



Munich Personal RePEc Archive

**Technischer Fortschritt in der  
Schweiz: Empirische Ergebnisse aus  
industriökonomischer Sicht**

Harabi, Najib

Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich

January 1994

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/6725/>  
MPRA Paper No. 6725, posted 14 Jan 2008 14:25 UTC

# **Technischer Fortschritt in der Schweiz**

**Empirische Ergebnisse aus  
industriökonomischer Sicht**

**Najib Harabi**

**Januar 1994**

**Reihe C Nr. 5**

**Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich  
Rämistrasse 71, CH-8006 Zürich**



# Technischer Fortschritt in der Schweiz: Empirische Analyse aus industrieökonomischer Sicht

## Inhaltsübersicht

Inhaltsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	V
Graphikenverzeichnis	VII
Vorwort	1
Einleitung und Zusammenfassung	3
Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick	8
Teil 1: Konzept und Messung des technischen Fortschritts: Ergebnisse für die Schweiz	18
1 Einführung	18
2 Zum Konzept des technischen Fortschritts	18
3 Prozess des technischen Fortschritts	25
4 Messung des technischen Fortschritts	29
5 Diffusion des technischen Fortschritts	67
6 Zusammenfassung	79
Teil 2: Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene: Theoretischer Ansatz	83
1 Einführung	83
2 Darstellung der einzelnen Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene	88
3 Modellmässige Darstellung der Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene (R&D-Capitalstock-Model)	115
4 Zusammenfassung	120
Teil 3: Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene: Eine empirische Analyse für die Schweizer Industrie	122
1 Einführung	122
2 Ergebnisse einer Expertenbefragung in der Schweizer Industrie	122
3 Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene: eine ökonomische Analyse für die Schweizer Industrie	178
4 Zusammenfassung	193
Literaturverzeichnis	198
Anhang	223
Tabellenanhang	223
Fragebogen und Begleitbrief	240

## Technischer Fortschritt in der Schweiz: Empirische Analyse aus industrieökonomischer Sicht

### Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
Einleitung und Zusammenfassung	3
Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick	8
Konzept und Messung des technischen Fortschritts:	
Ergebnisse für die Schweiz (Teil 1):	8
Determinanten des technischen Fortschritts:	
Theoretischer Ansatz (Teil 2)	10
Determinanten des technischen Fortschritts: Eine empirische Analyse für die Schweizer Industrie (Teil 3):	11
Schlussfolgerungen	15
<b>Teil 1: Konzept und Messung des technischen Fortschritts: Ergebnisse für die Schweiz</b>	<b>18</b>
1 Einführung	18
2 Zum Konzept des technischen Fortschritts	18
2.1 Definition	18
2.2 Arten des technischen Fortschritts	22
2.2.1 Laufende Innovationen	22
2.2.2 Bedeutende Innovationen	23
2.2.3 Neue technologische Systeme	23
2.2.4 Wechsel eines technisch-ökonomischen Paradigmas (bzw. "technologische Revolution")	23
3 Prozess des technischen Fortschritts	25
4 Messung des technischen Fortschritts	29
4.1 Input-Konzepte	30
4.1.1 Anteil der F&E-Ausgaben	30
4.1.2 Anteil des F&E-Personals an der Gesamtzahl der Beschäftigten	33
4.1.3 Bibliometrische Indikatoren	36
4.1.4 Anzahl Patente	39
4.1.5 Altersstruktur des Anlagebestandes	42
4.1.6 Zusammenfassung	43
4.2 Output-Konzepte	43
4.2.1 Einführung	43
4.2.2 Methoden der Outputforschung	44
4.2.3 Empirische Ergebnisse	47
4.2.4 Zusammenfassung	51
4.3 Input-Output-Konzepte	52
4.3.1 Grundlagen	52
4.3.2 Kritik	56
4.3.3 Empirische Ergebnisse	59
4.3.4 Zusammenfassung	62
4.4. Prozessablauf-Konzepte	63
5 Diffusion des technischen Fortschritts	67
5.1 Einführung	67

5.2 Elemente des Imitationsprozesses	71
5.2.1 Anzahl imitationsfähiger Unternehmen	72
5.2.2 Imitationszeit	73
5.2.3 Imitationskosten	75
5.3 Der Einfluss von Patenten auf den Imitationsprozess	76
6 Zusammenfassung	79

## **Teil 2: Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene:**

<b>Theoretischer Ansatz</b>	<b>83</b>
1 Einführung	83
2 Darstellung der einzelnen Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene	88
2.1 Technologische Chancen	88
2.1.1 Beitrag der Wissenschaft zum technischen Fortschritt	93
2.1.2 Industrieexterne Quellen technologischer Chancen	95
2.1.3 Industrieinterne Quellen technologischer Chancen	96
2.2 Aneignung der Erträge aus Innovationen	97
2.2.1 Patente	102
2.2.2 Geheimhaltung	107
2.2.3 Zeitvorsprung	109
2.3 Nachfrageseitige Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene	111
2.3.1 Einfluss des Volumens und der Zusammensetzung der Marktnachfrage auf den technischen Fortschritt	112
2.3.2 Einfluss der Preiselastizität der Nachfrage auf den technischen Fortschritt	113
2.3.3 Empirische Probleme	114
3 Modellmässige Darstellung der Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene (R&D-Capitalstock-Model)	115
4 Zusammenfassung	120

## **Teil 3: Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene:**

<b>Eine empirische Analyse für die Schweizer Industrie</b>	
Industrie	122
1 Einführung	122
2 Ergebnisse einer Expertenbefragung in der Schweizer Industrie	122
2.1 Konzept und Erhebungsmethode der Expertenbefragung	122
2.1.1 Inhalt der Befragung	122
2.1.2 Auswahl der befragten Branchenexperten	124
2.1.3 An der Befragung teilnehmende Branchenexperten	125
2.1.4 Methodische Probleme	128
2.2 Ergebnisse der Befragung	131
2.2.1 Technologische Chancen	131
2.2.2 Aneignung der Erträge von Innovationen	157
2.2.3 Nachfrageseitige Determinanten des technischen Fortschritts	176
3 Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene: eine ökonometrische Analyse für die Schweizer Industrie	177
3.1 Empirisches Vorgehen	178
3.1.1 Daten	178
3.1.2 Schätzmodell	179

3.2 Ökonometrische Probleme	185
3.3 Schätzergebnisse	188
4 Zusammenfassung	193
Literaturverzeichnis	198
Anhang	223
Tabellenanhang	223
Fragebogen und Begleitbrief	240

## Tabellenverzeichnis

1.1:	Finanzielle und personelle Aufwendungen für F+E in ausgewählten Ländern	33
1.2:	Forschung und Entwicklung in der schweizerischen Privatwirtschaft, F+E-Aufwand in der Schweiz und im Ausland 1986 und 1989, nach Wirtschaftszweigen	34
1.3:	Forschung und Entwicklung in der schweizerischen Privatwirtschaft, F+E-Aufwand im Vergleich mit den Umsatzzahlen 1989, nach Wirtschaftszweigen	35
1.4:	Forschung und Entwicklung in der schweizerischen Privatwirtschaft, F+E-Aufwand, bezogen auf das F+E-Personal 1989, nach Wirtschaftszweigen	36
1.5:	Tempo des technischen Fortschritts seit 1970	49
1.6:	Tempo des technischen Fortschritts seit 1970, nach Wirtschaftszweigen	50
1.7:	Erwartungen bezüglich des technischen Fortschritts in den nächsten 10 Jahren, verglichen mit den 70er Jahren	50
1.8:	Erwartungen bezüglich des technischen Fortschritts der nächsten 10 Jahre, verglichen mit den 70er Jahren, nach Wirtschaftszweigen	51
1.9:	Beiträge der Arbeit, des Kapitals und des technischen Fortschritts (TF) zum Wirtschaftswachstum der Schweiz, in %	62
1.10:	Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten des technischen Fortschritts im internationalen Vergleich, in %	63
1.11:	Jährliche Wachstumsrate des realen Bruttoinlandprodukts pro Beschäftigte	63
1.12:	Beiträge der Arbeit, des Kapitals und des technischen Fortschritts (TF) zum Wirtschaftswachstum im internationalen Vergleich, in %	63
1.13:	Natur des technischen Fortschritts, definiert nach technologischen Aktivitäten. Unternehmensdaten	66
1.14:	Natur des technischen Fortschritts in der Maschinen- und Metall-, Elektro-, Chemie, Uhren-, und Nahrungsmittelindustrie	67
1.15:	Anzahl Firmen pro Wirtschaftsart, die in der Lage sind, erfolgreich und rechtzeitig zu imitieren	73
1.16:	Benötigte Zeit für eine erfolgreiche Imitation von Innovationen	74
1.17:	Kosten einer erfolgreichen Imitation von Innovationen	76
1.18:	Korrelation zwischen Wirksamkeit von Patenten zum Schutz gegen Imitation, Imitationskosten und Imitationszeit	78
1.19:	Variablenliste I	78
3.1:	Branchenstruktur der befragten Branchenexperten	129
3.2:	F&E Ausgaben jener Unternehmen, in denen die befragten Branchenexperten beschäftigt sind, in Mio. Fr. (1986)	129
3.3:	Beitrag (jeglicher Art; Finanzen, Personen, Informationen usw.) von jeder der folgenden Quellen zum technischen Fortschritt	135
3.4:	Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von marktlichen Organisationen zum technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen	137
3.5:	Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von aussermarktlichen Organisationen zum technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen	138
3.6:	Liste der zwei wichtigsten Quellen für den technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen	138
3.7:	Wirksamkeit alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen	142

---

3.8:	Wirksamkeit von Lizenzierungen und Patentoffenlegungen als Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen	143
3.9:	Wirksamkeit von auf zwischenmenschlicher Kommunikation basierenden Mitteln zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen	144
3.10:	Wirksamkeit von "reverse engineering" als Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen	144
3.11:	Wirksamkeit eigenständiger F&E als Mittel zum Erwerb des technischen Wissensstandes der Konkurrenz über Prozess- bzw. Produktinnovationen	145
3.12:	Liste der zwei wichtigsten Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen in 10 Wirtschaftszweigen	145
3.13:	Korrelationsmatrix alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Produktinnovationen	147
3.14:	Korrelationsmatrix alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozessinnovationen.	147
3.15:	Hauptkomponentenanalyse der alternativen Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen.	148
3.16:	Cluster von Wirtschaftsarten aufgrund der Wirksamkeit alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens über Prozess- bzw. Produktinnovationen	151
3.17:	Relevanz der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige in den letzten 10 bis 15 Jahren	153
3.18:	Anzahl Branchenexperten, die einem bestimmten Gebiet der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften eine Note von mindestens 5 zugeteilt haben, und zwar getrennt nach Ausbildung und Forschung	153
3.19:	Veränderung der Relevanz der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt in den letzten 10 - 15 Jahren	154
3.20:	Relevanz der Wissenschaft insgesamt für den technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen	156
3.21:	Relevanz der Hochschulforschung in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt in den letzten 10 bis 15 Jahren	158
3.22:	Relevanz der Hochschulforschung in den Ingenieurwissenschaften für den technischen Fortschritt in den letzten 10 bis 15 Jahren	158
3.23:	Wirksamkeit alternativer Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produktionsverfahren bzw. Produkten	161
3.24:	Wirksamkeit von Patenten als Mittel zum Schutz gegen Imitation von Produkt- und Prozessinnovationen in 10 Wirtschaftszweigen	162
3.25:	Wirksamkeit von Patenten als Mittel zum Schutz gegen Imitation von Prozessinnovationen	162
3.26:	Wirksamkeit von Patenten als Mittel zum Schutz gegen Imitation von Produktinnovationen	163
3.27:	Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Sicherung von Lizenzgebühren von Produkt- und Prozessinnovationen in 10 Wirtschaftszweigen	164
3.28:	Relative Wirksamkeit von Patenten in 10 Wirtschaftszweigen	165

3.29:	Wirksamkeit der Geheimhaltung als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Produkt- und Prozessinnovationen in 10 Wirtschaftszweigen	166
3.30:	Wirksamkeit des Zeitvorsprungs gegenüber der Konkurrenz als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Produkt- und Prozessinnovationen in 10 Wirtschaftszweigen	166
3.31:	Wirksamkeit von Kostenvorteilen als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Produkt- und Prozessinnovationen	167
3.32:	Wirksamkeit von überragenden Verkaufs- und Serviceleistungen als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Produkt- und Prozessinnovationen	168
3.33:	Korrelationsmatrix einzelner Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produktionsverfahren	169
3.34:	Korrelationsmatrix einzelner Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten	170
3.35:	Hauptkomponentenanalyse der Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten bzw. Verfahren	170
3.36:	Clusteranalyse der Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten bzw. Verfahren	172
3.37:	Einschränkungen der Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produktionsverfahren bzw. Produkten	175
3.38:	Motive zur Patentierung von Produktinnovationen	177
3.39:	Umsatzzahlen der an der Befragung teilnehmenden Wirtschaftszweige und in der Grundgesamtheit	178
3.40:	Variablenliste II	186
3.41:	Determinanten des Einführungsstempos von Innovationen (Schätzergebnisse des 1. Modells mit der abhängigen Variablen INNOV)	193
3.42:	Determinanten der F&E-Intensität (Schätzergebnisse des 2. Modells mit der abhängigen Variablen FEINTE)	194

## Graphikenverzeichnis

1.1:	Chain-linked Model	28
1.2:	Bruttoinlandausgaben für F+E in Prozenten des BIP in den OECD-Ländern	32
1.3:	Far-cited. Average number of worldwide citations for scientific papers published in each country 1981-90	38
1.4:	Anteil innovierender Firmen	52
2.1:	Fall mit Patentschutz	101
2.2:	Fall ohne Patentschutz	101

## Anhang

### Tabellen:

A1.1:	Anzahl inländischer Patentgesuche (domestic patent applications)	226
A1.2:	Erfindungskoeffizient (inventiveness coefficient)	227
A1.3:	Rate technologischer Selbstversorgung (autosufficiency ratio)	228
A1.4:	Anzahl ausländischer Patentgesuche (foreign patent applications)	229

A1.5:	Rate technologischer Abhängigkeit (dependency ratio)	230
A1.6:	Anzahl nationaler Patentgesuche (national patent applications)	231
A1.7:	Anzahl externer Patentgesuche (external patent applications)	232
A1.8:	Wachstumsbuchhaltung in der Schweiz, nach Autor und Schätzperiode	233
A2.1:	Liste der an den Test-Gesprächen teilnehmenden Experten	236
A2.2:	Liste der an der mündlichen Befragung teilnehmenden F&E-Experten	236
A2.3:	Liste der von den befragten F&E-Experten abgedeckten Wirtschaftsarten	237
A2.4:	Liste der an der Befragung teilnehmenden Patentanwälte	241
	Fragebogen und Begleitbrief	242

## Vorwort

Die Idee zu dieser Forschungsarbeit entstand in der Zeit, als ich Programmleiter-Adjunkt des Nationalen Forschungsprogramms "Mechanismen und Entwicklung der schweizerischen Wirtschaft" (NFP 9) beim schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung war. Mein Interesse für die ökonomische Theorie des technischen Fortschritts konkretisierte sich zunächst in einem "Umsetzungsartikel" zum Thema "Diffusion neuer Technologien in der Schweiz" (s. Harabi/Halbherr 1985), dann in einer Nationalfonds-Studie "Marktstrukturen, Innovationsdynamik und internationale Wettbewerbsfähigkeit in der Schweizer Industrie (Forschungsprojekt Nr. 1912-084 mit Thomas Wells und Mark Reichle vom St. Galler Zentrum für Zukunftsforschung, s. Harabi et al. 1986) und später im Rahmen der Schlusssynthese des NFP 9 (s. Halbherr/Harabi/Bachem 1988, Kap. 4). Die zahlreichen und anregenden Diskussionen mit NFP 9-Forschern und der Programmleitung (insbesondere mit Heidi Schelbert-Syfrig und Philipp Halbherr) haben meine Neugier für dieses Thema dermassen verstärkt, dass ich am Schluss meiner Tätigkeit beim NFP 9 zum Entschluss kam, eine grössere empirische Arbeit zur Schnittstelle "Technologie-Ökonomie" auszuführen. Ich wollte dies nicht zuletzt auch deswegen verwirklichen, um einige der Forschungslücken zu füllen, die wir in diesem Bereich identifiziert hatten.

Zur Realisierung meines Vorhabens beantragte ich einerseits ein Forschungsstipendium beim Nationalfonds und bewarb ich mich andererseits um eine Stelle als "Visiting Scholar" am Economics Department der University of California at Berkeley (1987-1989) und der Stanford University (1989-1990). Allen, die mir geholfen hatten, in den Genuss des Forschungsaufenthaltes in Kalifornien zu kommen, möchte ich hier herzlich danken. Es sind dies insbesondere die Professoren H. Schelbert-Syfrig, H. Siegenthaler, R. Senti (Universität Zürich), G. Gaudard, H. G. Bieri (beide als Referenten des Nationalfonds in Bern), A. Fishlow, R. Anderson, W. Dickens, (University of California at Berkeley), P.A. David, E. Steinmüller und B. Shoven (Stanford University).

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis meiner wissenschaftlichen Beschäftigung mit dem Thema "Technischer Fortschritt", die in den letzten Jahren ihren Niederschlag fand in Publikationen (s. Harabi, in: Halbherr/Harabi/Bachem 1988: Kap.4, Harabi 1988, 1990, 1991a-

c, 1992a-e, 1993a-g) und in Vorträgen an Seminarien, Tagungen und Kongressen. Einzelne Teile der Arbeit habe ich u.a. an folgenden Tagungen präsentiert: an der Jahrestagung der "European Association for Research in Industrial Economics" (EARIE, Budapest 1989), an zwei Tagungen der "International Schumpeter Society" (Virginia, USA 1990 und Kyoto, Japan 1992), an der GDI-Tagung "Technologische Forschung und Entwicklung - Wettlauf um die Zukunft der Schweiz" (Rüschlikon, Herbst 1991)<sup>1</sup>, an der Jahrestagung der Studiengruppe für theoretische Nationalökonomie der schweizerischen Gesellschaft für Volkswirtschaft und Statistik (Puidoux bei Lausanne, 1992), am "International Seminar on Technological Appropriation" (INSEE, Paris 1992), an der "Industrial Organization Conference" (Nationalökonomische Gesellschaft Österreichs, Wien 1992), an einem internationalen Workshop der UNCTAD/ UNO und der Universität Buenos Aires mit dem Titel "University and Enterprise in a New Competitive Scenario" (Buenos Aires, 1993), am 6. Kolloquium der "Revue Politique et Management Public" zum Thema "Administrer les savoirs: leur production, leur transmission, leur application, leur contrôle" (Universität Genf, 1993) sowie an den Forschungsseminarien der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten Zürich (1992) und Genf (1993). Den Organisatoren dieser wissenschaftlichen Treffen, den von ihnen eingesetzten Ko-Referenten und Diskutanten sowie den Kollegen und Freunden, welche die erste Version der vorliegenden Arbeit ganz oder teilweise durchgelesen haben, möchte ich hier nochmals herzlich danken. (Sie sind zu zahlreich, um alle namentlich erwähnt zu werden.)

Schliesslich möchte ich den Professoren P. Bohley und H. Schneider, Direktoren des Wirtschaftswissenschaftlichen Instituts der Universität Zürich, an dem wichtige Teile dieser Arbeit entstanden sind, sowie Frau Koeflerli für ihre zuverlässige Sekretariatsarbeit herzlich danken.

---

<sup>1</sup> Die Tagungsunterlagen sind in Buchform publiziert worden, s. Cyranek/Harabi (1992).

---

## Einleitung und Zusammenfassung

Bedeutende Klassiker und Neoklassiker der Nationalökonomie (z.B. Adam Smith, Karl Marx und Alfred Marshall) haben sich mit dem technischen Fortschritt explizit und intensiv auseinandergesetzt. Dagegen sahen Ökonomen späterer Generationen, v.a. in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, den technischen Fortschritt als eine vorgegebene, exogene "black box", deren Natur, Determinanten und Wirkungen sie nur am Rande untersucht haben. Eine wichtige Ausnahme ist allerdings Joseph A. Schumpeter, der sich schon in den 30er Jahren mit der Bedeutung des technischen Fortschritts für die wirtschaftliche Entwicklung des kapitalistischen Systems beschäftigt hatte. Er kam zu dem wichtigen Schluss, dass "der fundamentale Antrieb, der die kapitalistische Maschine in Bewegung setzt und hält, ... von den neuen Konsumgütern, den neuen Produktions- und Transportmethoden, den neuen Märkten, den neuen Formen der industriellen Organisation, welche die kapitalistische Unternehmung schafft, (kommt)" (Schumpeter 1950:136). Schumpeter gehört bis heute nicht zu den "Mainstream-" (neo-klassischen) Ökonomen, und so wurden auch seine Thesen in den gängigen Lehrbüchern mehr oder weniger ignoriert. Erst später haben Industrieökonomien und andere Forscher seine zentralen Aussagen überprüft und weiterentwickelt.<sup>2</sup> Sein Einfluss auf die ökonomische Disziplin hat sich damit und mit der Entstehung einer aktiven neoschumpeterianischen bzw. evolutorischen Forschungsrichtung (sie ist institutionell verkörpert u.a. in der "International Joseph A. Schumpeter Society", die ihre eigene Zeitschrift, "Evolutionary Economics", herausgibt) ausgeweitet.

Seit Mitte der 50er Jahre ist das Interesse am technischen Fortschritt schnell und nachhaltig gewachsen. Dafür gibt es verschiedene Gründe: Neben der Tatsache, dass (auch) Ökonomen mit einer mehr und mehr von neuen Technologien durchdrungenen Welt konfrontiert sind, gibt es interne, Disziplin-immanente Entwicklungen, die diese Renaissance des Interesses am technischen Fortschritt in den letzten Jahrzehnten gefördert haben. Die wichtigsten Phasen dieser Entwicklungen werden im Folgenden kurz skizziert (vgl. Nelson 1987):

In den 50er und 60er Jahren wurde die Bedeutung des technischen Fortschritts für den Wirtschaftsprozess anerkannt und in ein globales Wachstumsmodell integriert. Insbesondere

---

<sup>2</sup> Zu einer Würdigung seines Werkes im Bereich des technischen Fortschritts s. Scherer (1992b), und zu der seines generellen Werkes und Lebens s. u.a. Allen (1991), Swedborg (1993) und Stolper (1994).

der Artikel von Solow (1957) "Technical Change and the Aggregate Production Function", der den technischen Fortschritt gemäss neoklassischer Tradition modellierte, ist hier erwähnenswert. Auch die im Rahmen des National Bureau of Economic Research (USA) durchgeführten empirischen Arbeiten in den 50er Jahren betonten bei der Erklärung des langfristigen Wirtschaftswachstums der USA die zentrale Rolle der Technologie (s. vor allem die Arbeiten von Abramovitz, Denison, Fabricant, Kuznets und Kendrick). Technischer Fortschritt wurde jedoch in all diesen Arbeiten als eine exogene Grösse betrachtet, deren Determinanten vom ökonomischen System nicht erklärt werden konnten. Im Zentrum des Interesses standen eher die Wirkungen des technischen Fortschritts auf Wachstum und Verteilung und weniger seine Ursachen. Bekannte Ausnahmen von dieser Betrachtungsweise sind einerseits die Modelle von Kaldor (1957), Arrow (1962a) und Atkinson/Stiglitz (1969) und andererseits diejenigen von Kennedy (1964), Ahmad (1966) und Drandakis/ Phelps (1966), da sie sich auch mit den Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts befasst hatten.<sup>3</sup> Bei der ersten Autorengruppe wird Erfahrung als Grundlage des Lernens und dieses wiederum als Basis des technischen Fortschritts angesehen. Die zweite Gruppe postuliert hingegen, dass zwar die Richtung des technischen Fortschritts durch ökonomische Entscheidungen bestimmt wird; sie konnte aber die Frage nicht eindeutig beantworten, was der definitive Effekt des technischen Fortschritts auf die anderen Produktionsfaktoren ist. Tendenziell würde er gemäss dieser Schule Harrod-neutral, d.h. arbeitsvervielfachend, wirken (s. Stern 1991:127).

In den 70er Jahren sind zahlreiche empirische Untersuchungen zum technischen Fortschritt erschienen, die u.a. mit den Namen von Rosenberg, Freeman, Griliches, Mansfield, Scherer, Holländer, Klein usw. verbunden sind. Das theoretische Interesse am technischen Fortschritt und Wirtschaftswachstum hat jedoch während dieser Zeit nachgelassen.

Erst mit der Publikation neuerer Arbeiten (theoretischer und empirischer Natur) in den 80er Jahren ist wieder eine gewichtige Renaissance dieses alten Gebietes der Wirtschaftstheorie und der empirischen Forschung zu beobachten. In dieser neuen Phase ist auch eine Reihe ökonomischer Modelle entstanden, welche die Phänomene "technischer Fortschritt" und "Wirtschaftswachstum" systematisch analysieren und v.a. als endogene Grössen betrachten. An dieser Renaissance sind sowohl neo-klassische (z.B. Romer 1986, 1989 und 1990, Lucas

---

<sup>3</sup> Für eine Übersicht dieser Literatur s. Thirtle/Ruttan (1987).

---

1988 und Benhabib/Jovanovic 1991) als auch neo-schumpeterianische bzw. evolutorische Autoren (z.B. Nelson/Winter 1982) beteiligt. Dabei sind beide Denkrichtungen im Hinblick auf Inhalt und Stil keineswegs monolithisch.

Bei neo-klassischen Autoren unterscheidet Stern (1991) zwischen zwei Denkansätzen: Dem Arrow/Romer- und dem Uzawa/Lucas-Denkansatz. Für beide Denkansätze ist technischer Fortschritt ein endogenes Phänomen, das allerdings, wenn auch mit einem ähnlich theoretischen Vorgehen und ähnlicher Zielsetzung, unterschiedlich erklärt wird. In der Arrow/Romer-Welt werden Investitionen in das Humankapital bzw. das Lernen als die Hauptquelle neuer Ideen (und damit des technischen Fortschritts) betrachtet. In der Uzawa/Lucas-Welt hingegen werden neue Ideen einzig vom F&E-Sektor produziert, und damit ist dieser Sektor die Hauptquelle des technischen Fortschritts<sup>4</sup>.

Während die erwähnten neo-klassischen Arbeiten den technischen Fortschritt aus einem stark aggregierten, makroökonomischen Blickwinkel untersuchen, versuchen die neo-schumpeterianisch bzw. evolutorisch orientierten Autoren das gleiche Phänomen mit einem mikroökonomischen Ansatz und unter der Aufgabe typischer neo-klassischer Annahmen wie derjenigen der Gewinnmaximierung, der vollständigen Konkurrenz und des statischen Gleichgewichts zu erklären. Sie konzentrieren sich indessen auf die Analyse von Fragen wie die Relevanz von Unsicherheit und Ungleichgewichtszuständen für ökonomische Phänomene (z.B. für den technischen Fortschritt); die Grenzen der Rationalitätsannahme und des Nutzenmaximierungs-Verhaltens von Wirtschaftssubjekten; die Unternehmen als lernende und innovative Einheiten, die durch idiosynkratische Fähigkeiten charakterisiert sind; der Innovationsprozess als ein interdependenter und interaktiver Prozess, in dem verschiedene Akteure involviert sind; die Interpretation der industriellen Entwicklung als ein evolutorischer Prozess usw.<sup>5</sup>

Seit der Publikation des bereits zitierten Buches von Nelson und Winter im Jahre 1982 kann man die Entwicklung dreier unterschiedlicher Forschungsrichtungen innerhalb der

---

<sup>4</sup> Eine gute und allgemein verständliche Übersicht über die theoretischen und empirischen Ergebnisse der neuen neoklassischen Wachstumstheorie liefert das Symposium der Zeitschrift „Journal of Economic Perspectives“ vom Winter 1994. Eine formal anspruchsvollere Darstellung dieser Thematik findet sich in den Werken von David (nicht zu verwechseln mit Paul M.!) Romer (1996) und Barro/Sala-i-Martin (1995).

evolutionären Tradition beobachten. Die eine Richtung ist empirisch orientiert und versucht, stilisierte Fakten zu den oben genannten Problemen systematisch zu sammeln. Die andere ist mehr an der qualitativen Analyse einzelner Aspekte des technischen und wirtschaftlichen Wandels interessiert. Schliesslich versucht die dritte, relativ junge Richtung (s. u.a. Amendola, Arthur, Silverberg), formale (mathematische) Modelle zu entwickeln, in denen die Ergebnisse der ersten und zweiten Richtung synthetisiert werden.<sup>6</sup>

Die heutige intensive Auseinandersetzung mit dem Fragenkomplex "technischer Fortschritt" hat somit verschiedene historische Wurzeln und entstammt verschiedenen Forschungsrichtungen. Technischer Fortschritt wird heute von den meisten Ökonomen als ökonomisches Phänomen anerkannt, dem volle Aufmerksamkeit gelten soll. Dies gilt nicht zuletzt, weil sein Beitrag zum Wirtschaftswachstum von entscheidender Bedeutung ist und quantitativ - je nach Berechnungsart - zwischen 40 % und 60 % (z. B. Schweiz)<sup>7</sup> liegt. Dabei ist allerdings zu beachten, dass sowohl die Rate des technischen Fortschritts als auch dessen Beitrag zum Wirtschaftswachstum von Land zu Land und von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig quantitativ verschieden sind. Es bestehen sowohl international wie interindustriell beträchtliche Unterschiede im technischen Fortschritt und damit im Wirtschaftswachstum.

Es ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, einen Beitrag zu dieser Diskussion - v.a. aus industrieökonomischer Sicht - zu liefern. Konkret lauten die Hauptfragen hier wie folgt:

1. Wie wird technischer Fortschritt definiert und gemessen? Und welches sind die entsprechenden quantitativen und qualitativen Ergebnisse für die Schweiz, vor allem auf Branchenebene?
2. Welches sind theoretisch die Determinanten interindustrieller Unterschiede im technischen Fortschritt? Oder, in einfachen Worten: Was erklärt im Wesentlichen, dass ein bestimmter Markt (bzw. ein bestimmter Wirtschaftszweig) mehr technische Innovationen hervorbringt als ein anderer?
3. Welches sind empirisch, zunächst rein deskriptiv und dann ökonometrisch, diese Erklärungsfaktoren im Falle der Schweizer Industrie?

---

<sup>5</sup> Beispiele solcher Arbeiten sind in den folgenden Sammelbänden zu finden: Dosi et al. (eds), (1988); Hanusch (ed.), (1988); Heertje/Perlman (eds.), (1990); Scherer/Perlman (ed.), (1992); Witt (1992); Dosi/Nelson (1994) und Nelson (1995).

<sup>6</sup> Diese drei Richtungen waren sehr sichtbar vertreten an der vom MERIT (Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology) organisierten Tagung über „Convergence and Divergence in Economic Growth and Technical Change“, Maastricht, Dezember 1992.

<sup>7</sup> Mehr dazu s. unten Teil 1, Punkt 4.3.3 der vorliegenden Arbeit

Eine Analyse des technischen Fortschritts kann aus verschiedenen Perspektiven erfolgen. Wie bereits angedeutet, befasst sich die vorliegende Arbeit mit dem technischen Fortschritt, wie er von einzelnen Märkten in Form von Produkt- bzw. Prozessinnovationen hervorgebracht wird. Die Analyse erfolgt also auf der mikroökonomischen Ebene des Einzelmarktes. Diese Untersuchungseinheit wird im empirischen Teil, wenn immer möglich, zunächst mittels der statistischen Kategorie "Wirtschaftsart" (4-stellige Industrie-Klassifikation) und dann zwecks besserer Übersicht mittels der "Wirtschaftsklassen" (2-stellige Klassifikation der Wirtschaftszweige gemäss Bundesamt für Statistik 1985) operationalisiert.

Zusammenfassend geht es in der vorliegenden Arbeit darum, erstens interindustrielle Innovationsunterschiede in der Schweizer Industrie mittels verschiedener theoretisch fundierter Konzepte darzustellen (1. Teil), zweitens ihre ökonomischen und institutionellen Determinanten theoretisch zu analysieren (2. Teil) und drittens diese empirisch zu untersuchen (3. Teil). Eine Zusammenfassung und einige wirtschaftspolitische Schlussfolgerungen beschliessen die Arbeit.

---

## Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick

### Konzept und Messung des technischen Fortschritts: Ergebnisse für die Schweiz (Teil 1):

1. Technischer Fortschritt ist ein allgemeiner Begriff und hat für viele Autoren unterschiedliche Bedeutung. Hier bezeichnet er Produkt- oder Prozessinnovationen oder beide zusammen und ist damit auf technische Innovationen begrenzt. Produkt- und Prozessinnovationen bedingen sich gegenseitig und sind beide gleichwertig für die Innovationsdynamik. Andererseits hat sich aber empirisch gezeigt, dass Produktinnovationen schneller eingeführt werden als Prozessinnovationen. Um Begriffsverwirrungen zu vermeiden, wird in der vorliegenden Arbeit zwischen "technischem Fortschritt" und "technologischem Fortschritt" unterschieden. Letzterer beinhaltet generell den Fortschritt des technischen Wissens (Technologie). Somit steht technischer Fortschritt für den wirtschaftlich relevanten Teil des technologischen Fortschritts.
2. Technischer Fortschritt setzt sich sowohl aus bedeutenden als auch aus laufenden (kleinen) Innovationen zusammen und ist somit eine heterogene Aktivität. Zudem ist er kontinuierlich, d.h. er vollzieht sich generell nicht in isolierten Schüben, sondern in Form von laufenden, komplementären und sich gegenseitig bedingenden Schritten. Diese Eigenschaft des technischen Fortschritts nimmt an Bedeutung zu.
3. Unsicherheit und unvollkommene Information sind herausragende Charakteristika des Innovationsprozesses, die das Spektrum rationaler Entscheidungen in diesem Bereich reduzieren. Dies rührt daher, dass der Prozess des technischen Fortschritts generell keineswegs eine automatische Abfolge bestimmter Phasen mit sicheren Ergebnissen, sondern ein mit vielen Unbekannten versehener stochastischer Suchprozess ist. Dabei gibt es nicht nur einen Mangel an relevanten Informationen über das Zustandekommen bereits bekannter Phänomene, sondern es gibt auch technisch-ökonomische Probleme, deren Lösungen bisher noch unbekannt sind. Hinzu kommt, dass die beteiligten Akteure nicht immer fähig sind, die Folgen ihrer Handlungen genau abzuschätzen.
4. F&E-Aktivitäten zeichnen sich durch zunehmende Komplexität aus, mit der Konsequenz, dass diese mehr und mehr formal organisiert und koordiniert werden müssen und immer weniger von einzelnen, in isolierten Wissenschaftsdisziplinen tätigen Forschern durchgeführt werden können. Technischer Fortschritt wird oft erzielt, wenn verschiedene Forschungsarten (Grundlagen-, angewandte und industrielle Forschung) und verschiedene Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich kombiniert werden können (wie z.B. in der Optoelektronik). Die zunehmende Abhängigkeit des technischen Fortschritts von der Wissenschaft bedingt eine zunehmende Bedeutung des Zugangs zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen (Bedeutung von Wissenschafts- und Technologietransferstellen). Auch die Bedeutung des Experimentierens in Form von "Learning by doing" und "Learning by using" für den technischen Fortschritt nimmt zu.
5. Technischer Fortschritt hängt zunehmend von einer intensiveren Kommunikation und Interaktion zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Finanzsektor einerseits und zwischen diesen und der Gesellschaft andererseits ab. (Frage der Akzeptanz neuer Technologien durch die Bevölkerung.)

6. Mittels Input-Konzepten kann technischer Fortschritt nur begrenzt und unter Hinnahme zahlreicher konzeptueller und statistischer Mängel gemessen werden. Die darauf basierenden empirischen Ergebnisse müssen deshalb mit grosser Vorsicht zur Kenntnis genommen werden. Gemessen an den eingesetzten Inputs ("F&E-Ausgaben" und "F&E-Personal") und an den daraus resultierenden "Zwischenprodukten" ("wissenschaftlichen Publikationen" und "Patenten") rangiert die Schweiz generell unter den innovativsten Ländern der Welt. Diese Aussage trifft allerdings nicht für alle Wirtschaftszweige gleichermassen zu.
7. Output-Konzepte sind theoretisch das beste Instrument zur Messung des technischen Fortschritts, da sie direkt den Output von Produkt- bzw. Prozessinnovationen zu erfassen versuchen. In der Schweiz hat die empirische Outputforschung mit dieser Untersuchung (s. auch Harabi 1991c) und derjenigen der KOF (1992) erst angefangen, und es bedarf weiterer empirischer Studien, um besser abgestützte und robustere Ergebnisse zu erzielen. Die vorläufigen Resultate weisen generell auf eine hohe Innovationskraft der Schweizer Industrie auch im internationalen Vergleich hin. Diese Aussage trifft allerdings nicht für alle Märkte (Wirtschaftszweige) gleichermassen zu. Elektronik und chemische Industrie sind beispielsweise innovativer als die Bekleidungs- oder Papierindustrie.
8. Im Rahmen des neoklassischen Konzepts der Produktionsfunktion (Input-Output-Konzept) wird technischer Fortschritt als Veränderung der Totalfaktorproduktivität (d.h. als Veränderung des Gesamtoutputs bei Konstanzhaltung aller Inputs) verstanden. Konkret wird seine Wachstumsrate als Residualgrösse, d.h. als Differenz zwischen der Wachstumsrate des Gesamtoutputs und derjenigen der Beiträge der übrigen Produktionsfaktoren angesehen. Alles was zur Veränderung des Gesamtoutputs beiträgt und nicht durch die Veränderung dieser Produktionsfaktoren aufgefangen wird, wird dem technischen Fortschritt zugerechnet. In der Schweiz trägt der so definierte technische Fortschritt zum Wirtschaftswachstum quantitativ - je nach Berechnungsart - zwischen 40% und 60% bei. Ausserdem hat er sich - mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von ca. 1,4% - ähnlich entwickelt wie in den anderen wichtigen Industrieländern (BRD, Japan, Frankreich). Diese Durchschnittsgrösse darf jedoch über zwei wichtige Phänomene nicht hinwegtäuschen: Zum einen hat die jährliche Wachstumsrate des technischen Fortschritts in den letzten Jahren insgesamt nachgelassen, was den Rückgang der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität z.T. erklärt: Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität ist von 2,9% in den 60er Jahren auf 1,0% in der Periode 1979-89 zurückgefallen (vgl. Scherer 1992a). Zum anderen variiert die Wachstumsrate des technischen Fortschritts von Industriezweig zu Industriezweig, was wiederum zu einer unterschiedlichen Entwicklung der Arbeitsproduktivität in diesen Wirtschaftszweigen geführt hat (vgl. Graf/Mettler 1991).
9. Prozessablauf-Konzepte werden weitgehend durch das von Nelson/Winter (1982) ursprünglich entwickelte Konzept "technological trajectories" oder durch ähnliche Konzepte anderer Autoren operationalisiert. Diese beschreiben und analysieren jene technologischen Aktivitäten, die zu einem gegebenen Zeitpunkt und unter den jeweils vorgegebenen techno-ökonomischen Bedingungen (dem techno-ökonomischen Paradigma) den konkreten Inhalt des technischen Fortschritts ausmachen. Die vorliegende empirische Untersuchung zeigt, dass es neben den für die gesamte Industrie geltenden technologischen Trajektorien (z.B. technologische Aktivitäten zur Automatisierung von Handarbeit) auch solche gibt, die nur für die eine oder die andere Branche von Bedeutung

sind (z.B. Hinzielen auf ein standardisiertes oder dominantes Produktdesign in der schweizerischen Uhrenindustrie). Auch hier gibt es wichtige interindustrielle Unterschiede: Was als "black box" bezeichnet wird, ist im hellen Licht des technologischen Alltags von einem Wirtschaftszweig zum anderen z.T. sehr verschieden.

10. Diffusion des technischen Fortschritts beinhaltet begrifflich sowohl die Verbreitung ("dissemination") als auch die Imitation von Innovationen. Empirische Untersuchungen zum ersten Aspekt der Diffusion zeigen, dass es eine helvetische Mischung von Vorsicht (bei bedeutenden Innovationen) und Innovationsfreudigkeit (bei laufenden Verbesserungen/ Innovationen) gibt. Trotz ihrer theoretischen und praktischen Bedeutung für den allgemeinen Innovationsprozess insbesondere von kleinen, diffusionsorientierten Ländern wie der Schweiz wurde Imitation in der empirischen Literatur bisher nur wenig untersucht. Die meisten wirtschaftswissenschaftlich fundierten Technologie-Studien befassen sich eher mit der Innovations- oder mit Teilaspekten der Diffusionsphase. Die hier erstmals vorliegenden empirischen Ergebnisse für die Schweiz bezüglich Anzahl imitationsfähiger Unternehmen, Imitationszeit und Imitationskosten zeigen, dass die Bedingungen für Imitation von Innovationsart zu Innovationsart unterschiedlich sind: Sie sind insgesamt für laufende Innovationen günstiger als für bedeutende Innovationen. Zudem ist die Fähigkeit, relativ schnell und kostengünstig Innovationen zu imitieren, nicht gleichmässig auf alle Wirtschaftszweige verteilt. Auch hier gibt es beträchtliche interindustrielle Unterschiede, die auch die Unterschiede im F&E-Bereich und in den sonstigen technologischen Fähigkeiten der untersuchten Wirtschaftszweige reflektieren. Ausserdem scheinen Patente in der Praxis mit wenigen Ausnahmen (z.B. in der chemischen, inkl. pharmazeutischen Industrie) lediglich eine schwache Schutzfunktion für Innovationen zu garantieren. Diese manifestiert sich darin, dass bei den patentierten Innovationen die Anzahl imitationsfähiger Firmen kleiner, die Imitationszeit und die Imitationskosten grösser sind als bei den nicht-patentierten. Damit wird der Imitationsprozess zwar verzögert und verteuert, aber keineswegs verhindert.

### **Determinanten des technischen Fortschritts: Theoretischer Ansatz (Teil 2):**

In der Industrieökonomik besteht Einigkeit darüber, dass technischer Fortschritt auf Branchenebene durch die drei folgenden Faktoren erklärt werden kann: die technologischen Chancen (d.h. die Chancen von Innovatoren, Zugang zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen zu erhalten), 2. die Fähigkeit von Innovatoren, sich die Erträge aus ihren technischen Innovationen anzueignen und 3. die Marktnachfrage.

Technologische Chancen können - trotz einiger Versuche - nicht einfach mit einem einzigen Parameter erfasst und quantitativ gemessen werden, der dann mit anderen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts in eine Gleichung integriert und anschliessend geschätzt wird. Was sich hingegen als fruchtbar erwiesen hat, sind die Ergebnisse zahlreicher empirischer und historischer Untersuchungen, die versucht haben, die Quellen technologischer Chancen an konkreten Fallbeispielen zu identifizieren. Dabei hat sich gezeigt, dass wichtige Beiträge zum technischen Fortschritt sowohl von marktlichen als auch von aussermarktlichen Organisationen geleistet werden und dass diese Beiträge von einem Wirtschaftszweig zum anderen variieren.

Die Frage, ob sich Innovatoren die wirtschaftlichen Erträge aus ihren technischen Innovationen aneignen können (der zweite Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts), ist für sie und für den technischen Fortschritt in einzelnen Märkten von zentraler Bedeutung. Da diese Frage, sie wird in der Literatur unter dem Konzept „appropriability“ (Aneignung) zusammengefasst, aufgrund zahlreicher analytischer und statistischer Probleme nicht direkt beantwortet werden kann (d.h., Aneignung lässt sich nicht direkt statistisch messen), versuchen verschiedene Forscher, sie indirekt und qualitativ zu untersuchen, indem sie die zur Aneignung der Erträge von Innovationen dienenden Mittel im Hinblick auf ihre Wirksamkeit analysieren. Die wichtigsten dieser Mittel sind das Patentwesen, die Geheimhaltung, die Erzielung eines Zeitvorsprungs gegenüber der Konkurrenz, die Erlangung und Sicherung eines Lern- bzw. Kostenvorteils gegenüber der Konkurrenz, Aufbau überragender Verkaufs- und Serviceleistungen und die Erschwerung der Imitation eigener Innovationen durch die Konkurrenz, d.h. die Erhöhung des dafür notwendigen Kosten- und Zeitaufwandes.

Schliesslich spielt auch die Marktnachfrage eine wichtige Rolle für den Erfolg von technischen Innovationen und damit für die Allokation von Ressourcen für innovative Tätigkeiten. Die Nachfragebedingungen sind allerdings, wie die übrigen Einflussfaktoren des technischen Fortschritts auf Branchenebene, von einem Wirtschaftszweig zum anderen sehr verschieden.

### **Determinanten des technischen Fortschritts: Eine empirische Analyse für die Schweizer Industrie (Teil 3):**

Das Ziel des dritten Teils bestand darin, die im theoretischen (zweiten) Teil beschriebenen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts auf Branchenebene anhand schweizerischer Daten empirisch zu untersuchen. Dieses Ziel wurde in zwei Schritte verfolgt: Zunächst wurden diese Bestimmungsfaktoren einzeln dargestellt (deskriptiver Schritt) und anschliessend ökonometrisch geschätzt (analytischer Schritt). Die gesamte empirische 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. Diese Stichprobe hat sich für die schweizerische Industriestruktur als statistisch repräsentativ erwiesen.

Die wichtigsten Ergebnisse des ersten deskriptiven Schrittes können wie folgt zusammengefasst werden. Begonnen wird dabei mit der Frage nach den technologischen Chancen (1. Faktor)

11. 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, an zweiter Stelle kommen die Benutzer der Produkte und an dritter Stelle die Lieferanten von Einsatzmaterial und Ausrüstungsgütern für die Produktion.
12. Als relativ unwichtig wird hingegen der Beitrag aussermarktlicher Organisationen 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.
13. Die Beiträge sowohl marktlicher als auch aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt variieren von einem Wirtschaftszweig zum anderen.
14. Intraindustrielle Spillover im F&E-Bereich - d.h. unbeabsichtigter Wissenstransfer seitens der F&E-Teams eines Unternehmens an ihre Konkurrenten der gleichen Branche - tragen auch zum technischen Fortschritt eines bestimmten Wirtschaftszweiges bei. Das wirksamste Mittel, ein von der Konkurrenz bereits erlangtes technisches Wissen über Produkt- und Prozessinnovationen ebenfalls zu erwerben, ist die eigenständige F&E. Das zweitwichtigste ist bei Produktinnovationen das sog. "reverse engineering" (Produkte erwerben und analysieren), bei Prozessinnovationen die Auswertung von Publikationen und Fachtagungen.
15. Hingegen werden die folgenden Mittel insgesamt als mittelmässig wirksam beurteilt: 1. Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen; 2. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden; 3. "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz; 4. Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie und schliesslich 5. Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt.
16. Auch im Hinblick auf die Wirksamkeit der untersuchten Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz bereits erlangten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen bestehen interindustrielle Unterschiede.
17. Die unterschiedlichen Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz bereits erlangten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen können auf der Basis multivariater statistischer Verfahren in drei Untergruppen unterteilt werden. Die erste Untergruppe umfasst die vier folgenden Mittel: 1. Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen; 2. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden; 3. "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz sowie 4. "reverse engineering". Die zweite beinhaltet die "patentbezogenen" Mittel (d.h. 1. Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie und 2. Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt), während sich die letzte primär aus den Mitteln "eigenständiger F&E" und "reverse engineering" zusammensetzt.

18. Ferner trägt auch die Wissenschaft - wenn auch selektiv - zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige 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 beurteilt.
19. Die Relevanz der in- und ausländischen Hochschulforschung für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige wird zwar generell nicht als besonders hoch bewertet. In einzelnen Wissenschaftsgebieten - wie Informatik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik usw. - wird aber die Hochschulforschung für relevant gehalten. Insgesamt wird jedoch die Hochschulforschung in den erfragten Gebieten der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften als weniger relevant als die Ausbildung in den gleichen Gebieten angesehen.
20. Wie bei den anderen Quellen des technischen Fortschritts ist auch der Beitrag der Wissenschaft in den einzelnen Wirtschaftszweigen unterschiedlich: Die Uhrenindustrie, die Elektroindustrie und die technischen Dienstleistungen stellen die wissenschaftsintensivsten Wirtschaftszweige der Schweizer Industrie dar, während alle anderen Wirtschaftszweige diesbezüglich unterdurchschnittlich abschneiden.

Die Ergebnisse bezüglich der Frage, ob und wie Innovatoren sich die wirtschaftlichen Erträge aus ihren technischen Innovationen aneignen können (der zweite Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts auf Branchenebene), können wie folgt zusammengefasst werden:

21. Die Erzielung eines Zeitvorsprungs vor der Konkurrenz wird im Durchschnitt als das wirksamste Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Prozessinnovationen beurteilt. Bei Produktinnovationen sind es dagegen überragende Verkaufs- und Serviceleistungen, gefolgt vom Zeitvorsprung. Sowohl bei Produkt- wie bei Prozessinnovationen werden also der Zeitvorsprung und die dadurch möglich gewordene Erlangung von Vorteilen gegenüber der Konkurrenz in der Produktion oder im Marketing als die wichtigsten Aneignungsinstrumente von Erträgen aus Innovationen erachtet.
22. Hingegen werden Patente im Allgemeinen sowohl bei Produkt- als auch bei Prozessinnovationen als das am wenigsten wirksame Mittel zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen angesehen. Einzig in der chemischen, inkl. pharmazeutischen Industrie und in bestimmten Zweigen der Maschinen- und Elektroindustrie werden diese als wirksam beurteilt.
23. Die verschiedenen Aneignungsmittel von Wettbewerbsvorteilen aus technischen Innovationen sind miteinander korreliert. Die angewandten Verfahren der multivariaten Statistik, insbesondere die Korrelations-, Hauptkomponenten- und Clusteranalyse, legen nahe, dass diese Aneignungsmittel in zwei Untergruppen unterteilt werden können. Die eine Untergruppe würde die patentbezogenen (Patente zum Schutz gegen Imitation und Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren) und die andere die nichtpatentbezogenen Aneignungsmittel (Geheimhaltung, Zeitvorsprung, Lern- und Kostenvorteile sowie

überragende Verkaufs- und Serviceleistungen) umfassen. Dabei erweisen sich die letzteren Aneignungsmittel als die wirksameren.

24. Die Tatsachen, dass Patente in zahlreichen Industriezweigen leicht zu umgehen sind und dass sie der Konkurrenz wichtige technische Detailinformationen preisgeben, die von ihr relativ rasch und kostengünstig genutzt werden können, stellen in den Augen der befragten Experten die Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen aus Innovationen am stärksten in Frage.
25. Erfinder bzw. Innovatoren verfolgen bei der Patentierung ihrer Ideen gleichzeitig verschiedene Ziele. Auch wenn der angestrebte Schutzeffekt (Monopoleffekt) von Patenten in der Praxis aus oben erwähnten Gründen in den meisten Wirtschaftszweigen nicht für gross gehalten wird, wird mit Patentierungen versucht, die Verhandlungsposition des Patentinhabers gegenüber Dritten zu stärken. Dies kann zum einen in Verhandlungen mit anderen Unternehmen über Kooperationsverträge im F&E-Bereich, über allfällige Fusionen, Übernahmen usw. und zum anderen in Verhandlungen mit staatlichen Stellen über den Zugang zu Auslandmärkten geschehen.

Die Marktnachfrage ist, wie bereits ausgeführt, der dritte Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts auf Branchenebene. Dabei lassen sich drei Aspekte der Marktnachfrage unterscheiden: Ihr absolutes Volumen zu einem bestimmten Zeitpunkt, ihre Wachstumsrate in einem bestimmten Zeitraum und ihre Reaktionsparameter auf die Veränderung anderer Grössen wie Preise und Einkommen (Preis- und Einkommenselastizitäten). Wegen Datenmangel in diesem Bereich kann allerdings hier nur der erste Aspekt berücksichtigt werden

26. Es hat sich gezeigt, dass die umsatzstärksten Wirtschaftszweige die Maschinen- und Metall-, die Chemie-, die Elektro- und die Nahrungsmittelindustrie sind, während die anderen Wirtschaftszweige wesentlich niedrigere Umsatzzahlen aufweisen.

Gemäss zweitem Schritt ging es darum, die empirische Analyse der oben aufgeführten Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene weiterzuführen und zu vertiefen. Dies bedeutet erstens, dass diese Bestimmungsfaktoren nicht einzeln, sondern in ihrer Interaktion zueinander im Rahmen eines einheitlichen theoretischen Modells untersucht und zweitens, dass sie ökonometrisch geschätzt werden. Der theoretische Ansatz wurde mittels zweier Datensätze aus der Schweiz empirisch geschätzt. Der eine Datensatz wurde vom Bundesamt für Statistik (BFS) zur Verfügung gestellt und enthält quantitative Angaben zu F&E-Ausgaben, F&E-Personal, Gesamtpersonal und Umsatzzahlen für 124 Wirtschaftsarten im Jahre 1986; der zweite entstammt eigener Erhebung (s. oben). Bei der empirischen Spezifikation wurde der technische Fortschritt (als abhängige Variable) mittels

zweier Indikatoren operationalisiert. Der eine ist ein qualitativer Output-Indikator und repräsentiert das Einführungstempo von Innovationen seit 1970; der andere ist der Input-Indikator "Anteil der F&E-Ausgaben am Umsatz". Alle diesbezüglichen Daten wurden auf der Ebene der Wirtschaftsart (4-stellige Industrieklassifikation) aggregiert. Es wurden mithin zwei Gleichungen mit den Methoden OLS, GLS und Tobit einzeln geschätzt. Die wichtigsten Schätzergebnisse werden wie folgt zusammengefasst:

27. Die Fähigkeit, sich die Erträge aus Innovationen anzueignen, übt v.a. im F&E- Modell einen positiven Einfluss auf die F&E-Intensität und damit auf den technischen Fortschritt aus. Dabei zeigt sich, dass die nicht patentbezogenen Schutzmittel "Geheimhaltung", "Zeitvorsprung", "Abwärtsbewegung auf der Lernkurve" und "überragende Verkaufs- und Serviceleistungen" für den F&E-Prozess insgesamt bedeutsamer sind, als die Schutzmittel "Patente zum Schutz gegen Imitation" und "Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren".
28. Von allen industrieexternen Quellen technologischer Chancen trägt die in- und ausländische Hochschulforschung zum technischen Fortschritt statistisch signifikant und quantitativ am meisten bei (v.a. im INNOV-Modell).
29. Von den sechs erfragten Gebieten der Grundlagenwissenschaften ist die Ausbildung in der Mathematik und in den Grundlagen der Informatik für den technischen Fortschritt relevant (der Koeffizient beider Variablen ist positiv und statistisch signifikant v.a. im FEINTE-Modell). Bei allen anderen Fächern ist die Relevanz nicht gegeben oder statistisch nicht signifikant.
30. Bei den angewandten Wissenschaften ist die Ausbildung in der Medizin und in der angewandten Mathematik relevant (der Koeffizient beider Variablen ist positiv und statistisch signifikant).
31. Der Einfluss des Umsatzes als Indikator für die Marktnachfrage ist entgegen der theoretischen Erwartung negativ. Dies bedeutet, dass die Innovationsfähigkeit der hier untersuchten Wirtschaftsarten mit zunehmendem Umsatz abnimmt. Wirtschaftsarten mit kleinerem Umsatz innovieren relativ mehr als jene mit grösserem Umsatz.

### **Schlussfolgerungen**

Die Ergebnisse sind sowohl für den Staat als auch für die Unternehmen von Bedeutung. Sie zeigen für beide Akteure auf, welche Aspekte des Innovationsprozesses aus der Sicht der befragten Branchenexperten besonders relevant sind:

- Zur Förderung des technischen Fortschritts sind besonders die Ergebnisse zu den Quellen technologischer Chancen, zur Relevanz der Ausbildung in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften und der Hochschulforschung wichtig. Denn sie weisen darauf hin, in welchen Gebieten eine solche Politik ansetzen könnte. Danach sollte z.B.

vermehrt versucht werden, die organisationelle und institutionelle Infrastruktur des technischen Fortschritts zu stärken. Dazu gehören: 1.) die Förderung von Kooperationen im F&E-Bereich zwischen Unternehmen innerhalb des gleichen Wirtschaftszweiges, zwischen Produzenten und Produktbenützern und zwischen den Ersteren und den Lieferanten von Einsatzmaterial, Ausrüstungsgütern usw.; 2.) die Förderung von Kooperationen zwischen den Organisationen der Grundlagen- und solchen der angewandten Forschung und zwischen diesen und den privaten Forschungslaboratorien, und zwar in jenen Wissenschafts- und Technologiegebieten, die den höchsten Beitrag bzw. die höchste Relevanz für den technischen Fortschritt aufweisen.

- Da der Zeitvorsprung vor der Konkurrenz das wichtigste Aneignungsmittel der Erträge aus technischen Innovationen und damit den wichtigsten Erfolgsfaktor von Unternehmen und Branchen darstellt, ist eine zügige und speditive Behandlung administrativer und juristischer Belange bezüglich Erfindungen und Innovationen und der sie tragenden Organisationen von zentraler Bedeutung. Für den Staat sind ferner die Ergebnisse zur Wirksamkeit von Patenten als Mittel zum Schutz der Ergebnisse von F&E beachtenswert. Sie zeigen, dass das Patentsystem in den unterschiedlichen Wirtschaftszweigen unterschiedlich wirksam ist: in der chemischen, inkl. pharmazeutischen Industrie sind Patente sehr wirksam, in anderen Industrien ist dies nicht der Fall. Eine äußerst differenzierte Patentpolitik ist demzufolge zu empfehlen (s. dazu Oppenländer 1988:274f).
- Den Unternehmen, als Hauptakteuren des Innovationsprozesses, ist zu empfehlen, eine bewusste Schutzstrategie ihrer Innovationen und damit auch eine Patentpolitik zu konzipieren und zu implementieren, die der technischen Natur und dem Lebenszyklus ihrer Produkte sowie den Marktstrukturen, unter denen sie operieren, entspricht (für Hinweise s. Teece 1986). Diese Empfehlung gilt v.a. für die kleinen und mittleren Unternehmen, die über das notwendige Know-how nicht verfügen, wie dies an einer internationalen Tagung der Europäischen Gemeinschaft festgehalten wurde: "...small and medium-sized businesses were unable to develop their own property rights strategies satisfactorily, since they rarely had the necessary competence and special experience." (Täger/Witzleben 1991:225).
- Bei all diesen Massnahmen müsste beachtet werden, dass diese in den einzelnen Wirtschaftszweigen verschieden sein sollen. Denn, wie empirisch gezeigt wurde, bestehen bezüglich der Natur, den Mechanismen und den Einflussfaktoren des technischen Fortschritts wichtige interindustrielle Unterschiede.

Die empirischen Resultate dieser Studie bestätigen ferner die wirtschaftspolitischen Implikationen neuerer Entwicklungen in der Theorie des technischen Fortschritts, wie sie Rosenberg im folgenden kurz zusammenfasst: "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 1982:237f.).

Die erzielten Ergebnisse sind sowohl für den Staat als auch für die Unternehmen relevant. Im Zuständigkeitsbereich eines liberalen Staates liegt die Verantwortung für die Hochschulforschung und für die Ausbildung, besonderes in jenen Gebieten, die sich als relevant für den Innovationsprozess insgesamt erwiesen haben. Beide haben sich als wichtige Determinanten des technischen Fortschritts herausgestellt. Für die Unternehmen als Hauptakteure des Innovationsprozesses hat sich folgendes gezeigt:

- Da die Fähigkeit zur Aneignung und zum Schutz der Ergebnisse von Innovationen, insbesondere durch die Mittel "Zeitvorsprung", "Abwärtsbewegung auf der Lernkurve" sowie "überragende Verkaufs- und Serviceleistungen" für den Innovationsprozess sehr zentral ist, ist eine gut konzipierte Strategie in diesen Bereichen auf Unternehmens- und Branchenebene sehr wichtig (s. Teece 1986).
- Angesichts der (auch statistisch signifikanten) Wichtigkeit der staatlichen Hochschulforschung für den technischen Fortschritt ist ein systematischer Zugang zu dieser Quelle und deren anhaltende Nutzung für die Innovationsfähigkeit von Unternehmen - auch und insbesondere von Klein- und Mittelbetrieben - von grosser Bedeutung. Die Nutzung wissenschaftlicher Forschungsergebnisse sollte allerdings selektiv und zielorientiert erfolgen.

## **Teil 1: Konzept und Messung des technischen Fortschritts: Ergebnisse für die Schweiz**

### **1 Einführung**

Das Ziel des vorliegenden Teils besteht darin, erstens eine kurze Zusammenfassung der theoretischen Diskussion über Konzept und Messung des technischen Fortschritts<sup>8</sup> zu geben und zweitens diese Diskussion, soweit wie möglich, mit empirischen Ergebnissen aus der Schweiz zu illustrieren. Das Erkenntnisinteresse richtet sich dabei auf die Fragen, wie sich der technische Fortschritt, gemessen an theoretisch fundierten Indikatoren, zum einen in der gesamten schweizerischen Volkswirtschaft und zum anderen in ihren einzelnen Wirtschaftszweigen entwickelt hat. Internationale Vergleiche werden, soweit statistisches Material vorhanden ist, zwar angestrebt, sie stehen aber nicht im Zentrum der Untersuchung.

## **2 Zum Konzept des technischen Fortschritts**

### **2.1 Definition**

Technischer Fortschritt ist ein allgemeiner Begriff und hat für viele Autoren unterschiedliche Bedeutung. Schumpeter z.B. unterscheidet ursprünglich zwischen fünf verschiedenen Neuerungen, die gemeinsam den technischen Fortschritt ausmachen sollen: 1. Einführung eines neuen Produktes, 2. Einführung eines neuen Produktionsverfahrens, 3. Erschliessung eines neuen Marktes, 4. Erschliessung einer neuen Versorgungsquelle von Rohstoffen oder Halbfabrikaten und schliesslich 5. Einführung neuer Formen industrieller Organisation (Schumpeter 1926). Im Gegensatz zu dieser sehr umfassenden Definition versteht Dosi unter technischem Fortschritt "the search for, and the discovery, experimentation, development, imitation, and adoption of new products, new production processes and new organizational set-ups" (Dosi et al. 1988:222).

---

<sup>8</sup> Das Wort „Fortschritt“ im Zusammenhang mit Technik ist seit einiger Zeit Gegenstand einer heftigen Diskussion. So wird argumentiert, ob es angesichts der zahlreichen, auch negativen Auswirkungen der Technik auf Umwelt, Mensch und Gesellschaft gerechtfertigt ist, von „Fortschritt“ zu sprechen. Um dieser Kritik an der Technik Rechnung zu tragen, trifft man in der Literatur zunehmend auf neutralere Begriffe wie „technischer Wandel“ oder „technische Entwicklung“. Auch ich sehe die negativen Konsequenzen des technischen Fortschritts, verurteile ihn aber nicht pauschal und verwende diesen Begriff aus zwei Gründen weiter. Da sich der Begriff „Fortschritt“ mittlerweile in der ökonomischen Literatur durchgesetzt hat, werden mit seiner Übernahme in dieser Arbeit Begriffsverwirrungen vermieden; zum anderen soll damit der Unterschied zwischen einer wirtschaftlich relevanten und einer wirtschaftlich nichtrelevanten technischen Entwicklung deutlich unterstrichen werden (mehr dazu s. Punkt 3 sowie Heertje 1977).

---

In der vorliegenden Arbeit wird im Vergleich zu den beiden erwähnten Autoren und in Anlehnung an das Lexikon der Volkswirtschaft von einer engeren Definition des technischen Fortschritts ausgegangen, welche nur die zwei ersten Punkte Schumpeters berücksichtigt und die "new organizational set-ups" von Dosi außer acht lässt. Technischer Fortschritt äussert sich demnach "in der Herstellung neuer oder verbesserter Produkte oder in der Einführung neuer Produktionsverfahren, die ein unverändertes Produkt zu gleich bleibenden Kosten in vergrösserter Menge bzw. in gleich bleibender Menge zu geringeren Kosten herzustellen ermöglichen" (Geigant et al. 1987:650). Mit anderen Worten: Technischer Fortschritt manifestiert sich in Form von Produkt- oder Prozessinnovationen oder beiden zusammen und ist damit auf technische Innovationen begrenzt. Dabei umfasst das Wort "Produkt" sowohl Güter wie Dienstleistungen<sup>9</sup>.

Produktinnovationen ihrerseits umfassen, wie erwähnt, die zwei Komponenten "neue Produkte" und "verbesserte Produkte". Gemäss einem OECD-Handbuch ist ein neues Produkt "a product whose technological characteristics or intended uses differ significantly from those of previously produced products. Such innovations can involve radically new technologies, can be based on combining existing technologies in new uses, or can be derived from the use of new knowledge. The first microprocessors and video cassette recorders were examples of technologically new products of the first kind, using radically new technologies. The first portable cassette player, which combined existing tape and mini-headphone techniques, was a technologically new product of the second type, combining existing technologies in a new use. In each case the overall product had not existed before." (OECD 1997:32). Bei den verbesserten Produkten handelt es sich dagegen um bereits existierende Produkte "whose performance has been significantly enhanced or upgraded. A simple product may be improved (in terms of improved performance or lower cost) through use of higher performance components or materials, or a complex product which consists of a number of integrated technical subsystems may be improved by partial changes to one of the subsystems. The substitution of plastics for metals in kitchen equipment or furniture is an example of the use of higher-performance components. The introduction of ABS braking or other subsystem improvements in cars is an example of partial changes to one of a number of integrated technical subsystems." (OECD 1997:32).

---

<sup>9</sup> Vgl. OECD (1997:31). Die Definition des Wortes „Produkt“ ist gemäss dem zitierten OECD Dokument kompatibel mit dem „System of National Accounts“ (Nationale Buchhaltung) der Europäischen Kommission.

Prozessinnovationen sind andererseits "the adoption of new or significantly improved production methods, including methods of product delivery. These methods may involve changes in equipment, or production organisation, or a combination of these changes, and may be derived from the use of new knowledge. The methods may be intended to produce or deliver technologically new or improved products, which cannot be produced or delivered using conventional production methods, or essentially to increase the production or delivery efficiency of existing products." (OECD 1997:32).

Obwohl die beiden Komponenten des technischen Fortschritts - Produkt und Prozessinnovationen - theoretisch klar auseinander gehalten werden können, sind sie in der Praxis, v.a. in den Dienstleistungsbranchen, häufig miteinander verknüpft. Aufgrund seiner zahlreichen historischen Untersuchungen im Technologiebereich kommt Rosenberg zum Schluss, dass "Process innovations, grounded in theoretical and technical developments, have been fundamental in the history of product innovation in the industry" (Rosenberg 1982:237). Bestimmte Produktinnovationen, wie z.B. seinerzeit der Transistor, benötigen bedeutende Prozessinnovationen, damit sie ökonomisch effizient hergestellt werden können. Umgekehrt können potentielle, mit Prozessinnovationen verbundene Kostenersparnisse in bestimmten Fällen nur dann realisiert werden, wenn die damit herzustellenden Produkte neu entworfen werden können. Zudem kann das gleiche Produkt, z.B. eine numerisch gesteuerte Werkzeugmaschine, für die Herstellerfirma eine Produktinnovation und für die anwendende Firma eine Prozessinnovation (z.B. zur Herstellung anderer Produkte) bedeuten.

Um der Frage nachzugehen, ob Produkt- oder Prozessinnovationen schneller eingeführt werden, wurde unter Schweizer Industrieexperten eine Befragung durchgeführt (s. Teil 2 der vorliegenden Arbeit sowie Harabi 1991c). Die Ergebnisse zeigen, dass das Tempo, mit welchem die Einführung von Innovationen seit 1970 erfolgte, in der Einschätzung der Befragten generell zwischen "mittelmässig" bis "schnell" liegt. Produktinnovationen scheinen allerdings leicht schneller als bisher realisiert worden zu sein als Prozessinnovationen. Dieser letzte Befund bestätigt indirekt das Ergebnis der F&E-Erhebung des Schweizerischen Handels- und Industrievereins (1987), wonach 80 % aller F&E-Ausgaben der

---

schweizerischen Privatwirtschaft im Jahre 1986 für produktspezifische Entwicklungen aufgewendet wurden (Schweizerischer Handels- und Industrieverein 1987:25).<sup>10</sup>

Die Tendenz, dass Produktinnovationen schneller eingeführt werden als Prozessinnovationen, wird auch in den Zukunftserwartungen der befragten Experten bestätigt. Generell werden die Innovationschancen für die nächsten 10 Jahre als ungefähr gleich hoch wie bisher oder als leicht besser als bisher beurteilt. Die Erwartungen bezüglich Produktinnovationen werden hingegen auch hier optimistischer eingeschätzt als solche bezüglich Prozessinnovationen.

Damit wird zum einen die Einschätzung von Oppenländer bestätigt, wenn er feststellt: "Die Innovationsdynamik lässt sich zwar etwa zu gleichen Teilen auf Produkt- und Prozessinnovationen zurückführen. Andererseits ist es keine Frage, dass gerade Produktinnovationen den Produktionsprozess beschleunigen..." (Oppenländer 1992:169).<sup>11</sup> Diese Aussage wird auch durch empirische Untersuchungen aus den USA erhärtet, die zum Ergebnis kommen: "Most respondents said that product innovation had been significantly faster than process innovation in their line of business" (Nelson 1987:69, zitiert nach Oppenländer 1992:169). Diese subjektive Einschätzung seitens der befragten Experten wird durch Zahlen bezüglich der effektiven Aufteilung der F&E-Budgets amerikanischer Unternehmen bestätigt. Ähnlich wie in der Schweiz, dominiert auch dort die produktspezifische F&E die verfahrensspezifische. Gemäss einer Studie von Mansfield (1988) setzen amerikanische Firmen 2/3 ihrer F&E-Ausgaben für Produktinnovationen und lediglich 1/3 für Prozessinnovationen ein.

Zum anderen ist es aber wichtig darauf hinzuweisen, dass die Allokation der F&E-Budgets für Produkt- oder Prozessinnovationen in anderen Ländern - z.B. in Japan - nach einer anderen Gewichtung erfolgt. Gemäss der gleichen Studie von Mansfield konzentrieren japanische Unternehmen 2/3 ihrer F&E-Ausgaben auf Prozess- und lediglich 1/3 derselben auf Produktinnovationen - genau das umgekehrte Aufteilungsverhältnis der amerikanischen

---

<sup>10</sup> Dieser statistische Befund ist für die Interpretation der Ergebnisse der Expertenbefragung im Teil 2 Pkt. 3 und Teil 3 sehr zentral. Dort werden Experten nach verschiedenen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts gefragt. Es ist zu erwarten, dass sie diese Fragen primär aus der Sicht eines Produktentwicklers beantwortet werden.

<sup>11</sup> Für eine ausführliche Erläuterung dieses Fragenkomplexes s. Oppenländer (1988:127-147).

Unternehmen. Japanische Unternehmen scheinen somit Prozessinnovationen eine weit grössere Priorität beizumessen als die amerikanischen oder schweizerischen Unternehmen<sup>12</sup>.

Die Frage, ob Produkt- oder Prozessinnovationen schneller eingeführt werden, ist jedoch nicht nur international, sondern auch von einem Wirtschaftszweig zum anderen unterschiedlich zu beantworten. Den Grund für letzteres sieht Link in der folgenden Tatsache: "For example, in mature markets where product competition is primarily in terms of price, a firm's technology response may emphasize process-related innovations aimed at reducing operating costs. In emerging markets, product development (improved quality or design) may be the appropriate strategy." (Link 1987:46).

## **2.2 Arten des technischen Fortschritts**

Zusätzlich zur Aufteilung in Produkt- und Prozessinnovationen wird technischer Fortschritt in die vier folgenden Arten unterteilt (vgl. Freeman/Perez 1988 und Freeman 1991):

- Laufende Innovationen<sup>13</sup> ("incremental" oder "minor" innovation)
- Bedeutende Innovationen<sup>10</sup> ("radical innovations" oder "major technological breakthroughs")
- Neue technologische Systeme ("new technological systems") und
- Wechsel vom technisch-ökonomischen Paradigma ("changes of techno-economic paradigm" bzw. "technological revolutions").

### **2.2.1 Laufende Innovationen**

Laufende Innovationen erfolgen mehr oder weniger kontinuierlich, wenn auch je nach Branche in einem unterschiedlichen Tempo. Sie beinhalten Verbesserungen in den bestehenden Produktsortimenten bzw. Prozessen, die entweder kleine Veränderungen der Marktnachfrage und damit der Bedürfnisse der Benutzer reflektieren oder von den Produzenten selbst autonom induziert werden. Deshalb werden gute und enge Beziehungen zwischen Produzenten und Kunden sowie "Learning by doing" und "Learning by using" in Unternehmen als wichtige Quellen für diese Innovationsart angesehen (Lundvall 1988).

---

<sup>12</sup> Zum Vergleich USA - Japan im F&E-Bereich siehe auch Rosenberg/Steinmüller (1988).

<sup>13</sup> Die Terminologie ist im Hinblick auf diese beiden Arten von Innovationen nicht einheitlich. Im ersten Fall finden wir auch Bezeichnungen wie „inkrementale“, „kleine“ Innovationen oder „Rationalisierungstechnologien“; im zweiten Fall wird auch von „Basisinnovationen“ bzw. „Basistechnologien“ oder „Schlüsseltechnologien“ gesprochen.

---

Laufende Innovationen bilden einen grossen Teil der Patente und der internen Mitarbeiterauszeichnungen von Unternehmen. Obwohl ihr kombinierter Effekt für das Wirtschaftswachstum sehr wichtig sein kann, löst keine dieser Innovationen für sich allein dramatische Veränderungen oder gar einen Strukturwandel in der Wirtschaft aus.

### **2.2.2 Bedeutende Innovationen**

Bedeutende Innovationen sind diskontinuierliche (d.h. im Zeitablauf diskret auftretende) Ereignisse und entstehen inhaltlich nicht aus laufenden Verbesserungen bisheriger Produkte bzw. Verfahren. Zwei historische Beispiele illustrieren diesen Tatbestand: Weder ist Nylon aus Verbesserungen natürlicher Materialien, noch ist die Eisenbahn dank der Zusammenlegung mehrerer Postkutschen entstanden. Solche Innovationen verkörpern sowohl grundlegende technologische als auch organisatorische Neuerungen und führen oft zu einem wirtschaftlichen Strukturwandel.

### **2.2.3 Neue technologische Systeme**

Dieses Konzept wurde zum ersten Mal von Carlota Perez entwickelt (Perez 1985) und wird definiert als Cluster technischer Innovationen, die technologisch und wirtschaftlich miteinander verknüpft sind. Nahe liegende Beispiele sind petrochemische Innovationen, Innovationen auf der Basis synthetischer Materialien und in den 1930er, 1940er und 1950er Jahren neu eingeführte, aus Plastik hergestellte Maschinen. Ein weiteres Beispiel sind die Cluster von Innovationen im Bereich der elektrischen Haushaltsgeräte (vgl. Freeman 1991). Wie diese Beispiele zeigen, betreffen neue technologische Systeme nicht nur eine einzige Innovation, sondern eine ganze Palette von Produkten und Verfahren und haben somit grundlegende Breitenwirkung auf ganze Wirtschaftssektoren.

### **2.2.4 Wechsel eines technisch-ökonomischen Paradigmas (bzw. "technologische Revolution")**

Wechsel des technisch-ökonomischen Paradigmas bzw. technologische Revolutionen entsprechen nach Freeman dem "Prozess der schöpferischen Zerstörung" von Schumpeter, welcher im Zentrum seiner Theorie der langen Wellen steht. Die Einführung der Dampfmaschine oder der elektrischen Energie seien zwei Beispiele von Technologien, die tief greifende technologische und wirtschaftliche Transformationen ausgelöst haben. Ein zentrales Charakteristikum dieser vierten Art des technischen Fortschritts sei: "...that it has

pervasive effects throughout the economy, i.e. it not only leads to the emergence of a new range of products, services, systems and industries in its own rights; it also affects directly or indirectly almost every other branch of the economy as in the example of mass production. The expression 'techno-economic' rather than 'technological paradigm' emphasizes that the changes are interactive, involving organizational as well as technical changes which go beyond specific product or process technologies" (Freeman 1991:224). Aus dieser Perspektive sind also die langen Wellen von Schumpeter nichts anderes als eine Aufeinanderfolge von neuen technisch-ökonomischen Paradigmen bzw. von technologischen Revolutionen.

In der vorliegenden Arbeit wird lediglich die Unterscheidung zwischen laufenden und bedeutenden Innovationen aufrechterhalten. Konzepte wie "neue technologische Systeme" oder längerfristige Phänomene wie "Wechsel des technisch-ökonomischen Paradigmas" werden nicht weiter verfolgt. Betrachtet man dennoch die verschiedenen Arten des technischen Fortschritts gemeinsam, so lässt sich zusammenfassend feststellen, dass er ein heterogenes und kontinuierliches Phänomen darstellt.

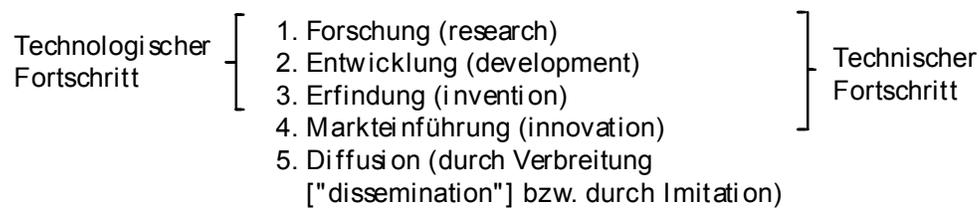
Das Wort "heterogen" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass technischer Fortschritt sich nicht nur in Form von grossen, epochemachenden technologischen Durchbrüchen, eingeleitet von grossen und berühmten Innovatoren (technischer Fortschritt = "bedeutende Innovationen"), sondern auch in Form von kleinen und laufenden Verbesserungen an bestehenden Produkten und Verfahren manifestiert (technischer Fortschritt = "bedeutende" + "laufende" Innovationen).

Die Feststellung, technischer Fortschritt sei ein kontinuierlicher Prozess, ist das vorläufige Ergebnis einer langen und kontroversen Diskussion darüber, ob technischer Fortschritt diskontinuierlich oder eben kontinuierlich ist (s. z.B. Rosenberg 1982). Diese Frage ist im Übrigen nicht nur für das wissenschaftliche Verständnis dieses Phänomens, sondern auch für die praktische Technologiepolitik von Unternehmen und Staat von zentraler Bedeutung. "Diskontinuierlich" heisst in diesem Zusammenhang, dass technologische Entwicklungen sich in zeitlich vereinzelt Schüben ("bursts") vollziehen, während "kontinuierlich" für die gegenteilige Auffassung steht, dass nämlich technischer Fortschritt in Form von laufenden, komplementären und sich gegenseitig bedingenden Schritten stattfindet: Die eine Erfindung

führt zur anderen, und die eine Verbesserung löst die andere aus. Technischer Fortschritt ist nach der ersten Meinung zufällig, d.h. Produkt persönlicher Einfälle von Innovatoren, und nach der zweiten Auffassung durch spezifische technologische, wirtschaftliche und politische Faktoren bestimmt. Letztere Auffassung ist eher deterministisch und postuliert daher, dass technischer Fortschritt ein rational erklärbarer und deshalb zu einem gewissen Grad auch ein planbarer Prozess ist. Heertje z.B. lehnt explizit die Meinung ab, "that inventions and innovations occur in bursts with innovations always following inventions" und postuliert, dass "...technical change is a continuous process in which the technical possibilities increase." (Heertje 1977). Die Auffassung, technischer Fortschritt sei ein kontinuierlicher Prozess, impliziert, dass die betroffenen Wirtschaftssubjekte (Unternehmen, Staat und andere Organisationen) diesen Prozess initiieren, gestalten und bis zu einem gewissen Grad auch steuern können. Im umgekehrten Fall ist dies nicht oder nur in sehr beschränktem Masse möglich.<sup>14</sup>

### 3 Prozess des technischen Fortschritts

Der Prozess des technischen Fortschritts bzw. der Innovationsprozess (beide Kategorien werden hier synonym verwendet) lässt sich nach Schumpeter in drei Phasen zerlegen: 1. Erfindung (invention), 2. Markteinführung (innovation), 3. Diffusion (durch Verbreitung bzw. durch Imitation). Wenn man davon ausgeht, dass Erfindungen auf Forschung und Entwicklung beruhen, kann man den Prozess des technischen Fortschritts in die folgenden fünf Phasen gliedern:



Die ersten drei Phasen zusammen machen den technologischen Fortschritt aus. Erst mit der erfolgreichen Markteinführung neuer oder verbesserter Produkte bzw. Produktionsverfahren spricht man von technischem Fortschritt. Die Unterscheidung zwischen "technologischem"

<sup>14</sup> Bei der Aussage, der technische Fortschritt sei kontinuierlich, ist es wichtig zu betonen, dass dies für die aggregierte Ebene des technischen Fortschritts gilt. Einzelne Innovatoren (Einzelpersonen oder Firmen) können den technischen Fortschritt durchaus als diskontinuierlich erleben.

und "technischem" Fortschritt ist analytisch wie praktisch zentral, damit das "blosse" Vorliegen eines Fortschritts des technischen Wissens (Technologie) nicht mit seiner effektiven Anwendung und Markteinführung verwechselt wird. Um einen technischen Fortschritt realisieren zu können, genügt es nicht, bloss neue Ideen zu haben, sondern diese müssen darüber hinaus in Produkte und Verfahren umgesetzt und erfolgreich kommerzialisiert werden. Damit wird der Unterschied zwischen einem wirtschaftlich relevanten und einem wirtschaftlich nicht relevanten technologischen Fortschritt deutlich unterstrichen. Unter technischem Fortschritt wird zusammenfassend die Anwendung und Markteinführung von neuen technischen Ideen in Form von Produkt- und Prozessinnovationen verstanden.

Die Unterscheidung zwischen "technologischem Fortschritt" und "technischem Fortschritt" ist auch in der vorliegenden Arbeit von zentraler Bedeutung und wird konsequent beachtet, und zwar nicht nur im theoretischen, sondern auch v.a. im empirischen Teil.

Dieses 5 Phasen-Schema ist an sich ursprünglich (Schumpeter) nicht als eine Innovationstheorie gedacht, die eine kausale Beziehung zwischen den einzelnen Phasen postuliert (z.B. dass Innovationen immer das Ergebnis von Erfindungen seien)<sup>15</sup>, sondern als ein deskriptiver Rahmen, der die möglichen Phasen des Innovationsprozesses erfasst. Erst im Laufe der Zeit sind zwei grundsätzlich unterschiedliche theoretische Auffassungen über das Verhältnis der einzelnen Phasen zueinander entstanden. Traditionelle, vorwiegend neoklassische Theoretiker modellieren den Innovationsprozess als einen vertikalen Prozess, der sich in aufeinander folgenden und isolierten, d.h. nicht miteinander durch Feedbacks verknüpften, Phasen vollzieht. Nach dieser Auffassung verläuft der Innovationsprozess in einer linearen und eher berechenbaren Form, die mit der Forschung (Phase 1) beginnt und mit den Verkaufs- und Serviceleistungen technischer Innovationen (letzte Etappen der 4. oder 5. Phase) endet<sup>16</sup>. Entsprechend dieser Betrachtungsweise wird den zwei ersten Phasen (F&E),

---

<sup>15</sup> Dies ist aus dem folgenden Zitat von Schumpeter ersichtlich: "It is entirely immaterial whether an innovation implies scientific novelty or not. Although most innovations can be traced to some conquest in the realm of either theoretical or practical knowledge that has occurred in the immediate or the remote past, there are many which cannot. Innovation is possible without anything we should identify as invention, and invention does not necessarily induce innovation, but produces itself ... no economically relevant effect at all". (Schumpeter 1939:84).

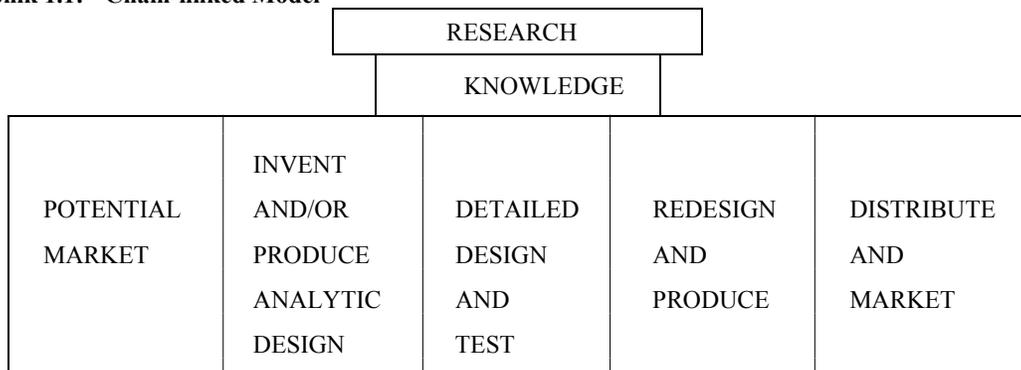
<sup>16</sup> Eine gute Übersicht über Arbeiten in dieser Tradition ist zu finden in Reinganum (1989). Eine kritische Auseinandersetzung mit dem linearen Innovationsmodell liefern Kline/Rosenberg (1986) und Kline (1985).

---

da sie sozusagen die Quelle des ganzen Innovationsprozesses darstellen, eine zentrale Rolle beigemessen.

Im Gegensatz dazu postuliert die zweite Auffassung (z.B. Vertreter der evolutorischen Theorie und andere), dass diese Phasen keineswegs als isoliert und unabhängig voneinander betrachtet werden dürfen. Der Innovationsprozess vollzieht sich nicht linear von einer Phase in die andere, sondern eher simultan bzw. zirkulär: Die einzelnen Phasen werden miteinander verknüpft und rückgekoppelt; insbesondere die F&E-Aktivitäten (Phase 1 und 2) werden zunehmend nach den Markterfordernissen (Phase 4) ausgerichtet. Technischer Fortschritt ist demnach ein Suchprozess, der simultane Aktivitäten in den verschiedenen Bereichen inner- und ausserhalb der Unternehmen voraussetzt: einerseits gleichzeitige und gemeinsame Anstrengungen der F&E-, der Produktions- und der Marketingabteilungen innerhalb des gleichen Unternehmens und andererseits Kooperationen, strategische Allianzen und joint ventures mit anderen Unternehmen oder anderen Organisationen (z.B. Universitäten). Technischer Fortschritt ist somit zunehmend auf komplexe Interaktionen zwischen den verschiedenen Akteuren unserer Gesellschaft, insbesondere auf Interaktionen zwischen Forschern, Unternehmern und Finanziers angewiesen.

Ein auf den Überlegungen dieser zweiten Auffassung aufgebautes Modell des Innovationsprozesses stammt von Kline und Rosenberg und wird von ihnen als "Chain-Linked-Model" bezeichnet (Kline und Rosenberg 1986 und Kline 1985). Dieses auch von der OECD in ihrem offiziellen Dokument (Oslo Manual, OECD 1992b) übernommene Modell betrachtet Innovationen als Resultat von Interaktionen zwischen dem Marktpotential und dem Wissen und Können von Unternehmen. Der Innovationsprozess setzt sich nach diesem Modell aus sechs miteinander eng verknüpften Aktivitäten zusammen, wie sie in Figur 1.1 dargestellt sind.

**Graphik 1.1: Chain-linked Model**

Quelle: Landau/Rosenberg (1986:289)

Ausgangspunkt von Innovationsaktivitäten ist die Wahrnehmung eines Marktpotentials, d.h. von Chancen für eine erfolgreiche Einführung eines neuen oder verbesserten Produktes bzw. Verfahrens. Danach folgen die Phasen des Produktdesigns, der Produktion und des Marketings. Wegen der in jeder Phase vorhandenen Unsicherheit über das Zustandekommen des erwünschten Resultats gibt es auch keine automatische Reihenfolge zwischen ihnen. Wenn Probleme bei einer bestimmten Phase auftreten, wird zwecks Suche nach adäquaten Lösungen auf vor- oder nachgelagerte Aktivitäten zurückgegriffen.

Vor allem die Verbindung zwischen "Marketing" und "Invention/Design" ist für die Steuerung des Innovationsprozesses von zentraler Bedeutung. Die F&E-Aktivität wird hier nicht als "die" Quelle von Innovationen, sondern lediglich als ein, wenn auch sehr wichtiges Instrument zur Lösung von Problemen, die in jeder beliebigen Phase auftauchen und die mit dem bestehenden Wissen nicht gelöst werden können, betrachtet. In diesem Modell wird die Rolle von F&E im Innovationsprozess relativiert. Dies wird auch von den Autoren des offiziellen F&E-Handbuchs der OECD (Frascati-Bericht) betont: "(Innovation) consists of all those scientific, technical, commercial and financial steps necessary for the successful development and marketing of new or improved manufactured products, the commercial use of new or improved processes or equipment or the introduction of a new approach to a social service. *R&D is only one of these steps.*" (Betonung im Original, OECD 1981:15-16).

Die zweite Auffassung zum Innovationsprozess schliesst allerdings nicht aus, dass in bestimmten Technologiefeldern, z.B. in den frühen Entwicklungsphasen der Biotechnologie, eine bestimmte Linearität im Innovationsprozess festzustellen ist (z. B. Ergebnisse der

Wissenschaft werden direkt zur Entwicklung von Innovationen verwendet) und dass diese den Gegebenheiten dieser Technologie entspricht.

Zusammenfassend seien folgende "stilisierten Fakten" über den Prozess des technischen Fortschritts aufgeführt, welche die obigen Ausführungen zu diesem Konzept zusammenfassen sowie weiter präzisieren und verdeutlichen sollen (vgl. u.a. Dosi et al.1988:222-223):

- Der Innovationsprozess ist generell keineswegs eine automatische Abfolge von bestimmten Phasen mit sicheren Ergebnissen, sondern ein mit vielen Unbekannten versehener stochastischer Suchprozess. Dabei gibt es nicht nur einen Mangel an relevanten Informationen über das Zustandekommen bereits bekannter Phänomene, sondern es gibt auch technisch-ökonomische Probleme, deren Lösungen bisher noch unbekannt sind. Hinzu kommt, dass die beteiligten Akteure nicht immer in der Lage sind, die Folgen ihrer Handlungen genau abzuschätzen. Unsicherheit ist somit ein herausragendes Charakteristikum dieses Prozesses.
- F&E-Aktivitäten zeichnen sich durch zunehmende Komplexität aus, mit der Konsequenz, dass diese mehr und mehr formal organisiert und koordiniert werden müssen und immer weniger von einzelnen, in isolierten Wissenschaftsdisziplinen tätigen Forschern durchgeführt werden können. Technischer Fortschritt wird oft dann erzielt, wenn verschiedene Forschungsarten (Grundlagen-, angewandte und industrielle Forschung) und verschiedene Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich kombiniert werden können (wie z.B. in der Optoelektronik).
- Die zunehmende Abhängigkeit des technischen Fortschritts von der Wissenschaft bedingt eine zunehmende Bedeutung des Zugangs zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen (Bedeutung von Wissenschafts- und Technologietransferstellen).
- Die Bedeutung des Experimentierens in Form von "Learning by doing" und "Learning by using" für den technischen Fortschritt nimmt zu.
- Technischer Fortschritt weist zunehmend einen kontinuierlichen Charakter auf.
- Technischer Fortschritt hängt zunehmend von einer intensiveren Kommunikation zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Finanzsektor einerseits und zwischen diesen und der Gesellschaft andererseits ab (Frage der Akzeptanz neuer Technologien durch die Bevölkerung).

#### **4 Messung des technischen Fortschritts**

Will man den technischen Fortschritt messen, so gibt es in der Innovationsforschung die vier folgenden Grundkonzepte:

- Input-Konzepte,
- Output-Konzepte,
- Input-Output-Konzepte und
- Prozessablauf-Konzepte.

Diese Konzepte werden generell benutzt, um Indikatoren für den Stand der Technik (statisch) bzw. für die Fortschrittsrate (dynamisch) zu bestimmen. Diese Indikatoren können sowohl auf

der aggregierten Ebene der gesamten Volkswirtschaft als auch auf der Ebene von Wirtschaftsbranchen berechnet werden. Das Ziel des folgenden Kapitels besteht darin, zum einen diese Konzepte kritisch darzustellen und zum anderen, soweit Daten vorhanden sind, entsprechende empirische Ergebnisse für die Schweiz zu präsentieren.

## **4.1 Input-Konzepte**

Unter Input-Konzepten werden Ansätze verstanden, die auf der Inputseite des Innovationsprozesses, d.h. bei den eingesetzten Produktionsfaktoren, Indikatoren für den technischen Fortschritt zu definieren versuchen. Zu diesen zählen

1. der Anteil der F&E-Ausgaben an geeigneten Grössen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (z.B. BIP) oder - auf der Ebene einzelner Branchen oder Unternehmen - z.B. am Umsatz oder an der Wertschöpfung,
2. der Anteil der Beschäftigten in "F&E" an der Gesamtzahl der Beschäftigten,
3. die bibliometrischen Indikatoren,
4. die Anzahl Patente (als Output von F&E) sowie
5. die Altersstruktur des Anlagebestandes.

Die Input-Konzepte 1-5 sind alle mit dem grundsätzlichen Nachteil behaftet, dass nur begrenzt von Input-Grössen direkt auf den Output des Innovationsprozesses (Gesamtheit aller neuen bzw. verbesserten Produkte und Produktionsverfahren) geschlossen werden kann.

### **4.1.1 Anteil der F&E-Ausgaben**

Wegen seiner relativ leichten statistischen Erfassung hat dieses Input-Konzept, auch F&E-Intensität genannt, grosse Verbreitung in der Literatur gefunden. Seine theoretischen Mängel bleiben dennoch schwerwiegend:

- Es fehlen operable Kriterien für eine klare Abgrenzung der Unternehmensbereiche "F&E" und "Produktion", v.a. in Klein- und Mittelbetrieben. Diese Abgrenzungsproblematik wird im - immer wichtiger werdenden - Bereich der Computersoftware-Erstellung noch deutlicher. Während ihr Anteil an der Wertschöpfung in fast allen Produktgebieten ständig zunimmt, ist es in diesem Bereich in der Praxis äusserst schwierig, zwischen einfacher Anwendung bereits existierender Software und eigener F&E zu unterscheiden (Speiser 1992:32). Zudem werden in den meist staatlich geführten statistischen Erhebungen F&E-Definitionen<sup>17</sup> verwendet, die sehr komplex und damit primär für Grossunternehmen

---

<sup>17</sup> Das Bundesamt für Statistik der Schweiz definiert diese Begriffe wie folgt: "Forschung ist systematische, schöpferische, wissenschaftliche Arbeit mit dem Zweck der Erweiterung des Kenntnisstandes (eingeschlossen Erkenntnisse über den Menschen, die Kultur und die Gesellschaft), sei es in rein theoretischer Absicht oder sei es im Hinblick auf die Lösung praktischer Probleme."

konzipiert und weniger für die Realitäten und Bedürfnisse kleiner und mittlerer Unternehmen geeignet sind. Diese Probleme führen oft zu einer Unterschätzung der F&E-Aktivitäten in dieser Kategorie von Unternehmen (vgl. z.B. Kleinknecht /Reijnen 1991a).

- Auch die Unterscheidung zwischen Forschung und Entwicklung und zwischen produktspezifischen und verfahrenspezifischen F&E-Tätigkeiten stellt "wegen der engen Verzahnung dieser innovatorischen Tätigkeiten in der Praxis erhebungstechnisch grosse Probleme" (Schweizerischer Handels- und Industrie-Verein 1987:25).
- In Anbetracht des ausgesprochenen stochastischen Charakters des Forschungs- und Entwicklungsertrags (s. oben) erscheint es gewagt, von Input-Grössen (hier: F&E-Ausgaben) auf den Output des F&E-Prozesses (hier: z.B. patentierte Erfindungen) zu schliessen.
- Nicht nur die Höhe der F&E-Ausgaben ist wichtig, sondern von zentraler Bedeutung sind auch die richtige Wahl der Forschungsprojekte (die "richtige" Struktur des F&E-Portfolios) und ihre adäquate Einbettung in die allgemeine Innovationsstrategie von Unternehmen und Volkswirtschaften.

Aktuelle Daten zu den F&E-Ausgaben und F&E-Personal in der Schweiz liefern der Bericht des Bundesamtes für Statistik (1994) sowie die gemeinsame Publikation dieses Amtes mit dem Schweizerischen Handels- und Industrie-Verein (1994). Für internationale Vergleichbarkeit sorgt die OECD in ihren regelmässigen Veröffentlichungen (s. z.B. OECD 1994).

Generell lässt sich konstatieren, dass im Hinblick auf den Input-Indikator "F&E-Ausgaben" sowohl international wie interindustriell beträchtliche Unterschiede bestehen. Im internationalen Vergleich können aus schweizerischer Sicht folgende Punkte festgehalten werden:

- Der Anteil der F&E-Ausgaben am Bruttoinlandprodukt beträgt für die Schweiz 2,6 % im Jahre 1992 und ist somit der dritthöchste im OECD-Raum. Damit gehört die Schweiz, zusammen mit Japan, Schweden, den USA, und der BRD zu den F&E-intensivsten Ländern der Welt (Tab. 1.1). Bei diesen Zahlen sollte man allerdings folgendes vor Augen halten:

---

"Entwicklung ist systematische, auf vorhandenen wissenschaftlichen Erkenntnissen und praktischer Erfahrung aufbauende Arbeit mit dem Ziel, zu neuen oder wesentlich verbesserten Materialien, Produkten, Verfahren, Systemen oder Dienstleistungen zu gelangen."

"Eingeschlossen in F+E sind zudem: die Konzeption von Forschungsvorhaben sowie die Verwaltung von Forschungsprojekten (Management); das Studium, die Konstruktion und Erprobung von Prototypen und deren Weiterentwicklung bis zur Fabrikationsreife, nicht jedoch die Erstellung der Fabrikationsunterlagen; der Bau und Betrieb von Versuchsanlagen, aber nur soweit sie nicht für die normale Produktion gebraucht werden."

"Ausgeschlossen von F+E sind: Aus- und Weiterbildungstätigkeiten; Dokumentation und bibliographische Arbeiten (sofern nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit F+E); wissenschaftliche Dienstleistungen, die regelmässig erfolgen, wie Datenerhebungen, Messungen, Erstellen von Statistiken, Prüfungen, Qualitätskontrollen, Gesundheitskontrollen; Standardisierungs- und Normierungsarbeiten; Patent- und Lizenzarbeiten; wissenschaftliche und technische Beratung; Vermessungswesen; Investitionskosten für die Grossproduktion, die Produktion von Gütern, inklusive 0-Serien und Versuchsserien; Produktionsüberwachung; Gesetzgebungsprozesse und deren Vorbereitung, soweit sie nicht Forschungsarbeiten darstellen; technische Verkaufsdienste, Marktforschung und betriebswirtschaftliche Untersuchungen" (Bundesamt für Statistik 1992:7).

"Man sollte sich freilich durch die Genauigkeit dieser Zahlen nicht täuschen lassen; die Stelle nach dem Komma ist vermutlich mit einer Unsicherheit von mindestens drei Punkten behaftet. Die Rangfolge innerhalb der Spitzengruppe hat daher kein allzu grosses Gewicht. Regierungen haben aus politischen Gründen die Tendenz, diese Zahlen möglichst hoch erscheinen zu lassen. Bemerkenswert ist immerhin, dass sich die Zusammensetzung dieser Spitzengruppe von acht Staaten in den letzten zehn Jahren nicht verändert hat." (Speiser 1992:32).

- Diese eindruckliche Verhältniszahl darf jedoch nicht über die absolute Position der Schweiz in der internationalen Forschungslandschaft hinwegtäuschen, denn: "F&E wird letztlich nicht mit BIP-Anteilen, sondern mit finanziellen und vor allem personellen Mitteln gemacht." (Schweizerischer Handels- und Industrieverein 1991:43). Mit 6,48 Mia. US-Dollars im Jahre 1992 landet die Schweiz lediglich - und mit grossem Abstand - auf Platz 8 (Tab. 1.1).
- Der Anteil der öffentlich finanzierten F&E-Ausgaben beträgt 28 % und ist damit nach Japan der zweittiefste unter den OECD-Ländern (Tab. 1.1).

**Tabelle 1.1: Finanzielle und personelle Aufwendungen für F+E in ausgewählten Ländern**

Land	F+E-Aufwendungen in Mia. US \$ 1992	Anteil der staatlichen <sup>1)</sup> Finanzierung 1992	Anteil am Bruttoinlandprodukt 1992	F+E-Personal in 1000 Personenjahren 1992	F+E-Personal auf 1000 Beschäftigte 1992
USA	158,4	46 %	2,68 %	-	-
Japan	73,2	18 %*	2,99 %	940	14
BRD	36,4	37 %	2,53 %	479	12
Frankreich	25,1	49 %*	2,36 %	399*	12*
Grossbritannien	20,1	35 %	2,12 %	255	9*
Italien	14,0	48 %	1,38 %	144*	6*
Niederlande	4,8	45 %*	1,92 %	67*	9,5*
Schweiz	6,48	28 %*	2,67 %	48	17
Schweden	4,1	35 %*	2,86 %	54*	12*
Belgien	8,1	28 %**	1,69 %	39**	9**

<sup>1)</sup> Kantone und Bund

\* 1991 \*\* 1990

Quelle: OECD: Main Science and Technology Indicators 1990/2, Paris 1990, zitiert nach Bundesamt für Statistik (1992:17)

Interindustrielle Unterschiede im F&E-Bereich lassen sich sowohl mit absoluten Zahlen als auch und vor allem mit Verhältnisziffern belegen.

- Von den rund 9 Mia. Fr., die innerhalb der Schweiz im Jahre 1992 für F&E aufgewendet wurden, sind 7 Mia. durch die Privatwirtschaft aufgebracht worden (77 %). Davon entfielen rund 82 % auf die drei grossen Wirtschaftszweige Chemie, Maschinen/Metall und Elektrotechnik. Diese interindustriellen Unterschiede zeigen sich auch bei den im Ausland getätigten F&E-Ausgaben. Von den rund 7,09 Mia. sFr., die im Ausland im gleichen Jahr für F&E aufgewendet wurden, stammten 44 % von der Chemie, 5 % von Maschinen/Metall und 41 % von der Elektrotechnik; den Rest erbrachten die übrigen Wirtschaftszweige (Tab. 1.2).

- Untersucht man die F&E-Unterschiede zwischen den Wirtschaftszweigen mittels der F&E-Intensität, so stechen wiederum die Branchen Chemie (15 %), Elektrotechnik (5 %) sowie Maschinen und Metall (5 %) hervor (Tab. 1.3). Hinzu kommen die stark F&E-intensiven Branchen "private Forschungslabors" und "technische Dienstleistungen". Diese Zweige gewinnen in einer stark arbeitsteiligen Wirtschaft zunehmend an Bedeutung, da bestimmte Unternehmen - wegen Konkurrenzdruck - ihre F&E-Aktivitäten nicht mehr selbst ausführen, sondern ganz oder teilweise externalisieren (auswärts in Auftrag geben). Bei der hier berechneten F&E-Intensität ist allerdings zu beachten, dass die im Ausland getätigten F&E-Ausgaben nicht berücksichtigt sind.

**Tabelle 1.2: F+E-Aufwand der Privatwirtschaft und der Schweizer Unternehmen im Ausland, 1989 und 1992, nach Wirtschaftszweigen**

Wirtschaftszweig	SCHWEIZ		AUSLAND		Anteil F+E-Ausgaben im Ausland (im Verhältnis zum Total der F+E-Ausgaben jeder Branche) (in %)	
	F+E-Aufwand		F+E-Aufwand		1989	1992
	(in Mio. Fr.)		(in Mio. Fr.)			
	1989	1992	1989	1992		
Maschinen, Metall	1 866	1 316	256	378	12	22
Elektrotechnik	1 455	1 564	1 894	2 914	57	65
Chemie	2 461	2 893	2 418	3 140	50	52
Uhren	138	94	-	1	-	1
Textil, Bekleidung	44	69	1	-	2	-
Nahrungsmittel	242	306	338	413	58	57
Papier, Kunststoffe	83	73	0	3	0	3
Baugewerbe	54	36	1	10	2	22
Technische Dienstleistungen	168	262	11	34	6	12
Forschungslabors	220	395	343	200	61	34
<b>Total*</b>	<b>6731</b>	<b>7008</b>	<b>5263</b>	<b>7093</b>	<b>44</b>	<b>50</b>

\* Ohne Rundungsdifferenzen

Quelle: Bundesamt für Statistik, zitiert nach Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1994:17)

#### 4.1.2 Anteil des F&E-Personals an der Gesamtzahl der Beschäftigten

Auch dieser Input-Indikator, welcher sich auf den Produktionsfaktor Arbeit im Forschungs- und Entwicklungsprozess abstützt, ist in der Innovationsforschung stark verbreitet. Er weist grundsätzlich die gleichen Mängel auf wie der Input-Indikator "F&E-Ausgaben". In der empirischen Literatur werden verschiedenste Variationen davon herangezogen:

- Anteil der beschäftigten Wissenschaftler,
- Anteil der beschäftigten Wissenschaftler und Ingenieure,
- Anteil der in F&E beschäftigten Naturwissenschaftler und Ingenieure,
- Anteil der beschäftigten Akademiker und
- Anteil des F&E-Personals (auch Nicht-Akademiker).

In der Schweiz wird das gesamte in F&E eingesetzte Personal erfasst (letzte Variante): Zusätzlich zu den Akademikern (aller Fachrichtungen) werden auch die Absolventen von

HTL/HWV ("Fachhochschulen") sowie das technische und administrative Personal gezählt. Danach wurden 1992 48'310 Personenjahre (nicht Personen!) oder 17 % aller Beschäftigten in F&E eingesetzt, mehr als drei Viertel davon in der Privatwirtschaft.

Wie sind nun diese Zahlen international und interindustriell zu beurteilen? Im internationalen Vergleich, gemessen am Anteil des F&E-Personals am Total der Beschäftigten, gehört die Schweiz, zusammen mit Japan und der BRD zur Spitzengruppe. Zieht man hingegen diesen

**Tabelle 1.3: F+E-Intensität in der Schweiz\* 1992, nach Wirtschaftszweig und Beschäftigten Personen**

Wirtschaftszweig	Unternehmensgrösse (beschäftigte Personen)							Total
	bis 10	10 bis 49	50 bis 249	250 bis 499	500 bis 1999	2000 bis 4999	5000 und mehr	
Maschinen, Metall	5	5	5	7	7	7	12	<b>6</b>
Elektrotechnik	44	7	3	6	8	12	13	<b>8</b>
Chemie	31	11	6	7	10	9	18	<b>15</b>
Uhren	1	3	2	3	4	5	-	<b>4</b>
Textil, Bekleidung	-	7	2	3	3	4	-	<b>3</b>
Nahrungsmittel	-	1	1	0	1	0	1	<b>1</b>
Papier, Kunststoffe	5	7	1	2	3	-	-	<b>3</b>
Baugewerbe	15	2	0	0	1	0	-	<b>0</b>
Technische Dienstleistungen	28	16	30	8	0	0	-	<b>6</b>
Forschungslabors	39	41	56	15	15	3	-	<b>14</b>
<b>Total*</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>6</b>

$$* \text{ F+E-Intensität in der Schweiz} = \frac{\text{F+E-Aufwendungen in der Schweiz}}{\text{Umsatz in der Schweiz}} \times 100$$

Quelle: Bundesamt für Statistik, zitiert nach Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1994:2)

Vergleich mittels absoluter Zahlen, was zugegebenermassen problematisch ist, so erscheint die Schweiz gegenüber der in dieser Beziehung etwa achtmal so grossen BRD oder dem gar sechzehnmal grösseren Japan als Zwerg (Tab. 1.1).

Von den 33'905 Personenjahren, die 1992 in der Privatwirtschaft in F&E eingesetzt wurden, beschäftigten die Chemie, die Maschinen- und Metallindustrie sowie die Elektrotechnik, ähnlich wie bei den finanziellen F&E-Aufwendungen, 81 % (Tab. 1.4). Ein weiterer Indikator für die interindustriellen Unterschiede im F&E-Bereich, welcher die Indikatoren "F&E-Ausgaben" und "F&E-Personal" kombiniert, sind die F&E-Ausgaben pro Arbeitsplatz. Danach stehen diesmal die Chemie mit 258'000 Franken an der Spitze, gefolgt von den

Forschungslaboratorien. Am Ende der Skala stehen die technischen Dienstleistungen mit 104'000 Franken (Tab. 1.4).

**Tabelle 1.4: Forschung und Entwicklung in der schweizerischen Privatwirtschaft, F+E-Aufwand, bezogen auf das F+E-Personal (in Personenjahren) 1992, nach Wirtschaftszweigen**

Wirtschaftszweig	F+E-Aufwand (Mio. Fr.)	F+E-Personal (PJ)	F+E-Aufwand pro Personenjahr (1000 Fr.)
Maschinen, Metall	1 316	7 729	170
Elektrotechnik	1 564	8 558	183
Chemie	2 893	11 194	258
Uhren	94	491	192
Textil, Bekleidung	69	439	157
Nahrungsmittel	306	1 457	210
Papier, Kunststoffe	73	412	177
Baugewerbe	36	195	185
Technische Dienstleistungen	262	1 599	104
Forschungslabors	395	1 832	216
<b>Total*</b>	<b>7 008</b>	<b>33 905</b>	<b>207</b>

\* Ohne Rundungsdifferenzen

Quelle: Bundesamt für Statistik, zitiert nach Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1994:17, 33, 35)

Abschliessend ist kritisch anzumerken, dass der Indikator "Anteil F&E-Personal am Total der Beschäftigten" eher von einem engen Technologiebegriff ausgeht, indem er unter technischem Fortschritt primär hardwareorientierte technologische Neuerungen versteht. Will man jedoch eine weitgefasste Technologiedefinition berücksichtigen, die auch "Softwarekomponenten" umfasst, so erscheint es sinnvoll, in die Zahl der F&E-Tätigen auch Beschäftigte mit Beratungs- und Leitungsfunktion in den Unternehmen einzubeziehen. Durch diese Indikatorerweiterung werden Beschäftigte im "Softwarebereich" (v.a. diejenigen mit den zentralen Funktionen der Informationsbearbeitung und -verarbeitung) stärker berücksichtigt. Dabei ist hier der Begriff "Software" sehr breit definiert und umfasst nicht nur die Computersoftware, sondern die Gesamtheit der logischen, mathematischen, psychologischen und organisatorischen Methoden und Verfahren, die erforderlich sind, um Technik effizient und sinnvoll zu entwickeln und zu nutzen (vgl. Browa 1984). Eine solche Indikatorerweiterung hat jedoch in die amtliche Statistik noch keinen Eingang gefunden - deshalb sind auch keine offiziellen Daten dazu vorhanden. Hingegen wird im Rahmen der OECD über diese Probleme nachgedacht (z.B. im Rahmen der Tagung vom 13.-14. Oktober 1992 in Paris) und ein Handbuch für diesen Problembereich vorbereitet.

### 4.1.3 Bibliometrische Indikatoren

Bibliometrische Indikatoren sind quantitative Verfahren zur Bildung von Wissenschaftsindikatoren unter Verwendung bibliographischer Daten. Diese Indikatoren messen primär den wissenschaftlichen Output, insbesondere denjenigen der Grundlagenforschung von vorwiegend (zumindest in der Schweiz und in Europa) in staatlichen Organisationen tätigen Forschern (Phase 1 des Innovationprozesses). Die bekanntesten bibliometrischen Indikatoren sind die Publikations-, Zitations- und die Strukturindikatoren. Während Publikationsindikatoren als Annäherungsmasse für wissenschaftliche Tätigkeit und Produktivität dienen, soll mit den Zitationsindikatoren der Einfluss und die Wirkung wissenschaftlichen Schaffens quantitativ (und nicht qualitativ) erfasst werden. Mit den Strukturindikatoren, die durch die Clusteranalyse von Kozitationen (auch verkürzt "Kozitationsanalyse" genannt) gewonnen werden, werden "Forschungsfronten" gesucht, an denen ein bestimmtes Land relativ stark bzw. relativ schwach beteiligt ist. Dabei wird betont, "dass dieses Vorgehen keinen irgendwie gearteten Qualitätsindikator produziert, sondern lediglich Hinweise auf die Präsenz (...) der Nation an den durch die Kozitationsanalyse ermittelten 'Forschungsfronten' gibt" (Weingart et al. 1989). Darüber hinaus muss beachtet werden, dass es in der Natur bibliometrischer Indikatoren liegt, dass sie erst nach einigen Jahren und in bestimmten Fällen sogar nach Jahrzehnten eine abschliessende Beurteilung der wissenschaftlichen Bedeutung und Resonanz von Forschungsergebnissen erlauben.

Die Konstruktion bibliometrischer Indikatoren geht auf die Pionierarbeiten von Derek Price und Eugene Garfield zurück. Mit der Gründung des "Institute for Scientific Information" (ISI) in Philadelphia (USA) durch den letzteren ist auch die statistische Grundlage für diesen schnell wachsenden und immer wichtiger werdenden Bereich der empirischen Wissenschaftsforschung geschaffen worden.

Bibliometrische Indikatoren werden sowohl von internationalen als auch von nationalen Organisationen berechnet und publiziert. Für die Schweiz hat ein Forscherteam der Universität Bielefeld im Auftrag des Schweizerischen Wissenschaftsrates zwei Studien über "den Stand der schweizerischen Grundlagenforschung im internationalen Vergleich" mittels

bibliometrischer Verfahren durchgeführt und veröffentlicht (Weingart et al. 1989 und 1991). Beide Studien beschränken sich allerdings auf die naturwissenschaftlichen und medizinischen Fächer. Die Untersuchungsdauer umfasst die Jahre 1973-82 für die erste und 1982-86 für die zweite Studie.

Das Hauptergebnis beider Studien ist, dass insgesamt die schweizerische Grundlagenforschung in den erwähnten Disziplinen und im untersuchten Zeitraum, gemessen sowohl an ihrem Anteil an Publikationen (Publikationsraten) als auch an ihrem Einfluss (Zitationsraten), international über dem Durchschnitt liegt. Dieses globale Ergebnis wird auch durch neuere Daten des bereits erwähnten "Institute for Scientific Information" für den Zeitraum 1981-90 bestätigt. . Danach wurden in diesem Zeitraum 66'000 wissenschaftliche Publikationen von in der Schweiz tätigen Forschern veröffentlicht. Weltweit steht die Schweiz damit an 11. Stelle. Beurteilt man diese Publikationen nach wissenschaftlichem Einfluss, kommt man zum Ergebnis, dass sie eine überdurchschnittliche Aufmerksamkeit fanden: mit einer durchschnittlichen Zitationszahl von (fast) achtmal wurden Publikationen aus der Schweiz weltweit am meisten zitiert.

Dieses beachtliche Ergebnis betrifft allerdings nicht alle Gebiete gleichermassen. Die bereits zitierte Bielefeld-Studie kommt diesbezüglich für den Zeitraum 1973-82 zu den folgenden Ergebnissen:

- Die klinische Medizin wird unterdurchschnittlich beachtet. Während sie beim internationalen Publikationsanteil mit 1,8 % überrepräsentiert war, wurde sie nur mit einem Zitationsindex von etwa 0,75 wahrgenommen.
- Umgekehrt werden Biologie, Physik, Chemie und Biomedizin (= nicht-klinische Medizin) überdurchschnittlich beachtet. So waren z.B. die biologischen Publikationen mit einem Anteil von nur 0,4 % zwar international weit untervertreten, was sie jedoch mit einem überdurchschnittlichen Zitationsindex von 1,5 teilweise wettmachen konnten.
- Die Ingenieur- und technischen Wissenschaften liegen im Hinblick auf ihre Publikations- und Zitationsraten nahe beim schweizerischen Mittelwert.

Ferner zeigen die Ergebnisse der Strukturindikatoren, dass Schweizer Wissenschaftler z.B. in den physikalischen Forschungsbereichen "Phasenübergänge" und "Myon-Spin-Resonanz" Fronten bildeten.

Bibliometrische Indikatoren erfassen, wie gesagt, den veröffentlichten Output wissenschaftlicher Forschung. Ob dieser Output auch technologisch und industriell genutzt wird, bleibt dahingestellt. Um diesem Sachverhalt gerecht zu werden, müssen, wie wir unten

sehen werden, andere Indikatoren (z.B. Patente) beigezogen werden. Zudem berücksichtigen bibliometrische Indikatoren nur einen Teilaspekt der Forschungsaktivität. Ein weiteres und wesentliches Beiprodukt dieser Aktivität ist die Entwicklung wissenschaftlicher Instrumente. Diese werden anfänglich zur Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse entwickelt, werden jedoch später entweder weiterhin in der Wissenschaft oder in der Industrie oder in beiden zusammen verwertet. Ein sehr bekanntes Beispiel hierfür ist der Computer, der sowohl die Methoden wissenschaftlicher Forschung revolutioniert, als auch ganze Industrien geschaffen hat (mehr dazu s. Rosenberg 1991). Ein weiteres Beispiel ist das von Binnig, Rohrer und Ruska entwickelte Rastertunnelmikroskop. Es ist anzunehmen, dass es nicht nur die Forschung in der modernen Biologie und in anderen wissenschaftlichen Bereichen nachhaltig beeinflussen wird, sondern auch die Grundlage weiterer Erfindungen und industrieller Nutzungen bilden könnte<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Im Jahre 1986 erhielten H. Rohrer, G. Binnig und E. Ruska den Nobelpreis für die Entwicklung des Rastertunnelmikroskops (Englisch: The Scanning Tunneling Microscope). Eine kurze Beschreibung dieses einmaligen Mikroskops ist im gemeinsam verfassten Artikel von Rohrer und Binnig in der Zeitschrift "Scientific American" von August 1985 zu finden. Einen auch für Laien leicht verständlichen Überblick über die Weiterentwicklung dieser Technologie und über deren bisherige industrielle Verwertung (Produktion) liefert "The Economist" vom 30. Januar 1993 (S. 86-87). Es ist dabei interessant darauf hinzuweisen, dass die kommerzielle Nutzung dieser Technologie zurzeit (Ende 1992) durch 25 ausländische (nicht-schweizerische) Firmen erfolgt. Dieser Technologie verdankt u.a. die kalifornische Unternehmung Digital Instruments Millionen-Umsätze.

#### 4.1.4 Anzahl Patente

Als Indikator, der sich auf das Resultat der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit abstützt, kann die Anzahl Patente verwendet werden<sup>19</sup>. Aber auch dieser Indikator weist erhebliche Mängel auf.

- Die Art der Produkte und Verfahren, die patentiert werden können, werden durch den Stand der nationalen und internationalen Gesetzgebung bestimmt und limitiert (z.B. bei chemischen Produkten). Diese Tatsache manifestiert sich unter anderem auch in den unterschiedlichen Erfolgsquoten von Patentanmeldungen in den einzelnen Ländern: Während in Deutschland nur 33,33 % der Patentgesuche zur Erteilung führen, sind dies in Grossbritannien 80 % und in Frankreich sogar 90 % (vgl. *The Economist* 4/1/92:21). Beim Europäischen Patentamt beträgt die entsprechende Ziffer etwa 68 % für 1989 (zitiert nach Dolder 1991:68).
- Die Patentierneigung variiert nicht nur von Land zu Land, sondern auch zwischen Unternehmen und Industriezweigen (Scherer 1983). Es besteht z.B. die Tendenz, dass grössere Unternehmen in bestimmten Branchen immer mehr von Patentierungen absehen und die entsprechenden Informationen auf andere Weise zu schützen versuchen (mehr dazu s. Teil 2 dieser Arbeit). Während die Innovationstätigkeit in kleinen und mittleren Unternehmen durch F&E-Indikatoren unterschätzt wird (s. oben), geschieht dies durch Patent-Indikatoren in den Grossunternehmen zumindest im angelsächsischen Raum (vgl. Pavitt 1982). Für die Bundesrepublik Deutschland hingegen weist Oppenländer (1988) darauf hin, "dass vor allem für kleine und mittlere Unternehmen aus der jeweiligen Patentrechtspraxis Schwierigkeiten entstehen. Die Patentschrift bedarf, ehe sie eingereicht wird, sorgfältiger und damit kostspieliger Recherchen, die am ehesten in einer entsprechenden Organisationseinheit (Patentabteilung) verfolgt werden können. In kleinen und mittleren Unternehmen fehlen meist solche Einheiten. Man ist dann auf externe Hilfen angewiesen. Dauer und Kosten des Anmeldeverfahrens mögen manches Unternehmen vom Gang zum Patentamt abhalten. Die Schwierigkeiten bei der Verfolgung des Patentschutzes kommen dazu. Hier bedarf es einer kontinuierlichen und, wegen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, einer wachsenden Betreuung des Patentbestandes. Diese institutionellen Gegebenheiten sind Gründe für die

---

<sup>19</sup> Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass es eine kontroverse Diskussion darüber gibt, für welche Phase des Innovationsprozesses Patente als Indikator gelten sollen. Während Schmookler (1966) Patente als Indikator für den Output der Erfindungsphase sah, postulieren andere Autoren, dass sie es für den Output der Innovationsphase seien. Diese Differenz kann zwei Gründe haben: zum einen gibt es keine allgemein gültige Definition der hier verwendeten Begriffe (was für die einen noch zur Erfindung gehört, ist für die anderen bereits Bestandteil von Innovation) und zum anderen weisen Patente unterschiedliche Spezifikations- und Präzisierungsgrade auf. Manche Patente werden für sehr allgemeine neue Ideen sehr früh in der Entwicklungsphase erteilt, während für andere genauere Angaben vom Gesuchsteller verlangt werden, die erst am Ende der Entwicklungsphase gemacht werden können. Eine ausführliche Darstellung der Möglichkeiten und Grenzen der Patente als Indikator für den technischen Fortschritt liefert Griliches (1990). Er kommt dabei zum folgenden Schluss: "Ideally, we might hope that patent statistics would provide a measure of the (inventive) output... The reality, however, is very far from it. The dream of getting hold of an output indicator of inventive activity is one of the strong motivating forces for economic research in this area" (Griliches 1990:1669). Während die meisten empirischen Untersuchungen die Anzahl der Patente als Indikator für die Erfindungs- und Innovationsfähigkeit von Firmen, Industrien und Ländern benutzen, gibt es inzwischen neue Arbeiten, welche die Anzahl "Ansprüche pro Patent" ("patent claims") als Indikator für diese Tätigkeit verwenden (s. Tong/Frame 1994).

Nichtanmeldung von Erfindungen durch Klein- und Mittelunternehmen." (Oppenländer 1988:267)<sup>20</sup>.

- Neben den meist detaillierten Patentstatistiken sind solche über Patentauswertungen in der Schweiz kaum vorhanden: Weder die spätere Verwendung noch der ökonomische Wert oder die wirtschaftlichen Effekte der registrierten Patente sind systematisch erfasst und analysiert worden. Die wenigen in diesem Gebiet bereits durchgeführten empirischen Studien zeigen, dass der ökonomische Nutzen aus erteilten Patenten sehr asymmetrisch unter den Patentinhabern verteilt ist. Scherer hält dazu folgendes fest: "There's evidence that the distribution of profits from individual patented inventions is extremely skewed. That is to say, most patented inventions make modest profit returns, if any at all. A very few make tremendous returns. Examples would be Hoffman-La Roche's Valium and Librium, covered essentially by two patents. I estimate the profits from those at several billion dollars. Indeed, the distribution of profit returns to inventions is so asymmetrically skewed that the only way you can deal acceptably with it is through economic history, and not through economic statistics." (Scherer 1993:78)<sup>22</sup>.

Angesichts dieser Kritikpunkte kommt der Patentstatistik als Indikator für den technischen Fortschritt nur approximative Aussagekraft zu. Zur Messung der Patentaktivität einzelner Länder werden von der OECD folgende Daten nach einheitlichen Kriterien zusammengestellt und regelmässig publiziert (s. z.B. OECD 1996b):

- Die Anzahl inländischer Patentgesuche (number of domestic patent applications); dies sind Patentgesuche, die von Personen mit Wohnsitz im Land A bei ihrem Patentamt eingereicht worden sind (Tabelle A1.1 im Anhang). Diese Zahl ist zunächst ein Indikator für die Technologieproduktion im Land A und kann darüber hinaus zur Berechnung weiterer Indikatoren verwendet werden. Beispiele sind der sog. "Erfindungskoeffizient" ("inventiveness coefficient"): Anzahl inländischer Patentgesuche pro 10 000 Einwohner (s. Tab. A1.2 im Anhang) - und die "Rate technologischer Selbstversorgung" ("rate of technological autosufficiency"): Verhältnis inländischer zu nationalen Patentgesuchen (s. Tab. A1.3 im Anhang).
- Die Anzahl ausländischer Patentgesuche (number of foreign patent applications); dies sind Patentgesuche, die von Personen mit Wohnsitz im Ausland beim Patentamt von Land A eingereicht worden sind (Tab. A1.4 im Anhang). Mit Hilfe dieser Zahl kann z.B. die "Rate technologischer Abhängigkeit" berechnet werden, welche dem Verhältnis "ausländische Patentgesuche/inländische Patentgesuche" entspricht (Tab. A1.5 im Anhang).
- Die Anzahl nationaler Patentgesuche (number of national patent applications); sie entspricht der Summe inländischer und ausländischer Patentgesuche. Diese Zahl repräsentiert sozusagen die Grösse des "technologischen Marktes", welcher das Land A

---

<sup>20</sup>

Oppenländer fasst ferner die Ergebnisse einer empirischen Studie (Greipl/Täger 1984) zusammen, welche die Gründe für die Nicht-Anmeldung von technischen Erfindungen zu Patenten systematisch untersucht. Danach liegen diese Gründe insbesondere bei den Tatbeständen "Anmeldeverfahren zu schwierig und/oder zu lang", "zu hohe Anwaltshonorare", "zu hohe Patentgebühren" und auch im Tatbestand "Patentverletzungen schwer feststellbar/Patentprozess zu teuer". Fazit: "Das Spektrum dieser institutionellen Gründe dürfte ausreichen um zu erklären, dass kleine und mittlere Firmen *generell* weniger als Patentanmelder in Erscheinung treten." (Oppenländer 1988:267).

<sup>22</sup> Zum Stand der internationalen Forschung in diesem Bereich siehe Griliches (1990), European Patent Office/IFO-Institute (1993) sowie OECD (1996b).

darstellt und ist zu einem gewissen Grad auch ein Indikator für dessen potentiellen Markt für neue industrielle Güter und Dienstleistungen (Tab. A1.6 im Anhang).

- Die Anzahl externer Patentgesuche (number of external patent applications); dies sind Patentgesuche, die von Personen mit Wohnsitz in Land A bei den Patentämtern des Auslandes eingereicht worden sind (Tab. A1.7 im Anhang). Sie ist somit ein Indikator für die "Technologiediffusion" zwischen Land A und dem Ausland. Angesichts der Globalisierung der Märkte werden Erfindungen nicht nur im Inland, sondern auch im Ausland mit Hilfe von Patenten geschützt. Eine Erfindung könnte zusätzlich zu einem inländischen auch zu einem oder zu mehreren externen Patentgesuchen Anlass geben.

Von allen oben aufgeführten Arten von Patentanmeldungen werden vor allem "externe Patentanmeldungen" (z.B. diejenigen in den USA oder beim Europäischen Patentamt in München) für internationale Vergleiche bevorzugt, und zwar aus verschiedenen Gründen. Einmal wird dadurch das Problem vermieden, die unterschiedlichen nationalen Gesetzgebungen in Rechnung zu stellen. Zum anderen sorgen die anfallenden hohen Kosten der Anmeldung und der Pflege von Patenten dafür, dass es sich dabei um "ernst zu nehmende" Anmeldungen handelt. Solche Kosten werden im Allgemeinen nur in Kauf genommen, wenn ein entsprechender wirtschaftlicher Nutzen dahinter steht (vgl. Oppenländer 1992: 175).

Ein Blick auf die Patentstatistik der OECD zeigt, dass auch hier enorme internationale wie interindustrielle Unterschiede bestehen.

- Gemessen an der absoluten Zahl von Patentanmeldungen ist die Schweiz unter den 10 patentaktivsten Ländern der Welt. Mit 41'043 externen Patentanmeldungen im Jahre 1993 steht sie weltweit an 6. Stelle und mit 47'271 nationalen Patentanmeldungen an 11. Stelle. Die entsprechende Zahl für inländische Patentanmeldungen beträgt 3'254 und der entsprechende Rang ist 10.
- Gewichtet man die absoluten Patentanmeldungen mit der Bevölkerungszahl, so ist die Schweiz an der Spitze der Weltrangliste zu finden. Mit rund 4,7 inländischen Patentanmeldungen pro 10'000 Einwohner ("Erfindungskoeffizient") steht sie nach Japan an zweiter Stelle.

Diese Zahlen weisen insgesamt auf eine hohe Erfindungs- und Innovationskraft der Schweiz auch im internationalen Vergleich hin. Schlüsselt man diese jedoch nach Wirtschaftszweigen auf, so zeigen sich auch hier enorme interindustrielle Unterschiede. Eine neue Studie des Bundesamtes für Konjunkturfragen (s. Hotz-Hart/Küchler 1992) hat diesbezüglich für die Jahre 1982-88 folgendes gezeigt:

- Technologiefelder mit besonders vielen Patentanmeldungen sind Textil und Bekleidung, organische Chemie, Maschinen und Apparate, Verfahrenstechnik, Werkzeug- und Textilmaschinen, Uhren.

- Schwach besetzte Technologiefelder sind Biotechnik (inkl. Fermentation und Protein Engineering), Elektronik, Nachrichtentechnik (speziell Breitbandkommunikation), Optik, Optoelektronik, neue Materialien (speziell Keramik und Polymere).
- Technologische Stärken der Schweiz liegen tendenziell in den Feldern laufender Innovationen, ihre Schwächen dagegen in solchen bedeutender Innovationen. Mit anderen Worten: Die Schweiz scheint einerseits in technologisch und wirtschaftlich wichtigen und wachstumsträchtigen Bereichen unterdurchschnittlich vertreten zu sein und diese Position im Zeitablauf nicht wesentlich verbessert zu haben. Andererseits hat sie ihre Position in ihren klassischen Technologiefeldern konsolidiert. Die Strategie schweizerischer Unternehmen scheint somit darin zu liegen, eher bereits bestehende Stärken auszubauen, als in jenen Technologiefeldern aufzuholen, in denen sie relativ schwach vertreten sind.

Diese Ergebnisse, welche insgesamt und insbesondere unter dynamischen Gesichtspunkten ein etwas weniger günstiges Bild von der technologischen Position der Schweiz zeichnen, bestätigen den allgemeinen Befund einer früheren Studie über die Diffusion neuer Technologien. Die Schweiz zeichnet sich demnach durch eine Mischung von Vorsicht bei den Schlüsseltechnologien und Innovationsfreudigkeit bei den Rationalisierungstechnologien aus (vgl. Hieronymi et al. 1984).

#### **4.1.5 Altersstruktur des Anlagebestandes**

Dieses Konzept geht von der Hypothese aus, dass technischer Fortschritt zwar autonom (exogen gegeben), jedoch in den eingesetzten Produktionsfaktoren "verkörpert" ("embodied") ist. Technischer Fortschritt ist dann an den vermehrten oder qualitativ verbesserten Einsatz von Produktionsfaktoren (Sach- und Humankapital) gebunden. Handelt es sich dabei beispielsweise um Sachkapitalgüter, so postuliert das "Embodiment-Konzept", dass das Konstruktionsdatum oder der Maschinenjahrgang ("vintage") eine grosse Bedeutung gewinnt. Konkret wurden die Ausrüstungen und Anlagen einer Wirtschaftseinheit prozentual zunächst nur nach ihrem Alter gegliedert und mit denjenigen anderer Wirtschaftseinheiten und intertemporal miteinander verglichen. Später wurden sie im Rahmen der sog. Vintagemodelle (Johansen 1959, Salter 1960 und Solow 1960) auch mit ihrer jahresspezifischen Effizienz gewichtet. Je älter der Anlagebestand und je niedriger seine jahresspezifische Effizienz in einer Wirtschaftseinheit ist, desto niedriger sei auch der darin verkörperte technische Fortschritt<sup>23</sup>.

Auch dieser Indikator hat offensichtliche Mängel: Zusätzlich zu den bereits erwähnten Schwächen aller Input-Indikatoren berücksichtigt er nur einen Teil des technischen

Fortschritts (den Anlagebestand). Er bleibt damit für die Messung des gesamten technischen Fortschritts einer Wirtschaftseinheit ungenügend. Hinzu kommt, dass er in der Schweiz statistisch nicht erfasst wird<sup>24</sup>.

#### **4.1.6 Zusammenfassung**

Mittels Input-Konzepten kann technischer Fortschritt nur begrenzt und unter Hinnahme zahlreicher konzeptueller und statistischer Mängel gemessen werden. Die darauf basierenden empirischen Ergebnisse müssen deshalb mit grosser Vorsicht zur Kenntnis genommen werden. Gemessen an den eingesetzten Inputs ("F&E-Ausgaben" und "F&E-Personal") und an den daraus resultierenden "Zwischenprodukten" ("wissenschaftlichen Publikationen" und "Patenten") rangiert die Schweiz generell unter den innovativsten Ländern der Welt. Diese Aussage trifft allerdings nicht für alle Wirtschaftszweige gleichermassen zu.

### **4.2 Output-Konzepte**

#### **4.2.1 Einführung**

Output-Konzepte versuchen, den technischen Fortschritt am Resultat des Innovationsprozesses zu erfassen. Technischer Fortschritt manifestiert sich auf dieser Stufe in Form von neuen oder verbesserten Produkten und Produktionsverfahren. Bei Investitionsgütern können ökonomische Effizienzkriterien angewandt werden, beispielsweise daraufhin, ob sie eine bestimmte Produktionsmenge mit geringeren Kosten ermöglichen. Dagegen tauchen bei Konsumgütern erhebliche Bewertungsprobleme auf. So stellt sich die Frage, ob das "neue" Konsumgut eine technische Revolution verkörpern muss, oder ob allein ein neuer Farbanstrich genügt, damit es als technischer Fortschritt gilt. Die Antwort auf diese Frage fällt in der empirischen Literatur differenziert aus: Einerseits gelten rein ästhetische Veränderungen (bezüglich Farbe oder Dekoration) und Produktdifferenzierungen (kleine Veränderungen des Produktdesigns oder seiner Präsentation, ohne Veränderung seines technischen Inhaltes bezüglich Zusammensetzung oder Leistung) nicht als technischer Fortschritt. Andererseits besteht noch Uneinigkeit darüber, wieviele technische Veränderungen beim "neuen" Konsumgut nötig sind und vor allem wie diese ökonomisch zu bewerten sind, damit dieses "neue" Konsumgut als Produktinnovation gilt.

---

<sup>23</sup> Zum Stand der Forschung in diesem Bereich s. Hulten (1992).

Da sich bei den Konsumgütern kein eindeutiges ökonomisches Bewertungskriterium angeben lässt, findet man in der Literatur auch verschiedene Output-Konzepte:

- Konzept der "neuartigen Güter". Danach entscheidet nicht allein der Kostengesichtspunkt, sondern der Nutzwert in Relation zu den Kosten, ob bei einem Konsumgut ein technischer Fortschritt vorliegt oder nicht. Unter diesem Aspekt stellt Oppenländer fest, dass es nur wenige eigentliche "neue Güter" gibt, die ein vollkommen neues, bisher latent vorhandenes Bedürfnis befriedigen. Was es eher gibt, das sind "neuartige Güter", die überwiegend Substitutionsprodukte darstellen. Diese "neuartigen Güter" können mit Hilfe einer Nutzenaufgliederung (objektive und subjektive Nutzenkomponenten) bewertet werden.
- Produktlebenszyklus-Konzept. Auch mit Hilfe dieses Konzeptes wird versucht, Indikatoren für den technischen Fortschritt bei neuen Produkten zu finden. Nach Heinen (1985) lässt sich feststellen, dass Güter einer bestimmten technischen Konzeption charakteristische "Reifephasen" durchlaufen. Nach dieser Auffassung wird demzufolge postuliert: Wenn Produktlebenszyklen immer kürzer werden (z.B. im Bereich von Computern etwa 2 Jahre oder noch weniger, im Gegensatz zu ca. 5 Jahren in den siebziger Jahren), dann sei dies ein Indikator für die Beschleunigung des technischen Fortschritts in dieser Branche.
- Ein drittes Output-Konzept versucht, Produkte ausschliesslich nach realtechnischen Gesichtspunkten (z.B. mechanische vs. elektronische Uhr) zu unterscheiden, um Indikatoren für den technischen Fortschritt zu finden.

#### 4.2.2 Methoden der Outputforschung

Für die konkrete statistische Erfassung von Output-Indikatoren gibt es vier Methoden<sup>25</sup>

1. Erfassung der Anzahl Innovationen durch schriftliche Befragung von Experten
2. Erfassung der Anzahl Innovationen durch persönliche Befragung von Experten (Interviews)
3. Erfassung der Anzahl Innovationen durch Auswertung von Patenten
4. Erfassung der Anzahl Innovationen durch Auswertung der Fachpresse (Handels- und Gewerbezeitungen und -zeitschriften, Branchenpublikationen usw.).

Die erste Methode ist weit verbreitet und wurde bis jetzt von zahlreichen Ländern angewandt<sup>26</sup>. Dank ihrer Verbreitung konnte sie auch im Hinblick auf ihre Vor- und Nachteile

---

<sup>24</sup> Für eine Übersicht der amerikanischen empirischen Literatur s. Link (1987).

<sup>25</sup> Ich stütze mich hier auf die Unterlagen von zwei internationalen Tagungen zu diesem Thema. Die eine wurde von der OECD im Dezember 1990 in Paris und die andere vom European Community Joint Research Center in Ispra (Italien) am 28.-29. November 1991 organisiert. Eine Übersicht und eine kritische Auseinandersetzung mit den Output-Konzepten ist in Hansen (1985), Smith (1988), Kleinknecht/Reijnen (1991) und Kleinknecht/Bain (1993) zu finden.

<sup>26</sup> Beispiele davon sind Deutschland (IFO-Institut in München, Scholz), Österreich (Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Volk), Frankreich ("Centre d'Etudes des Techniques Economiques Modernes", Piatier), Italien (Archibugi und Sirilli), USA (Hansen), Kanada (De Bresson), Dänemark, Norwegen, Finnland und Schweden (koordiniert von Smith) und Holland (Kleinknecht). Zu einer ausführlichen Beschreibung dieser Erhebungen s. OECD (1990).

ausgewertet werden. Hier seien einige, damit zusammenhängende Probleme aufgeführt (vgl. OECD 1990 und Kleinknecht/Reijnen 1993):

- Viele der befragten (insbesondere der kleinen und mittleren Unternehmen) haben das Problem, laufende Innovationen von einfachen Produktdifferenzierungen zu unterscheiden.
- In vielen Unternehmen, v.a. in "reifen" Branchen, sind Innovationen oft das Ergebnis einer kontinuierlichen und langsamen Suche nach Verbesserungen existierender Produkte bzw. Prozesse (z.B. Suche nach grösserer Sicherheit oder Energieeffizienz usw.). In diesen Fällen ist es für die befragten Unternehmen schwierig, zu einem gegebenen Zeitpunkt die Anzahl Innovationen genau anzugeben. Auf der anderen Seite sind gewisse Grossunternehmen auch in High-Tech-Branchen (wie Philips oder Schell im Falle der holländischen Befragung, vgl. Kleinknecht/Reijnen 1993) nicht in der Lage gewesen, die genaue Anzahl ihrer Produkt- bzw. Prozessinnovationen zu ermitteln. (Vermutlich ist der Grund dafür darin zu suchen, dass die Befragten keinen Überblick über die Innovationstätigkeit in ihren weltweit tätigen Konzernen hatten.)
- In bestimmten Fällen besteht die Gefahr, divergierende Angaben bezüglich der Anzahl Innovationen von Mitarbeitern des gleichen Unternehmens zu erhalten (vgl. Kleinknecht/Reijnen 1993). Der Grund dafür könnte darin liegen, dass sie beispielsweise eine unterschiedliche Wahrnehmung ihrer technologischen Umwelt, eine unterschiedliche Definition des Begriffs "Innovation" oder einen unterschiedlichen Informationsstand über die Innovationstätigkeit in ihrem Unternehmen besitzen.
- Bei allen schriftlichen Unternehmensbefragungen - und nicht nur bei Innovationserhebungen - sind niedrige Rücklaufquoten zu beobachten.

Viele der oben erwähnten Mängel der ersten Methode können theoretisch durch die zweite Methode ganz oder zumindest teilweise vermieden werden. Will man jedoch die Anzahl Innovationen in einer Volkswirtschaft durch persönliche Befragung (Interviews) von Experten erheben, wie dies ansatzweise von der Science Policy Research Unit (SPRU) in Sussex (England) eine Zeitlang versucht wurde, so müsste man über entsprechend "hohe" Zeit- und Geldressourcen verfügen. Und gerade wegen dieses Problems kommt diese Methode für viele Forscher nicht in Frage. Auch von Seiten der SPRU wird wegen der hohen Kosten zurzeit gezögert, ihre Datenbank kontinuierlich aufzudatieren.

Nach der dritten Methode soll die Anzahl der Innovationen auf der Grundlage erteilter Patente eruiert werden. Konkret würde man wie folgt vorgehen: Nachdem die Wirtschaftseinheit X ein Patent für die Erfindung Z erworben hat, würde man sie nach Ablauf einer bestimmten Zeitspanne danach fragen, was mit ihrer Erfindung geschehen ist. Nur diejenigen Patenterteilungen, die zu Innovationen (also zur Markteinführung verbesserter bzw. neuer Produkte und Prozesse) geführt haben, werden berücksichtigt; die anderen werden nicht weiter verfolgt. Diese Methode ist bisher in der Praxis noch nicht ausreichend erprobt

worden und kann deshalb noch nicht definitiv beurteilt werden. Dennoch kann man annehmen, dass auch sie kein vollständiges Bild ergibt, da nicht alle Innovationen beim Patentamt angemeldet werden.

Die letzte Methode, bekannt unter dem Namen "Literature-Based Innovation Output Indicators" (vgl. u.a. Kleinknecht /Bain 1993), geht auf Arbeiten der Gellman Research Associates (1976 und 1982) und auf die darauf basierende, spätere Erhebung von Edwards et al. (1984) zurück. In Europa laufen zurzeit mehrere Erhebungen auf dieser Basis, allen voran jene von Holland (Kleinknecht) und Österreich (Fleissner); andere sind in Vorbereitung. Der Grundgedanke dieser Methode kann wie folgt skizziert werden: Die Anzahl Innovationen in einem Land in einer bestimmten Zeitperiode wird aus den relevanten spezialisierten Publikationen ("product news" der "trade journals") ermittelt, in denen sie als Marktneueinführungen erwähnt werden. Es werden dann nach Möglichkeit alle verfügbaren Informationen über diese "Neueinführungen" gesammelt (Name des Erfinders und des einführenden Unternehmens, Unternehmensgrösse, Branche, die Eigenschaften der Innovation usw.). Auch diese Methode hat Vor- und Nachteile. Problematisch ist erstens, dass nur Innovationen berücksichtigt werden, die in der Fachpresse dokumentiert werden, wodurch kleine/laufende (Prozess)Innovationen, die - wie gesagt - einen wichtigen Bestandteil des technischen Fortschritts darstellen, untervertreten sein können. Zweitens entsteht dadurch ein Bias zugunsten von Unternehmen, die entweder eigene PR-Abteilungen besitzen oder sonst einen guten Zugang zur Presse haben, denen es daher besser gelingt, ihre Innovationen in den Medien vorzustellen. Auf der anderen Seite weist diese Methode, verglichen mit Methode 1, u.a. folgende Vorteile auf:

- Die Erhebung der Anzahl Innovationen kann ohne Beanspruchung der Unternehmen erfolgen. Das Problem der niedrigen Rücklaufquoten kann dadurch vermieden werden.
- Die Kosten der Datensammlung können verhältnismässig niedrig gehalten werden, da sie nicht mit hochqualifizierten Fachkräften abgewickelt werden muss.
- Die Datensammlung kann beliebig in die Vergangenheit oder in die Zukunft ausgedehnt werden, was sowohl Zeitreihenanalysen als auch kombinierte Zeitreihen/Querschnittsuntersuchungen ermöglicht.

Bisher wurden die vier Erhebungsmethoden von Output-Indikatoren bewusst einzeln dargestellt. In der Praxis werden sie, dies gilt insbesondere für die Methoden 1, 2 und 3, miteinander kombiniert. So wurden beispielsweise Methode 1 und 2 zwecks Erstellung der SPRU Innovationsdatenbank in England verknüpft; Chris De Bresson (Kanada) hat darüber hinaus die SPRU-Methode durch die 4. Methode erweitert (vgl. OECD 1990b).

### 4.2.3 Empirische Ergebnisse

In der Schweiz wurde Methode 1 in zwei neueren gesamtschweizerischen Erhebungen verwendet. Die eine wurde von Harabi im Sommer 1988 (s. Teil 2 dieser Arbeit sowie Harabi 1991c) und die andere von der KOF/ETH im Herbst 1990 durchgeführt. Letztere ist eine Auftragsstudie des Bundesamtes für Konjunkturfragen, die auch vom Schweizerischen Nationalfonds finanziell mitgetragen wurde. Die wichtigsten für diesen Abschnitt relevanten Ergebnisse beider Studien werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

In der vorliegenden Arbeit (s. auch Harabi 1991c) wird die Methode der schriftlichen Befragung von Experten zur Beantwortung der zwei folgenden Fragen und nicht zur Erhebung der absoluten Anzahl von Innovationen herangezogen:

- "Wie würden Sie das Tempo charakterisieren, mit welchem die Einführung neuer oder verbesserter Produkte bzw. Produktionsverfahren in Ihrer Branche seit 1970 erfolgte?" und
- "Sind in Ihrem Wirtschaftszweig die Chancen zur Entwicklung neuer oder verbesserter Produkte bzw. Produktionsverfahren in den nächsten 10 Jahren besser oder schlechter als in den 70er Jahren?" (Fragebogen S. 19, 21).

Die Antworten zu diesen Fragen sind in den Tab. 1.5 - 1.8 zusammengestellt. Danach ergibt sich bezüglich der ersten Frage, dass das Tempo, mit welchem die Einführung von Innovationen seit 1970 erfolgte, in der Einschätzung der befragten Branchenexperten generell (d.h. für die gesamte Industrie) zwischen mittelmässig und schnell liegt.

**Tabelle 1.5: Tempo des technischen Fortschritts seit 1970**  
(1 = sehr langsam; 4 = mittelmässig; 7 = sehr schnell)

	Arithmetisches Mittel	Q1 (25%) - Q3 (75%)
1. Einführungstempo von Prozessinnovationen	4,47 (0,07)	4,00 - 6,00
2. Einführungstempo von Produktinnovationen	5,00 (0,07)	4,00 - 6,00

Diese generelle Antwort verbirgt wichtige interindustrielle Unterschiede. Im Bereich von Produktinnovationen, die nach dieser Befragung schneller eingeführt worden sind als Prozessinnovationen, kann man die gesamte Schweizer Industrie in die Kategorien "schnellere Innovatoren", "mittelmässig schnelle Innovatoren" und "langsame Innovatoren" einteilen.

Zur ersten Kategorie, bei der die Antwortnote für die erste Frage über 5 beträgt (siehe Tabelle 1.6), gehören Industrien wie Uhrenindustrie, technische Dienstleistungen, private Forschungslabors, Elektroindustrie, die Chemie sowie die Nahrungsmittelindustrie.

Die mittelmässig schnell innovativen Industrien (die Antwortnote liegt zwischen 4 und 5) finden sich hingegen in den Bereichen Maschinen und Metall, Textil und Bekleidung, Kunststoff/Papier sowie im Bauwesen.

Zur dritten Kategorie (die Antwortnote liegt unter 4) bekennt sich im Durchschnitt keine der befragten Industrien.

Bei Prozessinnovationen ergibt sich ein teilweise verändertes Bild. Zu den schnelleren Innovatoren zählen nur vier Branchen: Uhren, Elektroindustrie, technische Dienstleistungen und private Forschungslabors. Mittelmässig schnell sind auf der anderen Seite Maschinen- und Metallindustrie, Chemie, Textil und Bekleidung sowie die Nahrungsmittelindustrie. Am Ende der Skala stehen Bauwesen und Kunststoff/Papierindustrie (dritte Kategorie).

Branchen, die sich sowohl im Produkt- wie im Verfahrensbereich überdurchschnittlich innovativ betätigt haben, sind die Elektroindustrie, Uhrenindustrie, technische Dienstleistungen und private Forschungslabors - die Chemie gehört knapp dazu.

**Tabelle 1.6: Tempo des technischen Fortschritts seit 1970, nach Wirtschaftszweigen**  
(1 = sehr langsam; 4 = mittelmässig; 7 = sehr schnell)

Wirtschaftszweig	Verfahren		Produkte	
	AM*	Rang**	AM*	Rang**
Maschinen und Metall	4,30	0,96	4,71	0,94
Elektro	4,85	1,08	5,31	1,06
Chemie	4,32	0,97	5,22	1,04
Uhren	5,60	1,25	5,50	1,10
Textil und Bekleidung	4,30	0,96	4,73	0,95
Nahrungsmittel	4,01	0,90	5,05	1,01
Kunststoff und Papier	3,88	0,87	4,60	0,92
Bauwesen	3,86	0,86	4,71	0,94
Technische Dienstleistungen	5,20	1,16	5,40	1,08
Private Forschungslabors	5,22	1,17	5,40	1,08
<b>Gesamte Industrie</b>	<b>4,47</b>	<b>1,00</b>	<b>5,00</b>	<b>1,00</b>

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Verhältnis der jeweiligen Branche zum AM der Gesamtindustrie

Erwartungen spielen im technologischen Bereich eine zentrale Rolle. Wie aus Tab. 1.7 zu entnehmen ist, werden die Chancen zur Entwicklung von Innovationen für die nächsten 10 Jahre generell als ungefähr gleich wie bisher oder als leicht besser beurteilt.

**Tabelle 1.7: Erwartungen bezüglich des technischen Fortschritts in den Nächsten 10 Jahren, verglichen mit den 70er Jahren** (1 = in den nächsten 10 Jahren viel schlechter; 4 = ungefähr gleich wie bisher; 7 = in den nächsten 10 Jahren viel besser)

	Arithmetisches Mittel	Q1 (25%) - Q3 (75%)
1. Chancen zur Entwicklung von Prozessinnovationen	4,85 (0,06)	4,00 - 6,00
2. Chancen zur Entwicklung von Produktinnovationen	5,01 (0,06)	4,00 - 6,00

Diese Einschätzung wird noch differenzierter, wenn man die Antworten der befragten Experten nach Wirtschaftszweigen aufschlüsselt. Bezüglich Produktinnovationen sind die Erwartungen in den Branchen Maschinen und Metall, Elektro, Uhren, Nahrungsmittel, Kunststoffe und Papier optimistischer als in den übrigen Branchen (d.h. die durchschnittliche Antwortnote ist mindestens gleich 5, s. Tab. 1.8). Hingegen werden die Chancen zur Entwicklung von Prozessinnovationen nur in zwei Branchen als leicht besser als bisher beurteilt, nämlich in der Uhrenindustrie und im Bauwesen. In den anderen Branchen werden sie als ungefähr gleich wie bisher bewertet.

**Tabelle 1.8: Erwartungen bezüglich des technischen Fortschritts der Nächsten 10 Jahre, verglichen mit den 70er Jahren, nach Wirtschaftszweig (1 = in den nächsten 10 Jahren viel schlechter; 4 = ungefähr gleich wie bisher; 7 = in den nächsten 10 Jahren viel besser)**

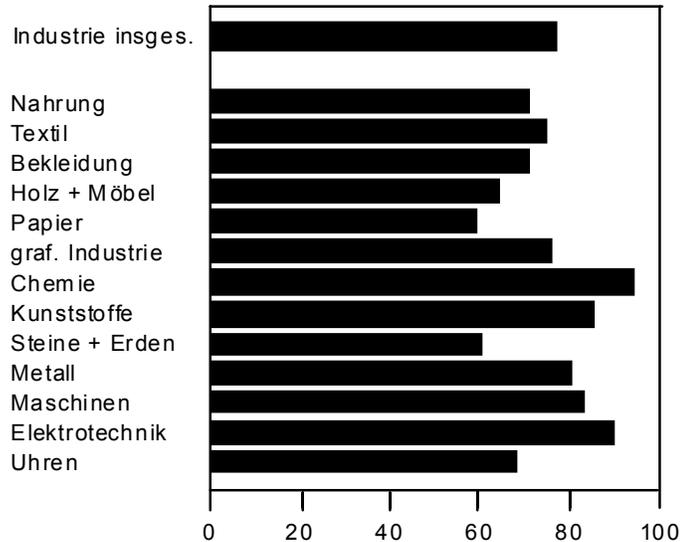
Wirtschaftszweig	Produkte		Prozesse	
	AM*	Rang**	AM*	Rang**
Maschinen und Metall	5,02	1,00	4,91	1,01
Elektro	5,10	1,02	4,85	1,00
Chemie	4,77	0,95	4,76	0,98
Uhren	5,00	1,00	5,00	1,03
Textil und Bekleidung	4,91	0,98	4,54	0,94
Nahrungsmittel	5,20	1,04	4,81	0,99
Kunststoff und Papier	5,18	1,04	4,65	0,96
Bauwesen	4,92	0,98	5,21	1,07
Technische Dienstleistungen	4,95	0,99	4,70	0,97
Private Forschungslabors	4,55	0,91	4,90	1,01
<b>Gesamte Industrie</b>	<b>5,01</b>	<b>1,00</b>	<b>4,85</b>	<b>1,00</b>

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Verhältnis der jeweiligen Branche zum AM der Gesamtindustrie

Auch bei der KOF-Erhebung wurde eine Stichprobe von Industriefirmen schriftlich befragt. Davon haben 714 Firmen (Rücklaufquote: 26 %) an der Befragung aktiv teilgenommen. Dabei wird versucht, das Innovationsverhalten der untersuchten Unternehmen mittels zahlreicher quantitativer und qualitativer Indikatoren zu erfassen. Bei den uns hier interessierenden output-orientierten Indikatoren sollen die Ergebnisse anhand des "subjektiven Gesamturteils" der befragten Unternehmen zusammengefasst werden (vgl. KOF/ETH 1992):

- Im Vergleich zu den Nachbarländern erbringt die Schweizer Industrie insgesamt etwa "dieselbe Innovationsperformance" wie die BRD, während Österreich, Frankreich und Italien zurückliegen. "Der vorliegende Befund spricht also gegen die These eines Innovationsdefizits der schweizerischen Industrie" (KOF/ETH 1992:7).
- Dieses globale Ergebnis darf jedoch über die interindustriellen Unterschiede nicht hinwegtäuschen. Gemessen beispielsweise am Indikator "Anteil innovierender Firmen" unterscheidet die Studie drei Gruppen von Branchen. Als Referenzgrösse wird dabei das Industriemittel verwendet, das für die Periode 1988-90 77 % beträgt. Dies bedeutet, dass im Durchschnitt 77 % der befragten Industriefirmen Innovationen (Produkt-, Prozess- oder kombinierte Innovationen) im erwähnten Zeitraum realisiert haben (s. Graphik 1.4).
  - Überdurchschnittlich innovative Branchen sind gemäss KOF-Studie, die Chemie, die Elektrotechnik (inkl. Optik), die Kunststoffindustrie, die Maschinenindustrie (inkl. Fahrzeuge).
  - Durchschnittlich innovative Branchen sind die Metallindustrie, die Graphikindustrie, die Textilindustrie, die Bekleidungsindustrie sowie die Nahrungsmittelindustrie.
  - Unterdurchschnittlich innovative Branchen schliesslich sind die Papierindustrie, die Bereiche Steine/Erden und Holz/Möbel sowie die Uhrenindustrie (inkl. Bijouterie).

**Graphik 1.4: Anteil innovierender Firmen in %**

Quelle: KOF/ETH 1992

Vergleicht man die Ergebnisse beider Erhebungen, stellt man sowohl Übereinstimmungen wie Differenzen fest. Übereinstimmung besteht beispielsweise darüber, dass

- die Elektroindustrie und Chemie überdurchschnittlich innovativ sind,
- die Metall-, Textil- und Bekleidungsindustrie ungefähr dem Industriedurchschnitt entsprechen und
- die Papierindustrie unterdurchschnittlich innovativ ist.

Demgegenüber bestehen Differenzen bezüglich anderer Industrien, wie der Uhrenindustrie: In Harabis Erhebung als überdurchschnittlich innovativ beurteilt, wird sie von der KOF als unterdurchschnittlich eingestuft. Dies rührt daher, dass sich beide Untersuchungen auf eine unterschiedliche Zeitperiode der Innovationstätigkeit der Uhrenindustrie beziehen. Die KOF-Befragung erfolgte zu einem Zeitpunkt, als die grossen Restrukturierungen der 70er und der ersten Hälfte der 80er Jahre bereits erfolgt waren. Die Harabi-Befragung bezieht sich gerade auf diese Zeitperiode und ergibt deshalb ein anderes Innovationsbild für diese - in der Schweiz auch symbolisch - wichtige Industrie.

#### 4.2.4 Zusammenfassung

Output-Konzepte sind theoretisch das beste Instrument zur Messung des technischen Fortschritts, da sie direkt den Output von Produkt- bzw. Prozessinnovationen zu erfassen versuchen. Grosse Schwierigkeiten bereitet allerdings deren konkrete Umsetzung in die Praxis. Diese sind konzeptueller Natur (wie z.B. das Problem der Messung und der ex-ante ökonomischen Bewertung technologischer Veränderungen), finanzieller Natur (hohe Kosten

zur Erstellung von Datenbanken über Produkt- und Prozessinnovationen) und schliesslich juristischer Natur (z.B. das Problem der Geheimhaltung bestimmter Prozessinnovationen, und zwar nicht nur in militärischen oder sonstigen strategisch wichtigen, sondern auch in "normalen" industriellen Bereichen). Hinzu kommt das Problem der internationalen Kompatibilität und Vergleichbarkeit der nationalen Erhebungen dieser Konzepte.

In der Schweiz hat die empirische Outputforschung mit den Untersuchungen von Harabi (s. Teil 2 dieser Arbeit und Harabi 1991c) und der KOF/ETH (1992) erst angefangen und bedarf weiterer empirischer Studien, um besser abgestützte und robustere Ergebnisse zu erzielen. Die vorläufigen Resultate weisen generell auf eine hohe Innovationskraft der Schweizer Industrie auch im internationalen Vergleich hin. Diese Aussage trifft allerdings nicht für alle Märkte (Wirtschaftszweige) gleichermassen zu.

### **4.3 Input-Output-Konzepte**

Produktionsfunktionen stellen funktionale Beziehungen zwischen der Input- und der Outputseite des Produktionsprozesses einer Wirtschaftseinheit (Unternehmen, Branche oder Volkswirtschaft) dar. Mit Hilfe dieses Konzeptes wird versucht, den Beitrag des technischen Fortschritts zum Output dieser Wirtschaftseinheit zu schätzen (statisch) oder Hypothesen bezüglich seiner Entwicklung (dynamisch) zu testen. Dabei wird von einem exogenen (d.h. vom ökonomischen System nicht erklärten) und ungebundenen ("disembodied") bzw. neutralen (d.h. vom Einsatz der anderen Produktionsfaktoren unabhängigen) technischen Fortschritt ausgegangen.

Im Folgenden werde ich erstens die Methode für die Ebene der Volkswirtschaft kurz vorstellen, sie anschliessend kritisch würdigen und schliesslich einige empirische Untersuchungen u.a. für die Schweiz präsentieren<sup>27</sup>.

#### **4.3.1 Grundlagen**

Ausgangspunkt der Überlegungen ist hier die folgende einfache Produktionsfunktion:

$$(1-1) \quad Y_t = F ( K_t, A_t, t )$$

---

<sup>27</sup> Zu einer Übersicht der allgemeinen theoretischen und empirischen Literatur - mit Ausnahme der Schweiz - s. Link (1987). Für eine umfassende Darstellung der Geschichte und der Hauptprobleme des Konzeptes "Produktionsfunktion" s. Heertje (1977).

$Y_t$ ,  $K_t$  und  $A_t$  sind jeweils der Gesamtoutput und die Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit zum Zeitpunkt  $t$ ;  $t$  ist ein Zeitindex, der auch einen Technologieindex darstellt. Die Wachstumsrate des Outputs kann dadurch berechnet werden, dass die Gleichung (1-1) logarithmiert und nach  $t$  total abgeleitet wird:

$$(1-2) \quad \frac{d \ln Y_t}{dt} = \frac{\partial \ln F}{\partial \ln K} (K_t, A_t, t) \frac{d \ln K_t}{dt} \\ + \frac{\partial \ln F}{\partial \ln A} (K_t, A_t, t) \frac{d \ln A_t}{dt} \\ + \frac{\partial \ln F}{\partial t} (K_t, A_t, t)$$

$\frac{d \ln Y_t}{dt}$ ,  $\frac{d \ln K_t}{dt}$  und  $\frac{d \ln A_t}{dt}$  sind die jeweiligen Wachstumsraten des Outputs, des Kapitals und der Arbeit zum Zeitpunkt  $t$ ;  $\frac{\partial \ln F}{\partial \ln K}$  und  $\frac{\partial \ln F}{\partial \ln A}$  sind die Produktionselastizitäten des Kapitals bzw. der Arbeit zum Zeitpunkt  $t$ ; und schliesslich ist  $\frac{\partial \ln F}{\partial t}$  die jeweilige Wachstumsrate des

Outputs bei Konstanthaltung aller Inputs bzw. die Rate des technischen Fortschritts. Die drei Terme auf der rechten Seite der Gleichung (1-2) stellen somit den Beitrag des Kapitals, der Arbeit und des technischen Fortschritts zum Wachstum des Outputs dar. Es ist dabei zu beachten, dass z.B. der Beitrag des Kapitals aus dem Produkt zweier Komponenten zusammengesetzt ist, nämlich der Produktionselastizität des Kapitals und dessen Wachstumsrate. Wenn die Wachstumsrate des Kapitals niedrig ist, dann kann sein Beitrag zum Wirtschaftswachstum auch niedrig sein, selbst wenn die Produktionselastizität des Kapitals hoch ist - und vice versa. Das gleiche gilt für den Beitrag der Arbeit.

Die Gleichung (1-2) erfüllt eine zweifache Funktion. Erstens ist sie das Kernstück der sog. Wachstumsbuchhaltung ("growth accounting"), mittels dessen die gesamte Wachstumsrate des Outputs in die Teilwachstumsraten der Komponenten Kapital, Arbeit und Technologie zerlegt werden kann. Zweitens kann sie durch eine simple Umformung (s. Gleichung 1-3) als Basis für die Schätzung der Wachstumsrate des technischen Fortschritts bzw. der Wachstumsrate der Totalfaktorproduktivität dienen. Diese Messmethode des technischen

Fortschritts ist in der ökonomischen Literatur unter dem Namen "Residualmethode" bzw. "Indexzahlenmethode" bekannt und geht ursprünglich auf Solow (1957) zurück.

$$(1-3) \quad \frac{\partial \ln F}{\partial t} (K_t, A_t, t) = \frac{d \ln Y_t}{dt} - \left[ \frac{\partial \ln F}{\partial \ln K} (K_t, A_t, t) \frac{d \ln K_t}{dt} + \frac{\partial \ln F}{\partial \ln A} (K_t, A_t, t) \frac{d \ln A_t}{dt} \right]$$

Problematisch bei dieser Methode ist die Tatsache, dass nicht alle Werte auf der rechten Seite der Gleichung (1-2) bzw. (1-3) direkt beobachtbar sind. Meistens sind nur die jährlichen Wachstumsraten des Outputs, des Kapitals und der Arbeit statistisch direkt erhältlich. Die Produktionselastizitäten des Kapitals und der Arbeit müssen hingegen mittels zusätzlicher Annahmen separat geschätzt werden. Diese Annahmen lauten:

- Gewinnmaximierung bei vollständiger Konkurrenz auf den Güter- und Faktormärkten,
- Konstante Skalenerträge und
- Neutralität des technischen Fortschritts.

Unter der Annahme der Gewinnmaximierung bei vollständiger Konkurrenz auf den Güter- und Faktormärkten werden die Produktionsfaktoren gemäss ihrer Grenzproduktivität entlohnt, so dass die Produktionselastizität z.B. der Arbeit zugleich die Lohnquote ist. Diese Grösse wird, weil sie in der Wirtschaftsstatistik vorhanden ist, als Ersatz für die Produktionselastizität der Arbeit verwendet.

Die Annahme der konstanten Skalenerträge bedeutet, dass die Summe der Produktionselastizitäten des Kapitals und der Arbeit gleich 1 ist. Demzufolge kann die Produktionselastizität des Kapitals als Differenz zwischen 1 und der Lohnquote berechnet werden. Theoretisch könnte man bei der Schätzung der Produktionselastizität des Kapitals ähnlich wie vorher bei derjenigen der Arbeit vorgehen. Die Praxis zeigt jedoch, dass es äusserst schwierig ist, zuverlässige Daten über die Kapitalkosten und damit über die Gewinnquoten zu erhalten.

Schliesslich impliziert die Annahme des neutralen technischen Fortschritts, dass dieser, wie gesagt, von den Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit unabhängig ist. Diese Annahme erlaubt praktisch, die aufeinander folgenden (meistens jährlichen) Beiträge des technischen

Fortschritts über die Zeit zu summieren und damit dessen durchschnittliche Wachstumsrate auch im Falle zu berechnen, wenn die Werte von Arbeit und Kapital sich laufend verändern.

Eine methodische Alternative zur Schätzung der Gleichungen (1-2) und (1-3) ist die direkte Schätzung der Gleichung (1-1). Dazu braucht man zwar theoretisch keine der drei oben erwähnten Annahmen zu treffen. Notwendig ist lediglich, ihre funktionale Form (d.h. u.a. ihre Parameter) zu spezifizieren (ob sie z.B. eine Cobb-Douglas, CES- oder Translog Produktionsfunktion ist). In der Praxis werden jedoch - wegen Datenmangel und wegen ökonomischer Probleme (z.B. wegen der Multikollinearität) - einige der oben erwähnten Annahmen, v.a. diejenige betreffend konstanter Skalenerträge aufrechterhalten. Ein wichtiges Problem bei der direkten Schätzung der Gleichung (1-1), auch wenn sie richtig spezifiziert ist, besteht darin, dass der Zeitfaktor  $t$  nicht als Näherungsvariable ("proxy") für den technischen Fortschritt allein, sondern als Surrogat für alle outputwirksamen Faktoren, die sich im Zeitablauf trendmässig verändern, interpretiert werden darf. Aus diesem Grund werden einerseits zusätzliche Annahmen bezüglich der Natur des zu schätzenden technischen Fortschritts selbst getroffen und getestet und andererseits zusätzliche Variablen zur Isolierung des technischen Fortschritts von anderen Effekten (z.B. von Skalen- oder Substitutionseffekten) eingeführt. Denison (1967) und andere Autoren (s. Übersicht von Link 1987) haben dieses Messkonzept für die USA, Ardeni/Reichenbach (1972), Büttler et al. (1987) und Bürgenmeier (1992) für die Schweiz angewandt (mehr dazu siehe unten).

Eine theoretische Alternative zur Schätzung von Produktionsfunktionen ist die Schätzung von Preis- bzw. Kostenfunktionen (vgl. Jorgenson 1986). Dabei kann die Preisfunktion einer Produktionseinheit wie folgt geschrieben werden<sup>28</sup>:

$$(1-4) \quad q = Q ( p, t )$$

<sup>28</sup> Wenn man den Ansatz der Kostenfunktion auswählt, ergibt sich folgendes (siehe dazu Chambers 1988:213f.): Die Kostenfunktion wird wie folgt geschrieben:

$$c=C (p,y,t)$$

$c$  sind die Gesamtkosten;  $p$  sind die Inputpreise;  $y$  ist der Gesamtoutput;  $t$  ist ein Zeitindex, der auch einen Technologieindex darstellt. Gemäss dieser Schreibweise entspricht die Wachstumsrate des technischen Fortschritts  $v_t$  der negativen Wachstumsrate der Kosten bei Konstanthaltung der Outputmenge:

$$v_t = - \frac{d \ln c (p,y,t)}{d t}$$

Technischer Fortschritt manifestiert sich hier in Form einer Senkung der Gesamtkosten bei gegebener Outputmenge

$q$  und  $p$  sind jeweils die Output- und die Inputpreise;  $t$  ist ein Zeitindex, der auch einen Technologieindex darstellt. Gemäss dieser Schreibweise entspricht die Wachstumsrate des technischen Fortschritts  $v_t$  der negativen Wachstumsrate des Outputpreises bei Konstanthaltung der Inputpreise:

$$(1-5) \quad v_t = - \frac{d \ln q(p, t)}{d t}$$

Technischer Fortschritt manifestiert sich hier in Form einer Senkung der Outputpreise, die nicht auf Preissenkungen der eingesetzten Inputs zurückzuführen ist. Da sich die Preisfunktion unter bestimmten Annahmen (Gewinnmaximierung unter vollständiger Konkurrenz auf Güter- und Faktormärkte sowie konstante Skalenerträge) dual zur Produktionsfunktion verhält, besitzen beide Funktionen die gleichen Eigenschaften<sup>29</sup>. Deshalb wird hier nicht weiter auf die Preis- bzw. Kostenfunktion eingegangen (für eine empirische Implementierung dieses Ansatzes für die Bundesrepublik Deutschland s. Kugler et al. 1989).

### 4.3.2 Kritik

Das Konzept der Produktionsfunktion als Mittel zur Erfassung des technischen Fortschritts ist mit zahlreichen Mängeln theoretischer und empirischer Natur behaftet. Die Kritik reicht von der totalen Verneinung seiner Existenz bis hin zur Infragestellung der Datenqualität, die notwendig wäre, um grundlegende Grössen wie "Kapital", "Investition", "Abschreibung" usw. zu berechnen. Es ist hier nicht der Platz, um auf alle Einwände einzugehen<sup>30</sup>. Zur Illustration seien hier lediglich zwei Beispiele einer grundsätzlichen Kritik an diesem Konzept erwähnt. Erstens wird argumentiert, dass es wegen der zahlreichen Aggregationsprobleme auf der Mikroebene nur mit grossen Vereinfachungen und Verzerrungen möglich ist, auf eine volkswirtschaftliche Produktionsfunktion zu schliessen (siehe u.a. Rosenberg 1976:61-84).

Der zweite Kritikpunkt geht auf Simon/Levy (1963), Simon (1979) und Shaikh (1987) zurück und postuliert, dass die Schätzung von aggregierten, v.a. von Cobb-Douglas- und CES-Produktionsfunktionen, unter den neo-klassischen Annahmen der vollständigen Konkurrenz

<sup>29</sup> Man kann beweisen, dass unter den Modellannahmen der vollständigen Konkurrenz folgendes gilt (vgl. Makoto Ohta 1974):

$$v_t = \frac{\partial \ln F}{\partial t} = - \frac{d \ln q(p, t)}{d t} = - \frac{d \ln c(p, y, t)}{d t}$$

<sup>30</sup> Eine umfassende Darstellung dieser Einwände ist z.B. in Harcourt (1972), Blaug (1975) oder Sato (1975) zu finden.

lediglich auf die Schätzung von Buchhaltungsidentitäten hinauslaufe. Cobb-Douglas- und CES-Produktionsfunktionen seien gemäss Simon "...very likely all statistical artifacts. The data say no more than that the value of product is approximately equal to the wage bill plus the cost of capital services" (Simon 1974:469, zitiert nach McCombie/Dixon 1991:25)<sup>31</sup>. Die Schätzung solcher Gleichungen würde zu guten statistischen Resultaten (hohem  $R^2$  und niedrigen Standardfehlern der Schätzung) führen, und zwar unabhängig davon, ob der Schätzung eine gut fundierte Produktionsfunktion zugrunde gelegt wird oder nicht. McCombie/Dixon (1991) haben später diese Kritik auf andere Typen von aggregierten Produktionsfunktionen ausgedehnt und dabei die ursprünglich nur auf Cobb-Douglas- und CES-Produktionsfunktionen begrenzte Kritik von Simon und Shaikh verallgemeinert. Sie beschliessen ihre Kritik mit der folgenden Bemerkung: "What should be clear from our discussion is that the existence of the aggregate production function is not an empirical issue as is commonly asserted. It never can be, since the production function is a concept that can be estimated but not tested. In other words, we can assume that an aggregate production function exists and then the coefficients can be estimated to determine the values of such parameters as the elasticity of substitution et cetera. However, the data cannot be used to test whether the aggregate production function, per se, exists" (McCombie/Dixon 1991:40). Mit anderen Worten: Die Schätzung von aggregierten Produktionsfunktionen würde - gemäss McCombie - für sich allein keine unabhängige Evidenz für die Charakterisierung des Standes der Technik bzw. der Wachstumsrate des technischen Fortschritts in einer Volkswirtschaft liefern<sup>32</sup>.

Nebst dieser grundsätzlichen Kritik werden im folgenden Abschnitt einige wichtige Beispiele endogener Kritik aufgeführt, welche sich auf die oben erwähnten Annahmen der konstanten Skalenerträge, der Neutralität des technischen Fortschritts und der vollständigen Konkurrenz beziehen.

- In einer wachsenden Volkswirtschaft, in der sowohl das Sozialprodukt als auch die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital laufend steigen, und dies ist in den meisten Industrie- und in vielen Entwicklungsländern der Fall, ist es äusserst schwierig, den Effekt des technischen Fortschritts von dem der Skalenerträge zu isolieren. Jeder der beiden

<sup>31</sup> Diese Kritik von Simon und Shaikh gilt nur für die hier diskutierten ökonomischen Produktionsfunktionen, welche Wertgrössen benutzen. Für "engineering production functions", die sowohl bei den Input- als auch bei den Outputseinheiten physische Grössen verwenden, gilt diese Kritik nicht (s. auch McCombie/Dixon 1991:25).

<sup>32</sup> Laufende Forschungsarbeiten versuchen aufzuzeigen, dass eine aggregierte Produktionsfunktion unter bestimmten, allerdings sehr restriktiven Annahmen - z.B. Konstante Skalenerträge, Identität der Firmen mit homogenen Produkten - formal-mathematisch möglich ist (vgl. Fortin 1991, Koebel 1996)

Effekte kann als Substitutserklärung für den anderen benutzt werden. Angenommen, wir hätten in der Realität zunehmende Skalenerträge, und dafür gibt es theoretische Rechtfertigung wie empirische Evidenz (s. die Ergebnisse der neuen Wachstumstheorie), die Annahme der konstanten Skalenerträge führt zu einer Überschätzung des technischen Fortschritts. Im Falle der Existenz abnehmender Skalenerträge führt die Aufrechterhaltung der modellmässigen Annahme der konstanten Skalenerträge zu dessen Unterschätzung. In beiden Fällen kommt es zudem zu einer Verzerrung der Beiträge der anderen Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit.

- Auch die Annahme der Neutralität des technischen Fortschritts wird kritisiert. In der Realität ist es sehr schwierig, die Komponenten "technischer Fortschritt" von "Kapital" und "Arbeit" zu trennen. Neue Technologien sind meist untrennbar mit Neuinvestitionen und neuen Arbeitsqualifikationen verbunden.
- Die Annahme der Gewinnmaximierung bei vollständiger Konkurrenz auf den Güter- und Faktormärkten ist ein Dauerthema in den Wirtschaftswissenschaften. Hier bedeutet sie, dass die Produktionselastizitäten der Arbeit und des Kapitals ihren jeweiligen bewerteten Faktoranteilen entsprechen. Wenn diese Annahme nicht erfüllt ist, und dies ist der Fall, wenn Anpassungen auf den Faktor- bzw. Produktmärkten aufgrund monopolistischer oder sonstiger Einflüsse nicht erfolgen, dann werden die Schätzungen für den Beitrag des technischen Fortschritts und der anderen Grössen verzerrt.

Trotz dieser Kritik sind zahlreiche empirische Untersuchungen zu Produktionsfunktionen entstanden. Die theoretischen und empirischen Spezifikationen der geschätzten Funktionen sind allerdings - unter Beibehaltung der grundlegenden Annahmen der neoklassischen Produktionstheorie - technisch anspruchsvoller geworden. Dabei wurde das Ziel verfolgt, das Konzept der Produktionsfunktion (theoretisch wie empirisch) flexibel zu gestalten, um damit einige der oben erwähnten endogenen Kritikpunkte zu entschärfen. So haben Lau und Yotopoulos (1989) das Konzept der Meta-Produktionsfunktion theoretisch entwickelt und in verschiedenen empirischen Studien getestet (s. Lau/Yotopoulos 1990 und Boskin/Lau 1992). Dieses Konzept erlaubt zwar, ohne die drei oben aufgeführten neoklassischen Annahmen zu treffen, makroökonomische Produktionsfunktionen zu schätzen; es geht jedoch - nach wie vor - von einem exogen gegebenen technischen Fortschritt aus. Dieser Mangel gilt zwar auch für den Beitrag von Christensen, Jorgensen und Lau (1971 und 1973), welche die sog. Translog-Produktionsfunktion entwickelt haben. Diese hat jedoch die wichtige Verbesserung gebracht, den Effekt von Skalenerträgen und Inputsubstitutionen auf den technischen Fortschritt besser zu isolieren und zu analysieren.

Zusätzlich zu diesen und anderen theoretischen Entwicklungen (s. z.B. die Arbeiten von Berndt und Diewert) sind auch Fortschritte bei der empirischen Spezifikation von Produktionsfunktionen zu verzeichnen. So wurden nebst den konventionellen parametrischen auch sog. nicht-parametrische Analyseverfahren entwickelt. Parametrische Verfahren legen

der Produktionsfunktion eine bestimmte funktionale Form zugrunde und wenden regressionsanalytische Verfahren an, während nicht-parametrische Ansätze ohne diese Strukturannahme (d.h. ohne parametrische Spezifikation der Produktionsfunktion) auskommen und sich statt dessen Verfahren der linearen Optimierung bedienen. Der grosse Vorteil letzterer Methoden liegt darin, dass man z.B. den Beitrag einzelner Produktionsfaktoren zum Output direkt aus den Daten selbst berechnen kann - detaillierte Kenntnisse über die funktionale Form, d.h. über  $F(\cdot)$  und die damit verbundenen (oft restriktiven) Annahmen sind daher nicht nötig. Die meisten Forscher wenden jedoch beide Verfahren an, um die Robustheit ihrer empirischen Befunde zu erhöhen. Dies ist beispielsweise bei Kohli (1993) der Fall, der eine Funktion des Bruttosozialproduktes als Basis für eine Wachstumsbuchhaltung der Schweiz mit beiden Verfahren geschätzt hat. Ein anderes Beispiel ist die Arbeit von Sheldon (1992), der Effizienzunterschiede zwischen schweizerischen Banken mit Hilfe von "frontier production functions" (deutsch: Randfunktionen) und unter Anwendung der genannten Verfahren empirisch geschätzt hat<sup>33</sup>.

Auch bei den zur Schätzung von Produktionsfunktionen verwendeten Daten sind Fortschritte festzuhalten. Insbesondere die Entwicklung systematischer Verfahren zur Korrektur von Inputdaten wegen Qualitätsveränderungen (v.a. von Arbeit und Kapital) sei hier hervorgehoben (s. die Pionierarbeiten von Denison 1962 und 1967).

### 4.3.3 Empirische Ergebnisse

Bahnbrechend im Bereich der Schätzung von Produktionsfunktionen sind die Arbeiten von Abramovitz (1956), Solow (1957), Kendrick (1961, 1973) und Kuznets (1965, 1966, 1971, 1973). Diese Autoren schätzen den durchschnittlichen jährlichen Beitrag des technischen Fortschritts bzw. der Totalfaktorproduktivität zum Wachstum des Sozialproduktes der USA auf ca. 50 % und denjenigen des Kapitals auf ca. 25 %; der Rest wird dem Beitrag der Arbeit zugeordnet. Spätere Arbeiten von Denison (1979, 1985), Griliches/Jorgenson (1966) und Jorgenson et al. (1987), die versucht haben, dem Problem der Qualitätsveränderung bei den Arbeits- und Kapitalinputs Rechnung zu tragen, ordnen dem technischen Fortschritt einen

---

<sup>33</sup> Zu einer Übersicht zum Thema "frontier production functions" siehe Forsund et al. (1980); für eine Anwendung dieses Ansatzes im öffentlichen Sektor in Deutschland s. Hanusch/Jänsch (1988). Für einen Methodenüberblick zum Thema parametrische bzw. nichtparametrische Verfahren bei der Schätzung von Rand-funktionen s. Lewin/Lovell (1990).

Beitrag zwischen 10 und 32 % zu. Alle hier erwähnten Autoren, mit Ausnahme von Denison, arbeiten mit der Annahme der konstanten Skalenerträge und der Gewinnmaximierung. Denison (1962, 1967, 1979, 1985) dagegen nimmt an, wenn alle Inputs um 1 % steigen, dann steigt der Output um 1,1 %, was mit der Annahme (leicht) zunehmender Skalenerträge gleichzusetzen ist. Zudem nehmen die erwähnten Autoren an, wenn auch oft implizit, der technische Fortschritt sei neutral, das heisst von den Inputs Arbeit und Kapital unabhängig<sup>34</sup>.

Neben diesen auf die gesamte Volkswirtschaft bezogenen Schätzungen von Produktionsfunktionen gibt es auch solche auf der Ebene von Branchen und Unternehmen. Auf der Ebene der Branche haben Kendrick (1961), Terleckyj (1980) sowie Denison (1989) Pionierleistungen geleistet<sup>35</sup>. Frohn et al. (1973) und Oppenländer (1976 und 1980) haben die ersten Anwendungen für die deutsche Industrie vorgenommen.

In der Schweiz wird die Schätzung von Produktionsfunktionen wegen Datenmangels, v.a. bezüglich des Kapitalstocks, erschwert. Trotz dieser Schwierigkeit haben verschiedene Autoren immer wieder ein solches Unterfangen gewagt. Hier sind die in Tab. A1.8 (im Anhang) aufgeführten Arbeiten von Ardeni/Reichenbach (1972), Büttler et al. (1987), Kohli (1981 und 1982), Mountain (1986) Blattner/Sheldon (1989), Kugler/Müller (1991) und schliesslich Bürgenmeier (1992) zu erwähnen. Diese Untersuchungen sind unter sehr unterschiedlichen theoretischen, datenmässigen und ökonometrischen Annahmen durchgeführt worden und deshalb nur bedingt vergleichbar. Sie widerspiegeln dennoch sowohl in theoretischer wie in empirischer Hinsicht die in den letzten 30 Jahren in der internationalen Literatur vollzogenen Fortschritte sehr gut: Von der Schätzung einfacher Cobb-Douglas-Produktionsfunktionen mit z.T. unveröffentlichten Daten und ohne Testen der zugrunde gelegten Annahmen über Neutralität des technischen Fortschritts (Ardeni et al. 1972) bis hin zur Schätzung komplexerer Translog Kosten- und Profitfunktionen (Kohli bzw. Kugler/Müller).

Während sich alle erwähnten Arbeiten auf die gesamte Volkswirtschaft beziehen, gibt es meines Wissens wegen Mangels an Daten keine empirische Schätzung von Produktionsfunktionen auf Branchenebene.

---

<sup>34</sup> Für eine umfassende Darstellung der empirischen Literatur über die USA siehe Link (1987).

<sup>35</sup> Eine Übersicht der diesbezüglichen Literatur: Nelson/Winter (1977), Nelson (1981) sowie Link (1987).

Wie in Tabelle A1.8 (im Anhang) ersichtlich ist, variiert die geschätzte durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des technischen Fortschritts ( $\dot{A}/A$ ) zwischen 1,4 % (Bürgenmeier für die Periode 1952-86) und 2,5 % (Mountain für 1949-76; diese Zahl betrifft jene Variante, die unter der Annahme konstanter Skalenerträge berechnet wurde). Verglichen mit anderen Industrieländern sind diese Zahlen denjenigen der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Japan und Grossbritannien sehr ähnlich (s. Tab. 1.10). Im zeitlichen Ablauf hat die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des technischen Fortschritts jedoch sowohl in der Schweiz als auch in den erwähnten Industrieländern stark abgenommen. Sie fiel in der Schweiz von 2,2 % in den Jahren 1950-74 auf 0,4 % im Zeitraum 1975-84 (Büttler et al. 1987). Dieser Trend hat sich in der Untersuchung von Bürgenmeier bestätigt (vgl. Bürgenmeier et al. 1992). Die Abnahme der Fortschrittsrate sowohl in der Schweiz wie in den anderen OECD-Staaten könnte eine Folge des beobachteten Rückganges der Arbeitsproduktivität sein (s. Tab. 1.11)<sup>36</sup>.

Betrachtet man die Ergebnisse der erwähnten Untersuchungen vom Standpunkt der Wachstumsbuchhaltung (growth accounting), stellt man fest, dass der Beitrag des technischen Fortschritts zum Wirtschaftswachstum von allen anderen Produktionsfaktoren quantitativ am höchsten ist: von jedem jährlich zusätzlich verdienten Franken verdanken wir im Durchschnitt - je nach Berechnungsart - 45 Rappen (Bürgenmeier), 50 Rappen (Bombach) und sogar 63 Rappen (Blattner et al.) dem technischen Fortschritt (Tab. 1.9). Im internationalen Vergleich gibt es ähnliche Zahlen für die Bundesrepublik (alt) Deutschland, Frankreich und Grossbritannien. Hingegen weisen die USA niedrigere Zahlen für den technischen Fortschritt, dafür einen wesentlich höheren Wert für Kapital auf (s. Tab. 1.12).

**Tabelle 1.9: Beiträge der Arbeit, des Kapitals und des technischen Fortschritts (TF) zum Wirtschaftswachstum der Schweiz, in %**

<sup>36</sup> Zu den Ursachen des empirisch beobachteten Rückganges der Arbeits- und der Totalfaktorproduktivität gibt es eine sehr kontroverse Diskussion. Eine gute Zusammenfassung dieser Diskussion ist in The Journal of Economic Perspectives von 1988 (Nr. 4) unter dem Titel "Symposium on the Slowdown in Productivity Growth" zu finden. Eine neuere Übersicht der Literatur zu dieser Fragestellung liefert Griliches (1994).

	Zeitraum	Kapital	Arbeit	TF
Ardenti/Reichenbach 1972	1951-68	45	14	41
Blattner/Sheldon 1989	1961-82	31	6	63
Bürgenmeier et al. 1992	1952-86	40	15	45

**Tabelle 1.10: Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten des technischen Fortschritts im internationalen Vergleich, in %**

Land	Zeitraum	Fortschrittsrate pro Jahr
Frankreich	1957-85	1,8
Westdeutschland	1960-85	1,4
Japan	1957-85	1,6
Grossbritannien	1957-85	1,2
USA	1948-85	0,08
Schweiz	1961-86	1,4

Quellen: Bürgenmeier et al. (1992) für die Schweiz und Boskin/Lau (1992) für die übrigen Länder

**Tabelle 1.11: Jährliche Wachstumsrate des realen Bruttoinlandprodukts pro Beschäftigte**

	1960-68	1968-73	1973-79	1979-89
Belgien	4,0 %	4,9 %	2,3 %	2,0 %
Deutschland	4,2 %	4,1 %	2,9 %	1,5 %
Finnland	4,0 %	5,8 %	1,6 %	2,8 %
Frankreich	4,9 %	4,3 %	2,4 %	2,0 %
Grossbritannien	2,7 %	3,2 %	1,3 %	1,7 %
Italien	6,3 %	4,9 %	2,8 %	2,1 %
Österreich	4,9 %	5,1 %	2,5 %	1,1 %
Schweden	3,9 %	2,9 %	0,5 %	1,4 %
Schweiz	2,9 %	3,0 %	0,6 %	1,0 %
<b>Total OECD-Europa</b>	<b>4,5%</b>	<b>4,2%</b>	<b>2,4%</b>	<b>1,6%</b>
USA	2,6 %	1,0 %	0,2 %	1,1 %
Kanada	2,6 %	2,5 %	1,3 %	1,2 %
Japan	8,5 %	7,6 %	2,9 %	3,0 %

Quelle: Organization of Economic Co-operation and Development, Historical Statistics: 1960-1989 (Paris 1991:51), zitiert nach F.M. Scherer (1992a:27)

**Tabelle 1.1: Beiträge der Arbeit, des Kapitals und des technischen Fortschritts (TF) zum**

**Wirtschaftswachstum im internationalen Vergleich**

Land	Zeitraum	Kapital	Arbeit	TF
Frankreich	1957-85	57	- 5	48
Westdeutschland	1960-85	65	- 11	46
Japan	1957-85	72	5	23
Grossbritannien	1957-85	54	-6	52
USA	1948-85	45	29	26
Schweiz	1961-82	40	15	45

Quellen: Bürgenmeier et al. (1992) für die Schweiz und Boskin/Lau (1992) für die übrigen Länder

#### 4.3.4 Zusammenfassung

Im Rahmen des neoklassischen Konzepts der Produktionsfunktion (Input-Output-Konzept) wird technischer Fortschritt als Veränderung der Totalfaktorproduktivität (d.h. als Veränderung des Gesamtoutputs bei Konstanthaltung aller Inputs) verstanden. Konkret wird seine Wachstumsrate als Residualgrösse, d.h. als Differenz zwischen der Wachstumsrate des Gesamtoutputs und derjenigen der Beiträge der übrigen Produktionsfaktoren angesehen. Alles was zur Veränderung des Gesamtoutputs beiträgt und nicht durch die Veränderung dieser Produktionsfaktoren aufgefangen wird, wird dem technischen Fortschritt zugerechnet. Dabei ergibt sich u.a. die Schwierigkeit, den wirklichen Beitrag dieser Komponente von dem anderer Effekte (z.B. Skalenerträge, Qualitätsverbesserung der eingesetzten Inputs usw.) zu trennen. Die empirische Schätzung wird sehr oft unter realitätsfremden Annahmen durchgeführt, die zu verzerrten Ergebnissen (Über- oder Unterschätzung der Parameter) führen. Es bleiben also viele analytische, empirische und datenmässige Probleme zu lösen, bis wir mit diesem Konzept das komplexe Phänomen des technischen Fortschritts messen können.

In der Schweiz trägt der technische Fortschritt zum Wirtschaftswachstum quantitativ - je nach Berechnungsart - zwischen 40 % und 60 % bei. Ausserdem hat er sich - mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von ca. 1,4 % - ähnlich entwickelt wie in den anderen wichtigen Industrieländern (BRD, Japan, Frankreich). Diese Durchschnittsgrösse darf jedoch über zwei wichtige Phänomene nicht hinwegtäuschen. Zum einen hat die jährliche Wachstumsrate des technischen Fortschritts in den letzten Jahren insgesamt nachgelassen, was zum Teil den Rückgang der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität erklärt: Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität ist von 2,9 % in den 60er Jahren auf 1,0 % in der Periode 1979-89 zurückgefallen (vgl. Scherer 1992a). Zum anderen variiert die Wachstumsrate des technischen Fortschritts von einem Industriezweig zum anderen, was wiederum zu einer unterschiedlichen Entwicklung der Arbeitsproduktivität in diesen Wirtschaftszweigen geführt hat (vgl. Graf/Mettler 1991).

#### **4.4. Prozessablauf-Konzepte**

Die bisher beschriebenen Input-, Output- und Input-Output-Konzepte behandeln den Innovationsprozess als "black box". Prozessablauf-Konzepte versuchen den Stand der Technik bzw. den technischen Fortschritt an Hand des Produktionsvorganges zu bestimmen.

Es handelt sich um eine realtechnische Charakterisierung vorwiegend im Bereich des Industriesektors, die sich aber auch auf den Tertiärsektor übertragen lässt. So versucht Scholz (1977) im Rahmen eines "systemtechnischen Ansatzes zur Bestimmung des Standes der Technik" Produktionsprozesse mit Hilfe von vier Technik-Variablen (Arbeitsverfahren, Automatisierung, Komplexität der technischen Organisationsstruktur, Dimensionierung der Produktionsanlagen) zu charakterisieren. Scholz möchte diesen Ansatz auch als Ausgangslage für eine Technikstatistik verstanden wissen.

Zur gleichen Zeit wie Scholz haben Nelson und Winter ihren Aufsatz "In Search of Useful Theory of Innovation" (Nelson/Winter 1977) publiziert und darin den Begriff "natural trajectories" eingeführt. Sie haben ihn später in "technological trajectories" umbenannt (Nelson/Winter 1982). Andere Autoren haben ähnliche Begriffe entwickelt, wie z.B. "technological paradigm" (Dosi 1982), "technological corridor" (Georghiou et al., 1986), oder "technological guideposts" (Sahal 1981). Diese Konzepte beschreiben - mit einigen Nuancen - die Tatsache, dass technologische Entwicklungen nicht einfach durch bestimmte Technik-Variablen funktionell charakterisiert werden können, sondern dass sie eine innere Logik aufweisen und damit auch einen bestimmten zeit-abhängigen ("path-dependent") Pfad (oder Bahn) verfolgen. Diese Logik bestimmt,- unter den jeweils vorgegebenen techno-ökonomischen Bedingungen, die in der Literatur unter dem Sammelbegriff "techno-ökonomisches Paradigma" (s. oben) zusammengefasst werden - welche technologischen Aktivitäten zu welchem Zweck eingesetzt werden sollen. Technologische Trajektorien werden nach Dosi definiert als "the activity of a technological process along the economic and technological trade-offs defined by a paradigm" (Dosi 1988:1228).

Gemäss dieser Vorstellung gibt es Trajektorien, die nur für eine bestimmte Technologie in einer bestimmten Industrie relevant sind, und solche, die von mehreren Technologien in mehreren Industrien verfolgt werden. Dosi führt dazu zwei Beispiele aus der ersten Kategorie auf: "...technological progress in aircraft technology has followed two quite precise trajectories (one civilian and one military) characterized by log-linear improvements in the trade-offs between horsepower, gross takeoff weight, cruise speed, wing loading, and cruise range (...). In microelectronics, technical change is accurately represented by an exponential trajectory of improvement in the relationship between density of the electronic chips, speed of computation, and cost per bit of information" (Dosi 1988:1228-1129). Beispiele aus der

---

zweiten Kategorie sind 1. technologische Aktivitäten zur Automatisierung von Handarbeit und 2. solche zur Ausnützung bisher ungenützter Skalenerträge ("exploitation of latent scale economies" Nelson/ Winter 1977:58-59).

Zur empirischen Erfassung der technologischen Trajektorien in der Schweizer Industrie wurde im Rahmen unserer schriftlichen Expertenbefragung die folgende Frage gestellt: "In welchem Ausmass wurden folgende technologische Aktivitäten in Ihrem Wirtschaftszweig konsequent eingesetzt?" (Fragebogen S. 20). Die Ergebnisse sind in Tab. 1.13 zusammengefasst. Danach sind die wichtigsten, auf der Ebene der gesamten Industrie konsequent eingesetzten technologischen Massnahmen (in dieser Reihenfolge): Massnahmen zur Kostenoptimierung, Mechanisierung und Automatisierung von Handarbeit, Entwerfen von Produkten für spezifische Marktsegmente, Massschneidern von Produkten auf die Bedürfnisse einzelner Konsumenten, Verbesserung der Leistungsmerkmale des Produktes (Betriebsgeschwindigkeit, Wirkungsgrad, usw.), Qualitätsverbesserung des Inputmaterials, Verbesserung der physischen Eigenschaften des Produktes (Materialstärke, Lebensdauer, Reinheit, usw.). Hingegen werden Massnahmen wie Veränderung des Produktionsvolumens, Hinzielen auf ein standardisiertes oder dominantes Produktdesign, Veränderung des Umfangs oder der Dimension des Produktes (z.B. Miniaturisierung) als weniger wichtig angesehen.

**Tabelle 1.13: Natur des technischen Fortschritts, definiert nach den folgenden technologischen Aktivitäten. Unternehmensdaten (n=358)**

	Arithmetisches Mittel	Q1 (25%)-Q3 (75%)
1. Veränderung des Produktionsvolumens	4,77 (0,08)	4,00 - 6,00
2. Mechanisierung und Automatisierung von Handarbeit	5,57 (0,07)	5,00 - 7,00
3. Massnahmen zur Kostenoptimierung	5,76 (0,06)	5,00 - 7,00
4. Qualitätsverbesserung des Inputmaterials	5,29 (0,07)	4,00 - 6,00
5. Umstellung von schubweisen (batch) auf kontinuierliche Produktionsprozesse	3,88 (0,10)	2,00 - 5,00
6. Veränderung des Umfangs oder der Dimension des Produktes (z.B. Miniaturisierung)*	3,55 (0,11)	2,00 - 5,00
7. Verbesserung der physischen Eigenschaften des Produktes (Materialstärke, Lebensdauer, Reinheit, usw.)	5,00 (0,08)	4,00 - 6,00
8. Verbesserung der Leistungsmerkmale des Produktes (Betriebsgeschwindigkeit, Wirkungsgrad, usw.)*	5,38 (0,08)	5,00 - 7,00
9. Hinzielen auf ein standardisiertes oder dominantes Produktdesign *	4,54 (0,09)	3,00 - 6,00
10. Entwerfen von Produkten für spezifische Marktsegmente*	5,52 (0,07)	5,00 - 7,00
11. Massschneidern von Produkten auf die Bedürfnisse von einzelnen Konsumenten	5,38 (0,09)	4,00 - 7,00

\* Die Antworten auf diese Frage sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden (Signifikationsniveau 0,05)

Betrachtet man die Ergebnisse auf der Ebene der einzelnen Branchen, kann man im Hinblick auf die unterschiedliche Bedeutung der technologischen Trajektorien für die untersuchten Branchen folgendes festhalten (s. Tab. 1.14):

1. Für alle fünf aufgeführten Branchen wichtig (d.h. die Antwortnote auf diesbezügliche Fragen ist bei allen gleich 5 oder grösser) sind folgende Aktivitäten:
  - Mechanisierung und Automatisierung von Handarbeit,
  - Massnahmen zur Kostenoptimierung,
  - Qualitätsverbesserung des Inputmaterials und
  - Entwerfen von Produkten für spezifische Marktsegmente.
  
2. Nur für bestimmte Branchen wichtig (d.h. die Antwortnote ist grösser als 5) und für andere nicht so wichtig (d.h. die Antwortnote ist kleiner als 5) sind folgende Aktivitäten:
  - Veränderung des Produktionsvolumens ist sehr wichtig für die Uhren- und Nahrungsmittelindustrie und weniger wichtig für die übrigen Branchen.
  - Umstellung von schubweisen (batch) auf kontinuierliche Produktionsprozesse ist - mit Ausnahme der Uhrenindustrie - für alle Branchen weniger wichtig.
  - Verbesserung der physischen Eigenschaften des Produktes (Materialstärke, Lebensdauer, Reinheit, usw.) ist für die Maschinen- und Metallindustrie, für die Chemie und für die Elektroindustrie wichtig, für die übrigen Branchen dagegen weniger wichtig.
  - Verbesserung der Leistungsmerkmale des Produktes (Betriebsgeschwindigkeit, Wirkungsgrad, usw.) ist für die Elektro-, für die Uhren- und für die Maschinen- und Metallindustrie von Bedeutung, für die anderen Branchen dagegen weniger wichtig.
  - Hinzielen auf ein standardisiertes oder dominantes Produktdesign ist erstaunlicherweise - mit Ausnahme der Uhrenindustrie - für alle anderen Branchen weniger wichtig.
  
3. Für alle fünf aufgeführten Branchen nicht wichtig (d.h. die Antwortnote auf diesbezügliche Fragen ist bei allen kleiner als 5) ist die Veränderung des Umfangs oder der Dimension des Produktes (z.B. Miniaturisierung).

**Tabelle 1.14: Natur des technischen Fortschritts in der Maschinen- und Metall- (B1), Elektro- (B2), Chemie (B3), Uhren- (B4), und**

Technologische Aktivitäten	B1	B2	B3	B4	B6
1. Veränderung des Produktionsvolumens	4,69	4,93	4,76	6,40	5,33
2. Mechanisierung und Automatisierung von Handarbeit	5,55	5,52	5,51	6,60	6,20
3. Massnahmen zur Kostenoptimierung	5,80	5,61	6,00	6,33	6,20
4. Qualitätsverbesserung des Inputmaterials	5,23	5,38	5,60	5,00	5,29
5. Umstellung von schubweisen (batch) auf kontinuierliche Produktionsprozesse	3,73	3,83	4,00	5,00	4,65
6. Veränderung des Umfangs oder der Dimension des Produktes (z.B. Miniaturisierung)*	3,40	4,84	2,77	3,40	2,75
7. Verbesserung der physischen Eigenschaften des Produktes (Materialstärke, Lebensdauer, Reinheit, usw.)	5,26	5,10	5,23	4,20	4,38
8. Verbesserung der Leistungsmerkmale des Produktes (Betriebsgeschwindigkeit, Wirkungsgrad, usw.)*	5,65	6,00	4,74	5,83	4,91
9. Hinzielen auf ein standardisiertes oder dominantes Produktdesign*	4,72	4,83	3,90	5,20	4,71
10. Entwerfen von Produkten für spezifische Marktsegmente*	5,50	5,66	5,76	5,50	6,05
11. Massschneidern von Produkten auf die Bedürfnisse von einzelnen Konsumenten	5,40	5,30	5,73	4,16	5,50

\* Die Antworten auf diese Frage sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden (Signifikationsniveau 0,05)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Prozessablauf- Konzepte weitgehend durch das von Nelson/Winter (1977, 1982) ursprünglich entwickelte Konzept "technological trajectories" oder durch ähnliche Konzepte anderer Autoren operationalisiert werden. Es beschreibt und analysiert jene technologischen Aktivitäten, die zu einem gegebenen Zeitpunkt und unter den jeweils vorgegebenen techno-ökonomischen Bedingungen (techno-ökonomischem Paradigma) den konkreten Inhalt des technischen Fortschritts ausmachen.

Empirische Untersuchungen (inkl. die vorliegende über die Schweiz) zeigen, dass es neben den für die gesamte Industrie relevanten technologischen Trajektorien (z.B. technologische Aktivitäten zur Automatisierung von Handarbeit) auch solche gibt, die nur für die eine oder die andere Branche von Bedeutung sind (z.B. Hinzielen auf ein standardisiertes oder dominantes Produktdesign in der schweizerischen Uhrenindustrie). Auch hier gibt es also wichtige interindustrielle Unterschiede: Was als "black box" bezeichnet wird, ist im hellen Licht des technologischen Alltags von einem Wirtschaftszweig zum anderen z.T. sehr verschieden.

## 5 Diffusion des technischen Fortschritts

### 5.1 Einführung

Die im vorherigen Kapitel 4 vorgestellten Konzepte befassen sich mit der Messung des technischen Fortschritts in den ersten vier Phasen "Forschung", "Entwicklung", "Erfindung" und "Innovation" (bzw. "Markteinführung"). Bei den sog. Diffusionsanalysen handelt es sich dagegen um Ansätze, die den Diffusionsprozess technischer Innovationen und damit die fünfte Phase des Innovationsprozesses beschreiben und analysieren. Die Innovation als erste Anwendung neuen Wissens (als Output der drei ersten Phasen) ist also der Grundstein für die Diffusionsphase. Der potentielle ökonomische Fortschritt wird im Verlauf der Diffusionsphase durch eine immer intensivere Verwendung des neuen Wissens fortschreitend realisiert. Erst wenn der Prozess der Diffusion dieses neuen Wissens in alle Anwendungsgebiete abgeschlossen ist, ist der durch die Innovation an sich mögliche gesamtökonomische Fortschritt realisiert.

Diffusion beinhaltet begrifflich sowohl die Verbreitung ("dissemination") als auch die Imitation von Innovationen. Das Wort "Imitation" wird dabei in seiner Doppelbedeutung von "Nachahmen" und "Nachmachen" verstanden<sup>37</sup>; in bestimmten industriellen Situationen könnte es auch "Umgehen" bedeuten. Die Diffusion einer technischen Innovation nimmt damit grundsätzlich zwei Formen an: entweder wird sie mehr oder weniger unverändert von Marktteilnehmern übernommen und eingeführt oder sie wird imitiert. Im ersten Fall wird die Diffusion vom ursprünglichen Innovator entweder direkt initiiert oder indirekt gefördert; sie wird zumindest von ihm bejaht und bewilligt. Im zweiten Fall findet sie hingegen durch Dritte und ohne seine Erlaubnis statt.

Im ersten, in der Literatur relativ gut untersuchten Fall werden z.B. Diffusionskurven bestimmter technischer Innovationen, sowie deren Determinanten untersucht. Dabei werden diese Untersuchungen grundsätzlich aus zwei unterschiedlichen, wenn auch in bestimmten Fällen durchaus komplementären Perspektiven durchgeführt: entweder aus der Sicht der untersuchten Innovationen oder aus der Sicht der Anwender dieser Innovationen (Personen, Unternehmen oder anderer Organisationen). Im ersten Fall werden Diffusionskurven bestimmter Innovationen, und im zweiten Fall dagegen die Merkmale früherer Anwender der

---

<sup>37</sup> Das schweizerische Patentgesetz kennt die beiden Begriffe "Nachmachen" und "Nachahmen" und bezeichnet sie als Verletzung des Patentrechts und deshalb als rechtswidrig (Art. 66a). Nach Pedrazzini (1983) ist Nachmachung "Einsatz der technischen Lehre genau in der beanspruchten Form. Die Erfindung wird kopiert, der Verletzte hält sich im Rahmen des Geltungsbereichs, beide Vorrichtungen gleichen sich technisch vollkommen." Nachahmung "liegt hingegen vor, wenn der Verletzer die wesentlichen Elemente der

neuen Technologie mit denjenigen späterer Anwender verglichen. Die erste Vorgehensweise ist in der Literatur als "Diffusionstradition", die zweite als "Adoptionstradition" bekannt.

Der Unterschied zwischen den beiden Forschungsrichtungen besteht im jeweiligen Blickwinkel: Während die Diffusionstradition interindustrielle Diffusionsunterschiede bestimmter Innovationen mittels bestimmter Variablen (s. unten) erklärt, stellen Adoptionsforscher Fragen wie: "Warum führen bestimmte Wirtschaftseinheiten bestimmte Innovationen zu einem bestimmten Zeitpunkt schneller ein als andere?" Damit werden im zweiten Fall Unterschiede zwischen den Anwendern selbst systematisch untersucht. Die beiden Vorgehensweisen sind, wie gesagt, komplementär und stellen die zwei Seiten der gleichen Medaille dar. Dazu schreibt der bekannte Diffusionstheoretiker Stoneman folgendes: "If one can explain the date of adoption by individual firms, then by aggregation one should have the inter-firm or intra-sectoral diffusion curve" (Stoneman, 1983:95).

Unter den Ökonomen, die sich mit der Diffusion technischer Innovationen auseinandergesetzt haben, haben u.a. die folgenden Autoren Pionierleistungen erbracht: Griliches (1957, 1960), Rogers (1962, 1983), Mansfield (1968) Mansfield et al.(1971, 1977), David (1969, 1975, 1985), Nabseth und Ray (1974), Davies (1979), Gold (1979, 1981, 1983), Stoneman (1983)<sup>38</sup>. Alle diese Autoren sind sich darüber einig, dass der Diffusionsprozess technischer Innovationen sehr komplex und deshalb von sehr unterschiedlichen angebots- und nachfrageseitigen Einflussfaktoren abhängig ist. Zusammenfassend werden aus empirischer Sicht folgende Faktoren festgehalten, die einen grossen Teil der empirisch beobachteten Variationen in der Diffusionsrate von Innovationen "erklären" (Mansfield 1986b:318):

- Durchschnittliche Profitabilität (Vorteilhaftigkeit) der Innovationen,
- Variation unter den Unternehmen bezüglich dieser Profitabilität,
- Umfang der Innovationskosten und speziell der F&E-Ausgaben,
- Marktstruktur (z.B. Anzahl Unternehmen pro Industriezweig, durchschnittliche Betriebsgrösse, Unterschiede in der Betriebsgrösse).

In der Schweiz haben sich bisher zwei Studien mit der Diffusion einzelner Technologien befasst. Hieronymi et al. (1984) haben die Diffusion der Elektronik in der Uhrenindustrie, der

---

beanspruchten Erfindung benutzt ohne sich wörtlich an den Patentanspruch zu halten". (Pedrazzini 1983:136f.).

<sup>38</sup> Für eine Übersicht der Literatur s. Davies (1979), Stoneman (1983), Rogers (1981), Mahajan/Peterson (1985), Thirtle/Ruttan (1987), Baldwin/Scott (1987) und schliesslich Metcalfe (1988). Für eine Auswahl neuerer Arbeiten aus ökonomischer und ausserökonomischer Sicht s. den Sammelband von Nakicenovic und Grübler (1991).

numerischen Steuerung bei den Werkzeugmaschinen, der Datenübertragungssysteme, des Lichtsatzes in der graphischen Industrie sowie der Pulvermetallurgie untersucht (eine Zusammenfassung findet sich in Harabi/Halbherr 1985). Müdespacher (1985) hat sich dagegen mit der Diffusion von Innovationen der Telematik (v.a. des EDV-Einsatzes der Tele-Datenverarbeitung und Telefax) empirisch auseinandergesetzt. Er kommt dabei zum Resultat, dass die Diffusion dieser Innovationen hauptsächlich von der Betriebsgröße und von der Zugehörigkeit einer Firma zu einer informationsintensiven Branche (gemessen am Anteil an Routineinformationstätigkeiten) abhängt. Global betrachtet kommen Hieronymi und seine Mitarbeiter zum Ergebnis, dass die Diffusion auf dem Gebiet der Rationalisierungstechnologien (z.B. Datenübertragungssysteme, Anwendung der numerischen Steuerung, usw.) generell günstig sei und es keine extremen Unterschiede im Diffusionsgrad gäbe. Weniger günstig sei allerdings die Lage bei den Schlüsseltechnologien (bzw. bedeutenden Innovationen z.B. Mikroelektronik in der Uhrenindustrie, Entwicklung von numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen). Hier ist die Diffusion von Technologie zu Technologie und von Firma zu Firma unterschiedlich gut. Es wird sogar erwähnt, dass in diesem Bereich wichtige Rückstände bestehen und künftig eine schnellere Anpassung notwendig ist. Aus diesem allgemeinen Befund leiten die Autoren die Hauptthese ab, dass es eine "helvetische Mischung von Vorsicht (bei den Schlüsseltechnologien) und Innovationsfreudigkeit (bei den Rationalisierungstechnologien)" gäbe.

Imitation wurde hingegen bisher empirisch wenig untersucht, obwohl deren theoretische Bedeutung für den Innovationsprozess von vielen Ökonomen erkannt worden ist. Nennenswert sind in diesem Zusammenhang die theoretischen Arbeiten von Brozen (1951), Reinganum (1981a und 1981b), Fudenberg/Tirole (1985), Quirnbach (1986), Scherer (1967), Kamien/ Schwartz (1978) und Nelson/Winter (1978 und 1982). In einem Übersichtskapitel zu diesen Ansätzen fassen Baldwin und Scott die wichtigsten Ergebnisse bezüglich des Stellenwertes von Imitation wie folgt zusammen: "Unauthorized imitation is a major diffusion mechanism when patents are easily circumvented, when high litigation costs and uncertainties make patents little more than a 'license to sue', and when 'reverse engineering', or the analysis of how a competitor's product was made, is routinely pursued. Imitation may in some circumstances augment the net social benefits from innovation by speeding diffusion and expanding an innovation's ultimate spread toward the output level where the marginal social cost of adoption equals the marginal social benefit. But alternatively, by reducing anticipated

earnings, imitation may retard the incentive to innovate." (Baldwin/Scott 1987:120). Die beiden zentralen Aspekte von Imitation, nämlich gleichzeitig ein diffusionsförderndes und ein innovationshemmendes Instrument zu sein, sind also in der theoretischen Literatur klar erkannt und systematisch untersucht wurden. Dennoch sind die analytischen Antworten auf die entscheidenden Fragen nach der optimalen Diffusionsrate einer Innovation und v.a. nach der optimalen Kombination der beiden Vehikel der Diffusion (Diffusion via Verbreitung und Diffusion via Imitation) bisher unbefriedigend geblieben. Dazu Baldwin und Scott: "Absent a clear and generally accepted normative standard, analysts have been unable to specify optimal rates of diffusion or combinations of dissemination and imitation." (Baldwin/Scott 1987:143).

Trotz der theoretischen und praktischen Bedeutung von Imitation wurde sie bisher - wie gesagt - von der empirischen Wirtschaftsforschung vernachlässigt. Dazu schreibt Mansfield folgendes: "In their discussion of the innovation process, economists frequently have called attention to the major role played by the costs of imitation, but there has been little attempt to measure those costs, to test various hypotheses concerning the factors influencing them, or to estimate their effects" (Mansfield 1986b:312). Gerade diesen Fragen ist er in zahlreichen Publikationen systematisch nachgegangen (Mansfield 1968 und 1985 sowie Mansfield et al. 1961 und 1981). Obwohl andere Forscher (v.a. Levin et al. 1987) hinzukamen, blieben ihre Untersuchungen weitgehend auf die USA beschränkt. Eine empirische Analyse für die Schweiz, die sich mit diesem Problemkreis befasst, hat bisher gefehlt. Ein Versuch, diese Forschungslücke teilweise zu füllen, wird hier unternommen.

## **5.2 Elemente des Imitationsprozesses**

Zur Diskussion stehen hier die Relevanz der Imitation für die Diffusion technischer Innovationen sowie einige ihrer Determinanten (v.a. Patente). Dabei wird von der Hypothese ausgegangen, dass

- je grösser die Anzahl Unternehmen, die in der Lage sind, erfolgreich und rechtzeitig zu imitieren,
- je kleiner die Imitationskosten im Vergleich zu den Innovationskosten und
- je kürzer die benötigte Zeit für eine erfolgreiche Imitation von Innovationen ist,

Umso breiter und schneller vollzieht sich der Diffusionsprozess technischer Innovationen. Um diesem Problemkreis empirisch nachzugehen, wurden ausgewählten Branchenexperten der schweizerischen Industrie folgende Fragen gestellt:

- "Wieviele Firmen sind in Ihrem Wirtschaftszweig in der Lage, erfolgreich und rechtzeitig eine von der Konkurrenz entwickelte Innovation zu imitieren, um mit ihr einen markanten Einfluss auf den Markt ausüben zu können?"
- "Wie lange würde es für ein leistungsfähiges Unternehmen in Ihrem Wirtschaftszweig im Durchschnitt dauern, eine von der Konkurrenz entwickelte Innovation erfolgreich und genügend rasch zu imitieren, um mit ihr einen markanten Einfluss auf den Markt ausüben zu können?"
- "Wie kostspielig ist es im Durchschnitt für ein leistungsfähiges Unternehmen in Ihrem Wirtschaftszweig, eine von der Konkurrenz entwickelte Innovation erfolgreich und genügend rasch zu imitieren, um mit ihr einen markanten Einfluss auf den Markt ausüben zu können?" (Fragebogen S. 9-13)

Die zwei letzten Fragen wurden zweimal gestellt, einmal für Produkt- und ein anderes Mal für Prozessinnovationen. Dabei wurde zwischen vier Kategorien von Innovationen unterschieden:

1. bedeutende und patentierte Innovationen, 2. bedeutende und nicht-patentierte Innovationen, 3. laufende und patentierte Innovationen und schliesslich 4. laufende und nicht-patentierte Innovationen.

### **5.2.1 Anzahl imitationsfähiger Unternehmen**

Im Durchschnitt aller Wirtschaftsarten werden von den befragten Experten jeweils nur drei Unternehmen pro Wirtschaftsart als fähig eingeschätzt, einen von der Konkurrenz entwickelten technologischen Durchbruch (im Produkt- wie im Verfahrensbereich) so zu imitieren, dass sie dadurch einen markanten Einfluss auf den Markt ausüben können. Im Hinblick auf die Imitation laufender Prozess- bzw. Produktinnovationen werden dagegen fünf bzw. sechs Unternehmen im Durchschnitt aller Wirtschaftsarten als imitationsfähig eingeschätzt. Es gibt damit relativ wenige Unternehmen pro Wirtschaftsart, die eine bedeutende Innovation imitieren können. Andererseits gibt es immerhin doppelt so viele Unternehmen, die eine laufende Innovation imitieren können, wie solche, bei denen dies bei einer bedeutenden Innovation der Fall ist. Damit wird die Imitation bzw. Diffusion laufender Innovationen von doppelt soviel Unternehmen getragen wie diejenige von bedeutenden Innovationen.

Die für die gesamte Stichprobe angegebenen Durchschnittszahlen zeigen zwar ein ungefähres Bild für die gesamte Industrie auf; sie verstellen jedoch den Blick auf die z.T. enormen inter-industriellen Unterschiede. So ergibt sich im Falle einer Imitation von bedeutenden Produktinnovationen für 48 % der untersuchten Wirtschaftsarten (59 Antworten) eine Zahl zwischen drei und fünf Unternehmen, in 14 % derselben (17 Antworten) können sogar mehr als zehn Unternehmen die genannte Innovation imitieren (Tab. 1.15).

**Tabelle 1.15: Anzahl Firmen pro Wirtschaftsart, die in der Lage sind, erfolgreich und rechtzeitig zu imitieren** (Häufigkeitsverteilung der Median-Antworten von 127 Wirtschaftsarten)

	keine einzige Firma kann imitieren	1-2 Firmen	3-5 Firmen	6-10 Firmen	mehr als 10 Firmen
1. Technologischer Durchbruch im Verfahrensbereich	1	17	56	25	21
2. Laufende Neuerung/Verbesserung von Verfahren	0	8	40	38	34
3. Technologischer Durchbruch im Produktbereich	3	13	59	30	17
4. Laufende Erneuerung/Verbesserung von Produkten	0	4	36	41	44

### 5.2.2 Imitationszeit

Imitationszeit wird als die Zeitspanne definiert, die ein Imitator braucht, um eine von der Konkurrenz entwickelte Innovation erfolgreich und genügend rasch zu imitieren, um mit ihr einen markanten Einfluss auf den Markt ausüben zu können. Im Durchschnitt (über alle Wirtschaftsarten) dauert es zwei Jahre, bis ein leistungsfähiges Unternehmen eine von der Konkurrenz entwickelte bedeutende und patentierte (Produkt- oder Prozess-)Innovation zu imitieren vermag. Um die anderen Innovationsarten zu imitieren, braucht es noch weniger Zeit, nämlich achtzehn Monate für laufende und patentierte, sechzehn Monate für bedeutende und nicht-patentierte und nur zehn Monate für laufende und nicht-patentierte Innovationen. Darüber hinaus ist die durchschnittliche Imitationszeit von Prozess- länger als diejenige von Produktinnovationen. Für patentierte Innovationen im Vergleich zu nicht-patentierten ist die Imitationszeit auch länger. Patente führen somit nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis zur Verlängerung der effektiven Monopolzeit und damit der Quasi-Rente des Innovators. Sie verzögern dadurch die Imitation und damit die Diffusion neuer Technologien (auf diesen Punkt komme ich später nochmals zurück).

**Tabelle 1.16: Benötigte Zeit für eine erfolgreiche Imitation von Innovationen** (Häufigkeitsverteilung der Median-Antworten von 127 Wirtschaftsarten)

	<als 6 Mo- nate	6 Monate bis 1 Jahr	1 bis 3 Jahre	3 bis 5 Jahre	mehr als 5 Jahre	rechtzeitige Imitation unmöglich
<b>Neue Verfahren</b>						
1. Innovation ist bedeutend und patentiert	4	12	41	28	11	20
2. Innovation ist bedeutend und nicht patentiert	7	28	58	17	4	4
3. Innovation ist laufend und patentiert	7	20	47	20	8	13
4. Innovation ist laufend und nicht patentiert	14	42	43	13	3	3
<b>Neue Produkte</b>						
1. Innovation ist bedeutend und patentiert	7	14	42	24	12	19
2. Innovation ist bedeutend und nicht patentiert	12	24	61	15	4	4
3. Innovation ist laufend und patentiert	12	19	50	16	10	11
4. Innovation ist laufend und nicht patentiert	16	40	51	7	4	3

Auch hier verdecken die Durchschnittszahlen die grosse Streuung zwischen den Wirtschaftsarten. Im Falle von bedeutenden und patentierten Produktinnovationen halten 16 % der untersuchten Fälle (19 Wirtschaftsarten) eine rechtzeitige Imitation für unmöglich, während eine kleine Minderheit von 6 % (7 Wirtschaftsarten) derselben weniger als sechs Monate brauchen. Zwischen diesen beiden Extremen liegen die übrigen Wirtschaftsarten. Die meisten (36 %) geben eine Zahl zwischen 1 und 3 Jahren an (vgl. Tab. 1.16).

### 5.2.3 Imitationskosten

Empirische Untersuchungen (Mansfield, 1968 und Levin et al., 1987) haben gezeigt, dass es in bestimmten Industrien einen trade-off zwischen Imitationszeit und Imitationskosten gibt. Deshalb wurde auch hier die Frage nach den Imitationskosten gestellt. Diese sind für den Innovator selbst und für den Imitationsprozess in der gesamten Industrie von zentraler Bedeutung. Imitationskosten umfassen alle Kosten der Entwicklung und der Einführung des zu imitierenden Produktes, inklusive Kosten für F&E (falls nötig), für Produktspezifikation, für Prototypherstellung, für die eigentliche Produktion, für Marketing usw. Falls das zu imitierende Produkt bereits patentiert ist, beinhalten die Imitationskosten auch jene Kosten, die aus den zusätzlichen Anstrengungen resultieren, das Patent zu umgehen, d.h. um das patentierte Produkt "herum erfinden" zu können.

Die Ergebnisse für die Schweiz zeigen, dass es im Durchschnitt (über alle Wirtschaftsarten) für ein leistungsfähiges Unternehmen rein kostenmässig günstiger ist, eine von der Konkurrenz entwickelte Innovation zu imitieren, statt diese selber zu entwickeln. Imitationskosten sind bei bedeutenden und patentierten Innovationen ungefähr 20 % niedriger als die Kosten der Eigenentwicklung, bei bedeutenden und nicht-patentierten Innovationen 50 % günstiger, bei laufenden und patentierten 30 % günstiger und bei laufenden und nicht-patentierten Innovationen sogar 60 % günstiger. Aus der Sicht der Diffusion neuer Technologien sind diese Ergebnisse positiv zu beurteilen: Schweizerische Unternehmen sind in der Lage, kostengünstig neue - auch von der internationalen Konkurrenz - entwickelte Ideen zu absorbieren und in Produkte und Verfahren rechtzeitig umzusetzen. Dieser Prozess wird durch die Patente kostspieliger: Die Imitationskosten sind bei allen untersuchten Innovationskategorien höher für die patentierten als für die nicht-patentierten Innovationen. (Auch dieser Punkt wird unten weiter vertieft).

Es ist zu beachten, dass auch hier grosse interindustrielle Unterschiede bezüglich dieser Fähigkeit vorhanden sind (vgl. Tab. 1.17). In 17 % der untersuchten Wirtschaftsarten sind Firmen nicht fähig, eine von der Konkurrenz entwickelte bedeutende Produktinnovation erfolgreich und genügend rasch zu imitieren, um mit ihr einen markanten Einfluss auf den Markt ausüben zu können. 23 % können diese Innovationen nicht billiger imitieren als der ursprüngliche Innovator, während 3 % es dagegen bis zu einem Viertel der Kosten des

ursprünglichen Innovators tun können. Diese Streuung gilt auch im Hinblick auf die anderen Innovationskategorien.

**Tabelle 1.17: Kosten einer erfolgreichen Imitation von Innovationen**  
(Häufigkeitsverteilung der Medianantworten von 127 Wirtschaftsarten)

<b>Kosten der Imitation als % der Kosten des ursprünglichen Innovators</b>						
	<25%	25-50%	51-75%	76-100%	>100%	rechtzeitige Imitation unmöglich
<b>Neue Verfahren</b>						
1. Innovation ist bedeutend und patentiert	8	14	14	35	22	18
2. Innovation ist bedeutend und nicht patentiert	18	19	33	36	8	1
3. Innovation ist laufend und patentiert	11	11	26	37	15	11
4. Innovation ist laufend und nicht patentiert	22	31	32	26	2	3
<b>Neue Produkte</b>						
1. Innovation ist bedeutend und patentiert	3	15	18	34	27	20
2. Innovation ist bedeutend und nicht patentiert	16	26	35	34	8	1
3. Innovation ist laufend und patentiert	7	15	33	32	18	11
4. Innovation ist laufend und nicht patentiert	23	31	44	16	4	3

### 5.3 Der Einfluss von Patenten auf den Imitationsprozess

Es wurde bereits oben darauf hingewiesen, dass Patente im Durchschnitt sowohl die Kosten als auch die Zeit erhöhen, die nötig wären, um Innovationen zu imitieren. Sie tragen damit zu einer Verlangsamung des Imitations- bzw. Diffusionsprozesses bei. Nun geht es darum, diese Aussagen zu präzisieren. Dazu werden die zwei folgenden Fragen gestellt:

- Besteht generell ein Zusammenhang zwischen Imitationskosten und -zeit einerseits und der Wirksamkeit von Patenten als Imitationsschutz andererseits? Falls ja,
- Wie gross sind die prozentualen Erhöhungen der Imitationskosten und der Imitationszeit, die sich wegen der Patente ergeben?

Die Beantwortung der ersten Frage erfolgt in zwei Schritten: zuerst werden Korrelationskoeffizienten zwischen den absoluten Werten von Imitationskosten bzw. Imitationszeit (Fragen II.C.1-4 und Fragen II.D.1-4 bzw. Fragen II.E.1-4 und II.F.1-4, in Fragebogen S. 10-13; sie entsprechen den Variablen T2C1 bis T2F4 in Tab. 1.19) und der Frage der Existenz von Patenten als Mittel zum Schutz gegen die Imitation von neuen Prozessen bzw. neuen Produkten berechnet (Fragen I.A.1 bzw. I.B.1, in Fragebogen S. 2-3; sie entsprechen den Variablen T1A1 und T1B1 in Tab. 1.19). In einem zweiten Schritt werden Korrelationskoeffizienten zwischen der Veränderung in den Imitationskosten bzw. in der Imitationszeit, die sich für die zwei Innovationskategorien "bedeutende Innovationen" und "laufende Innovationen" wegen der Patentierung ergibt und der Frage der Existenz von Patenten als Mittel zum

---

Schutz gegen die Imitation von neuen Prozessen bzw. neuen Produkten berechnet (Korrelation zwischen "(T2C1-T2C2)", "(T2C3-T2C4)" und "T1A1" einerseits und zwischen "(T2D1-T2D2)", "(T2D3-T2D4)" und "T1B1" andererseits).

Die Ergebnisse sind in Tab. 1.18 zusammengefasst und können wie folgt interpretiert werden:

- Generell besteht eine positive, wenn auch schwache Korrelation zwischen der Existenz von Patenten und Imitationskosten. Mit anderen Worten: Je wirksamer Patente beim Schutz von Innovationen gegen die Imitation durch die Konkurrenz sind, umso höher sind die allfälligen Imitationskosten. Diese Korrelation ist zwar stärker für Produktinnovationen als für Prozessinnovationen, sie ist jedoch bei allen vier Innovationsarten statistisch nicht signifikant.
- Das gleiche Ergebnis gilt auch für die Korrelation zwischen Imitationszeit und der Existenz von Patenten. Sie ist einzig für bedeutende Produktinnovationen statistisch signifikant (Signifikanzniveau: 0,01 %).
- Auch die Ergebnisse des zweiten Rechenschrittes zielen in die gleiche Richtung: je wirksamer der Patentschutz gegen Imitation ist, umso höher steigen die zusätzlichen Kosten und Zeit im Falle einer Imitation. Diese Korrelation ist jedoch generell schwach und nur bei laufenden Innovationen statistisch signifikant.

Wie aus Tabelle 1.18 ersichtlich ist, gibt es einige Anomalien, auch wenn ihre Anzahl begrenzt ist. Sie kommen durch die negativen Werte der Korrelationskoeffizienten zum Ausdruck und können höchstens durch das Vorhandensein von "noise" in den Daten und nicht sachlogisch erklärt werden.

Für die Beantwortung der zweiten Frage wurden die durchschnittlichen Wachstumsraten der Variablen IMIT1 bis IMIT4 und TIME1 bis TIME4 (vgl. Tab. 1.19) berechnet. Diese Berechnungen haben ergeben, dass die Imitationskosten wegen der Existenz von Patenten um durchschnittlich 25 % für Prozessinnovationen bzw. 33 % für Produktinnovationen steigen. Auch bezüglich der Imitationszeit ergibt sich wegen der Patente, vor allem bei bedeutenden Prozessinnovationen, eine Zunahme von 20 %.

**Tabelle 1.18: Korrelation zwischen Wirksamkeit von Patenten zum Schutz gegen Imitation, Imitationskosten und Imitationszeit**

(Die erste Zahl betrifft individuelle Daten der Befragten (n = 358), die zweite Zahl betrifft (auf die Ebene der Wirtschaftsarten) gruppierte Daten (n = 127))

	Verfahren	Produkte
<b>Kosten der Imitation</b>		
Innovation ist ein bedeutender Durchbruch und patentiert	0,08/-0,04	0,13/0,08
Innovation ist ein bedeutender Durchbruch und nicht patentiert	0,03/-0,06	0,07/0,03
Innovation ist laufend und patentiert	0,03/-0,08	0,11/0,11
Innovation ist laufend und nicht patentiert	0,02/-0,03	- 0,04/-0,04
<b>Benötigte Zeit für Imitation</b>		
Innovation ist ein bedeutender Durchbruch und patentiert	0,08/0,11	0,19*/0,27*
Innovation ist ein bedeutender Durchbruch und nicht patentiert	- 0,02/0,17	0,11/0,25*
Innovation ist laufend und patentiert	0,03/0,02	0,14/0,19
Innovation ist laufend und nicht patentiert	0,04/0,09	0,07/0,15
<b>Unterschied in den Kosten der Imitation</b>		
Patentiertere versus nicht-patentiertere bedeutende Innovationen	0,04/-0,02	0,09/0,07
Patentiertere versus nicht-patentiertere laufende Innovationen	0,03/-0,05	0,17*/0,19
<b>Unterschied in der benötigten Zeit für Imitation</b>		
Patentiertere versus nicht-patentiertere bedeutende Innovationen	0,13/-0,02	0,14/-0,08
Patentiertere versus nicht-patentiertere laufende Innovationen	0,02/0,09	0,09/0,09

\* signifikant auf dem 0,01- Niveau

**Tabelle 1.19: Variablenliste I**

Notation	Kurzbeschreibung
T1A1	Wirksamkeit von Patenten als Mittel zum Schutz gegen die Imitation von Prozessinnovationen
T1B1	Wirksamkeit von Patenten als Mittel zum Schutz gegen die Imitation von Produktinnovationen
T2C1	Imitationskosten von bedeutenden und patentierten Prozessinnovationen
T2C2	Imitationskosten von bedeutenden und nicht-patentierten Prozessinnovationen
T2C3	Imitationskosten von laufenden und patentierten Prozessinnovationen
T2C4	Imitationskosten von laufenden und nicht-patentierten Prozessinnovationen
T2D1	Imitationskosten von bedeutenden und patentierten Produktinnovationen
T2D2	Imitationskosten von bedeutenden und nicht-patentierten Produktinnovationen
T2D3	Imitationskosten von laufenden und patentierten Produktinnovationen
T2D4	Imitationskosten von laufenden und nicht-patentierten Produktinnovationen
T2E1	Imitationszeit von bedeutenden und patentierten Prozessinnovationen
T2E2	Imitationszeit von bedeutenden und nicht-patentierten Prozessinnovationen
T2E3	Imitationszeit von laufenden und patentierten Prozessinnovationen
T2E4	Imitationszeit von laufenden und nicht-patentierten Prozessinnovationen
T2F1	Imitationszeit von bedeutenden und patentierten Produktinnovationen
T2F2	Imitationszeit von bedeutenden und nicht-patentierten Produktinnovationen
T2F3	Imitationszeit von laufenden und patentierten Produktinnovationen
T2F4	Imitationszeit von laufenden und nicht-patentierten Produktinnovationen
IMIT1	$(T2C1 - T2C2)/T2C2 \cdot 100$
IMIT2	$(T2C3 - T2C4)/T2C4 \cdot 100$
IMIT3	$(T2D1 - T2D2)/T2D2 \cdot 100$
IMIT4	$(T2D3 - T2D2)/T2D2 \cdot 100$
TIME1	$(T2E1 - T2E2)/T2E2 \cdot 100$
TIME2	$(T2E3 - T2E4)/T2E4 \cdot 100$
TIME3	$(T2F1 - T2F2)/T2F2 \cdot 100$
TIME4	$(T2F3 - T2F4)/T2F4 \cdot 100$

## 6 Zusammenfassung

Das Ziel dieses ersten Teils bestand darin, erstens eine kurze Zusammenfassung der theoretischen Diskussion über Konzept und Messung des technischen Fortschritts zu geben und zweitens, diese Diskussion, soweit wie möglich, mit empirischen Ergebnissen aus der Schweiz zu illustrieren. Die dabei erzielten Ergebnisse können wie folgt kurz zusammengefasst werden:

1. Technischer Fortschritt ist ein allgemeiner Begriff und hat für viele Autoren unterschiedliche Bedeutung. Hier bezeichnet er Produkt- oder Prozessinnovationen oder beide zusammen und ist damit auf technische Innovationen begrenzt. Produkt- und Prozessinnovationen bedingen sich gegenseitig und sind beide gleichwertig für die Innovationsdynamik. Andererseits hat sich aber empirisch gezeigt, dass Produktinnovationen schneller eingeführt werden als Prozessinnovationen. Um Begriffsverwirrungen zu vermeiden, wird in der vorliegenden Arbeit zwischen "technischem Fortschritt" und "technologischem Fortschritt" unterschieden. Letzterer beinhaltet generell den Fortschritt des technischen Wissens (Technologie). Somit steht technischer Fortschritt für den wirtschaftlich relevanten Teil des technologischen Fortschritts.
2. Technischer Fortschritt setzt sich sowohl aus bedeutenden als auch aus laufenden (kleinen) Innovationen zusammen und ist somit eine heterogene Aktivität. Zudem ist er kontinuierlich, d.h. er vollzieht sich generell nicht in isolierten Schüben, sondern in Form von laufenden, komplementären und sich gegenseitig bedingenden Schritten. Diese Eigenschaft des technischen Fortschritts nimmt an Bedeutung zu.
3. Unsicherheit und unvollkommene Information sind herausragende Charakteristika des Innovationsprozesses, die das Spektrum rationaler Entscheidungen in diesem Bereich stark reduzieren. Dies rührt daher, dass der Prozess des technischen Fortschritts generell keineswegs eine automatische Abfolge von bestimmten Phasen mit sicheren Ergebnissen, sondern ein mit vielen Unbekannten versehener stochastischer Suchprozess ist. Dabei gibt es nicht nur einen Mangel an relevanten Informationen über das Zustandekommen bereits bekannter Phänomene, sondern es gibt auch technisch-ökonomische Probleme, deren Lösungen bisher noch unbekannt sind. Hinzu kommt, dass die beteiligten Akteure nicht immer fähig sind, die Folgen ihrer Handlungen genau abzuschätzen.
4. F&E-Aktivitäten zeichnen sich durch zunehmende Komplexität aus, mit der Konsequenz, dass diese mehr und mehr formal organisiert und koordiniert werden müssen und immer weniger von einzelnen, in isolierten Wissenschaftsdisziplinen tätigen Forschern durchgeführt werden können. Technischer Fortschritt wird oft erzielt, wenn verschiedene Forschungsarten (Grundlagen-, angewandte und industrielle Forschung) und verschiedene Wissenschaftsdisziplinen erfolgreich kombiniert werden können (wie z.B. in der Optoelektronik).
5. Die zunehmende Abhängigkeit des technischen Fortschritts von der Wissenschaft bedingt eine zunehmende Bedeutung des Zugangs zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen (Bedeutung von Wissenschafts- und Technologietransferstellen).

6. Die Bedeutung des Experimentierens in Form von "Learning by doing" und "Learning by using" für den technischen Fortschritt nimmt zu.
7. Technischer Fortschritt hängt zunehmend von einer intensiveren Kommunikation und Interaktion zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Finanzsektor einerseits und zwischen diesen und der Gesellschaft andererseits ab (Frage der Akzeptanz neuer Technologien durch die Bevölkerung).

Will man den technischen Fortschritt messen, so gibt es in der Literatur die vier folgenden Grundkonzepte: 1. Input-Konzepte, 2. Output-Konzepte, 3. Input-Output-Konzepte und 4. Prozessablauf-Konzepte. Diese Konzepte werden generell benutzt, um Indikatoren für den Stand der Technik (statisch) bzw. für die Fortschrittsrate (dynamisch) zu bestimmen, und können darüber hinaus sowohl auf der aggregierten Ebene der gesamten Volkswirtschaft als auch auf der Ebene von Wirtschaftsbranchen berechnet werden. Die in der vorliegenden Arbeit erzielten Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

8. Mittels Input-Konzepten lässt sich technischer Fortschritt nur begrenzt und unter Hinnahme zahlreicher konzeptueller und statistischer Mängel messen. Die darauf basierenden empirischen Ergebnisse müssen deshalb mit grosser Vorsicht zur Kenntnis genommen werden. Gemessen an den eingesetzten Inputs ("F&E-Ausgaben" und "F&E-Personal") und an den daraus resultierenden "Zwischenprodukten" ("wissenschaftlichen Publikationen" und "Patenten") rangiert die Schweiz generell unter den innovativsten Ländern der Welt. Diese Aussage trifft allerdings nicht für alle Wirtschaftszweige gleichermassen zu.
9. Output-Konzepte sind theoretisch das beste Instrument zur Messung des technischen Fortschritts, da sie direkt den Output von Produkt- bzw. Prozessinnovationen zu erfassen versuchen. Grosse Schwierigkeiten bereitet allerdings deren konkrete Umsetzung in die Praxis. Diese sind konzeptueller Natur (wie z.B. das Problem der Messung und der ex-ante ökonomischen Bewertung technologischer Entwicklungen), finanzieller Natur (hohe Kosten zur Erstellung von Datenbanken über Produkt- und Prozessinnovationen) und schliesslich juristischer Natur (z.B. das Problem der Geheimhaltung bestimmter Prozessinnovationen, und zwar nicht nur in militärischen oder sonstigen strategisch wichtigen, sondern auch in "normalen" industriellen Bereichen). Hinzu kommt das Problem der internationalen Kompatibilität und Vergleichbarkeit dieser Konzepte. In der Schweiz hat die empirische Outputforschung mit den Untersuchungen von Harabi (1991) und der KOF (1992) erst angefangen und es bedarf weiterer empirischer Studien, um besser abgestützte und robustere Ergebnisse zu erzielen. Die vorläufigen Resultate weisen generell auf eine hohe Innovationskraft der Schweizer Industrie auch im internationalen Vergleich hin. Diese Aussage trifft allerdings nicht für alle Märkte (Wirtschaftszweige) gleichermassen zu. Elektronik und chemische Industrie sind beispielsweise innovativer als die Bekleidungs- oder Papierindustrie.
10. Im Rahmen des neoklassischen Konzepts der Produktionsfunktion (Input-Output-Konzept) wird technischer Fortschritt als Veränderung der Totalfaktorproduktivität (d.h. als Veränderung des Gesamtoutputs bei Konstanthaltung aller Inputs) verstanden. Konkret wird seine Wachstumsrate als exogene Residualgrösse, d.h. als Differenz

zwischen der Wachstumsrate des Gesamtoutputs und derjenigen der Beiträge der übrigen Produktionsfaktoren angesehen. Alles was zur Veränderung des Gesamtoutputs beiträgt und nicht durch die Veränderung dieser Produktionsfaktoren aufgefangen wird, wird dem technischen Fortschritt zugerechnet. Dabei ergibt sich u.a. die Schwierigkeit, den wirklichen Beitrag dieser Komponente von dem anderer Effekte (z.B. Skalenerträge, Qualitätsverbesserung der eingesetzten Inputs usw.) zu trennen. Die empirische Schätzung wird sehr oft unter realitätsfremden Annahmen durchgeführt, die zu verzerrten Ergebnissen (Über- oder Unterschätzung der Parameter) führen. Es bleiben somit viele analytische, empirische und datenmässige Probleme zu lösen, bis wir mit diesem Konzept das komplexe Phänomen des technischen Fortschritts messen können. In der Schweiz trägt der technische Fortschritt zum Wirtschaftswachstum quantitativ - je nach Berechnungsart - zwischen 40 % und 60 % bei. Ausserdem hat er sich - mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von ca. 1,4 % - ähnlich entwickelt wie in den anderen wichtigen Industrieländern (BRD, Japan, Frankreich). Diese Durchschnittsgrösse darf jedoch über zwei wichtige Phänomene nicht hinwegtäuschen: Zum einen hat die jährliche Wachstumsrate des technischen Fortschritts in den letzten Jahren insgesamt nachgelassen, was z.T. den Rückgang der Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität erklärt: Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität ist von 2,9 % in den 60er Jahren auf 1,0 % in der Periode 1979-89 zurückgefallen (vgl. Scherer 1992b). Zum anderen variiert die Wachstumsrate des technischen Fortschritts von Industriezweig zu Industriezweig, was wiederum zu einer unterschiedlichen Entwicklung der Arbeitsproduktivität in diesen Wirtschaftszweigen geführt hat (vgl. Graf/Mettler 1991).

11. Prozessablauf-Konzepte werden weitgehend durch das von Nelson/Winter (1982) ursprünglich entwickelte Konzept "technological trajectories" oder durch ähnliche Konzepte anderer Autoren operationalisiert. Diese beschreiben und analysieren jene technologischen Aktivitäten, die zu einem gegebenen Zeitpunkt und unter den jeweils vorgegebenen techno-ökonomischen Bedingungen (dem techno-ökonomischen Paradigma) den konkreten Inhalt des technischen Fortschritts ausmachen. Empirische Untersuchungen (inkl. die vorliegende über die Schweiz) zeigen, dass es neben den für die gesamte Industrie geltenden technologischen Trajektorien (z.B. technologische Aktivitäten zur Automatisierung von Handarbeit) auch solche gibt, die nur für die eine oder die andere Branche von Bedeutung sind (z.B. Hinzielen auf ein standardisiertes oder dominantes Produktdesign in der schweizerischen Uhrenindustrie). Auch hier gibt es wichtige interindustrielle Unterschiede: Was als "black box" bezeichnet wird, ist im hellen Licht des technologischen Alltags von einem Wirtschaftszweig zum anderen sehr verschieden.
- 12 Die Diffusion des technischen Fortschritts beinhaltet begrifflich sowohl die Verbreitung ("dissemination") als auch die Imitation von Innovationen. Empirische Untersuchungen zum ersten Aspekt der Diffusion zeigen, dass es eine helvetische Mischung von Vorsicht (bei bedeutenden Innovationen) und Innovationsfreudigkeit (bei laufenden Verbesserungen/ Innovationen) gibt. Trotz ihrer theoretischen und praktischen Bedeutung für den allgemeinen Innovationsprozess insbesondere von kleinen, diffusionsorientierten Ländern wie der Schweiz wurde Imitation in der empirischen Literatur bisher nur wenig untersucht. Die meisten wirtschaftswissenschaftlich fundierten Technologie-Studien befassen sich eher mit der Innovations- oder mit Teilaspekten der Diffusionsphase. Die hier erstmals vorliegenden empirischen Ergebnisse für die Schweiz bezüglich Anzahl imitationsfähiger Unternehmen, Imitationszeit und Imitationskosten zeigen, dass die

Bedingungen für Imitation von Innovationsart zu Innovationsart unterschiedlich sind: Sie sind insgesamt für laufende Innovationen günstiger als für bedeutende Innovationen. Zudem ist die Fähigkeit, relativ schnell und kostengünstig Innovationen zu imitieren, nicht gleichmässig auf alle Wirtschaftszweige verteilt. Auch hier gibt es beträchtliche interindustrielle Unterschiede, die auch die Unterschiede im F&E-Bereich und in den sonstigen technologischen Fähigkeiten der untersuchten Wirtschaftszweige reflektieren. Ausserdem scheinen Patente in der Praxis mit wenigen Ausnahmen (z.B. in der chemischen, einschl. pharmazeutischen Industrie) lediglich eine schwache Schutzfunktion für Innovationen zu garantieren. Diese manifestiert sich darin, dass bei den patentierten Innovationen die Anzahl imitationsfähiger Firmen kleiner, die Imitationszeit und die Imitationskosten grösser sind als bei den nicht-patentierten. Damit wird der Imitationsprozess zwar verzögert und verteuert, aber keineswegs verhindert. (Diese Ergebnisse sind konsistent mit denjenigen von T. 2 Pkt. 3.2.2.)

---

## **Teil 2: Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene: Theoretischer Ansatz**

### **1 Einführung**

Eine ökonomische Analyse der Determinanten des technischen Fortschritts kann auf verschiedenen Ebenen erfolgen: Auf der Ebene des Einzelunternehmens, des Einzelmarktes für eine bestimmte Innovation oder des aggregierten Marktes für alle Innovationen (die Volkswirtschaft). Obwohl diese Ebenen interdependent sind und sich damit keineswegs gegenseitig ausschließen, ist eine bewusste Wahl der Untersuchungsebene notwendig, wenn nicht unumgänglich. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem technischen Fortschritt, wie er von einzelnen Märkten in Form von Produkt- bzw. Prozessinnovationen produziert wird. Die Analyse erfolgt also auf der mikroökonomischen Ebene des Einzelmarktes und nicht der Einzelunternehmung.

Diesem Vorgehen liegt die theoretische Prämisse zugrunde, dass technischer Fortschritt in einer Marktwirtschaft durch das Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage - also durch die Interaktion aller Marktteilnehmer - bestimmt wird. Nach dieser Auffassung sorgt der Marktmechanismus nicht nur für die Bestimmung von Gleichgewichtspreisen und -mengen auf den Güter- und Faktormärkten, sondern auch für die Bestimmung der Rate und der Richtung des technischen Fortschritts. Dazu schreibt Scherer folgendes: "From pioneering contributions by Jacob Schmookler (1966) and Richard Nelson (1959b), economists have recognized that demand and supply conditions determine not only prices, but also the pace of technological change" (Scherer 1992b:1427).

Hinzu kommt, dass neuere Untersuchungen u.a. folgendes gezeigt haben: Zum einen weist Arthur (1988) darauf hin, dass der Wettbewerb in bestimmten High-Tech-Industrien (z.B. in der Computerindustrie) sich nicht nur zwischen einzelnen Firmen (z.B. IBM vs. NEC), die ein bestimmtes Produkt herstellen (z.B. Personal-Computer), sondern auch zwischen bestimmten Produkten bzw. technologischen Systemen (z.B. IBM-kompatible vs. Apple-Maschinen oder DOS-Betriebssystem vs. UNIX-Betriebssystem), also auch zwischen Märkten abspielt.<sup>39</sup> Zum anderen verweist Kortum auf den folgenden Tatbestand: "Given that some firms specialize in

research and licence or sell productivity increasing technologies to other firms, there are benefits to looking at the R&D-productivity relation at the industry level rather than the firm level. The non-rival nature of technological advances suggests an investigation of the R&D-productivity relation at the industry level" (Kortum 1992:7). Auch Cohen (1995:207) greift diesen Gedanken auf, indem er schreibt: „ ... related to the observation that firms differ in their innovative activities and capabilities is the notion that no one firm may pursue all the activities necessary to generate and commercialize a given innovation. This observation should push economists to embrace the argument that Jewkes, Sawers and Stillerman (1958, 2nd edn 1969) made in the context of their 61 innovation case histories: that technical advance within an industry is commonly realized through the interactions of firms that are distinguished by size, expertise, and other attributes. For example, large firms often buy out small ones to bring an innovation to market, or enter into contracts with small firms or independent inventors to acquire critical skills or knowledge (Cohen 1995:207). In den Worten von Jewkes und seinen Kollegen bedeutet dieser Grundgedanke folgendes: „ It may well be that there is no optimum size of firm but merely an optimal pattern for any industry, such a distribution of firms by size, character and outlook as to guarantee the most effective gathering together and commercially perfecting of the flow of new ideas “ Sawers and Stillerman (1969: 168). Diese Einsichten haben verschiedene Innovationsforscher dazu gebracht, zwecks besserem Verständnis innovativer Tätigkeiten diese auf der Ebene des Einzelmarkts zu beobachten und zu analysieren.

Dabei soll allerdings auf den Begriff "Markt" kurz eingegangen werden, da er in den letzten Jahrzehnten, zumindest in der Industrieökonomik, eine gewisse "Anreicherung" erfahren hat. Seit der Publikation zahlreicher Untersuchungen von u.a. Chandler (1966, 1977, 1990), Porter (1990), Freeman (1987), Nelson (1982, 1987) und anderen Autoren wird der Begriff "Markt" wesentlich breiter definiert als in der traditionellen (neo-klassischen) Mikroökonomie. Diese theoretischen Entwicklungen fasst Nelson wie folgt zusammen: "The field of 'Industrial Organization' in economics did have the national industry as its unit of observation. However, the industry was defined almost exclusively in terms of the firms that made up and, where relevant, its government regulators. As a result of several recent works ... it is now possible to begin to see industries in a more complex way, as a system involving a mix of institutions,

---

<sup>39</sup> Zum Thema „competing technologies“ s. u.a. die zahlreichen Arbeiten von W.A. Arthur von der Stanford University; eine Übersicht ist in W.A. Arthur (1988) zu finden.

some private, and some public" (Nelson 1991:19). Innovationsforscher sollen nach den Ansichten von Nelson und Freeman: „explore the complementarities and relationships across firms and between firms and other institutions (e.g. universities, technical societies, government) that facilitate innovation. We need to consider the circumstances under which a division of labour between the institutions generating new knowledge and the firms engaged in its generations and commercialization occurs and is efficient.“ (Cohen 1995:207).

Der Begriff "Markt" umfasst also nicht nur die Interaktion der unmittelbar betroffenen Anbieter und Nachfrager eines bestimmten Gutes oder einer Dienstleistung, sondern auch die diesbezüglich relevanten Transaktionen anderer marktlicher und aussermarktlicher Organisationen (z.B. Universitäten, wissenschaftliche Vereinigungen und Staat). Die Aktionen und Reaktionen dieser Einheiten sowie die regulierende Kraft formeller und informeller Regeln (z.B. Fragen des Eigentumsrechts), unter denen sie operieren, spielen bei der Bestimmung des Marktgeschehens und des Marktergebnisses eine wichtige Rolle. Unternehmungen stellen nur einen, wenn auch sehr wichtigen Teil dieses Systems dar.

Aufgrund dieser Erkenntnis wird der Schluss gezogen, die ganze Vielfalt von Organisationen und Institutionen, die in modernen Volkswirtschaften empirisch zu beobachten ist, sollte auch in die theoretische und empirische Analyse von Märkten integriert werden. Technischer Fortschritt wird deshalb auch in der vorliegenden Arbeit auf der Ebene dieses erweiterten Markt-Konzeptes analysiert.

Die Konzentration der vorliegenden Untersuchung auf die ökonomischen Bestimmungsfaktoren interindustrieller Unterschiede im technischen Fortschritt lässt notwendigerweise andere Aspekte des allgemeinen Innovationsprozesses ausser Acht. Zum einen werden die makroökonomischen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts (die Ressourcenausstattung, v.a. die Quantität und Qualität der Produktionsfaktoren, die allgemeine Wirtschaftspolitik, insbesondere die Geld-, Währungs- und Steuerpolitik, das Preissystem auf Güter- und Faktormärkten, die allgemeine Bildungs- und Ausbildungspolitik, usw.) nicht berücksichtigt, da sie für alle Wirtschaftszweige in einer Volkswirtschaft vorgegeben sind und deshalb zur Erklärung der unter ihnen bestehenden Innovationsunterschiede keinen Beitrag leisten.

Ebenso wenig beachtet werden jene Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts, die unternehmensspezifisch sind. Dies sind beispielsweise die Betriebsgrösse, der Cashflow, der Diversifikationsgrad (product mix), die interne Organisation, die Natur der vertraglichen Verhältnisse von Unternehmen mit anderen Wirtschaftseinheiten (s. Williamson 1985 zu den zwei letzten Faktoren) und die technologischen Kernfähigkeiten von Einzelunternehmen<sup>40</sup>. (S. Nelson/Winter 1982)

Schliesslich werden politische, kulturelle und soziale Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts nicht berücksichtigt (s. dazu die Übersicht der National Science Foundation (USA) 1983). Nach dieser negativen Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes soll nun positiv definiert werden, welche Einflussfaktoren des technischen Fortschritts hier analysiert werden.

Im Zentrum des vorliegenden zweiten Teils steht die folgende Hauptfrage: Welches sind theoretisch die zentralen Determinanten interindustrieller Unterschiede im technischen Fortschritt, wie sie beispielsweise im Falle der Schweiz im ersten Teil dieser Arbeit dargestellt wurden? Oder, in einfachen Worten: Was erklärt im Wesentlichen, dass ein bestimmter Markt (bzw. ein bestimmter Wirtschaftszweig) mehr technische Innovationen hervorbringt als ein anderer?

---

Aus der Sicht der Industrieökonomik ist technischer Fortschritt keine "black box" mehr, sondern ein ökonomisches Phänomen, das auf der mikroökonomischen Ebene des Einzelmarktes anhand der drei folgenden Faktoren erklärt werden kann:

- 1) die technologischen Chancen: Chancen des Zugangs zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen ("technological opportunities"),
- 2) die Fähigkeit von Innovatoren, sich die Erträge aus ihren technischen Innovationen anzueignen ("appropriability conditions") und
- 3) die Marktnachfrage ("market demand").

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 evolutorischen Modellen<sup>41</sup> als auch, wenn auch nicht immer explizit, in den neoklassischen Modellen der letzten Jahrzehnte<sup>42</sup> verwendet. In beiden Schulen hängt technischer Fortschritt (TF) auf der Branchenebene erstens vom Volumen der F&E-Ausgaben (VFE) und zweitens von der Produktivität der F&E-Ausgaben (PFE) ab. Das Volumen der F&E-Ausgaben wird seinerseits von der Grösse des Marktes (MARKT), von den technologischen Chancen (CHANCEN) und von der Fähigkeit der Innovatoren, sich die Erträge aus ihren technischen Innovationen anzueignen (ANEIGNUNG), bestimmt. Die Produktivität der F&E-Ausgaben hängt ebenfalls von den zuletzt genannten zwei Faktoren ab. Diese theoretischen Zusammenhänge lassen sich in den folgenden Gleichungen kurz zusammenfassen:

$$TF = f(VFE, PFE)$$

$$VFE = g(MARKT, CHANCEN, ANEIGNUNG)$$

$$PFE = h(CHANCEN, ANEIGNUNG)$$

daraus folgt

$$TF = f(MARKT, CHANCEN, ANEIGNUNG)$$

Die Allokation von Ressourcen für innovative Aktivitäten impliziert mithin, dass es erstens Erfolgchancen gibt, etwas Neues anzubieten, und zweitens, dass das Angebotene nicht nur nachgefragt, sondern auch - drittens - ökonomisch appropriiert werden kann. Letzteres bedeu-

<sup>41</sup> Z.B. Nelson/Winter (1982) und Nelson (1987).

<sup>42</sup> Siehe z.B. Nelson (1959), Arrow (1962b), Dasgupta/Stiglitz (1980), Flaherty (1980), Lee/Wilde (1980), Levin (1978), Loury (1979), Reinganum (1982) - für eine Übersicht der theoretischen Literatur s. Baldwin/Scott (1987) sowie Reinganum (1989).

tet, dass die aus einer Innovation resultierenden Erträge auch tatsächlich dem ursprünglichen Erfinder bzw. Innovator voll oder mindestens teilweise zugute kommen können. Dosi (1988) erläutert diese Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts wie folgt: "In the most general terms, private profit-seeking agents will plausibly allocate resources to the exploration and development of new products and new techniques of production if they know, or believe in, the existence of some sort of yet unexploited scientific and technological opportunities; if they expect that there will be a market for their new products and processes, and, finally, if they expect some economic benefit, net of the incurred costs, deriving from the innovations" (Dosi 1988:1120). Technischer Fortschritt bedingt also, dass sowohl die entsprechenden technologischen Chancen als auch die entsprechenden ökonomischen Anreize (von der Angebots- und der Nachfrageseite her) vorhanden sind. Zu den hier kurz skizzierten Determinanten des technischen Fortschritts liegen von Dosi (1988) und Cohen/Levin (1989) und Cohen (1995) drei ausführliche Übersichten aus ökonomischer Sicht vor.

Im Folgenden werden diese zentralen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts auf Branchenebene einzeln aufgeführt und erläutert (Punkt 2). Ökonomische Modelle, die sich mit ihren Interaktionen (d.h. wie sich diese drei Faktoren zueinander verhalten) befassen, werden später (Punkt 3) vorgestellt.

## **2 Darstellung der einzelnen Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene**

### **2.1 Technologische Chancen**

Das Angebot an technischen Innovationen auf einem bestimmten Markt hängt - bei gegebenen Inputpreisen - von den allfälligen Chancen der Innovatoren ab, Zugang zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen zu erhalten. Und diese Chancen sind, wie theoretische Analysen (s. z.B. Gort/Wall 1984) und empirische Untersuchungen (v.a. Scherer 1965 und Pakes/ Schankermann 1984; s. Übersichten von Cohen 1995, Cohen/Levin 1989 und Dosi 1988) zeigen, von einem Wirtschaftszweig zum anderen verschieden. Innovationen sind somit dank des "leichteren" Zugangs zu kommerziell verwertbarem technischem Wissen in bestimmten Wirtschaftszweigen "billiger" zu bewerkstelligen als in anderen. Damit bestimmen die unterschiedlichen technologischen Chancen eine unterschiedliche Kostenstruktur für die Entwicklung von Innovationen in den einzelnen Wirtschaftszweigen (s.

---

Rosenberg 1976:277-79). Dies erklärt, *ceteris paribus*, die unter diesen Wirtschaftseinheiten existierenden und auch empirisch beobachteten Unterschiede in den Raten des technischen Fortschritts (s. T. 1 dieser Arbeit für Daten aus der Schweiz).

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

Im Rahmen der neo-klassischen Theorie werden technologische 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 theoretisch verfeinert. 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 und Stiglitz (1980) haben sie hingegen als "the elasticity of unit cost with respect to R&D spending" verstanden (Cohen/Levin 1989:1083). Diese theoretischen Operationalisierungen wurden allerdings nur in den wenigsten Fällen (z.B. Pakes/ Schankermann 1984) - wegen Datenmangels und anderer konzeptueller Probleme - empirisch getestet.

Da der Versuch, das Konzept der technologischen Chancen im Rahmen des neo-klassischen Ansatzes der Produktionsfunktion zu operationalisieren, insgesamt nur einen beschränkten empirischen Nutzen brachte, versuchten andere Autoren, einfachere, aber empirisch "brauchbarere" Operationalisierungen zu entwickeln und zu testen. So hat Scherer (1965) 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 aufzufangen. Auf diese Weise konnte er den Einfluss dieser Klassifikation und damit des so (d.h. mittels einer „dummy-variable“) definierten Begriffs "technologische Chancen" auf die Innovationstätigkeit der untersuchten

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

Als vorläufiges Ergebnis dieser Bemühungen wurde die folgende Erkenntnis gewonnen: 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 eine Gleichung integriert und anschliessend geschätzt wird. Was sich hingegen als fruchtbar erwiesen hat, sind die Resultate zahlreicher empirischer und historischer Untersuchungen, die versucht haben, die Quellen technologischer Chancen an konkreten Fallbeispielen zu identifizieren. Diese Arbeiten haben gezeigt, dass es nicht nur eine einzige homogene, sondern je nach Wirtschaftszweig (und z.T. je nach Unternehmen) mehrere und heterogene Quellen technologischer Chancen gibt.<sup>43</sup> Auf diese Quellen technologischer Chancen wird im Folgenden kurz eingegangen.

Moderne, marktwirtschaftlich organisierte Volkswirtschaften haben ein dichtes Netzwerk profitorientierter und nichtprofitorientierter 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).

Obwohl es generell in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften 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 Positionen einnehmen. North schlägt eine breite Definition vor, indem er schreibt: "Institutions are the rules of the game of a society or more formally are the humanly-devised constraints that structure human interaction. They are composed of formal rules (statute law, common law, regulations),

---

<sup>43</sup> Siehe dazu v.a. die Arbeiten von Rosenberg (1976) und von Hippel (1976, 1977 und 1988); für eine Übersicht s. Dosi (1988) und Cohen/Levin (1989).

---

informal constraints (conventions, norms of behavior, and self imposed codes of conduct), and the enforcement characteristics of both" (North 1993:14). 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 (wie z.B. Unternehmen, Verbände, politische Parteien, Gewerkschaften, staatliche Organisationen usw.) dar.

Uphoff ist hingegen etwas "bescheidener" und vertritt einen eher behavioristischen Ansatz, indem er postuliert: "Institutions are complexes of norms of behavior that persist over time, by serving collectively valued purposes" (Uphoff 1986:9). Schliesslich sehen Dosi und seine Mitarbeiter den "Markt" als die Referenzgrösse und schlagen 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 behaviors which are not directly mediated through the market" (Dosi et al. 1988:19). In der vorliegenden Arbeit werde ich der Definition von North folgen und mich dabei auch seiner Unterscheidung zwischen "Institutionen" und "Organisationen" anschliessen.

Organisationen wie Institutionen spielen bei der Förderung des technischen Fortschritts generell eine bedeutsame Rolle, auch wenn im konkreten Fall die Art dieser Organisationen und Institutionen und deren jeweilige konkrete Bedeutung für den technischen Fortschritt zwischen verschiedenen Wirtschaftszweigen sehr unterschiedlich sind. Dieses Grundproblem schlägt sich auch in der analytischen Auseinandersetzung mit diesem Thema nieder: Es bestehen unter den einzelnen Autoren wichtige Differenzen zur Frage der Auswahl der jeweils für die Förderung des technischen Fortschritts relevanten Organisationen und Institutionen. Zur Illustration werden im Folgenden die Meinungen von vier in diesem Gebiet führenden Forschern kurz präsentiert.

Carlsson/Stankiewicz verstehen 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.

Ferner 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 des "technology sharing") zwischen japanischen Unternehmen, v.a. zwischen denjenigen, die zum Keiretsu-System (Familienunternehmen) gehören, und schliesslich (3) die Rolle sozialer und pädagogischer Innovationen.

Schliesslich unterscheiden Levin et al. (1983) zehn verschiedene Quellen technologischer Chancen: 1. Unternehmen innerhalb der gleichen Branche, 2. Materiallieferanten, 3. Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion, 4. Lieferanten von Ausrüstungsgütern für F&E, 5. Benutzer der Produkte, 6. Hochschulforschung, 7. andere staatliche Forschungsinstitutionen, 8. staatliche Betriebe und Ämter, 9. Berufs- und Fachverbände und schliesslich 10. unabhängige Erfinder.

In ihrem systematischen Überblick über die Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene fassen Cohen/Levin (1989) die im letzten Paragraphen aufgeführten Quellen technologischer Chancen - aus industrieökonomischer Sicht - in die drei folgenden Untergruppen zusammen:

1. Die Wissenschaft generell als Quelle technologischer Chancen,
2. Industrieexterne Quellen technologischer Chancen (extraindustry sources): Quellen 2 bis 10 von Levin et al. (s. oben) und
3. Industrieinterne Quellen technologischer Chancen (intraindustry sources): Unternehmen innerhalb der gleichen Branche (Quelle 1 oben).

### **2.1.1 Beitrag der Wissenschaft zum technischen Fortschritt**

Das ganze Konzept "technologische Chancen" wurde ursprünglich lediglich auf den Beitrag der Wissenschaft reduziert, wie es Scherer im Folgenden in Erinnerung ruft: "The mysterious concept of 'technological opportunity' was originally constructed to reflect the richness of the scientific knowledge base tapped by firms" (Scherer 1992b:1424). Die Bedeutung der Wissenschaft für den technischen Fortschritt wird in der Tat von zahlreichen Autoren, auch unter ökonomischen Gesichtspunkten, generell betont (s. Rosenberg 1982, Hounshell/Smith 1988 und Mowery/Rosenberg 1989). In einem neuen Übersichtsartikel zu diesem 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 16/2/91: 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 1991:1). Aufgrund seiner zahlreichen wirtschaftshistorischen Studien kommt North zu einem ähnlichen Schluss wie Paul David: "The second economic revolution which began in the second half of the nineteenth century was the systematic application of the modern scientific disciplines to technology and more broadly to the economic problems of scarcity" (North 1993:11).

Geht man der Frage nach, wie sich das Verhältnis der Wissenschaft zum technischen Fortschritt historisch entwickelt hat, stellt man fest, dass es sehr komplex und nicht nur von Land zu Land, sondern auch von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig verschieden war und noch heute ist. Dazu seien einige 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 Industriezweigen. 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 (Nelson/Rosenberg 1990). Ein anderes Beispiel, das auch aus der Physik stammt, ist der Transistor: "Er beruht auf der Quantenmechanik und auf den daraus hervorgegangenen Erkenntnissen über das Verhalten der Elektronen in einem Kristallgitter, also auf zwei Ergebnissen, die heute als tragende Bausteine der Physik betrachtet werden und die daher Grundlagenforschung par excellence darstellen" (Speiser 1993:2). Diese grundlegende wissenschaftliche und technologische Erfindung, die in diesem Zusammenhang als ein "Jahrhundertbeispiel" bezeichnet wird, hat in vielerlei Hinsicht wichtige Subsysteme unserer Gesellschaft - wie Technik, Industrie und Wirtschaft - von Grund auf verändert.
- In anderen Fällen, z.B. in der Chemie, hat sich dieses Verhältnis umgekehrt entwickelt: Anders als die Elektrizitätswirtschaft oder die Computerindustrie, die ja ihre Geburt der Wissenschaft zu verdanken haben, 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. Diese Entwicklung hat noch eine weitere induziert: Die wissenschaftlich fundiert gewordene Chemie ist später mit einem Teil des Maschinenbaus fusioniert worden, was zur Entstehung der chemischen Verfahrenstechnik (chemical engineering) geführt hat. Die industrielle Massenproduktion chemischer Produkte ist dadurch möglich geworden (Nelson/Rosenberg 1990).

Diese Beispiele illustrieren, dass Wissenschaft und Technologie in bestimmten Industriezweigen 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. Seither ist dieses Verhältnis immer enger geworden, was einerseits zum 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).

Andererseits hat sich auch die Wechselwirkung zwischen Hochschul- und Industrieforschung in die andere Richtung intensiviert: Wissenschaftliche Entdeckungen finden zunehmend auch in den F&E-Laboratorien des privaten Sektors statt. Dazu ein Beispiel aus der Schweiz: "Von den sechs Nobelpreisen, die seit 1975 in die Schweiz gegangen sind ... sind nicht weniger als drei, also die Hälfte, für Arbeiten verliehen worden, die in der Industrie ausgeführt worden

---

sind!" (Speiser 1993:2). Und dieses Beispiel ist kein Einzelfall geblieben: "Ein Rückblick auf die weltweite Wissenschaftsgeschichte zeigt klar, dass ganz wesentliche Bausteine, die heute das gewaltige Gebäude der Naturwissenschaften darstellen, in Laboratorien der Industrie entstanden sind" (Speiser 1993:2).

Dennoch wäre es falsch, aus diesen Beispielen den Schluss zu ziehen, die Verflechtung zwischen Wissenschaft und technischem Fortschritt sei für alle Wirtschaftszweige allgemeingültig: Es gibt zahlreiche Beispiele aus der Wissenschafts- und Technologiegeschichte, die dokumentieren, dass neue wissenschaftliche Erkenntnisse, ob sie in staatlichen oder in privaten Forschungslaboratorien entstanden sind, nicht immer zu technischen Innovationen geführt haben - und vice versa<sup>44</sup>.

### **2.1.2 Industrieexterne Quellen technologischer Chancen**

Zusätzlich zur Wissenschaft gibt es noch zahlreiche andere industrieexterne Quellen, die bei der Entstehung von Innovationen in bestimmten Wirtschaftszweigen sehr zentral sind. Innovatoren, die auch in stark wissenschaftsintensiven Bereichen tätig sind, sind bei der Suche nach Produkt- bzw. Prozessinnovationen auf spezifische Kenntnisse und Erkenntnisse angewiesen, die sie nicht in wissenschaftlichen Publikationen oder in Gesprächen mit Wissenschafts-Beratern erwerben können. Diese anderen Quellen können - wie bereits erwähnt - sowohl marktliche als auch aussermarktliche Organisationen sein. Zu den ersteren gehören die Materiallieferanten, die Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion, die Lieferanten von Ausrüstungsgütern für F&E und die Produktbenutzer. Die zweite Gruppe umfasst hingegen die Hochschulforschung, andere staatliche Forschungsinstitutionen, staatliche Betriebe und Ämter, Berufs- und Fachverbände und schliesslich unabhängige Erfinder. Zu allen diesen Quellen technologischer Chancen gibt es eine unüberblickbare Anzahl von Publikationen, auf die hier nicht eingegangen werden kann. Eine gute Übersicht

---

<sup>44</sup> Das Verhältnis zwischen Wissenschaft und technischem Fortschritt ist nicht nur von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig, sondern auch von Land zu Land verschieden. 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).

liefern Link (1987), Dosi (1988) sowie Cohen/Levin (1989). Daraus können folgende Punkte entnommen werden:

- Der grösste Teil der hier relevanten Literatur befasst sich mit dem Beitrag des Staates zum technischen Fortschritt. Dieser Beitrag nimmt verschiedene (direkte und indirekte) Formen an und variiert von einem Wirtschaftszweig zum anderen (s. dazu Rothwell/Zegveld 1981, Nelson 1982, 1984 und 1987, Levy/Terleckyj 1983, Levin/Reiss 1984, Lichtenberg 1987 und 1988, Fölster 1991, Leyden/Link 1992 usw.).
- Insbesondere der Beitrag der Hochschulforschung zum technischen Fortschritt war und ist immer noch Gegenstand zahlreicher theoretischer und empirischer Untersuchungen (s. z.B. Blumenthal et al. 1986). Diese zeigen, dass auch hier die Verhältnisse in den verschiedenen Branchen sehr unterschiedlich sind.
- Der Beitrag marktlicher Organisationen, v.a. von Produktbenutzern, zum technischen Fortschritt wurde v.a. in den Arbeiten von Hippel (1976, 1977 und 1988) am systematischsten untersucht.

### **2.1.3 Industrieinterne Quellen technologischer Chancen**

Unternehmen innerhalb der gleichen Branche können über zwei verschiedene Kanäle zum technischen Fortschritt ihrer Branche beitragen. 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, 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 bestimmten Wirtschaftszweigs bezieht, weist die zweite - wie sie Griliches im Folgenden definiert - 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 wie empirisch auseinandergesetzt.

Die theoretische Diskussion geht auf Arrow (1962b) 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 eindeutig. Einerseits kommt Spence auf einen negativen Nettoeffekt, d.h., Unternehmen investieren wegen dieser Externalitäten, die sie aus ihrer Sicht per saldo als externe Kosten betrachten, weniger in Forschung und Entwicklung und damit weniger in technische Innovationen. Andererseits zeigen Levin und Reiss in ihrem 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 Produktionsstückkosten gleichgesetzt 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 zu folgendem 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 1991:1).

In der Schweiz sind empirische Ergebnisse zu F&E-Spillover nicht verfügbar. Diese Forschungslücke teilweise zu füllen, wird in der vorliegenden Arbeit versucht. Dabei geht es allerdings nicht darum, diese Spillover mit einer einzigen Kennzahl zu erfassen, was eine Datenmenge und -qualität voraussetzt, die in der Schweiz nicht vorhanden sind. Vielmehr ist 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 (s. Teil 3 Punkt 2.2.1.2).

## **2.2 Aneignung der Erträge aus Innovationen**

Schon in den 60er Jahren hat Arrow (1962b) auf die zentrale Bedeutung der Aneignung ("appropriability") der Ergebnisse von Innovationen für die Allokation von Ressourcen in diesen Aktivitäten hingewiesen. Innovationen sind mit grossen Unsicherheiten und Risiken behaftet, und die entsprechenden Innovationsinvestitionen (v.a. die F&E-Investitionen) werden daher grösstenteils als „sunk costs“ betrachtet: Wenn sie einmal getätigt wurden, können sie nicht mehr rückgängig gemacht werden; sie sind ein für allemal vergangen ("versunken"). Unter diesen Bedingungen ist eine Wirtschaftseinheit nur dann daran interessiert, sich in der Produktion von Innovationen zu engagieren, wenn sie ex-ante eine hohe Wahrscheinlichkeit besitzt, sich die Erträge aus dieser Aktivität voll oder mindestens teilweise aneignen zu können. Die von der mikroökonomischen Theorie analytisch abgeleitete Schwelle für den Ausdruck "mindestens teilweise" ist die Bedingung dafür, dass der diskontierte Gegenwartswert der aus einer Innovation entstandene Profit (genauer: die Quasi-Rente) mindestens dem Betrag der Innovationskosten entsprechen müsste. In der Grenzbetrachtung ist diese Schwelle mit der Marktgleichgewichtsbedingung von "Grenzerträge = Grenzkosten" erreicht. Dies bedeutet, Innovatoren müssten sich mindestens so viele Erträge aus ihren zusätzlichen Innovationen aneignen, dass sie damit ihre zusätzlichen Innovationskosten decken können.

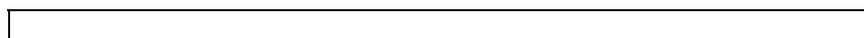
Diese Zusammenhänge sollen nun am Beispiel von Produktinnovationen theoretisch genauer erläutert werden. Dabei werden zwei Zustände miteinander verglichen: Im ersten Fall wird angenommen, dass der Innovator ex-ante über ein wirksames Aneignungsinstrument (z.B. Patente), und im zweiten Fall, dass er über ein solches Instrument nicht verfügt. (Die folgende Darstellung basiert auf dem Lehrbuch von Scherer/Ross 1990:622-623).

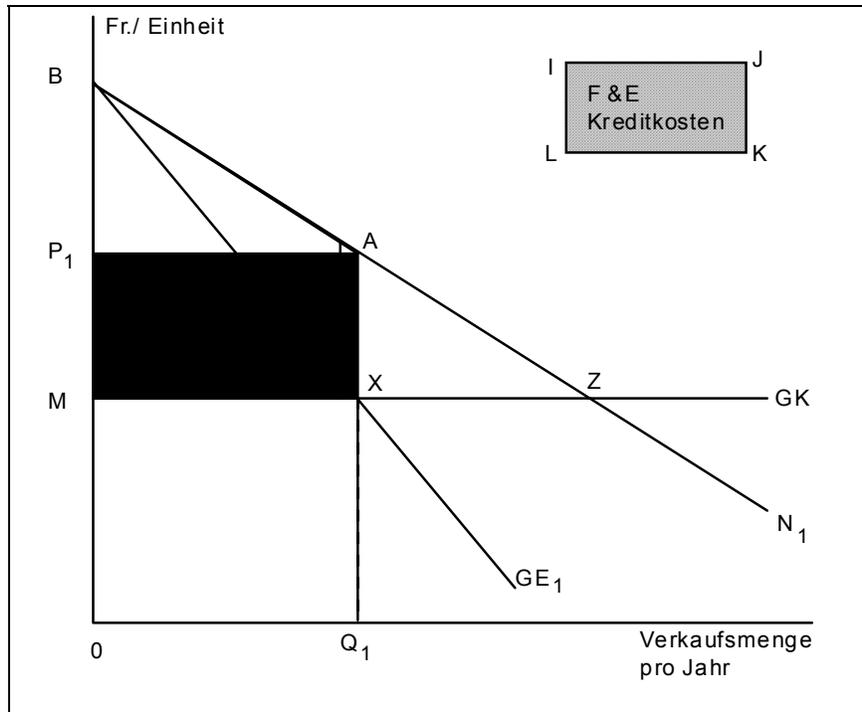
Eine Produktinnovation schafft - vorausgesetzt, sie werde auch von den Konsumenten akzeptiert - die neue Nachfragekurve  $N_1$  (Fig. 2.1). Falls der Innovator über ein wirksames Aneignungsinstrument, z.B. über ein wirksames Patent, verfügt, kann er exklusiv das neue Produkt herstellen und verkaufen und damit als Monopolist auf dem von ihm neu geschaffenen Markt agieren. Er realisiert dank der neuen Nachfrage die Grenzerträge  $GE_1$ , die seinen Grenzkosten  $GK$  (hier werden sowohl die Produktions- wie die Distributionskosten berücksichtigt) entsprechen und setzt damit den Preis  $OP_1$  fest, der ihm die der Fläche  $P_1AXM$  entsprechenden Monopolprofite garantiert. Diese sind jedoch keine Nettoprofite, da die F&E-Kosten, die ja als "sunk" betrachtet werden, nicht abgezogen wurden. Zur modellmässigen Integration dieser F&E-Kosten sei angenommen, dass zu deren Finanzierung ein 20-jähriger Bankkredit

aufgenommen wurde, dessen jährliche Rückzahlungstranchen (inkl. Schuldendienst) dem Viereck IJKL entsprechen. Wenn die Patentschutzdauer auch 20 Jahre beträgt, was in den meisten Industriestaaten der Fall ist, dann sind die jährlichen Profite  $P_1AXM$  höher als die jährlichen Schuldenzahlungen IJKL. In diesem Fall wird der Innovator für seine Produktinnovation gut entschädigt und verfügt damit über die ökonomisch richtige Anreizstruktur für weitere innovative Tätigkeiten. Dabei ist allerdings zu beachten, dass nicht nur der Innovator, sondern auch der Konsument von dieser Monopolsituation des Innovators profitiert. Zusätzlich zum Produzentensurplus wird durch die Produktinnovation auch ein dem Dreieck  $BAP_1$  entsprechender Konsumentensurplus geschaffen. Unter den hier unterstellten Modellannahmen (lineare Nachfragekurve und konstante Grenzkosten der Produktion und der Distribution) appropriiert damit der Innovator nur  $2/3$  des insgesamt von der Produktinnovation resultierenden Surpluses; das restliche Drittel geht an die Konsumenten.

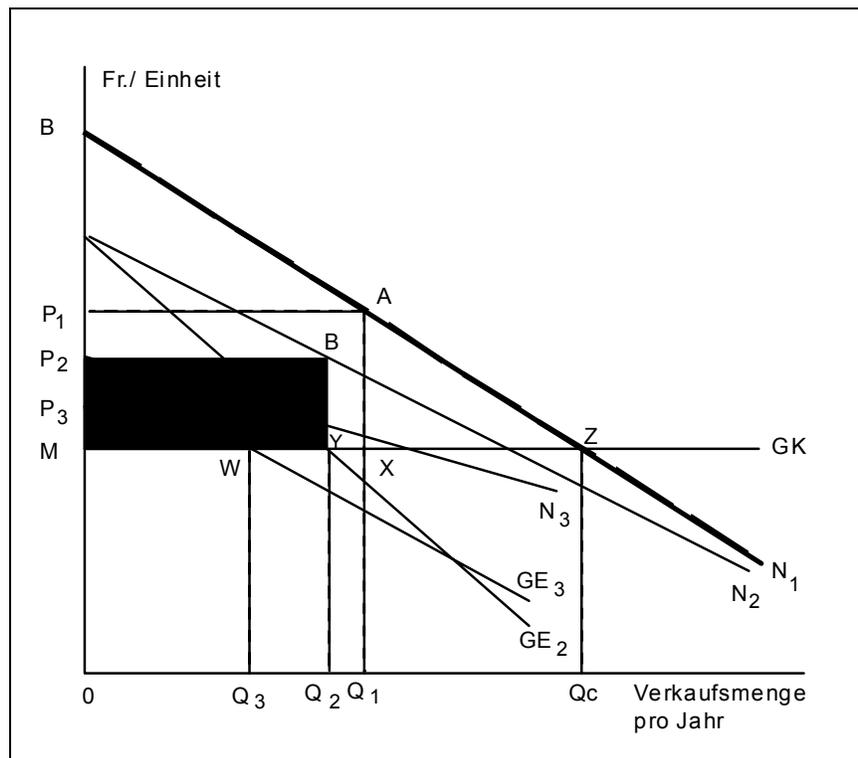
Im zweiten Fall (Fig. 2.2) wird angenommen, dem Innovator stehe keine wirksame Aneignungsmöglichkeit der Erträge aus seiner Produktinnovation zur Verfügung, d.h. dass er beispielsweise keinen Patentschutz besitze. In diesem Fall könnte folgendes Szenario entstehen: Sobald das neue Produkt auf den Markt kommt, bricht eine Imitationswelle seitens der Konkurrenz aus, die dann ähnliche Produkte wie dasjenige des Innovators hervorbringt, was die ursprüngliche Nachfrage des Innovators schmälert. Mit der kleineren Nachfrage  $N_2$  generiert er die Grenzerträge  $GE_2$  und setzt er lediglich den niedrigeren Preis  $OP_2$  fest. Deshalb muss er sich mit den ebenfalls niedrigeren Profiten  $P_2BYM$  begnügen, die unter Umständen die zur Finanzierung der F&E-Kosten aufgenommenen Schulden kaum oder nur knapp decken können. Andererseits realisieren die Imitatoren dank dem Trittbrettfahrer-Effekt relativ höhere Profite als die vom Innovator selbst erzielten. Diese sind deshalb entstanden, weil die Imitatoren ein ähnliches Produkt zum gleichen Preis  $OP_2$  anbieten können, ohne sich voll an den F&E-Kosten beteiligen zu müssen (sie tragen damit lediglich die Produktions- und Distributionsstückkosten  $OM$ ). Diese für Imitatoren profitable Situation zieht weitere Anbieter an, was dazu führt, dass die Profitmargen des ursprünglichen Innovators immer schmaler werden und ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr die F&E-Kosten decken können. Dadurch geht der Anreiz verloren, Ressourcen in Forschung und Entwicklung und damit in Innovationen zu investieren. Eine Lahmlegung privatwirtschaftlicher Innovationsprozesse könnte die Folge sein.

**Graphik 2.1: Fall mit Patentschutz**





**Graphik 2.2: Fall ohne Patentschutz**



Quelle: Scherer/Ross (1990:623)

Ein Indikator für die Aneignung der Erträge aus Innovationen ist das Verhältnis der privaten zu den sozialen Erträgen aus Innovationen. Dieses Verhältnis variiert zwischen 0 und 100 % -

und je näher es bei 100 % liegt, umso besser ist die Aneignung aus der Sicht der Innovatoren. Dabei wird zwischen einer Ex-ante- und einer Ex-post-Betrachtung unterschieden (vgl. Trajtenberg et al. 1992). Bei der Ex-ante-Betrachtung geht es um die potentielle Fähigkeit eines Innovators (oder der Organisation, welche die Innovation besitzt), sich die allfälligen Erträge aus seinen Innovationen voll oder mindestens teilweise privat anzueignen. Mit anderen Worten geht es dabei um die Frage, wie gross ex-ante das oben angegebene Verhältnis, d.h., wie gross der erwartete Anteil an den aus den Innovationen resultierenden sozialen Erträgen ist, der vom Innovator privat angeeignet werden kann. Dieser Anteil hängt seinerseits von den spezifischen Eigenschaften der Innovation selbst (z.B. von deren wissenschaftlicher Basis), von den Eigenschaften der innovierenden Organisationen und von den Marktstrukturen ab, unter denen diese operieren. Das bereits zitierte, von Arrow entwickelte Konzept "appropriability" gehört zu dieser Kategorie und bezeichnet das materielle Anreizsystem, welches den Innovatoren ermöglicht, Ressourcen für innovative Zwecke zu investieren. Das Ex-post -Konzept von Aneignung, das sprachlich eher dem Wort "appropriation" entsprechen würde, bezeichnet hingegen den Anteil an den aus den Innovationen resultierenden sozialen Erträgen, der in einem bestimmten Zeitraum (generell: nach T Jahren) nach Einführung der Innovation vom Innovator privat angeeignet worden ist.

Trotz seiner zentralen Bedeutung für die ökonomische Theorie und Praxis ist es empirisch schwierig, das Konzept "Aneignung" der Erträge aus technischen Innovationen direkt zu messen. Eine der Grundschwierigkeiten liegt in der Bestimmung einer theoretisch sinnvollen und empirisch präzisen Berechnung der privaten und sozialen Erträge aus Innovationen. Aus diesem Grund versuchen verschiedene Forscher (s. Übersichten von Dosi 1988 und Cohen/Levin 1989), sie indirekt und qualitativ zu untersuchen, indem sie die zur Aneignung der Erträge aus Innovationen dienenden Mittel im Hinblick auf ihre Wirksamkeit analysieren. Die wichtigsten dieser Mittel seien hier erwähnt:

- Das Patentwesen
- Die Geheimhaltung
- Die Erzielung eines Zeitvorsprungs gegenüber der Konkurrenz
- Die Erlangung und Sicherung eines Kostenvorteils gegenüber der Konkurrenz
- Aufbau überragender Verkaufs- und Serviceleistungen
- Erschwerung der Imitation eigener Innovationen durch die Konkurrenz, d.h. Erhöhung des dafür notwendigen Kosten- und Zeitaufwandes.

Zusätzlich zu diesen sechs Mitteln gibt es weitere Aneignungsmechanismen, die zum einen mit dem Vorhandensein einer für die optimale Durchführung bestimmter Unternehmensfunktionen notwendigen minimalen Betriebsgrösse und zum anderen mit den auf einem bestimmten Markt existierenden Strukturen verbunden sind. Eine minimale Betriebsgrösse ist beispielsweise notwendig für die Produktion von Halbleitern und Computern, für F&E im Bereich der Telekommunikation oder für Marketing- und Serviceleistungen im Bereich von Grossrechnern. Die Erzielung einer kritischen Masse in diesen Unternehmensfunktionen wirkt als Markteintrittsbarriere und damit auch als Schutzmittel gegenüber der Konkurrenz. Darüber hinaus ist die Protektion von Innovationen und damit die Aneignung der daraus resultierenden Erträge z.B. in oligopolistischen Marktstrukturen grösser als in kompetitiven Märkten (s. Scherer 1990:628).

Inhaltlich können die erwähnten Aneignungsmittel in drei Untergruppen zusammengefasst werden: 1. Patente, 2. Geheimhaltung und 3. Erzielung eines Zeitvorsprungs gegenüber der Konkurrenz und der damit verbundenen potentiellen Vorteile ("first-mover advantages"). Letzteres bedeutet, dass ein innovativer Zeitvorsprung gegenüber der Konkurrenz dazu benützt werden könnte, weitere Vorteile in der Produktion (Erlangung und Sicherung eines Lern- bzw. Kostenvorteils) und im Marketing (Aufbau überragender Verkaufs- und Serviceleistungen) anzustreben. Diese Vorteile können darüber hinaus gezielt dafür eingesetzt werden, die Imitation der eigenen Innovation durch Dritte möglichst schwierig und kostspielig zu gestalten, d.h. den dafür notwendigen Kosten- und Zeitaufwand zu erhöhen (s. zu diesem Problemkreis die Ausführungen in Teil 1 Pkt 5).

### **2.2.1 Patente**

Patente sind das klassische Mittel zur Erlangung und (juristischen) Sicherung der aus F&E-Aktivitäten resultierenden Erträge. Theoretisch garantieren Patente die Aneignung dieser Erträge durch die Erteilung zeitlich limitierter Eigentumsrechte (in den meisten Ländern für ca. 20 Jahre) für eine bestimmte Erfindung, die je nach nationaler Gesetzgebung gemäss mehr oder weniger genau umschriebenen Regeln definiert wird. Als Gegenleistung wird vom Patentinhaber erstens die Offenlegung der zu dieser Erfindung führenden Informationen verlangt; diese sind spätestens nach der Erteilung des Patentrechtes allgemein zugänglich (die meisten Patentinformationen sind direkt "on line" erhältlich; s. dazu Schmoch 1990). Zweitens dürfen die patentierten Erfindungen nach Ablauf der mit den Patenten gewährten

Schutzdauer frei und legal "nachgearbeitet" (imitiert) werden. Damit wird in beiden Phasen für die Diffusion technischen Wissens und der damit einhergehenden sozialen Erträge gesorgt.

Die ökonomische Begründung für die Gewährung der mit Patenten assoziierten temporären Monopolstellung liegt darin, dass bei der Produktion technischer Informationen (diese werden als Output von F&E-Aktivitäten betrachtet) ein Marktversagen vorliegt (vgl. Nelson 1959 und Arrow 1962b). Ohne staatliche Interventionen sind demnach freie Märkte nicht in der Lage, die sozial optimale Menge an technischen Informationen zu produzieren, da sie den Produzenten nicht genügend Anreize anbieten. Diese fehlenden Anreize ergeben sich ihrerseits aus den Grundeigenschaften von Informationen, die nach Arrow (1962b) mit den folgenden Stichworten umschrieben werden können:

- "Indivisibility": Informationen entstehen eher als diskrete und weniger als kontinuierliche Einheiten und sind deshalb auch unteilbar.
- "Uncertainty and incomplete information": Die Produktion von Informationen ist mit grossen Unsicherheiten und unvollständigen Informationen behaftet (jedenfalls mehr als die Produktion anderer ökonomischer Güter).
- "Public good": Informationen weisen Eigenschaften eines öffentlichen Gutes auf.<sup>45</sup>

Informationen entstehen in einzelnen diskreten Einheiten, und jede Einheit braucht streng genommen nur ein einziges Mal produziert zu werden: Wenn sie einmal produziert worden ist, muss sie nicht nochmals produziert werden, da sie schon nach dem ersten Mal beliebig oft und von beliebig vielen Wirtschaftssubjekten benützt werden kann (Arrow 1962b).<sup>46</sup> Die Produktion einer solchen Wissenseinheit (z.B. die Erfindung eines Verfahrens zur billigeren Herstellung eines Konsumgutes) weist damit die ökonomisch spezielle Eigenschaft auf, dass

<sup>45</sup> Informationen weisen weitere Eigenschaften auf, die hier nicht diskutiert werden. Siehe. dazu z.B. Dasgupta/Stoneman (1987:3f.).

<sup>46</sup> Dieser Grundgedanke bildet zwar den Ausgangspunkt der inzwischen klassisch gewordenen ökonomischen Analyse von F&E von Kenneth Arrow (1962b), er ist jedoch keineswegs neu, wie dies an einem Ausschnitt aus einem Brief von Thomas Jefferson an Isaac McPherson, einen Erfinder aus Baltimore, zu erkennen ist: „If nature has made any one thing less susceptible than all others of exclusive property, it is the action of the thinking power called an idea, which an individual may exclusively possess as long as he keeps it to himself; but the moment it is divulged, it forces itself into the possession of every one, and the receiver cannot dispossess himself of it. Its peculiar character, too, is that no one possesses the less, because every other possesses the whole of it. He who receives an idea from me, receives instruction himself without lessening mine; as he who lights his taper at mine, receives light without darkening me. That ideas should freely spread from one to another over the globe, for the moral and mutual instruction of man, and improvement of his condition, seems to have been peculiarly and benevolently designed by nature, when she made them, like fire, expansible over all space, without lessening their density in any point, and like the air in which we breathe, move, and have our physical being, incapable of confinement or exclusive appropriation“ (zitiert nach David 1992:10).

sie nur zu fixen Kosten stattfindet. Fixkosten-Güter und -Dienstleistungen sind definitionsgemäss eine Quelle von zwei wichtigen ökonomischen Phänomenen. Erstens sind sie die Quelle von Marktversagen, da dadurch eine Preisbildung nach dem Grundsatz der Grenzkosten nicht möglich ist (die erste Ableitung einer Konstanten ist bekanntlich gleich Null) und zweitens von Skalenerträgen in der Produktion (wenn einmal die erste Einheit zu bestimmten fixen Kosten produziert worden ist, dann sind die Grenzkosten bei jeder zusätzlichen Einheit gleich Null). Dieses Phänomen wurde in der Tat im Bereich der Produktion technischen Wissens beobachtet: Cohen und Klepper (1991) z.B. haben substantielle Skalenerträge in F&E-Aktivitäten festgestellt und bestätigen damit den Befund von Scherer (1991), wonach 90 % aller privaten F&E-Aktivitäten in den USA lediglich von 400 Unternehmen vorgenommen werden. Fazit: Die Produktion zu fixen Kosten und die damit verbundenen Skalenerträge (als Folge der Unteilbarkeit von Informationen) sind der Entstehung von frei funktionierenden Informationsmärkten bzw. von Produktmärkten, die einen hohen Grad an Informationsintensität aufweisen, abträglich.

Unsicherheit und unvollständige Information sind generell dem Produktionsprozess von Wissen inhärent. Sie werden speziell auf allen Stufen des Innovationsprozesses (s. T. 1 Pkt 3) beobachtet. Da es keine adäquaten Risikomärkte für solche Unsicherheiten gibt, liegt Marktversagen vor, und deshalb werden staatliche Regulierungen bei der Produktion technischer Informationen gefordert. Im Fall einer Laisser-faire-Politik würde die unterschiedliche Risikoeinstellung der betroffenen Marktteilnehmer zu suboptimalen Investitionen in diesem Bereich führen (Dasgupta/Stoneman 1987: 8f.).

Öffentliche Güter werden in der Wirtschaftswissenschaft durch zwei zentrale Charakteristika definiert: Nicht-Rivalität beim Konsum und Nicht-Anwendbarkeit des Ausschlussprinzips (vgl. u.a. Musgrave 1985 bzw. Stiglitz/Schönfelder 1989). Im Gegensatz zu privaten Gütern sind öffentliche Güter (hier: technisches Wissen) zum einen ein "non-rival good", d.h., der Konsum von (Wirtschaftssubjekt) A stört nicht den Konsum von B. Eine Person kann einer anderen Person eine Information liefern, ohne diese Information als solche abzunützen oder gar zu verlieren. Auch im Produktionsprozess, wo Informationen als Produktionsfaktoren eingesetzt werden, gilt dieser Tatbestand: Die Formel zur Herstellung eines bestimmten Medikamentes (z.B. Aspirin) wird als solche (d.h. das darin enthaltene Wissen und nicht dessen kommerzielle Nutzung) auch bei mehrmaliger Benützung nicht abgewertet.

Deshalb sind es - bei einer gegebenen Quantität von Wissen - die Transmissionskosten (Kosten der Reproduktion und Distribution), die darüber entscheiden sollen, wie weit diese Informationsmenge verbreitet werden soll. Sehr oft sind aber diese Grenzkosten relativ niedrig, was impliziert, dass Wissen auch relativ frei zur Verfügung gestellt werden sollte. Dies führt zur zweiten Eigenschaft eines öffentlichen Gutes: Weil die Grenzkosten für die Reproduktion und Distribution des neuen Wissens gering sind und dadurch der Zugang zu diesem Wissen relativ einfach gemacht wird, kann das Ausschlussprinzip praktisch nicht oder nur mit grossen Schwierigkeiten angewandt werden.

Darüber hinaus führt diese Eigenschaft des technischen Wissens zum folgenden Phänomen: Wenn einmal eine neue technische Information produziert worden ist, können deren Produzenten die daraus resultierenden ökonomischen Erträge sich schwer allein aneignen. Die Tatsache, dass auch andere Wirtschaftssubjekte das neue technische Wissen ökonomisch verwerten können, ohne an den Entstehungskosten (v.a. an den F&E-Kosten) teilnehmen zu müssen (das sog. "Trittbrettfahrer-Problem", englisch: "free-rider problem"), dämpft den Anreiz für die privatwirtschaftliche Produktion neuen technischen Wissens.

Die Finanzwissenschaft kennt drei Mechanismen, das Problem der Bereitstellung öffentlicher Güter zu lösen - das Kernstück des Marktversagens bezüglich der Produktion von Informationen. Der erste Mechanismus besteht in der Erteilung von - durch die allgemeinen Steuern finanzierten - Subventionen bzw. Beiträgen an unabhängige Produzenten, die dann das öffentliche Gut frei oder gegen eine geringe nominelle Gebühr zur Verfügung stellen. Zweitens kann der Staat direkt in der Produktion und Verteilung des öffentlichen Gutes entweder allein oder in Zusammenarbeit mit dem privaten Sektor eingreifen. Schliesslich kann durch die Erteilung staatlich garantierter Monopolrechte, die den privaten Produzenten eine "normale" Rendite garantieren, versucht werden, diesen genügend hohe, materielle Anreize zur Bereitstellung öffentlicher Güter anzubieten.

Patente sind - wie andere geistige Eigentumsrechte - ein wichtiges Beispiel dieser Monopolrechte. Durch die Erteilung befristeter Monopolrechte, die vorübergehend die freie gewerbliche Nutzung und Kommerzialisierung eines neuen technischen Wissens durch Dritte limitieren, versucht das Patentwesen den Wissensproduzenten den Anreiz zu geben, sich

erstens weiterhin in dieser Aktivität zu betätigen und zweitens Ressourcen in die risikoreiche Umsetzung neuer Ideen in Produkte und Verfahren zu lenken. Das Patentsystem soll also ein gewisses Gleichgewicht in der Anreizstruktur herstellen, um das schwierige Dilemma "Wissensproduktion versus Wissensdiffusion" zu "lösen". Damit ist das Patentsystem in seiner Grundkonstruktion ein System "for both diffusion and exclusion" (Ordover 1991).

Diese Grundüberlegungen bilden die Basis der meisten Modelle der ökonomischen Theorie von Patenten.<sup>47</sup> Vor allem die Annahme der perfekten Aneignung der aus F&E-Aktivitäten resultierenden Erträge durch einmal erteilte Patente besteht hartnäckig auch in den neueren Entwicklungen dieses Theoriezweiges - mit wenigen Ausnahmen - weiter (vgl. Levin 1986). So werden Patente in der neueren Literatur über Patentwettbewerb ("patent race") und F&E-Konkurrenz ("R&D-Competition") als perfektes Aneignungsmittel für F&E-Ergebnissen postuliert.<sup>48</sup> Zwei Ausnahmen von dieser Betrachtungsweise sind die Arbeiten von Reinganum (1982) und Horstmann et al. (1985). Eine ähnliche Behandlung von Patenten ist in einem weiteren Theoriezweig über das Unternehmensverhalten bei der Erteilung von Lizenzen zu finden.<sup>49</sup> Andererseits werden Patente im Rahmen ökonomischer Theorien über unbeabsichtigten Wissenstransfer von Innovatoren zu ihren Konkurrenten ("knowledge-spillover") nicht explizit berücksichtigt (s. Spence 1984, Levin/Reiss 1984).

Die empirische Literatur zeichnet demgegenüber ein differenziertes Bild bezüglich der Wirksamkeit von Patenten als Aneignungsinstrument der Erträge aus technischen Innovationen. So haben die Arbeiten von Scherer et al. (1959), Taylor/Silberston (1973), Grefermann et al. (1974), Mansfield (1986a) und Levin et al. (1987) gezeigt, dass Patente in den verschiedenen Wirtschaftszweigen unterschiedlich wirksam sind. Während sie nur in wenigen Industriezweigen - z.B. in der chemischen, inkl. pharmazeutischen, Industrie und in bestimmten Zweigen der Maschinen- und Elektroindustrie - als wirksames Aneignungsinstrument betrachtet werden, erfüllen sie in den meisten anderen Wirtschaftszweigen diese Funktion nicht oder nur sehr schwach. In diesen Wirtschaftszweigen schrecken Patente potentielle Imitatoren selten davon ab, etwas Ähnliches wie die patentierte Erfindung zu entwickeln, und ebenso wenig garantieren sie,

---

<sup>47</sup> Für gute Zusammenfassungen verschiedener Aspekte dieser Theorie s. Machlup (1958), Machlup/Penrose (1950), Kaufer (1989), Siebeck (ed.) (1990), Besen/Raskind (1991), Scotchmer (1991), Ordover (1991) sowie Franke (1993).

<sup>48</sup> Eine Literaturübersicht dazu ist in Reinganum (1989) zu finden.

dass der ursprüngliche Erfinder bzw. Innovator der alleinige Nutzniesser der ökonomischen Früchte seiner Erfindung bleibt. Hierfür führen die erwähnten Untersuchungen verschiedene Gründe auf: Erstens kann die Konkurrenz auf legale Weise "um das Patent herum" erfinden; zweitens können Patente ihre Gültigkeit verlieren, wenn sie vor Gericht angefochten werden, und schliesslich versuchen viele Patentinhaber aus ihrem Kosten-/Nutzenkalkül heraus, die mit den Patenten verbundenen Rechte nicht durchzusetzen.<sup>50</sup>

Fazit: Mit der Erteilung von Patenten werden drei Ziele verfolgt: 1. Die Förderung erfindertätiger Tätigkeit, 2. die Förderung der Umsetzung von Erfindungen in neue oder verbesserte Produkte und Verfahren (Förderung innovativer Tätigkeit) und 3. die Förderung der Diffusion technischen Wissens, die durch die allgemeine Verfügbarkeit der Patentedokumente und der darin offenbarten Informationen möglich ist. Diesem Nutzen des Patentwesens stehen die volkswirtschaftlichen Kosten gegenüber, die in der Schaffung zeitlich limitierter Monopole auf den Produkt- und Technologiemarkten liegen. Patente werden in bestimmten Gebieten der ökonomischen Theorie entweder ignoriert (dies ist eher selten der Fall) oder als perfektes Schutzmittel modelliert, das eine vollkommene Aneignung der aus F&E-Aktivitäten resultierenden Erträge garantiert und damit die drei erwähnten Ziele optimal erfüllt. Die empirische Literatur hingegen relativiert generell ihre Schutzwirksamkeit und weist v.a. darauf hin, dass diese von einem Wirtschaftszweig zum anderen verschieden ist. Scherer fasst diese empirische Literatur prägnant wie folgt zusammen: "*At the margin*, patents certainly matter. But where that margin is located varies widely from industry to industry (with strong and consistent patterns) and from case to case within an industry" (Betonung im Original; Scherer 1993:47). Zu einem ähnlichen Schluss kommt auch Oppenländer: "In der Regel ist die Zuständigkeit und damit die Wirksamkeit des Patentwesens auf bestimmte Wirtschaftsbereiche und Unternehmensgrössenklassen begrenzt" (Oppenländer 1988:266)<sup>51</sup>.

### 2.2.2 Geheimhaltung

Hat sich ein Erfinder dafür entschieden, die Ergebnisse seiner Erfindung selbst ökonomisch zu verwerten und damit privat zu appropriieren und nicht einfach durch Veröffentlichung freizugeben, so stehen ihm in diesem Stadium grundsätzlich zwei Schutzstrategien zur

---

<sup>49</sup> Eine Übersicht dieser Literatur liefert Shapiro (1985).

<sup>50</sup> Eine aktuelle Sammlung neuester Ergebnisse der ökonomischen Patentforschung ist in einem vom Europäischen Patentamt und IFO-Institut gemeinsam publizierten Band (1993) zu finden. Siehe insbesondere den Aufsatz von Scherer in diesem Band.

Verfügung: Schutz entweder durch Patentierung oder durch Geheimhaltung.<sup>52</sup> Geheimhaltung ist somit - wenn auch in der Praxis nur bedingt, d.h. nur in bestimmten Fällen - eine Alternative zum Patentieren. Kern und Schröder haben nämlich für die alte BRD empirisch geschätzt, dass nur in rund 5 % aller Fälle in der Industrie zugunsten einer Geheimhaltung entschieden wurde (Kern/Schröder 1977:68). Darüber hinaus ist sie - gemäss einer Expertenbefragung von 100 amerikanischen Unternehmen - nur für eine begrenzte Zeit möglich: "Information concerning development decisions is generally in the hands of rivals within about 12 to 18 months, on the average, and information concerning the detailed nature and operation of a new product or process generally leaks out within about a year" (Mansfield 1985:217).

Aus der Sicht einzelner Erfinder bzw. Innovatoren weist Geheimhaltung im Vergleich zum Patentieren Vor- und Nachteile auf (s. z.B. Basberg 1987 und Dolder 1991). Folgende Nachteile können aufgeführt werden:

- Nicht alle Innovationen können (oder sollen) geheim gehalten werden. Es liegt nämlich im betriebswirtschaftlichen Interesse eines Innovators, seine Produktinnovationen möglichst breit bekanntzumachen, um die daraus entstehenden Erträge maximieren zu können. Diese ökonomische Notwendigkeit macht die Geheimhaltung von Produktinnovationen sehr schwierig. Faktisch können, falls überhaupt, nur schwer reproduzierbare bzw. imitierbare Prozessinnovationen geheim gehalten werden.
- Die Geheimhaltung von Prozessinnovationen bietet in vielerlei Hinsicht nur einen beschränkten Schutzeffekt an. Sie hindert beispielsweise die Konkurrenz nicht daran, später die gleiche Erfindung zu machen und zu patentieren; sie offeriert damit keinen exklusiven Schutzeffekt.

---

<sup>51</sup> Zu den wirtschaftspolitischen Implikationen dieser Aussage s. Oppenländer 1988:274f.

<sup>52</sup> Zwischen diesen zwei Schutzstrategien gibt es zwei Mischformen. Ein Erfinder kann erstens seine neuen Ideen publizieren, ohne sie patentieren zu lassen. Damit wird der Neuheitscharakter dieser Ideen zerstört und deren spätere Patentierung durch einen Dritten erschwert. Zweitens kann ein Erfinder seine Erfindung nutzen, ohne sie zu publizieren oder zu patentieren. Im Falle einer allfälligen Konkurrenz durch eine dritte Person kann der ursprüngliche Erfinder das sog. Vor- bzw. Mitbenützungsrecht pflegen (Art. 35 des Schweiz. Patentgesetzes). Pedrazzini erläutert dieses Recht wie folgt: "35 PatG anerkennt demjenigen, der gutgläubig vor dem Anmelde-(Prioritäts-)Datum eines Drittpatentes die Erfindung im Inland gewerbmässig benützt oder besondere Anstalten dazu getroffen hat, ein Recht zur Weiterbenützung im Rahmen seiner Geschäftszwecke. Dieses Recht kann dementsprechend nur mit dem Geschäft vererbt oder übertragen werden. Das Mitbenützungsrecht beruht auf der Überlegung, dass es unbillig wäre, den Unternehmer, der im Hinblick auf die gewerbliche Verwertung einer von ihm gutgläubig gemachten Erfindung bereits Investitionen vorgenommen hat, der Gefahr des Verlustes der aufgewendeten Mittel auszusetzen. Die Wirkung ist die Beschränkung des ausschliesslichen Benützungsrechtes des Patentinhabers, indem er einen Konkurrenten dulden muss. Zu beachten ist, dass die Vorbenützung die Neuheit der später angemeldeten Dritterfindung zerstören kann - der Vorbenutzer wird aber kaum ein Interesse daran haben, das Patent, das ihn auch vor sonstigen Mitbewerbern schützt, mit einer Nichtigkeitsklage anzugreifen (Ziff. 21). In der Praxis scheitert das Mitbenützungsrecht oft an Beweisschwierigkeiten. BGE 86 II 406 (HOCHSPANNUNGSSCHALTER)" Pedrazzini 1983:131.

- Die Geheimhaltung neuer Ideen ist in einer Organisation dann gewährleistet, wenn nur ein kleiner Kreis von Mitarbeitern darüber informiert wird. Personalfluktuationen würden diese Schutzstrategie gefährden.

Diesen Nachteilen der Geheimhaltung stehen folgende Vorteile gegenüber:

- Geheimhaltung bietet theoretisch eine unbeschränkte Schutzdauer ohne zeitliche Verzögerung und zu vergleichsweise geringen Kosten.
- Im Gegensatz zum Patentrecht, das eine Offenlegung von Informationen über die zu schützenden Erfindungen und damit über die F&E-Aktivitäten des Innovators verlangt, werden im Rahmen einer Schutzstrategie via Geheimhaltung keine wichtigen Informationen an die Konkurrenz weitergeleitet.

Die strategische Entscheidung über die Patentierung oder die Geheimhaltung einer technischen Innovation hängt damit von einer Vielzahl von Informationen über die Natur der Innovation und der innovierenden Organisation sowie über deren wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen ab. Ein Erfinder bzw. Innovator würde sich im konkreten Fall für Geheimhaltung entscheiden, wenn mindestens eine der vier folgenden Bedingungen vorliegt (vgl. Basberg 1987 und Friedman et al. 1991):

- Der Patentschutz ist im Vergleich zum erwarteten ökonomischen Wert der Erfindung zu kostspielig.
- Der Patentschutz garantiert eine private Rendite, die kleiner ist als die vom Innovator erwartete. Dies kann wegen der (zu kurzen) Schutzdauer oder wegen den sonstigen Bedingungen des Patentgesetzes erfolgen.
- Die Erfindung ist nicht patentierbar, d.h., sie erfüllt die gesetzlichen Voraussetzungen für die Erteilung des Patentschutzes (Patentfähigkeit) nicht.
- Das Patent (Schutzbereich) ist leicht zu umgehen.

Abschliessend kann festgehalten werden, dass die Geheimhaltung unter den bereits erwähnten Bedingungen zwar ein ökonomisch sinnvolles Schutzmittel für Innovationen ist - sie ermöglicht nämlich, wie das Patentwesen, dem Erfinder bzw. Innovator die Internalisierung der Erträge seiner Tätigkeit. Andererseits und im Gegensatz zum Patentsystem verhindert sie die Diffusion technischen Wissens, was aus wohlfahrtstheoretischer Sicht nicht erwünscht ist: "Secrecy raises the costs to researchers, and to society as a whole of the search for new knowledge" (David 1992:21).<sup>53</sup>

### 2.2.3 Zeitvorsprung

Der Zusammenhang zwischen dem Zeitvorsprung, d.h. der erste zu sein mit einer Innovation ("first mover") und der Erlangung einer Monopolmacht, und zwar unabhängig davon, ob der

---

<sup>53</sup> Zu einer systematischen ökonomischen Analyse von „trade secret“ s. Kitch (1980), Cheung (1982) sowie Friedman et al. (1991).

Innovator einen Patentschutz besitzt oder nicht, wurde zunächst empirisch in den 70er Jahren erkannt (Scherer/Ross 1990:586). Empirische Untersuchungen über die Luftfahrt- (Phillips 1971) und die Halbleiterindustrie (Tilton 1971) haben nämlich gezeigt, dass die Erzielung eines Zeitvorsprungs gegenüber der Konkurrenz den "first movers" eine Reputation als dynamische Innovatoren brachte, die ihnen ermöglichte, sowohl einen hohen Preis als auch einen hohen Marktanteil zu erzielen - zwei Sachverhalte, die mit einer Monopolsituation assoziiert werden.

Diese empirischen Einsichten wurden später durch die Modelle von Schmalensee (1982), Shapiro (1983), Conrad (1983), Glazer (1985) und Klemperer (1987) theoretisch untermauert. Die Ergebnisse dieser Arbeiten fassen Scherer und Ross wie folgt zusammen: "Being the first to bring a new product onto the market, with or without patent protection, often confers a substantial reputational advantage over imitators, permitting the innovator to maintain elevated prices while defending a sizable market share. Also ... the first mover has a head start in the race down the learning curves, gaining cost advantages which, if exploited sufficiently aggressively, can be used to deter entry and enjoy supra-normal profits until the relevant technology matures" (Scherer/Ross 1990: 627). Ferner betonen andere Autoren (z.B. Teece 1986) die Tatsache, dass ein Zeitvorsprung dem Innovator potentiell erlaubt, überragende Verkaufs- und Serviceleistungen - sie werden als "complementary assets" bezeichnet - aufzubauen, die ihn befähigen, sich die ökonomischen Früchte seiner Innovationen anzueignen<sup>54</sup>.

---

<sup>54</sup> Die Wichtigkeit des Zeitvorsprungs für den wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen und Märkten wurde darüber hinaus nicht nur von Forschern, sondern auch von zahlreichen Praktikern als eine der besten Schutzstrategien von Innovationen erkannt, wie dies exemplarisch mit den zwei folgenden Zitaten belegt werden kann. Schon im Jahre 1901 schrieb der erfolgreiche deutsche Industrielle Werner von Siemens: "Eine wesentliche Ursache für das schnelle Aufblühen unserer Fabriken sehe ich darin, dass die Gegenstände unserer Fabrikation zum grossen Teil auf eigenen Erfindungen beruhen. Waren diese auch in den meisten Fällen nicht durch Patente geschützt, so gaben sie uns doch immer einen Vorsprung vor unseren Konkurrenten, der darin gewöhnlich so lange anhielt, bis wir durch neue Verbesserungen abermals einen Vorsprung gewannen. Andauernde Wirkung konnte das allerdings nur in Folge des Rufes grösster Zuverlässigkeit und Güte haben, dessen sich unsere Fabrikate in der ganzen Welt erfreuten" (Siemens 1901:297, 6. Auflage bzw. 1983:324f., 17. Auflage). Fast neunzig Jahre später hat Gomory ("Senior Vice President for Science and Technology" der IBM) in einem vom "Center for Economic Policy Research" (Stanford University) organisierten Seminar (11.-12. September 1989) folgendes betont: "If one company has a 3 year cycle and another has a 2 year cycle, the company with the shorter cycle will have its process and design into production and the product in the market 1 year before the other. The firm with the shorter cycle will appear to have newer products with newer technologies. It is the speed of the development and manufacturing cycle that appears as technical innovation and leadership" (Gomory/Schmitt 1988).

### **2.3 Nachfrageseitige Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene**

Wie bereits oben erwähnt wurde, postuliert die ökonomische Theorie, dass die Marktnachfrage und die damit verbundenen Nachfragebedingungen (Präferenzen, Preise, Einkommen usw.) die Richtung und die Rate des technischen Fortschritts sowohl auf volkswirtschaftlicher wie auf Branchen-Ebene mitbestimmt. Die Bedeutung dieses Grundgedankens, dass also ökonomische Anreize seitens der Marktnachfrage ein zentraler Bestimmungsfaktor für den technischen Fortschritt sind, hat bereits Schmookler (1962, 1966) systematisch untersucht. Auf der Grundlage von Längsschnitts- und Querschnittsdaten aus verschiedenen Industrien (v.a. der Eisenbahn-, Bau- und Öltraffinerie-Industrie in den USA) zeigt er auf, dass die Nachfrage nach Investitionsgütern die Innovationstätigkeit (gemessen an der Anzahl von Patenten) in den betroffenen Industrien induziert hat. Mit seinen Worten heisst dies: "... inventive activity with respect to capital goods tends to be distributed among industries about in proportion to the distribution of investment. To state the matter in other terms, a 1 per cent increase in investment tends to induce a 1 percent increase in capital goods invention" (Schmookler 1966:144).

Mit den Ergebnissen der Schmookler-Untersuchung haben sich zahlreiche Autoren theoretisch und empirisch auseinandergesetzt. Eine lebhafte Diskussion ist dann darüber entstanden, ob technischer Fortschritt durch "demand pull", wie von Schmookler vertreten, oder durch "technology push" erklärt werden kann. Diese Debatte hat aber rückblickend nur wenig Früchte getragen, da sie anfänglich in der Form von "Entweder-Oder" geführt und dabei die alte Weisheit vergessen wurde, dass wenn nämlich die "Einsicht in die Notwendigkeit" (hier: das Vorhandensein einer Marktnachfrage) die Mutter aller Dinge ist, dann ist die Verfügbarkeit der entsprechenden Technologie bestimmt der Vater, damit Innovationen geboren werden.

Als Ergebnis aus der kritischen Auseinandersetzung mit der "demand pull"- Literatur (s. Rosenberg 1982:193-241) und den zahlreichen theoretischen und empirischen (auch historischen) Studien u.a. von Parker (1972), Rosenberg (1976), Scherer (1982) und Walsh (1984) spricht man heute nicht mehr ausschliesslich von "demand pull" oder "technology push", sondern von der relativen Bedeutung beider Bestimmungsfaktoren und betont, beide seien für die Erklärung des technischen Fortschritts notwendig. Was hingegen Schwierigkeiten bereitet,

sind Fragen, wie die Marktnachfrage nach Innovationen empirisch operationalisiert und geschätzt, durch welche Mechanismen und in welchen Phasen des technischen Fortschritts sie wirksam wird. Einige dieser Fragen werden im Folgenden kurz behandelt.

Cohen/Levin (1989) unterscheiden zwei Aspekte, wie die Marktnachfrage den technischen Fortschritt auf Branchenebene beeinflussen kann:

- Der erste Aspekt betrifft das Volumen und die Zusammensetzung der Marktnachfrage.
- Der zweite Aspekt betrifft die Preiselastizität der Nachfrage und damit die Form und die Steigung der Nachfragekurve.

### **2.3.1 Einfluss des Volumens und der Zusammensetzung der Marktnachfrage auf den technischen Fortschritt**

Das Marktvolumen beeinflusst den technischen Fortschritt sowohl in statischer wie in dynamischer Hinsicht. Rein statisch sind zwar die anfänglichen Investitionen zur Entwicklung und Einführung von Innovationen vom Produktionsvolumen bzw. Marktvolumen, das später mit diesen Innovationen realisiert werden soll, unabhängig. Die Innovationsinvestitionen, insbesondere die F&E-Ausgaben, sind gleich hoch, unabhängig davon, ob man später mit einer neuen Idee eine einzige oder mehrere Einheiten des neuen oder verbesserten Produktes bzw. Verfahrens produzieren und absetzen wird. Später hingegen bestimmt das Marktvolumen die aus diesen Innovationen resultierende Gewinnhöhe: Zu einem gegebenen Zeitpunkt sind die Grenzerträge aus Innovationen umso höher, je grösser der Markt ist. Dies hat darüber hinaus Konsequenzen für die künftige Entwicklung von Innovationen auf diesem Markt. Es ist deshalb aus dynamischer Sicht zu erwarten, dass in zwei Märkten (z.B. einem Inland- und einem Auslandmarkt) von anfänglich gleicher Grösse die Innovationsfähigkeit und -tätigkeit in jenem Markt grösser sein wird, der schneller wächst als der andere. Die Vorteile eines grossen Marktes sind also im Hinblick auf Innovationen sowohl statisch (die absolute Grösse des Marktvolumens zu einem bestimmten Zeitpunkt) als auch dynamisch (die Wachstumsraten dieses Volumens im Zeitablauf) gegeben. Diese Vorteile werden zusätzlich verstärkt, wenn der grössere Markt (z.B. der Inlandmarkt) auch über Skalenerträge in einem wichtigen Bereich wie "Produktion" oder "F&E" verfügt (Porter 1990)<sup>55</sup>.

---

<sup>55</sup> So wird der technologische Vorsprung der USA nach dem 2. Weltkrieg u.a. mit der damals einmaligen Grösse des amerikanischen Marktes erklärt. Auch der spätere Verlust dieser technologischen "leadership" wird auf den Verlust dieses relativen Vorteils zurückgeführt, und zwar weil die Märkte globaler wurden und nicht mehr spezifisch national geblieben sind. Dazu schreiben Nelson und Wright folgendes: "The postwar American technological lead had two conceptually distinct components. There was, first of all, the long

Auch die Zusammensetzung der Marktnachfrage ist für Innovationen wichtig. Angenommen, die Gesamtnachfrage nach einer bestimmten Innovation setzte sich potentiell aus einer Inland- und einer Auslandnachfrage zusammen, dann wäre die Inlandnachfrage für die Innovationsfähigkeit der inländischen Unternehmen v.a. dann von grossem Vorteil, wenn sie eine potentielle Auslandnachfrage antizipieren könnte. Mit den Worten von Porter: "Stringent home needs benefit national competitive advantage only if they anticipate needs elsewhere" (Porter 1990:91). Aus theoretischer Sicht muss dieser Aspekt wie der vorherige Punkt behandelt werden, da auch er zu einer Rechtsverschiebung der Gesamtnachfragekurve auf einem bestimmten Markt führt.

### **2.3.2 Einfluss der Preiselastizität der Nachfrage auf den technischen Fortschritt**

Der zweite Aspekt, wie die Marktnachfrage den technischen Fortschritt beeinflusst, betrifft die Preiselastizität der Nachfrage und damit die Form und die Steigung der Nachfragekurve, da dieser Parameter die Höhe der aus der Rechtsverschiebung der Nachfragekurve resultierenden Grenzerträge aus Innovationen bestimmt. Bei der Analyse des Zusammenhanges zwischen der Preiselastizität der Nachfrage und dem technischen Fortschritt wird allerdings zwischen Produkt- und Prozessinnovationen unterschieden. Bei Prozessinnovationen, die normalerweise zu Kosten- und Preissenkungen der herzustellenden Produkte führen, sind deren Grenzerträge umso höher, je grösser die Preiselastizität der Nachfrage nach ihnen ist (vgl. Kamien/Schwartz 1970). Andererseits hat Spence (1975) darauf hingewiesen, dass die Grenzerträge aus Produktinnovationen - diese sind oft mit Preiserhöhungen verbunden - um so höher sind, je unelastischer die Nachfrage nach diesen Innovationen ist. Die Wirkung der Preiselastizität auf die Höhe der Grenzerträge aus Innovationen hängt also davon ab, ob es sich um Produkt- oder Prozessinnovationen handelt.

Zusammenfassend postuliert die ökonomische Theorie, dass technischer Fortschritt nicht nur von der Kreativität und Produktivität von Wissenschaftlern, Technologen, Unternehmern und sonstigen, am Prozess des technischen Fortschritts beteiligten Akteuren (angebotsseitige

---

standing strength in mass production industries that grew out of unique conditions of resource abundance and large market size. There was, second, a lead in "high technology" industries that was new and stemmed from investment in higher education and in research and development, far surpassing the levels of other countries at that time. Several factors lay behind the erosion of these twin leads. The most basic of these is that over the post World War II era, commodity and resource trade, business and finance and technological communities, have all become increasingly transnational rather than national" (Nelson/Wright 1992:1960).

Faktoren), sondern auch von den materiellen Anreizen seitens der Marktnachfrage mitbestimmt wird. Die Höhe dieser Anreize hängt allerdings davon ab, ob es sich um Produkt- oder Prozessinnovationen handelt, und von den konkreten Marktconstellationen, die in den verschiedenen Wirtschaftszweigen unterschiedlich sein können. Grundsätzlich sind diese Postulate plausibel, zumal der Grossteil technischer Innovationen unter kompetitiven Verhältnissen auf freien Märkten entsteht. Probleme tauchen hingegen auf, wenn diese theoretischen Konzepte für empirische Untersuchungen operationalisiert werden sollen. Einige davon werden im folgenden kurz erwähnt.

### **2.3.3 Empirische Probleme**

Zum einen verlangt das Konzept der Marktnachfrage, dass Daten bezüglich systematischer Preis-Mengen-Relationen vorhanden sind. Probleme tauchen bei der Frage auf, wie diese Daten ex-ante beobachtet und ermittelt werden können, wenn die entsprechenden Güter noch nicht auf den Markt gelangt sind (es handelt sich ja um Innovationen!). Dieses Problem wird konkret in der empirischen Wirtschaftsforschung je nach Innovationsart unterschiedlich behandelt.

- Bei Prozessinnovationen wird die Nachfrage nicht direkt, sondern indirekt geschätzt, indem die Nachfrage nach den mit diesen Prozessinnovationen hergestellten Gütern beobachtet und ermittelt wird. (Eine empirische Pionierarbeit in diesem Bereich hat Griliches (1958) geleistet.)
- Bei laufenden Produktinnovationen ist dieses Problem wesentlich komplexer: Es kann nur unter bestimmten Voraussetzungen (wenn z.B. das neue Produkt ein Substitut eines alten Produktes ist und wenn statistische Zeitreihen bezüglich Preise und Mengen für dieses alte Produkt verfügbar sind) und mittels bestimmter ökonomischer Modelle und ökonometrischer Verfahren gelöst werden. Es handelt sich dabei v.a. um die Nachfragemodelle von Lancaster (1971 und 1979), um die hedonischen Preisfunktionen (s. Griliches 1971 sowie Rosen 1974) und um die mit diesen Modellen zu vereinbarende Wohlfahrtsanalyse von Small/Rosen 1981). Die ökonometrischen Methoden ("discrete-choice"-Modelle) lieferte u.a. McFadden (1981).<sup>56</sup>
- Schliesslich stösst die Ex-ante-Nachfrageschätzung bei bedeutenden Produktinnovationen auf noch grössere Probleme und ist bisher, abgesehen von einigen - nicht sehr erfolgreichen - Versuchen, v.a. seitens von Marketing-Spezialisten, noch nicht gelöst worden. Historische Erfahrungen, die im Rahmen von Studien über Technologiefolgeabschätzungen ausgewertet wurden, zeigen jedoch, dass sogar in wichtigen Technologiefeldern (z.B. bei den ersten Computergenerationen) gravierende Fehleinschätzungen der Nachfrage gemacht wurden. So zitiert Rosenberg den ehemaligen Präsidenten der IBM, Thomas Watson, der damals glaubte, dass nur ein einziger Computer (der sog. Selective Sequence Electronic Calculator, hergestellt von IBM in 1947) "could solve all the important scientific problems in the world involving scientific calculations"

---

<sup>56</sup> Eine beispielhafte empirische Implementierung solcher Modelle ist die Arbeit von Trajtenberg (1990).

---

(zitiert nach Landau/Rosenberg 1986:30). Watson sah damit keine weiteren Kommerzialisierungsmöglichkeiten, d.h. keine weitere Nachfrage, für Computer.

Ferner postuliert die ökonomische Theorie, dass erstens die Nachfragekurve grundsätzlich alle relevanten Informationen über die Nachfragebedingungen seitens der Konsumenten (Präferenzen, Preise, Einkommen usw.) zu einem bestimmten Zeitpunkt zusammenfasst und dass zweitens Innovationen infolge einer Rechtsverschiebung der Nachfragekurve auf einem bestimmten Markt resultieren. Empirisch ist es aber äusserst schwierig, "Verschiebung" von "Bewegung" auf der Nachfragekurve zu unterscheiden.

### **3 Modellmässige Darstellung der Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene (R&D-Capitalstock-Model)**

In diesem Abschnitt geht es darum, die Analyse der Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene theoretisch weiterzuführen und zu vertiefen. Dies bedeutet, dass die im vorherigen Abschnitt aufgeführten Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts nicht mehr einzeln, sondern in ihrer gegenseitigen Interaktion im Rahmen eines einheitlichen theoretischen Modells untersucht werden.

Ein Modell, das dies leistet, ist in der Literatur unter dem Namen "R&D-Capitalstock Model" bekannt. Es ist ursprünglich eine von Griliches (1979) vorgenommene Erweiterung des theoretischen Ansatzes von Solow (1957). Die Grundüberlegung hinter dieser Erweiterung besteht darin, zusätzlich zu den üblichen Produktionsfaktoren (Arbeit, physisches Kapital, usw.) auch den Stock technischen Wissens explizit in die Produktionsfunktion einer Wirtschaftseinheit aufzunehmen. Diese Idee haben später zahlreiche Ökonomen aufgegriffen und in unterschiedlichen Modell-Variationen ausgeführt, so dass heute verschiedene Versionen des "R&D-Capitalstock Model" vorliegen (s. die Übersicht von Link 1992). Eine davon hat Nelson ausformuliert und wird hier detailliert vorgestellt (s. Nelson 1988a sowie Nelson/Wolff 1992).

Die Grundidee dieses Modells ist, dass der Stand der Technik oder die Totalfaktorproduktivität  $A_t$  in einer Branche vom bisher kumulierten F&E-Kapitalstock  $F_t$  und von anderen exogenen Faktoren (v.a. von externen technologischen Chancen), hier durch den Zeitfaktor  $t$  aufgefangen, abhängt. Konkret sieht dieser Zusammenhang wie folgt aus:

$$(2-1) \quad A_t = F_t^b e^{at}, \quad \frac{\partial^2 A}{\partial F^2} < 0, \\ \frac{\partial^2 A}{\partial F \cdot \partial t} > 0.$$

Dabei wird angenommen - und dies charakterisiert diese Familie von F&E-Kapitalstockmodellen -, dass einerseits bei zunehmendem Einsatz von F&E-Kapital die Grenzerträge dieses Kapitals im Hinblick auf die Totalfaktorproduktivität abnehmen, und andererseits, dass es externe Faktoren gibt, die diese abnehmenden Grenzerträge ausgleichen. Mathematisch implizieren diese Annahmen bezüglich der Kreuzableitungen, dass  $a > 0$  und  $0 < b < 1$ . Parameter  $a$  ist die Rate, mit welcher die externen Faktoren die abnehmenden Grenzerträge bei zunehmendem  $F$  ausgleichen, und Parameter  $b$  ist die Elastizität von  $A$  in Bezug auf  $F$ . Darüber hinaus wird unterstellt, dass eine Zunahme von  $A$ , d.h. der Totalfaktorproduktivität bzw. des Standes der Technik, mit einer Abnahme der Produktionstückkosten gleichzusetzen ist.

Will man die Dynamik dieses Systems untersuchen, so kann aus Gleichung (2-1) die Wachstumsrate von  $A$  in Abhängigkeit der Wachstumsrate von  $F$  wie folgt gebildet werden:

$$(2-2) \quad \frac{\dot{A}}{A} = +a + b \frac{\dot{F}}{F}$$

Ein nächster Schritt besteht darin, die  $\frac{\dot{F}}{F}$  genauer zu spezifizieren. Dazu wird einfachheitshalber angenommen, dass der F&E-Kapitalstock nicht entwertet wird und daher keine Abschreibungen notwendig sind, und dass  $f$  das Verhältnis der F&E-Ausgaben zum Umsatz darstellt. Letzteres wird auch F&E-Intensität genannt. In diesem Fall entspricht eine Steigerung von  $F$  dem Produkt aus  $f$  mal dem Gesamtumsatz ( $P \cdot Y$ ):

$$(2-3) \quad \dot{F} = fPY$$

Dabei ist  $P$  der Stückpreis und  $Y$  der Output. Dividiert man beide Seiten der Gleichung (2-3) durch  $F$ , ergibt sich Gleichung (2-4).

$$(2-4) \quad \frac{\dot{F}}{F} = \frac{fPY}{F}$$

Nimmt man weiter an, dass erstens eine Steigerung der Totalfaktorproduktivität sich im vollen Umfang - via Senkung der Produktionsstückkosten - in niedrigeren Preisen

niederschlägt, d.h.  $\frac{\dot{A}}{A} = -\frac{\dot{P}}{P}$ , und zweitens, dass die Preiselastizität der Nachfrage

$E(= -\frac{\dot{Y}}{Y} / \frac{\dot{P}}{P})$  konstant ist, dann ergibt sich via Gleichung (2-2) folgendes:

$$(2-5) \quad -\frac{\dot{P}}{P} = a + b \frac{\dot{F}}{F}$$

und

$$(2-6) \quad \frac{\dot{Y}}{Y} = E \left( a + b \frac{\dot{F}}{F} \right)$$

Bezeichnet man mit  $G$  eine beliebige Gleichgewichtswachstumsrate des F&E- Kapitalstocks,

d.h. ist  $G = \frac{\dot{F}}{F}$ , dann resultiert Gleichung (2-7a), da im Gleichgewicht und wegen Gleichung

(2-4) der F&E-Kapitalstock  $F$  und die Umsätze  $(Y \cdot P)$  mit der gleichen Änderungsrate wachsen müssen.

$$(2-7a) \quad G = \frac{\dot{P}}{P} + \frac{\dot{Y}}{Y}$$

und aus (2-5) und (2-6),

$$(2-7b) \quad G = -(a + bG) + E(a + bG)$$

oder durch eine kleine Manipulation von (2-7b),

$$(2-7c) \quad G = \frac{a(E-1)}{[1-b(E-1)]}$$

Aus (2-2) und (2-7c) resultiert weiter

$$(2-8) \quad \frac{\dot{A}}{A}(G) = a + b \left[ a \frac{E-1}{1-b(E-1)} \right]$$

Gleichung (2-8) ist ein zentrales Ergebnis, da sie die Gleichgewichtswachstumsrate der Totalfaktorproduktivität  $\frac{\dot{A}}{A}$  (G) bzw. des technischen Fortschritts bestimmt<sup>57</sup>. Und diese ist von den drei Parametern a, b und E abhängig, welche zwei der drei erwähnten Determinanten des technischen Fortschritts verkörpern: a und b stehen für technologische Chancen und E für Nachfragebedingungen. Darüber hinaus gibt uns diese Gleichung auch die Grössenordnung dieser Zusammenhänge an: Damit ein Gleichgewicht mit einem positiven Wert G existieren kann, müssen - wie bereits in Gleichung (2-1) angenommen wurde - a positiv und b zwischen 0 und 1 sein; darüber hinaus müssen E grösser als 1 und b(E-1) positiv, aber kleiner als 1 sein. Ferner zeigt Gleichung (2-8), dass die "steady state"-Wachstumsraten nicht lineare Funktionen der Modellparameter a, b und E sein können. (Diese Modellergebnisse gehen streng genommen bereits aus (2-7c) und nicht aus Gleichung (2-8) hervor.)

Es ist allerdings zu beachten, dass die F&E-Intensität f in Gleichung (2-8) nicht erscheint und damit bei der Bestimmung der Gleichgewichtswachstumsrate der Totalfaktorproduktivität bzw. des technischen Fortschritts bisher keine Rolle spielte. Dies bedeutet mit anderen Worten, dass die Rate, mit welcher die Produktionsstückkosten fallen würden, von der F&E-Intensität unabhängig ist. Nun stellt sich die Frage, wie diese wichtige Grösse f ins System integriert (endogenisiert) werden kann und welche Rolle sie dabei spielt. Zur Beantwortung dieser Frage muss Gleichung (2-4) leicht umgeordnet und dabei  $G = \frac{F}{Y \cdot P}$  gesetzt werden.

Daraus ergibt sich Gleichung (2-9)

$$(2-9) \quad \frac{F}{Y \cdot P} = \frac{f}{G}$$

Während die Gleichungen (2-7) und (2-8) die Gleichgewichtswachstumsraten des F&E-Kapitalstocks und der Totalfaktorproduktivität bestimmen (also "steady state"-Aussagen erlauben), enthält Gleichung (2-9) Prozessaussagen solcher Art: Eine exogene Erhöhung der F&E-Intensität f führt, unabhängig von der Grösse des Umsatzes (Y·P), zu einer Erhöhung des F&E-Kapitalstocks und somit auch - durch weitere Gleichungen des Modells (z.B. Gleichung (2-3)) - zu einem höheren Niveau der Totalfaktorproduktivität und damit zu

<sup>57</sup> Um jedes Missverständnis in der Schreibweise von Gleichung (2-8) zu vermeiden, bedeutet  $\frac{\dot{A}}{A}(G)$  nicht " $\frac{\dot{A}}{A}$  mal (G)", sondern dass  $\frac{\dot{A}}{A}$  eine Funktion von G ist.

niedrigeren Produktionsstückkosten. Hingegen ist die Rate, mit welcher diese Produktionsstückkosten sinken würden, von  $f$  unabhängig (s. Gleichung (2-8)).

Da  $f$  in einem Modell über Totalfaktorproduktivität und technischen Fortschritt eine zentrale Grösse ist, soll sie auch von diesem endogenisiert, d.h. durch die Gleichungen des Systems erklärt und nicht, wie bisher, lediglich als exogene Grösse betrachtet werden. Zu diesem Zweck müssen zusätzliche Annahmen getroffen werden. Nelson trifft im vorliegenden Modell die theoretisch übliche gewinnmaximierende Gleichgewichtsannahme, dass bei einer Anpassung des F&E-Kapitalstocks die Grenzerträge aus den neuen F&E-Investitionen deren Grenzkosten gleich sein sollen. Die Grenzerträge entsprechen hier den zusätzlichen Kostenersparnissen ( $-dK \cdot Y$ ), die durch die neuen F&E-Ausgaben möglich geworden sind, und zwar soweit sie durch die investierende Wirtschaftseinheit aneigenbar sind. Der Umfang dieser Grenzerträge hängt also auch von der Länge der Zeitperiode ( $T$ ) ab, in der die neuen F&E-Ausgaben wirtschaftlich genutzt werden können, ohne von anderen Marktteilnehmern (von der Konkurrenz) imitiert zu werden. Die Grösse  $T$  steht somit für die "appropriability conditions", von denen oben die Rede war. Es wird somit in den F&E-Kapitalstock solange investiert, bis die erwähnte gewinnmaximierende Gleichgewichtsbedingung "Grenzerträge - Grenzkosten" (Gleichung 3-10a) erfüllt ist.

$$(2-10a) \quad -dK \cdot Y \cdot T = dF$$

Wird stattdessen die Differenz gebildet, die den zusätzlichen Gewinn darstellt, so gilt im Gleichgewicht folgendes:

$$(2-10b) \quad d_{\pi} = -dK \cdot Y \cdot T - dF = 0$$

$\pi$  steht für Gewinn und  $d_{\pi}$  für dessen Veränderung. Bezieht man die zusätzlichen Kostenersparnisse ( $-dK \cdot Y \cdot T$ ) auf die Gesamtkosten ( $K \cdot Y$ ) und die zusätzlichen F&E-Investitionen ( $dF$ ) auf den Umsatz ( $P \cdot Y$ ), so resultiert:

$$(2-11a) \quad \left( -\frac{dK}{K} \right) T = \frac{dF}{YP}$$

Da  $\left(-\frac{dK}{K}\right) = \frac{\dot{A}}{A}$  und  $\frac{dF}{YP} = f$ , kann die F&E-Intensität  $f$  wie folgt geschrieben werden:

$$(2-11b) \quad f = T \cdot \frac{\dot{A}}{A}$$

d.h. der Anteil der F&E-Ausgaben an den Umsätzen (die F&E-Intensität) entspricht dem Produkt der Rate des technischen Fortschritts und der Länge der Zeitperiode ( $T$ ), in welcher eine Produktionseinheit einen Innovationsvorsprung ohne Konkurrenz ausbeuten kann.

Zusammen mit Gleichung (2-8), welche die Bestimmungsfaktoren von  $\frac{\dot{A}}{A}$  im Gleichgewicht angibt, zeigt Gleichung (2-11b), dass eine gleichgewichtige F&E-Intensität auf Branchenebene von den drei folgenden Faktoren positiv bestimmt ist:

- von den Marktbedingungen, präsentiert in diesem Modell durch die Preisnachfrageelastizität  $E$ ,
- von den technologischen Chancen, präsentiert hier durch die Parameter  $a$  und  $b$  und schliesslich
- von der Fähigkeit des Systems, die Ergebnisse von F&E anzueignen und zu sichern ("appropriability conditions"), dargestellt hier durch die Variable  $T$ .

Diese drei Faktoren stellen die theoretischen Spezifikationen der zu Beginn in Punkt 1 allgemein formulierten Variablen MARKT, CHANCEN und ANEIGNUNG dar und sind also die treibenden Kräfte hinter den interindustriellen Unterschieden in der F&E-Intensität. Definiert man den technischen Fortschritt durch den Input-Indikator "F&E-Intensität", wie dies in der empirischen Literatur sehr verbreitet ist (s. T.1 Pkt. 4.1), so hängt er auch im "R&D Capitalstock Model" von allen genannten drei Faktoren ab. Wird er hingegen als Wachstumsrate der Totalfaktorproduktivität definiert, wie dies in den Input-Output-Ansätzen (s. T.1 Pkt. 4.3) und im vorliegenden Nelson-Modell der Fall ist, so ist er gemäss Gleichung (2-8) lediglich von den zwei Faktoren CHANCEN und MARKT abhängig.

## 4 Zusammenfassung

In der Industrieökonomik besteht Einigkeit darüber, dass technischer Fortschritt auf Branchenebene durch die drei folgenden Autoren erklärt werden kann: die technologischen Chancen (d.h. die Chancen von Innovatoren, Zugang zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen zu erhalten), 2. die

---

Fähigkeit von Innovatoren, sich die Erträge aus ihren technischen Innovationen anzueignen und 3. die Marktnachfrage.

Technologische Chancen können - trotz einiger Versuche - nicht einfach mit einem einzigen Parameter erfasst und quantitativ gemessen werden, der dann mit anderen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts in eine Gleichung integriert und anschliessend geschätzt wird. Was sich hingegen als fruchtbar erwiesen hat, sind die Ergebnisse zahlreicher empirischer und historischer Untersuchungen, die versucht haben, die Quellen technologischer Chancen an konkreten Fallbeispielen zu identifizieren. Dabei hat sich gezeigt, dass wichtige Beiträge zum technischen Fortschritt sowohl von marktlichen als auch von aussermarktlichen Organisationen geleistet werden und dass diese Beiträge von einem Wirtschaftszweig zum anderen variieren

Die Frage, ob sich Innovatoren die wirtschaftlichen Erträge aus ihren technischen Innovationen aneignen können (der zweite Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts), ist für sie und für den technischen Fortschritt in einzelnen Märkten von zentraler Bedeutung. Da diese Frage, sie wird in der Literatur unter dem Konzept „appropriability“ (Aneignung) zusammengefasst, aufgrund zahlreicher analytischer und statistischer Probleme nicht direkt beantwortet werden kann (d.h., Aneignung lässt sich nicht direkt statistisch messen), versuchen verschiedene Forscher, sie indirekt und qualitativ zu untersuchen, indem sie die zur Aneignung der Erträge von Innovationen dienenden Mittel im Hinblick auf ihre Wirksamkeit analysieren. Die wichtigsten dieser Mittel sind das Patentwesen, die Geheimhaltung, die Erzielung eines Zeitvorsprungs gegenüber der Konkurrenz, die Erlangung und Sicherung eines Lern- bzw. Kostenvorteils gegenüber der Konkurrenz, Aufbau überragender Verkaufs- und Serviceleistungen und die Erschwerung der Imitation eigener Innovationen durch die Konkurrenz, d.h. die Erhöhung des dafür notwendigen Kosten- und Zeitaufwandes.

Schliesslich spielt auch die Marktnachfrage eine wichtige Rolle für den Erfolg von technischen Innovationen und damit für die Allokation von Ressourcen für innovative Tätigkeiten. Die Nachfragebedingungen sind allerdings, wie die übrigen Einflussfaktoren des technischen Fortschritts auf Branchenebene, von einem Wirtschaftszweig zum anderen sehr verschieden.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass die oben aufgeführten, angebots- und nachfrageseitigen Bedingungen für technische Innovationen in den einzelnen Branchen sehr verschieden sind und dass diese Verschiedenheit der Bedingungen den wichtigsten Erklärungsfaktor für die interindustriellen Unterschiede im technischen Fortschritt und im Wirtschaftswachstum von Branchen darstellt.

### **Teil 3: Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene: Eine empirische Analyse für die Schweizer Industrie**

#### **1 Einführung**

Das Ziel dieses dritten Teils besteht darin, die im theoretischen (zweiten) Teil beschriebenen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts auf Branchenebene anhand schweizerischer Daten empirisch zu untersuchen. Dieses Ziel wurde in zwei Schritte verfolgt: Zunächst wurden diese Bestimmungsfaktoren einzeln dargestellt (deskriptiver Schritt) und anschliessend ökonometrisch geschätzt (analytischer Schritt).

#### **2 Ergebnisse einer Expertenbefragung in der Schweizer Industrie**

##### **2.1 Konzept und Erhebungsmethode der Expertenbefragung**

###### **2.1.1 Inhalt der Befragung**

Eine erste breit angelegte Operationalisierung und Schätzung des oben diskutierten theoretischen Ansatzes erfolgte durch ein Forscherteam an der Yale University, USA (Levin et al. 1983, 1987). Ein detaillierter Fragebogen auf der Grundlage der oben skizzierten Theorie wurde ausgearbeitet und eine Befragung von über 650 Unternehmen in 142 verschiedenen Wirtschaftsarten (business units) in den USA durchgeführt. Der Yale-Fragebogen wurde für die schweizerischen Verhältnisse leicht angepasst und anschliessend für eine schriftliche und mündliche Befragung zu den Bestimmungsfaktoren von F&E in der Schweizer Industrie im Sommer 1988 verwendet. Bei diesem Vorgehen wurde das Ziel verfolgt, die gleiche Datenbasis in der Schweiz zu schaffen, um eine komparative Studie zum Innovationsverhalten schweizerischer und amerikanischer Industrien erstellen zu können<sup>58</sup>. Im Folgenden wird kurz auf Inhalt, Durchführung und Ergebnisse der schriftlichen Befragung in der Schweizer Industrie eingegangen. Ein Vergleich der schweizerischen mit den amerikanischen Ergebnissen erfolgt in einer späteren Publikation.

---

<sup>58</sup> In der Zwischenzeit wurde der Yale-Fragebogen, da er praktisch den "state of the art" in diesem Forschungsbereich darstellt, in zahlreichen OECD-Ländern verwendet. Der Koordinator für Europa ist A. Arundel vom "Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology" (MERIT), für Japan Akira Goto (Hitotsubashi University, Tokyo) und für Kanada F. Gault (Statistics Canada).

Der Fragebogen befasst sich hauptsächlich mit den zwei oben ausführlich beschriebenen angebotsseitigen Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts und setzt sich inhaltlich aus den folgenden Punkten zusammen:

1. Technologische Chancen ("Technological Opportunities")
  - Quellen des technischen Fortschritts
  - Relevanz der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften
  - Relevanz der Hochschulforschung
  - Natur des technischen Fortschritts
  - Tempo und Erwartungen bezüglich des technischen Fortschritts.
2. Aneignung und Sicherung der Ergebnisse von F&E ("Appropriability Conditions")
  - Eingesetzte Mittel zur Sicherung von durch F&E erworbenen Wettbewerbsvorteilen
  - Grenzen der Wirksamkeit von Patenten.
  - Eingesetzte Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz bereits entwickelten technischen Wissens
  - Kosten und Zeit der Imitation

Teil 1 untersucht den Beitrag von verschiedenen Quellen technologischer Chancen zum technischen Fortschritt in einem bestimmten Wirtschaftszweig. Es werden zunächst Fragen nach der Bedeutung des Beitrags von zehn verschiedenen Organisationen zum technischen Fortschritt. Anschliessend werden Fragen nach der Relevanz der Ausbildung in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften, der Hochschulforschung sowie sonstiger Quellen, insbesondere von intraindustriellen Spillover (d.h. unbeabsichtigter Wissens- und Know-how-transfer von F&E-Teams eines Unternehmens an ihre Konkurrenten der gleichen Branche) für den technischen Fortschritt in einem bestimmten Wirtschaftszweig gestellt. Schliesslich werden Fragen bezüglich der Natur und des Tempos des technischen Fortschritts behandelt.

Die Fragen des zweiten Teils beziehen sich a) auf die Wirksamkeit alternativer Mittel zur Sicherung von durch F&E erworbenen Wettbewerbsvorteilen, b) auf die möglichen Gründe einer allenfalls mangelnden Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Produkt- und Prozessinnovationen, c) auf die alternativen Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens (Produkt- und Prozessinnovationen) und schliesslich d) auf die Kosten und die benötigte Zeit für die Imitation von bereits durch die Konkurrenz entwickelten Innovationen. Dabei wird zwischen einem bedeutenden technologischen Durchbruch und laufenden Neuerungen und Verbesserungen von Produkten bzw. Verfahren sowie zwischen patentierten und nicht-patentierten Innovationen unterschieden.

Fragen zur Marktnachfrage (3. Bestimmungsfaktor) wurden in die vorliegende Expertenbefragung deshalb nicht aufgenommen, weil andere Datensätze vorhanden sind (z.B. diejenigen des Bundesamtes für Statistik), mittels denen sie erfasst werden könnte (s. Pkt. 2.3).

### **2.1.2 Auswahl der befragten Branchenexperten**

Zur empirischen Untersuchung der oben aufgeworfenen Fragen wurden im Sommer 1988 eine mündliche und eine schriftliche Expertenbefragung durchgeführt. Die anvisierte Zielgruppe dieser Befragungen 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. Um Missverständnisse und Fehlinterpretationen zu minimieren und die Verlässlichkeit der Antworten zu testen, wurden mehr als zehn Test-Gespräche mit Vertretern aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung geführt (s. Tab. A2-1 u. A2-2 im Anhang).<sup>59</sup> Als Ergebnis dieser Gespräche wurde der Fragebogen nochmals überarbeitet.

Konsistent mit der theoretischen Zielsetzung der vorliegenden Arbeit, die, wie gesagt, darin besteht, den technischen Fortschritt auf der Ebene des Einzelmarktes und nicht des Einzelunternehmens zu analysieren, wurden die befragten F&E-Leiter sowohl als F&E-Leiter einer bestimmten Unternehmung als auch als Experten eines bestimmten Wirtschaftszweiges angesprochen. Damit wurde das Ziel verfolgt, nicht nur unternehmensspezifische, sondern auch die für einen ganzen Wirtschaftszweig typischen Erfahrungen und zentralen Tendenzen identifizieren zu können. Zu diesem Zweck wurden die befragten Experten ausdrücklich gebeten, bei ihren Antworten sowohl ihre firmenspezifischen Erfahrungen als auch ihnen bekannte Erfahrungen anderer Unternehmungen in ihrem Wirtschaftszweig zu berücksichtigen (s. die "Vorbemerkungen" zum Fragebogen, S. 1). Alle im Fragebogen enthaltenen Fragen wurden, wie unten zu lesen ist, dementsprechend formuliert.

Die vorliegende Untersuchung profitierte davon, dass das Bundesamt für Statistik gemeinsam mit dem Schweizerischen Handels- und Industrieverein (Vorort) die 6. Erhebung über F&E in

---

<sup>59</sup> Ich möchte hier den in den Tabellen A2-1 und A2-2 (im Anhang) aufgeführten Personen für ihre Mitarbeit herzlich danken.

---

der schweizerischen Privatwirtschaft im Laufe des Jahres 1987 abgeschlossen hatte, auf die im Sinne einer wertvollen Vorarbeit aufgebaut werden konnte.

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 jedoch nicht identisch mit allen in der Welschschweiz und im Tessin ansässigen Unternehmen. In die Befragung eingeschlossen wurden nämlich Experten von Unternehmen aus diesen Regionen, die über genügend Deutschkenntnisse verfügten. Zudem konnten andere Welschschweizer und Tessiner Unternehmen insofern indirekt berücksichtigt werden, als sie durch Filialen oder Muttergesellschaften - je nach Fall - in der Deutschschweiz vertreten waren, die direkt an der Befragung teilnahmen.

Ein weiteres Problem betraf jene Unternehmen, die in mehreren Sparten F&E betreiben. Bei diesen Unternehmungen wurde nach Möglichkeit für jede einzelne Sparte ein getrennter Fragebogen ausgefüllt und ausgewertet. Bei 18 der befragten Firmen war dies der Fall.

Die Zuteilung der antwortenden Branchenexperten zu den Wirtschaftsarten erfolgte in Einklang mit der Betriebszählung 1985, wie sie in der erwähnten 6. F&E-Erhebung des Vorortes übernommen wurde. Lediglich bei den 18 Fällen, die in mehreren F&E-Sparten tätig sind, wurden nachträgliche Korrekturen gemäss den Angaben der Experten selbst und entsprechend der allgemeinen Systematik der Wirtschaftszweige 1985 (vgl. Bundesamt für Statistik 1985) vorgenommen. Tab. A2-3 im Anhang gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Anzahl und Wirtschaftsart der antwortenden Branchenexperten.

### **2.1.3 An der Befragung teilnehmende Branchenexperten**

Von den 940 befragten Experten haben 358 oder 38 % geantwortet; sie waren in 127 verschiedenen Wirtschaftsarten, wie vom Bundesamt für Statistik definiert, tätig. Zusätzlich

zur schriftlichen Befragung wurden, wie bereits erwähnt, 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 hinausgingen. 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 Klassifikation, 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 s. Tab. 3.1. Mit Hilfe der Daten dieser Tabelle wurde ein sog. Chiquadrat-Anpassungstest durchgeführt, um der Frage nachzugehen, ob die erhaltene Stichprobe für die Grundgesamtheit im Hinblick auf die Branchenstruktur repräsentativ ist<sup>60</sup>. Die Ergebnisse dieses Testes haben ergeben, dass dies der Fall ist.

---

<sup>60</sup> Mit anderen Worten wurde die Frage (Nullhypothese) getestet, ob die Verteilung der Stichprobe derjenigen der Grundgesamtheit ähnelt, d.h. sich ihr "anpasst". Bei einem  $\alpha = 0,01$  als Signifikanzniveau beträgt der kritische Wert  $q_{<9>} = 21,67$ , und der Annahmehereich lautet:  $q < 21,67$ . Da der Wert der Prüfgrösse 21,23 beträgt, kann die Nullhypothese nicht verworfen werden. (Für eine didaktisch gute Darstellung dieses Tests s. Bohley 1992:629ff.)

**Tabelle 3.1: Branchenstruktur der befragten Branchenexperten (n = 358), verglichen mit der Grundgesamtheit (N = 1157), absolut und**

Wirtschaftszweig	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
<b>Total</b>	<b>358</b>	<b>100,0</b>	<b>1157</b>	<b>100,0</b>

Eine weitere wichtige Information über die an der Befragung teilnehmenden Experten ist die F&E-Ausgabenstruktur ihrer Unternehmen. Tab. 3.2 fasst die Ergebnisse für das Jahre 1986 zusammen und zeigt, dass 55 % 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 haben. Diese Zahlen können zudem auch als Indikator für die Betriebsgrössenstruktur der erfassten Unternehmen interpretiert werden.

**Tabelle 3.2: F&E Ausgaben jener Unternehmen, in denen die befragten Branchenexperten beschäftigt sind, in Mio. Fr. (1986)**

F&E-Ausgaben in Mio. Fr.	Stichprobe in %	Grundgesamtheit in %
< 1	55,4	76,7
1 - 2	10,5	8,6
2 - 5	10,5	7,3
5 - 10	7,1	3,1
10 - 50	8,8	3,0
> 50	7,9	1,3
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Anders als in der Frage der branchenmässigen Repräsentativität, ist die vorliegende Stichprobe im Hinblick auf die F&E-Ausgabestruktur bzw. Betriebsgrössenstruktur statistisch nicht repräsentativ<sup>61</sup>. Dabei sind die F&E-Experten aus Firmen mit weniger als einer Million Fr. Forschungsausgaben untervertreten, während die restlichen Experten übervertreten sind. Angesichts der Natur und Komplexität des Fragebogens ist dieses Ergebnis nicht erstaunlich. Dennoch muss diese Tatsache bei der Interpretation der Ergebnisse der Expertenbefragung beachtet werden.

### 2.1.4 Methodische Probleme

Die meisten empirischen Arbeiten in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sind mit methodischen Problemen behaftet. Die vorliegende Arbeit bildet keine Ausnahme. Vier Problemkreise möchte ich in diesem Zusammenhang kurz besprechen.

1. Ein erstes Problem betrifft den Erkenntniswert solcher empirischen Arbeiten. Es wird hier grundsätzlich nach "subjektiven Meinungen" gefragt, wenn auch in der vorliegenden Untersuchung die befragten Personen wissenschaftlich geschulte Experten sind. Ob damit die "Wahrheit" über die untersuchten Fragen gewonnen werden kann, sei dahingestellt. Zudem können subjektive Meinungen über schwer erfassbare (d.h. hier schwer quantifizierbare) qualitative Zusammenhänge nur ungefähr eruiert werden. Die ersten grundsätzlichen Schwierigkeiten beginnen bereits zum einen mit der Umsetzung (bzw. Operationalisierung) der theoretischen Konstrukte und Zusammenhänge (hier der Zusammenhang zwischen den zwei Bestimmungsfaktoren "Aneignung der Erträge aus technischen Innovationen" und "technologische Chancen" und dem technischen Fortschritt) in allgemein verständliche Fragen und zum anderen mit der Art, wie diese Fragen von den Befragten verstanden werden. Diese Probleme seien am besten anhand der Frage I.B. aus dem Fragebogen illustriert: "Patente dienen der Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten bzw. Produktionsverfahren. Wie wirksam sind sie in Ihrem Wirtschaftszweig?" Bei dieser Frage können verschiedene Schwierigkeiten auftauchen. Ist beispielsweise der theoretische Grundgedanke hinter dem Konzept der Aneignung der Erträge aus technischen Innovationen durch die Begriffe "Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten bzw. Produktionsverfahren" gut operationalisiert worden? Versteht ein F&E-Leiter unter dem Konzept "Wettbewerbsvorteile" das gleiche wie ein geschulter Ökonom? Auch das Wort "Wirtschaftszweig" kann sehr unterschiedlich interpretiert werden. Die Gefahr, der befragte Experte beantworte die gestellten Fragen entweder aus der Sicht seiner Unternehmung oder aus der Sicht einer Definition des Wirtschaftszweigs, die anders ist als die hier vom Bundesamt für Statistik übernommene Definition, ist gross.
2. Weitere Probleme hängen mit der verwendeten Bewertungsskala zusammen. Die meisten Antworten werden auf einer Likert 1-7 Punktskala eingetragen. Zum Beispiel wird die Frage nach der Wirksamkeit von Patenten zum Schutz gegen die Imitation von Produkt- bzw. Prozessinnovationen auf einer Skala von "überhaupt nicht wirksam" bis zu "sehr wirksam" beurteilt. Es gibt bei einer solchen Bewertungsskala keinen natürlichen oder objektiven Anker (bzw. Ausgangsbasis). Die befragten Personen können durchaus den gleichen Wissens- und Erfahrungshintergrund haben, aber die Bewertungsskala unterschiedlich handhaben. Dazu trägt auch die Tatsache bei, dass in einem Fragebogen nicht alle für die Beantwortung einer bestimmten Frage relevanten Informationen mitgeliefert werden können. Dies sei am folgenden Beispiel aus dem Fragebogen illustriert: Ob ein

---

<sup>61</sup> Die Ergebnisse des Chiquadrat-Anpassungstests zeigen folgendes: bei einem Signifikanzniveau  $\alpha = 0,01$  beträgt der kritische Wert 9,49. Da die Prüfgrösse 172,15 beträgt, muss die Nullhypothese verworfen werden.

Patent zum Schutz gegen die Imitation von neuen oder verbesserten Produkten wirksam ist oder nicht (Frage I.B., Fragebogen S. 3), hängt z.B. ab von

- der Qualität des Patentes (Stand der Technik, Anspruchsformulierung, Anspruchskategorie, Offenbarung der Erfindung etc.);
- Wille und Möglichkeiten des Patentinhabers, sein Schutzrecht gegen Dritte durchzusetzen;
- der Qualität des Rechtssystems, der urteilenden Richter, der Anwälte und der Experten;
- der Möglichkeit, vorsorgliche Massnahmen zu erhalten (Art. 77-80 PatG);
- der Möglichkeit, die Verletzung nachzuweisen;
- der Höhe und Durchsetzbarkeit von Schadenersatzansprüchen;
- dem Interesse, welches ein Dritter an einer Erfindung hat, bzw. dem Aufwand, den er zu investieren gewillt ist, um das entsprechende Patent zu bekämpfen oder zu umgehen;
- dem evt. vorhandenen psychologischen Abschreckungseffekt auf Dritte usw.

Diese Punkte wurden nicht explizit im Fragebogen angegeben. Jeder antwortende Experte muss diesbezüglich seine eigenen subjektiven Annahmen darüber treffen, wie diese Faktoren sich auf die Wirksamkeit der Patente in seinem Tätigkeitsbereich auswirken. Je nach dem Gewicht, das er diesen Punkten beimisst, kann die Markierung der Zahl 1 (= überhaupt nicht wirksam) oder 7 (= sehr wirksam) bzw. eines Zwischenwerts gerechtfertigt sein. Die Markierung von 7 setzt ein "Optimum" in den aufgeführten Punkten voraus.

Zwei weitere Probleme sind mit einer solchen Skala verbunden; beide betreffen das Problem, ob die im Fragebogen verwendete Bewertungsskala derjenigen der befragten Experten tatsächlich entspricht. Es geht um das in der empirischen Forschung bekannte Problem der "echten" Bewertungsskala zur Messung der subjektiven Einstellung von Befragten zu einer bestimmten Problemstellung. Zum einen stellt sich die Frage, ob die Befragten die verwendete Likert 1-7 Punktskala als linear betrachtet, d.h. ob sie z.B. die Entfernung zwischen der Note 5 und 6 als gleich lang bewertet haben wie diejenige zwischen 6 und 7 oder nicht. Falls dies der Fall ist, dann drängt sich zum anderen die Frage auf, ob alle befragten Experten diese (lineare) Skala gleichermassen gehandhabt, d.h. ob sie sie subjektiv gleich interpretiert und benützt haben. Wissenschaftliche Untersuchungen, die v.a. auf simulierten Daten basiert sind, zeigen, dass die "Diskretisierung" ("discretizing") einer Variablen, deren Ausprägungen selbst symmetrisch verteilt werden können, entlang einer Skala mit einer symmetrischen Verteilung der darauf abgetragenen Punkte, wie dies bei der hier verwendeten 1-7 Punktskala der Fall ist, dem in dieser Skala enthaltenen Informationsgehalt wenig schadet (s. Olsson 1979, Muthen 1983 und 1985 sowie Johnson/Creech 1983).

3. Ein weiteres statistisch-methodisches Problem ist, ob die Antworten auf die im Fragebogen gestellten Fragen in der statistischen Auswertung als intervall- oder ordinalskalierte Daten zu behandeln sind. Die Daten sind an sich ordinalskaliert, und es wäre nahe liegend, sie als solche zu behandeln, wenn wir lediglich an Vergleichen der Expertenantworten im Hinblick auf eine einzige Frage interessiert wären. Da wir aber die Unterschiede in den Antworten der befragten Experten auch in Bezug auf mehrere Fragen untersuchen möchten (sind z.B. Patente wirksamer als Geheimhaltung, um Innovationen gegen Imitation zu schützen?), und zweitens die mit ordinalskalierten

Daten verbundenen statistischen Komplikationen vermeiden möchten, werden wir die Daten als intervallskaliert behandeln.

4. Die Untersuchungseinheit ist - wie gesagt - der Einzelmarkt für Produkt- und Prozessinnovationen. Das Problem, das sich hier stellt, ist, ob die Kategorie "Wirtschaftsart", wie sie das Bundesamt für Statistik definiert, das richtige Aggregationsniveau ist, um diese Märkte empirisch adäquat zu analysieren. Die Klassifikation des Bundesamtes für Statistik ist erstens primär für Produkt-, und nicht für Technologiemarkte gedacht. Zweitens ist sie nicht stark genug disaggregiert, um eine feinere Analyse von einigermaßen homogenen Märkten zu ermöglichen. Dass wir trotzdem diese Aggregationsebene gewählt haben, hängt damit zusammen, dass es eine tiefere Aggregationsebene als die WART-Ebene, wie sie in amerikanischen und in anderen internationalen Statistiken vorhanden ist, in der Schweiz nicht gibt. Ferner ist die vorliegende Untersuchung auf weitere Daten des Bundesamtes für Statistik angewiesen, die nur auf dieser Aggregationsebene verfügbar sind. Mit diesem Vorgehen wird schliesslich die Vertraulichkeit der Antworten einzelner Experten nicht verletzt.
5. Ein letztes Problem betrifft sowohl die Heterogenität der Antworten der Branchenexperten von der gleichen Wirtschaftsart als auch diejenige zwischen verschiedenen Wirtschaftsarten. Theoretisch ist es sehr wünschenswert, dass die Daten Unterschiede zwischen den Wirtschaftsarten im Hinblick auf alle Fragen (im Idealfall!) aufweisen. Denn es ist das explizite Erkenntnisinteresse der vorliegenden Untersuchung, interindustrielle Unterschiede bezüglich der Determinanten des technischen Fortschritts aufzuzeigen. Ein erster statistischer Test (Varianzanalyse) zeigt zwar, dass die Antworten auf zahlreiche wichtige Fragen (ca. 40 % aller Fragen) von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden sind, dass jedoch dieser "niedrige" Prozentsatz unter den theoretischen Erwartungen liegt. Ferner zeigen die Daten, dass es auch intraindustrielle Unterschiede - d.h. innerhalb der gleichen Wirtschaftsart - in den Antworten gibt, was analytisch problematisch ist (dies zeigt sich statistisch an den Standardabweichungen bzw. Varianzen der Antworten aus einer bestimmten Wirtschaftsart). Diese Heterogenität der Daten und der damit zugrunde liegenden Vielfalt von Struktur- und Verhaltensparametern der untersuchten Wirtschaftseinheiten macht die Formulierung allgemein testbarer Hypothesen - zumindest auf der Ebene von Wirtschaftsarten - schwer. Auf die möglichen Gründe dieser beiden Phänomene - "zu grosse" Streuung der Antworten innerhalb der gleichen Wirtschaftsart und "zu kleine" Streuung derselben zwischen den Wirtschaftsarten - wird im Folgenden eingegangen. Zusätzlich zu den unter den Punkten 1-4 aufgeführten Gründen stecken folgende Faktoren hinter den intraindustriellen Unterschieden der Antworten der befragten Experten:
  - a) Erstens könnte die Kategorie "Wirtschaftsart" im Hinblick auf die in der jeweiligen Wirtschaftsart gruppierten Produkte und für ihre Herstellung verwendeten Technologien objektiv zu heterogen sein. Zum Beispiel werden zwei Unternehmen, die zwar beide unter der Wirtschaftsart "3514" (= Herstellung von Maschinen und Präzisionswerkzeugen) klassifiziert sind, jeweils jedoch unterschiedliche Produkte innerhalb dieser Wirtschaftsart herstellen und dabei unterschiedliche Verfahrenstechnologien verwenden, auf die gestellten Fragen abweichende Antworten abgeben.

- b) Eine zweite Quelle für die intraindustrielle Heterogenität der Antworten ist die möglicherweise unterschiedliche Wahrnehmung ihrer gemeinsamen technologischen Umwelt durch Experten der gleichen Wirtschaftsart (s. oben).
- c) Eine dritte, wahrscheinlich wichtigste Ursache, ist die subjektive Natur der im Fragebogen verwendeten Bewertungsskala (s. oben).

Vor dem Hintergrund dieser methodischen Probleme müssen die im Folgenden aufgeführten Ergebnisse mit entsprechender Vorsicht zur Kenntnis genommen werden.

## **2.2 Ergebnisse der Befragung**

### **2.2.1 Technologische Chancen**

Im Folgenden wird der erste angebotsseitige Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts, nämlich die Frage nach den technologischen Chancen, anhand schweizerischer Daten empirisch untersucht. Dabei soll dies nicht nur generell für die gesamte Industrie, sondern auch im Hinblick auf interindustrielle Unterschiede betrachtet werden.

#### **2.2.1.1 Allgemeine Quellen technologischer Chancen**

Tabelle 3.3 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. Materiallieferanten
3. Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion
4. Lieferanten von Ausrüstungsgütern für F&E
5. Benutzer 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)." (Fragebogen S. 18)

Die Bewertungsskala ist 1-7 (1 = kein Beitrag; 4 = mittelmässige Beiträge; 7 = sehr wichtige Beiträge). Die ersten zwei Kolonnen von Tab.3.3 geben die ungewichteten Mittelwerte der Antwortnoten der befragten Experten sowie den Standardfehler der Abweichung (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 % linksliegende (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<sup>62</sup>:

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 ihrer Branche 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 Benutzer der Produkte und an dritter Stelle die Lieferanten von Einsatzmaterial und Ausrüstungsgütern für die Produktion.

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

---

<sup>62</sup> Bei der Interpretation dieser Ergebnisse ist es wichtig nochmals darauf hinzuweisen, dass hier Fragen nach den Quellen des technischen Fortschritts, verstanden als Anwendung und Markteinführung von neuen technischen Ideen in Form von Produkt- und Prozessinnovationen, und nicht nach den Quellen dieser neuen technischen Ideen selbst gestellt werden. Für die eigentliche Geburt neuer technischer Ideen gibt es andere Quellen, die hier nicht primär im Vordergrund stehen (mehr dazu s. Teil 1, Pkt. 3).

**Tabelle 3.3: 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. Benutzer 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 sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden (Signifikanzniveau: 0,05)

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

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

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 in den verschiedenen Wirtschaftszweigen. Statistische Tests (z. B. Varianzanalyse) zeigen, dass sich die Beiträge der Materiallieferanten, der Hochschulforschung und der Berufs- und Fachverbände von einer Wirtschaftsart zur anderen statistisch signifikant unterscheiden (Signifikanzniveau von 0,05). In den übrigen Fällen bestehen zwar auch interindustrielle Unterschiede, sie sind jedoch nicht statistisch signifikant. Diese Zusammenhänge sollen nun im Folgenden genauer für alle marktlichen und aussermarktlichen Organisationen untersucht werden.

#### 2.2.1.1.1 Beitrag marktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt

Der Beitrag der Firmen innerhalb einer bestimmten Branche (auch in- und ausländische Konkurrenz) zum technischen Fortschritt ihrer Branche wird von den befragten Experten in allen zehn in Tab. 3.4 aufgeführten Wirtschaftszweigen als wichtig erachtet: Eine durchschnittliche Note von mindestens 4 wird erteilt. Vor allem in den Industriezweigen Nahrungsmittel, Elektro, Bauwesen und Chemie ist dieser Beitrag überdurchschnittlich wichtig; in den anderen Industriezweigen 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 (s. unten), kommen.

Auch bezüglich des Beitrags der Benutzer der Produkte einer bestimmten Wirtschaftsart zum technischen Fortschritt ihrer Wirtschaftsart gibt es interindustrielle Unterschiede, auch wenn diese nicht statistisch signifikant sind. Überdurchschnittlich wichtig ist dieser Beitrag in der chemischen, Maschinen- und Metall-, Elektro-, Kunststoff- und Papierindustrie. Unter den unterdurchschnittlichen Noten fallen v.a. jene des Bauwesens und der Textil- und Bekleidungsindustrie auf: Beide Noten liegen 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 einem Wirtschaftszweig zum anderen. 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 Industriezweigen, 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. 3.4, 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 durchschnittliche Urteil nur der Elektro- und Nahrungsmittelindustrie und in den privaten Forschungslabors. In den übrigen Industriezweigen, v.a. in der Uhrenindustrie, ist der Beitrag dieser Lieferanten sehr klein.

**Tabelle 3.4: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von marktlichen Organisationen zum technischen Fortschritt (1 = kein Beitrag; 7 = sehr wichtige Beiträge**

Wirtschaftszweig	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
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>5,02</b>	<b>4,46</b>	<b>4,45</b>	<b>3,84</b>	<b>4,85</b>

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 Benutzern der Produkte zum technischen Fortschritt

#### 2.2.1.1.2 Beitrag aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt

Der Beitrag aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige wird insgesamt, wie bereits erwähnt, als gering, jedenfalls geringer als jener profitorientierter Organisationen beurteilt. Von allen hier berücksichtigten Organisationen wird einzig der Beitrag der Hochschulforschung als mittelmässig erachtet (die durchschnittliche Note ist ungefähr 4), während derjenige der anderen als wesentlich kleiner angesehen wird (die durchschnittliche Note ist weit unter 4). Analog zu den bereits erwähnten Quellen des technischen Fortschritts bestehen auch hier interindustrielle Unterschiede, wie dies zahlenmässig aus Tab. 3.5 zu entnehmen ist. Daraus sind folgende Punkte erkennbar:

- Der Beitrag der Hochschulforschung zum technischen Fortschritt wird in vier (von zehn) Wirtschaftszweigen als mittelmässig beurteilt: In der Nahrungsmittelindustrie, in der Chemie, in den privaten Forschungslabors 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 private Forschungslabors - 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 irgendwie wichtig gehalten.

**Tabelle 3.5: Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen usw.) von aussermarktlichen Organisationen zum technischen F (1 = kein Beitrag; 7 = sehr wichtige Beiträge)**

Wirtschaftszweig	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
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>3,60</b>	<b>2,90</b>	<b>2,17</b>	<b>3,09</b>	<b>2,71</b>

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

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 die Bedeutung dieser Beiträge von einem Wirtschaftszweig zum anderen variiert. Dazu gibt Tab. 3.6 zusammenfassend die zwei wichtigsten Quellen technologischer Chancen pro Wirtschaftszweig an. Dieser Befund entspricht der Erwartung, dass in einer marktwirtschaftlich organisierten Volkswirtschaft die Marktkräfte den wichtigsten Beitrag zur Entwicklung und Kommerzialisierung ihrer Produkt- und Prozessinnovationen leisten.

**Tabelle 3.6: Liste der zwei wichtigsten Quellen für den technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen**

Wirtschaftszweig	1. Quelle	2. Quelle
Maschinen- und Metallindustrie	Produktbenutzer	Konkurrenz
Elektroindustrie	Konkurrenz	Produktbenutzer
Chemische Industrie	Produktbenutzer	Konkurrenz
Uhrenindustrie	Produktbenutzer	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	Produktbenutzer
Private Forschungslabors	Produktbenutzer	Konkurrenz

### 2.2.1.2 Industrieinterne Quellen technologischer Chancen

Wie bereits oben empirisch gezeigt wurde, tragen Unternehmen innerhalb der gleichen Branche zum technischen Fortschritt ihrer Branche am meisten bei<sup>63</sup>. Zur empirischen Beleuchtung eines wichtigen Teilaspekts dieses Phänomens, desjenigen intraindustrieller Spillovers (s. Pkt. 2.1.1.2), wurde 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. Produkte erwerben und bezüglich der angewandten Produktionsverfahren analysieren ("reverse engineering")
7. Erwerb des Wissensstandes der Konkurrenz durch eigenständige F&E" (Fragebogen S. 6f.)

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. 3.7). Diese ist somit nicht nur als ein wichtiges Mittel zur Entwicklung eigener Produkt- und Prozessinnovationen von zentraler Bedeutung, sondern auch zur Beobachtung der Konkurrenz und zur Absorption neuester technischer Marktkenntnisse. Es wird hier bestätigt, was die zwei Innovationsforscher Cohen und Levinthal (1989) die "two faces of R&D: Innovation and Learning" nannten, oder auch was die Praktiker Heller und L'Eplattenier (Ciba-Geigy) in einem Beitrag zu diesem Thema 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

---

<sup>63</sup> Die Kategorie "Branche" umfasst hier nur die Anbieter des gleichen Endprodukts: Es ist uns jedoch bewusst, dass Vormaterial-Lieferanten in bestimmten Branchen, z.B. in der Chemie, häufig Mitglieder derselben Branche sind.

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).

Als zweitwichtigste Lernmethode wird bei Produktinnovationen das sog. "reverse engineering" (Produkte erwerben und analysieren) und bei Prozessinnovationen die Auswertung von Publikationen und Fachtagungen beurteilt. Ausserdem scheint "reverse engineering" zum Erwerb des technischen Wissens für Produktinnovationen wirksamer zu sein als für Prozessinnovationen. Die Auswertung von Publikationen und Fachtagungen als Mittel zum Erwerb des technischen Wissensstandes scheint hingegen für Prozessinnovationen wirksamer zu sein als für Produktinnovationen.

Als mittelmässig wirksam werden hingegen Lernmethoden beurteilt, die auf zwischenmenschlicher Kommunikation basieren (die Bewertungsnote ist ca. 4). Diese sind: 1. Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen; 2. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden und 3. "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz. Dabei wird insbesondere das "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz nicht besonders hoch bewertet.

Auch als mittelmässig wirksam bis unwirksam werden jene Lernmethoden bewertet, die entweder mit Patenten oder sonst mit dem Patentamt in Verbindung stehen. Dieses Ergebnis ist jedoch mit einem unten erzielten Ergebnis zur relativen Unwirksamkeit von Patenten als Mittel zur Protektion technischer Innovationen durchaus konsistent (Pkt. 2.2.2). Dass Unternehmen und andere Organisationen nicht immer durch Lizenzverträge ein von der Konkurrenz neu erlangtes 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 eher überraschend. Das BAGE bietet nämlich in Bezug auf Informationen und Dokumentationen in Patentsachen Dienstleistungen z.T. kostenlos an: "Einerseits kann sich das Publikum im Lesesaal des BAGE unentgeltlich über den Stand der Technik informieren. Etwa 6 Millionen Patentschriften der wichtigsten Industrieländer sind dort nach Sachgebieten geordnet. (Zentrale Patentschriftensammlung ZPS). 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 1991:5). Die fehlende bzw. mangelnde Benützung von Patenten als Informationsquelle ist allerdings kein spezifisch helvetisches, sondern ein allgemeines Phänomen, wie im folgenden von Brändli (Präsident des Europäischen Patentamts) betont wird: "About 90 % of all man's technical know-how is contained in patent documents. Unfortunately, this rich store is still used exclusively for patent grant purposes. Industry and research make far too little use of it. It is estimated that about 30 % of all R&D investment could be saved if the prior art information available in patent documentation were used systematically. The vast amount of money saved could then be put to better use." (Brändli 1993:4f.)

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 in verschiedenen Wirtschaftszweigen unterschiedlich beantwortet. Statistische Tests (z.B. Varianzanalyse) haben ergeben, dass im Falle der Methoden 1, 6 und 7 statistisch signifikante Unterschiede bestehen (Tab. 3.7). Im Falle der anderen Lernmethoden sind die Unterschiede zwar nicht statistisch signifikant, aber doch industrieökonomisch relevant.

**Tabelle 3.7: Wirksamkeit alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens** (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 und öffentliche 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 ("reverse 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% links- (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)

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

Ein erstes Beispiel, bei dem quantitativ signifikante interindustrielle Unterschiede in den Antworten der befragten Experten vorliegen, ist die Frage, ob durch Lizenzierung der betreffenden Technologie ein Unternehmen von der Konkurrenz entwickeltes technisches Wissen (über Produkt- bzw. Prozessinnovation) erwerben kann. Wie aus Tab. 3.8 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 Industriezweigen mittelmässig 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- Metall- und Elektroindustrie sowie in den privaten Forschungslabors eine, wenn auch nur mittelmässig wirksame Informationsquelle über den Stand der Technik darstellen.

**Tabelle 3.8: Wirksamkeit von Lizenzierungen und Patentoffenlegungen als Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam). Wirtschaftsarten (n=127)**

Wirtschaftszweig	T1F1		T1F2	
	AM*	S**	AM*	S**
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
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>3,93</b>	<b>1,6</b>	<b>3,54</b>	<b>1,4</b>

T1F1: Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie

T1F2: Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt

\* Arithmetisches Mittel \*\* Standardabweichung

Was die branchenspezifische Wirksamkeit von auf zwischenmenschlicher Kommunikation basierenden Kanälen zum Erwerb des von der Konkurrenz erlangten technischen Wissens anbelangt, so werden aus Tab. 3.9 folgende Muster erkennbar:

- Das Mittel, Wissen durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen zu erwerben, wird mit Ausnahme des Bauwesens in allen untersuchten Wirtschaftszweigen als mittelmässig wirksam bis wirksam beurteilt. Vor allem in den Industriezweigen "private Forschungslabors", "technische Dienstleistungen", "Nahrungsmittel" und "Uhrenindustrie" wird es als überdurchschnittlich wirksam betrachtet.
- Das Mittel, Wissen durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen zu erwerben, in denen neue Produkte entwickelt werden, wird nur von Experten der chemischen und der Uhrenindustrie als relativ 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 überraschende Ergebnis könnte vermutlich darin liegen, dass die Befragten zwar dieses Mittel per se als wirksam beurteilen, aber es nur selten in Betracht ziehen (wegen traditioneller und spezieller 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.

**Tabelle 3.9: Wirksamkeit von auf zwischenmenschlicher Kommunikation basierenden Mitteln zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam), Wirtschaftsarten (n=127)**

Wirtschaftszweig	T1F3		T1F4		T1F5	
	AM*	S**	AM*	S**	AM*	S**
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
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>4,50</b>	<b>1,3</b>	<b>4,30</b>	<b>1,4</b>	<b>3,70</b>	<b>1,6</b>

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

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Standardabweichung

Abschliessend sollen auch die interindustriellen Unterschiede bezüglich der Mittel "reverse engineering" (Produkte erwerben und analysieren) und "eigenständige F&E" erläutert werden. Im Hinblick auf das erstgenannte Mittel zeigt Tab. 3.10, dass es v.a. in den drei Wirtschaftszweigen Chemie, technische Dienstleistungen und private Forschungslabors als relativ unwirksam gilt, während es in den übrigen Industriezweigen, insbesondere in der Uhren- und Nahrungsmittelindustrie, als überdurchschnittlich wirksam angesehen wird.

**Tabelle 3.10: Wirksamkeit von "reverse engineering" als Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam), Wirtschaftsarten (n=127)**

Wirtschaftszweig	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
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>4,20</b>	<b>1,6</b>	<b>4,60</b>	<b>1,6</b>

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Standardabweichung

Demgegenüber zeigen sich die branchenspezifischen Unterschiede in Bezug auf die Wirksamkeit eigenständiger F&E als Mittel zum Erwerb des technischen Wissensstandes der Konkurrenz als viel weniger ausgeprägt: Mit Ausnahme der Textil- und Bekleidungsindustrie wird sie überall als ein wirksames Mittel angesehen, die technologischen Trends auf dem Markt zu beobachten und zu absorbieren (Tab. 3.11).

**Tabelle 3.11: Wirksamkeit eigenständiger F&E als Mittel zum Erwerb des technischen Wissensstandes der Konkurrenz per Prozess- bzw. (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam), Wirtschaftsarten (n=127)**

Wirtschaftszweig	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
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>5,2</b>	<b>1,4</b>	<b>5,3</b>	<b>1,4</b>

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Standardabweichung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es verschiedene Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz erlangten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen gibt und dass ihre Wirksamkeit von einem Wirtschaftszweig zum anderen variiert. Dabei haben sich, wie aus Tab. 3.12 zu entnehmen, v.a. die "eigenständige F&E" und das "reverse engineering" als die zwei wirksamsten Kanäle erwiesen.

**Tabelle 3.12: Liste der zwei wichtigsten Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens per Produktinnovationen**

Wirtschaftszweig	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

Bisher wurden die unterschiedlichen Mittel, mit denen Unternehmen ein von der Konkurrenz entwickeltes technisches Wissen über neue oder verbesserte Produkte bzw. Verfahren

erwerben können, 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 die Korrelations-, Hauptkomponenten- und Clusteranalyse angewandt.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse werden in den Tab. 3.13 und 3.14 zusammengefasst und informieren über die Korrelation zwischen den Antworten auf die Fragen zur Wirksamkeit der sieben verschiedenen Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz erlangten 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 bei Produkt- als auch bei Prozessinnovationen besteht eine statistisch signifikante Korrelation zwischen den beiden ersten Lernmethoden (Variablen IF1 und IF2). Dies bedeutet, dass lizenznehmende Unternehmen sich über die betreffende Technologie auch mittels der beim Patentamt offen gelegten 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 IF3, IF4 und IF5.
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 zweifache Funktion von F&E hinweist. Auch wenn Unternehmen ihre eigenen Produkt- und Prozessinnovationen nicht selbst entwickeln, brauchen Sie ihre F&E-Abteilungen, um den Markt zu beobachten und von der Konkurrenz zu lernen.

**Tabelle 3.13: Korrelationsmatrix alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens per Produkt** 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 und öffentliche 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 von 0 verschieden auf dem 0,01-Niveau

**Tabelle 3.14: Korrelationsmatrix alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens per Prozess.** 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 und öffentliche Fachtagungen	0,12/ 0,09	0,30*/1,00 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*/0,27*/1,00/ 0,26*0,32* 1,00		1,00			
IF.5 "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz	0,27*/ 0,17	0,17*/0,06/ 0,170,10	0,34*/ 0,27*	1,00/ 1,00			
IF.6 Produkt erwerben und analysiere ("reverse engineering")	0,03/ - 0,05	0,14*0,14/ 0,200,27*	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	0,01/0,02/ 0,060,20	0,07/ 0,07	- 0,01/ 0,05	0,14/ 0,23*	1,00/ 1,00	

\* signifikant von 0 verschieden auf dem 0,01-Niveau

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 der Clusteranalyse weiter untersucht.

**Tabelle 3.15: Hauptkomponentenanalyse der alternativen Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens, 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		
<b>Neue Verfahren</b>						
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 und öffentliche 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 eigenständige F&E	- 0,04	0,09	0,89	0,07	0,05	0,89
<b>Erklärte kumulative Varianz</b>	<b>0,25</b>	<b>0,45</b>	<b>0,61</b>	-	-	-
<b>Neue Produkte</b>						
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 und öffentliche 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 eigenständige F&E	0,14	0,09	0,90	0,10	0,09	0,92
<b>Erklärte kumulative Varianz</b>	<b>0,27</b>	<b>0,49</b>	<b>0,64</b>	<b>0,24</b>	<b>0,43</b>	<b>0,57</b>

Die Hauptkomponentenanalyse transformiert generell einen gegebenen Satz von Variablen (hier: die sieben Lernmethoden) in einen neuen Satz von zusammengesetzten Variablen bzw. Hauptkomponenten, die wechselseitig orthogonal (d.h. nicht korreliert) sind.<sup>64</sup> Die auf der (Wirtschaftsart) WART-Ebene erzielten Resultate der Hauptkomponentenanalyse werden in Tab. 3.15 zusammengefasst. Die ersten drei Kolonnen zeigen die den drei Hauptkomponenten zugewiesenen Koeffizienten (Faktorladungen), und zwar dann, wenn die Fragen zur

Wirksamkeit der 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. Dabei sind die dort angegebenen Faktorladungen in beiden Fällen identisch mit standardisierten Regressionskoeffizienten zur Vorhersage der Variablen aus den Hauptkomponenten wie auch mit den Korrelationen zwischen Variablen und Hauptkomponenten. In beiden Fällen zeigen die Ergebnisse, die sieben Lernmethoden könnten auf drei Dimensionen (Hauptkomponenten) reduziert werden.

Die erste Hauptkomponente wird primär aus den auf interpersoneller Kommunikation basierenden Lernmethoden sowie aus dem "reverse engineering" extrahiert; v.a. die Mittel 4, 5 und 6 sind dabei zentral. Die zweite und dritte Hauptkomponente sind auch eindeutig interpretierbar: Die eine beruht auf 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 wird.

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 wurde die explorative Analyse dieser Resultate auch mittels der Clusteranalyse weitergeführt.

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 disjunkte Klassen (Cluster) auf<sup>65</sup>. Wie aus Tab. 3.16 ersichtlich ist, ergeben sich für Produkt- und für Prozessinnovationen drei Cluster. Bei

---

<sup>64</sup> Die konkrete Implementierung erfolgte hier mit der SAS-Prozedur "Proc Factor" (Methodenoption: "Principal" (Hauptkomponenten-Lösung); Rotationsoption: Varimaxrotation (sie zielt auf "Faktorvereinfachung")), vgl. SAS User's Guide: Statistics, Version 5, 1985:335-376).

<sup>65</sup> Die dabei verwendete Prozedur wird im SAS-System "FASTCLUS" bezeichnet. Es handelt sich dabei um ein nicht-hierarchisches Verfahren zur Bestimmung disjunkter Cluster auf der Basis euklidischer Distanzen: Die Beobachtungen (hier die Wirtschaftsarten) werden auf die Cluster in der Weise aufgeteilt, dass jede Beobachtung zu einem und nur zu diesem einen Cluster gehört (vgl. SAS User's Guide: Statistics, Version 5, 1985:377-402).

Prozessinnovationen sind im ersten Cluster fast alle Lernmethoden nicht besonders wirksam; Unternehmen in diesem Cluster verlassen sich vorwiegend auf die 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 im zweiten Cluster.

Bei 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 erlangten 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 von der Konkurrenz erarbeitetes technisches Wissen über Produktinnovationen zu erwerben. Schliesslich unterscheidet sich der dritte Cluster kaum von demjenigen bei Prozessinnovationen.

**Tabelle 3.16: Cluster von Wirtschaftsarten aufgrund der Wirksamkeit alternativer Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz entwickelten technischen Wissens**

	CLUSTER-NUMMER		
	1	2	3
<b>Neue Verfahren</b>			
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
<b>Neue Produkte</b>			
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 der Konkurrenz	3,09	5,19	4,28
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

### 2.2.1.3 Beitrag der Wissenschaft zum technischen Fortschritt

Eine weitere Quelle des technischen Fortschritts, die hier wegen ihrer Bedeutung ausführlich und separat behandelt wird, ist die Wissenschaft<sup>66</sup>. Dabei wird ihr Beitrag zur Entwicklung technischer Innovationen auf zwei Ebenen untersucht. Die erste Ebene betrifft die Ausbildung in wissenschaftlichen Fächern und die zweite die Hochschul-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.

<sup>66</sup> Um Missverständnisse zu vermeiden, sei nochmals daran erinnert, dass es hier nicht um die Quellen des allgemeinen wissenschaftlichen Fortschritts, sondern um diejenigen des technischen Fortschritts, wie in Teil 1 Pkt. 3 definiert, geht. Nicht die Relevanz der Wissenschaft schlechthin wird beurteilt, sondern lediglich ihre Relevanz für die Entwicklung von technischen Innovationen der hier untersuchten Wirtschaftszweige.

### **2.2.1.3.1 Relevanz der Ausbildung in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt**

Zur empirischen Untersuchung der ersten Ebene wurde 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. Werkstoffwissenschaft
  - e. Medizinwissenschaft
  - f. Chemie (Anwendungen)
  - g. Elektrotechnik
  - h. Maschinenbau
  - i. Andere (spezifizieren)" (Fragebogen S. 14)

Bewertungsgrundlage bildete wiederum eine 7-stufige Skala, wobei der Wert 1 der Wertung "nicht relevant", der Wert 4 "einigermaßen relevant" und der Wert 7 "sehr relevant" entsprechen. Die Antworten auf diese Frage sind in den Tab. 3.17 und 3.18 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. 3.17). Mehr als 50 % der befragten Experten gaben den Grundlagen der Informatik und etwa 40 % gaben der Physik und Chemie eine Note von mindestens 5 (Tab. 3.18). Die restlichen Fächer werden hingegen (im Durchschnitt) als irrelevant eingestuft.

Insgesamt wird die Relevanz der angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige als grösser betrachtet 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 im Durchschnitt als nicht relevant angesehen (Tab. 3.17 und 3.18).

**Tabelle 3.17: Relevanz der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftsarten** (1 = nicht relevant; 7 = sehr relevant)

	Arithmetisches Mittel		Q1(25%) - Q3(75%)
<b>1. Grundlagenwissenschaften</b>			
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
<b>2. Angewandte Wissenschaften</b>			
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% links- (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)

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

**Tabelle 3.18: Anzahl Branchenexperten, die einem bestimmten Gebiet der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften eine Note von mindestens 5** (1=nicht relevant für den eigenen technischen Fortschritt; 7=sehr relevant für den eigenen technischen Fortschritt), **in %**

	Ausbildung	Forschung
<b>1. Grundlagenwissenschaften</b>		
a. Biologie	19,6	8,6
b. Chemie (Grundlagen)	37,1	10,5
c. Geologie	3,5	1,7
d. Mathematik	23,1	7,9
e. Physik	42,9	18,4
f. Informatik (Grundlagen)	50,9	31,5
<b>2. Angewandte Wissenschaften</b>		
a. Agronomie	10,2	7,4
b. Angewandte Mathematik und Operations Research	29,0	11,2
c. Informatik (Anwendungen)	68,2	40,6
d. Werkstoffwissenschaft	65,5	27,0
e. Medizinwissenschaft	11,7	8,2
f. Chemie (Anwendungen)	48,9	16,9
g. Elektrotechnik	60,4	26,8
h. Maschinenbau	58,0	24,8

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 erfragten Gebiete der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften sind die gleichen wie oben (Fragebogen S. 15). Als Grundlage für die Bewertung diente den Experten die folgende Skala: 1 = Relevanz abgenommen; 4 = Relevanz gleich geblieben; 7 = Relevanz zugenommen.

Wie aus Tab. 3.19 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 gleich geblieben ist

Bei den angewandten Wissenschaften hat die Relevanz zahlreicher Disziplinen zugenommen: Angewandte Informatik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik und Maschinenbau haben für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige an Bedeutung gewonnen.

**Tabelle 3.19: Veränderung der Relevanz der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt der befragten (1 = Relevanz abgenommen; 4 = Relevanz gleich geblieben; 7 = Relevanz zugenommen)**

	Arithmetisches Mittel	Q1(25%)-Q3(75%)
<b>1. Grundlagenwissenschaften</b>		
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
<b>2. Angewandte Wissenschaften</b>			
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 - 6,50
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% links- (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)

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

Es liegt in der Natur technischer Innovationen und der sie tragenden Unternehmen und Märkte, dass die Relevanz einzelner Wissenschaften für verschiedene Unternehmen und Wirtschaftszweige unterschiedlich ist. Diese Tatsache wird auch hier von den durchgeführten statistischen Tests bestätigt, die zeigen, dass die Antworten zur Relevanz der meisten Wissenschaftsgebiete von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart statistisch signifikant verschieden sind (Tab.3.17 und 3.19). Um diese Frage noch präziser zu analysieren, wurden für alle Wissenschaftsgebiete zwei Indikatoren konstruiert. Der eine 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 mindestens 5 erhalten haben. Dieser Indikator misst sozusagen die wissenschaftliche Tiefe eines bestimmten Wirtschaftszweiges. Da insgesamt 14 Gebiete erfragt wurden, ist der Wertebereich dieses Indikators  $\{0, 14\}$ . Der andere Indikator wird "Wissenschaftsbasis eines Wirtschaftszweiges" (kurz: WI-BASIS) genannt; er steht für die Relevanz der gesamten wissenschaftlichen Ausbildung für den technischen Fortschritt eines bestimmten Wirtschaftszweigs und misst damit dessen wissenschaftliche Breite. Operationell wird er definiert als die Summe der Antwortnoten der 14 Teilfragen der zu Beginn dieses Abschnitts gestellten Frage (Frage III.A im Fragebogen S. 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. 3.20 zusammengestellt. Danach lassen sich bezüglich des ersten Indikators folgende Bemerkungen machen: 1. von den 14 aufgeführten Gebieten der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften erweisen sich im Durchschnitt fünf Gebiete als die wissenschaftlichen Kerngebiete, welche 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- und Kunststoff/Papierindustrie; 3. alle anderen Wirtschaftszweige, v.a. die Textil- und Bekleidungsindustrie, weisen niedrigere Zahlen auf.

Die Resultate zum zweiten Indikator zeigen, dass die Wissenschaft in der Uhrenindustrie, der Elektroindustrie und den technischen Dienstleistungen überdurchschnittlich relevant ist; in allen anderen Wirtschaftszweigen ist sie hingegen unterdurchschnittlich wichtig.

**Tabelle 3.20: Relevanz der Wissenschaft insgesamt für den technischen Fortschritt in 10 Wirtschaftszweigen**

<b>Wirtschaftszweig</b>	<b>X-Gebiete</b>		<b>WIBASIS</b>	
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)
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>4,75</b>	<b>(2,78)</b>	<b>46,00</b>	<b>(15,20)</b>

X-Gebiete: Anzahl jener Gebiete der Grundlagen- und der angewandten Wissenschaften, die von den befragten Experten eine Note von mindestens 5 erhalten haben; Minimum = 0; Maximum = 14  
 WIBASIS: Summe der Antworten der 14 Teilfragen der Frage III.A (Fragebogen S. 14); Minimum = 7; Maximum = 98

### 2.2.1.3.2 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)" (Fragebogen S. 16-17)

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

Konsistent mit den Ergebnissen in Abschnitt 2.2.1.1.2 wird die Relevanz der Hochschulforschung für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige generell als nicht besonders gross angesehen. Darüber hinaus wird die Hochschulforschung in den erfragten Wissenschaftsgebieten als weniger relevant als die Ausbildung in den gleichen Gebieten angesehen. Wie aus Tab. 3.18 ersichtlich ist, gibt es einen höheren Prozentsatz von Experten, die der Ausbildung in einem Gebiet der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften eine Note von mindestens 5 zuteilen, als solche, die bereit sind, der Forschung im jeweils gleichen Gebiet die gleiche Note zu geben.

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. 3.21).

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 3.22).

Wie bei den Ergebnissen zum Beitrag der Ausbildung in wissenschaftlichen Disziplinen zum technischen Fortschritt variieren auch hier die Antworten von einem Wirtschaftszweig zum anderen und sind in den meisten Fällen (statistisch signifikant) verschieden (Tab. 3.21 und 3.22).

**Tabelle 3.21: Relevanz der Hochschulforschung in den Grundlagen- und angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt der** (1 = nicht relevant; 4 = einigermaßen relevant; 7 = sehr relevant)

	Arithmetisches Mittel		Q1(25%) - Q3(75%)
<b>1. Grundlagenwissenschaften</b>			
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
<b>2. Angewandte Wissenschaften</b>			
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% links- (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)

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

**Tabelle 3.22: Relevanz der Hochschulforschung in den Ingenieurwissenschaften für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirts** (1 = nicht relevant; 4 = einigermaßen relevant; 7 = sehr relevant)

	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% links- (und 75% rechtsliegende) Werte zerteilt)

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

### 2.2.2 Aneignung der Erträge von Innovationen

Das Ziel dieses Abschnitts besteht darin, den zweiten angebotsseitigen Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts, nämlich die Frage nach der Aneignung der Erträge aus technischen Innovationen, anhand schweizerischer Daten empirisch zu untersuchen. Konkret wird gefragt, erstens, wie wirksam die alternativen Mittel zur Erlangung und Sicherung der Wettbewerbsvorteile aus technischen Innovationen generell sind, und zweitens, ob es interindustrielle Unterschiede bezüglich ihrer Wirksamkeit gibt.

Dazu fasst Tab. 3.23 die Ergebnisse der Expertenbefragung zur folgenden Frage zusammen: "Die folgenden Mittel 1 - 6 dienen der Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten. Wie wirksam sind die einzelnen Mittel in Ihrem Wirtschaftszweig?"

1. Patente zum Schutz gegen die Imitation von neuen oder verbesserten Produkten
2. Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren
3. Geheimhaltung
4. Zeitvorsprung
5. Abwärtsbewegung auf der Lernkurve (Erlangung und Sicherung eines Kostenvorteils)
6. "Überragende Verkaufs- und Serviceleistungen" (Fragebogen S. 2-3).

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).

Die ersten zwei Kolonnen von Tab. 3.23 geben die ungewichteten Mittelwerte der Antwortnoten der befragten Experten sowie den Standardfehler der Abweichung (in Klammern) an, während die 3. und 4. Kolonne über die Streuung dieser Mittelwerte informieren. Dabei stehen Q 1 für das 1. Quartil (jener Wert, links von welchem 25 % (und rechts von welchem 75 %) der Gesamtzahl der Werte liegen) und Q 3 für das 3. Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 75 % linksliegende (und 25 % rechtsliegende) Werte zerteilt). Dies bedeutet, dass die mittleren 50 % aller Antworten zwischen diesen beiden Eckwerten liegen. Die Ergebnisse dieser Tabelle können wie folgt zusammengefasst werden:

Die Erzielung eines Zeitvorsprungs vor der Konkurrenz gilt im Durchschnitt als das wirksamste Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Prozessinnovationen. Die durchschnittliche Antwort liegt bei 5,5, und für die mittleren 50 % der untersuchten Wirtschaftsarten ergibt sich eine Note zwischen 5 und 6. Bei Produktinnovationen sind es dagegen überragende Verkaufs- und Serviceleistungen, gefolgt vom Zeitvorsprung. Sowohl bei Produkt- wie bei Prozessinnovationen werden also der Zeitvorsprung und die dadurch möglich gewordene Erlangung von Vorteilen gegenüber der Konkurrenz in der Produktion oder im Marketing als die wichtigsten Aneignungsinstrumente der Erträge aus Innovationen betrachtet.

Als zweitwichtigstes Aneignungsmittel kommt die Geheimhaltung in Betracht. Sie scheint, wie bereits erwähnt, bei Prozessinnovationen Erfolg versprechender zu sein als bei Produktinnovationen. Darüber hinaus wird die Entscheidung, entweder zu patentieren oder geheim zu halten, bei Prozessinnovationen häufiger zugunsten der Geheimhaltung und bei Produktinnovationen zugunsten der Patentierung getroffen. Dieses empirische Ergebnis bestätigt die Erwartung, dass in einer Marktwirtschaft Innovatoren ein Interesse daran haben, ihre Prozessinnovationen eher geheim zu halten und ihre Produktinnovationen möglichst breit und möglichst gut via überragende Verkaufs- und Serviceleistungen bekanntzumachen.

Hingegen werden Patente im Allgemeinen (Ausnahmen sind unten aufgeführt) bei Produkt- und Prozessinnovationen als das am wenigsten wirksame Aneignungsmittel von Wettbewerbsvorteilen angesehen. In beiden Fällen ist die Antwortnote unter 4 und für die mittleren 50 % der untersuchten Wirtschaftsarten ergibt sich eine Antwort zwischen 2 und 4 bzw. zwischen 2 und 5. Produktpatente scheinen allerdings wirksamer zu sein als Verfahrenspatente, wie dies aus dem Vergleich der entsprechenden Werte ersichtlich wird.

Die bisher präsentierten Resultate für die gesamte Industrie dürfen allerdings nicht über die interindustriellen Unterschiede hinwegtäuschen: Die meisten hier zur Diskussion stehenden Aneignungsmittel wirken in verschiedenen Wirtschaftsarten unterschiedlich. Statistische Tests (z.B. Varianzanalyse) zeigen, dass in den Fällen von Patenten, der Geheimhaltung und der überragenden Verkaufs- und Serviceleistungen (Punkte 1, 2, 3 und 6 in Tab. 3. 23) signifikante interindustrielle Unterschiede bestehen (Signifikanzniveau von 0,05). Diese Zusammenhänge, die v.a. - wie Tab. 3.23 zeigt - für den Schutz von Produktinnovationen gelten, sollen im folgenden weiter untersucht werden.

**Tabelle 3.23: Wirksamkeit alternativer Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten** (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam). Wirtschaftsarten (n=127)

	Arithmetisches Mittel		Q1 (25%) - Q3 (75%)	
	Verfahren	Produkte	Verfahren	Produkte
1. Patente zum Schutz gegen Imitation	2,76 (0,11)	3,44* (0,14)	2,0 - 3,5	2,0 - 5,0
2. Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren	3,25* (0,14)	3,60* (0,15)	2,0 - 4,0	2,4 - 5,0
3. Geheimhaltung	3,89 (0,14)	3,60* (0,15)	3,0 - 5,0	2,0 - 5,0
4. Zeitvorsprung	5,37 (0,16)	5,63 (0,10)	5,0 - 6,0	5,0 - 6,4
5. Erlangung und Sicherung eines Kostenvorteils	4,56 (0,12)	4,42 (0,11)	4,0 - 5,3	4,0 - 5,0
6. Überragende Verkaufs- und Serviceleistungen	5,20 (0,13)	5,70* (0,11)	4,2 - 6,0	5,0 - 6,5

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

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

\* Die Antworten auf diese Frage sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart signifikant verschieden (Signifikanz-Niveau: 0,05)

### 2.2.2.1 Patente als Schutzmittel gegen Imitation

Das generelle Ergebnis, Patente seien insgesamt wenig wirksam für die Aneignung der Erträge aus Innovationen, wird durch die Disaggregation der diesbezüglichen statistischen Berechnungen präzisiert. Tab. 3.24 fasst auf der Ebene der 2-stelligen Industrieklassifikation (Wirtschaftsklassen) die Ergebnisse zur Wirksamkeit von Patenten zusammen. Zwei Bemerkungen können dazu gemacht werden:

- Im Hinblick auf Prozessinnovationen wird die Wirksamkeit von Patenten als Schutzmittel gegen Imitation in allen zehn Industrien als niedrig eingeschätzt (in keiner dieser Industrien ist die durchschnittliche Note höher als 4). Doch wird sie von Experten der chemischen Industrie am positivsten, von solchen der technischen Dienstleistungen am negativsten beurteilt.
- Ein ähnliches Bild ergibt sich für Produktinnovationen. Produktpatente werden zwar insgesamt (d.h. in allen zehn Industrien) als Schutzmittel gegen Imitation wenig wirksam erachtet, sie sind jedoch wirksamer als Verfahrenspatente. Hier ergeben sich allerdings die höchsten Noten für private Forschungslabors, gefolgt von der Maschinen-, Metall- und chemischen Industrie. In fast allen anderen Industrien gelten Patente als Mittel zur Protektion von Produktinnovationen wenig.

**Tabelle 3.24: Wirksamkeit von Patenten als Mittel zum Schutz gegen Imitation von Produkt- und Prozessinnovationen in 10 Wirtschaft** (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam)

Wirtschaftszweig	Prozessinnovationen		Produktinnovationen	
	AM*	S**	AM*	S**
Maschinen- und Metallindustrie	3,3	(1,6)	4,2	(1,7)
Elektroindustrie	2,9	(1,3)	3,6	(1,5)
Chemische Industrie	3,5	(1,7)	4,0	(2,2)
Uhrenindustrie	3,2	(2,4)	3,8	(1,8)
Textil- und Bekleidungsindustrie	2,5	(1,1)	3,0	(1,6)
Nahrungsmittel	2,4	(1,4)	2,5	(1,8)
Kunststoff- und Papierindustrie	2,4	(1,1)	3,6	(1,5)
Bauwesen	2,6	(1,2)	2,9	(1,3)
Technische Dienstleistungen	2,1	(1,3)	2,3	(1,5)
Private Forschungslabors	3,3	(1,9)	5,0	(2,1)
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>2,8</b>		<b>3,4</b>	

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Standardabweichung

Schlüsselt man ferner die Ergebnisse nach der 4-stelligen Industrieklassifikation (Wirtschaftsart) auf, so bestätigt sich der allgemeine empirische Befund, dass Patente nur in wenigen Wirtschaftsarten für ein wirksames Mittel zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen aus Produkt- und Prozessinnovationen gehalten werden. Dies ist beispielsweise der Fall in den Wirtschaftsarten "3129" (Herstellung von Pflanzenschutzmitteln), "3127" (Herstellung von kosmetischen Mitteln), "3100" (Herstellung von chemischen Erzeugnissen), "3461" (Herstellung von Handwerkzeugen und Geräten für die Landwirtschaft) (s. Tab. 3.25 und 3.26).

**Tabelle 3.25: Wirksamkeit von Patenten als Mittel zum Schutz gegen Imitation von Prozessinnovationen.** Mittlere Note > 4 (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam)

Wart*	WK**	Kurzbeschreibung	Arithmetisches Mittel
3129	3	Herstellung von Pflanzenschutzmitteln	6,0
3127	3	Herstellung von kosmetischen Mitteln	6,0
3461	1	Herstellung von Handwerkzeugen, Geräten für die Landwirtschaft	5,5
3100	3	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	5,3
7522	9	Bauingenieurbüro	5,0
7512	1	Unternehmensberatung	5,0
3712	4	Herstellung von Uhrenbestandteilen	5,0
3700	4	Herstellung von Uhren, Bijouteriewaren	5,0
3442	1	Stahl- und Ne-Metallverformung	5,0
2642	8	Einbauküchenmöbelfabrikation	5,0
3468	1	Herstellung von sonstigen Metallwaren	4,7
3633	1	Herstellung von Mess- und Regelgeräten	4,5
3432	1	Ne-Metallgiesserei	4,5
3126	3	Herstellung von synthetischen und natürlichen Parfums und Aromen	4,5
3514	1	Herstellung von Maschinen- und Präzisionswerkzeugen	4,2

\* Wirtschaftsart (4-stellige Industrieklassifikation)

\*\* Wirtschaftsklassen (2-stellige Industrieklassifikation)

**Tabelle 3.26: Wirksamkeit von Patenten als Mittel zum Schutz gegen Imitation von Produktinnovationen.** Mittlere Note > 4 (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam)

Wart*	WK**	Kurzbeschreibung	Arithmetisches Mittel
3129	3	Herstellung von Pflanzenschutzmitteln	7,0
2722	7	Herstellung von Schreibwaren, Bürobedarf aus Papier	6,0
3127	1	Herstellung von kosmetischen Mitteln	6,0
3442	1	Stahl- und Ne-Metallverformung	6,0
3463	1	Herstellung von Schlössern und Beschlägen	6,0
3531	2	Herstellung von Büromaschinen	6,0
7512	1	Unternehmensberatung	6,0
8214	10	Übrige Wissenschaftliche Institute und Forschungsanstalten	5,6
3135	3	Herstellung von sonstigen Chemikalien	5,5
3421	1	Herstellung von Ne-Metallen	5,5
3461	1	Herstellung von Handwerkzeugen, Geräten für die Landwirtschaft	5,5
3519	1	Herstellung von Baumaschinen	5,5
3100	3	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	5,3
3511	1	Herstellung von landwirtschaftlichen Maschinen und Fahrzeugen	5,2
2180	6	Herstellung von Nahrungsmitteln	5,0
2414	5	Chemiefaserherstellung	5,0
2473	5	Herstellung von Seilerwaren, Bindfäden, Schnüren	5,0
2543	5	Herstellung von sonstigen konfektionierten Textilienartikeln	5,0
2642	8	Einbauküchenmöbelfabrikation	5,0
3122	3	Herstellung von Farbstoffen, Pigmenten, Textillieder- und Papierhilfsmitteln	5,0
3212	7	Herstellung von Baubedarf aus Kunststoff	5,0
3220	7	Herstellung von Gummiwaren	5,0
3431	1	Eisen- und Stahlgießerei	5,0
3432	1	Ne-Metallgiesserei	5,0
3451	1	Hoch-, Brücken-, und Wasserbau aus Stahl und Leichtmetall	5,0
3465	1	Herstellung von Verpackungen aus Metall	5,0
3550	1	Maschinen- und Fahrzeugbau	5,0
3635	1	Herstellung von sonstigen feinmechanischen Erzeugnissen	5,0
3700	4	Herstellung von Uhren, Bijouteriewaren	5,0
3712	4	Herstellung von Uhrenbestandteilen	5,0
3722	4	Herstellung von Gold- und Silberschmiedewaren, Schmuck aus Edelmetallen	5,0
7522	9	Bauingenieurbüro	5,0
3468	1	Herstellung von sonstigen Metallwaren	4,7
3121	3	Herstellung von Pharmazeutika	4,6
3133	3	Herstellung von Kleb-, Dichtstoffen und Fugenkitten	4,5
8212	10	Chemische, chemotechnische, physikalische Labors	4,5
3521	1	Herstellung von Maschinen der Förder-, Hebe- und Lagertechnik	4,4
3514	1	Herstellung von Maschinen- und Präzisionswerkzeugen	4,4
3512	1	Herstellung von Textilmaschinen, Nähmaschinen	4,4
3611	2	Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren	4,3
3211	7	Herstellung von Industriebedarf aus Kunststoff	4,2
3618	2	Herstellung von Elektro-Haushaltgeräten	4,2
3526	1	Sonstiger Maschinenbau	4,1
3515	1	Herstellung von Maschinen für das Nahrungs- und Genussmittelgewerbe, chemische und verwandte Industrien	4,1

\* Wirtschaftsart (4-stellige Industrieklassifikation)

\*\* Wirtschaftsklassen (2-stellige Industrieklassifikation)

### 2.2.2.2 Patente als Mittel zur Sicherung von Lizenzgebühren

Wie bereits aus Tab. 3.23 zu entnehmen ist, werden Patente auch in ihrer zweiten Funktion als Mittel zur Sicherung von Lizenzgebühren für nicht besonders wirksam gehalten. Die Wirksamkeit dieses Mittels ist allerdings auch in den einzelnen Wirtschaftsarten (statistisch signifikant) verschieden. Bei den Produktinnovationen manifestieren sich Unterschiede zwischen den privaten Forschungslabors (diese erhalten die höchste Note von 5,4), der Maschinen-, Metall- und chemischen Industrie, in denen Patente einigermaßen wirksam sind, und den übrigen Industrien, bei denen dies nicht der Fall ist. Bei Prozessinnovationen sind diese Unterschiede weniger frappant (s. Tab. 3.27).

**Tabelle 3.27: Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Sicherung von Lizenzgebühren von Produkt- und Prozessinnovationen in 10 Wirtschaftszweigen**

Wirtschaftszweig	Prozessinnovationen		Produktinnovationen	
	AM*	S**	AM*	S**
Maschinen- und Metallindustrie	3,5	(1,8)	4,2	(1,8)
Elektroindustrie	3,1	(1,4)	3,5	(1,6)
Chemische Industrie	3,8	(1,6)	3,9	(2,0)
Uhrenindustrie	3,6	(2,1)	3,6	(1,8)
Textil- und Bekleidungsindustrie	2,9	(1,7)	3,3	(2,1)
Nahrungsmittel	2,8	(1,8)	2,9	(1,9)
Kunststoff- und Papierindustrie	3,1	(1,7)	3,5	(1,8)
Bauwesen	2,5	(1,2)	2,8	(1,2)
Technische Dienstleistungen	2,6	(1,6)	2,6	(1,6)
Private Forschungslabors	4,1	(2,2)	5,4	(1,9)
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>3,3</b>		<b>3,6</b>	

Betrachtet man die Ergebnisse auf einer noch tieferen Ebene, nämlich auf der Ebene der einzelnen Befragten, so lassen sich folgende Beobachtungen machen: Von den 358 befragten Experten hat nur eine einzige Person Produktpatente als Schutzmittel gegen Imitation höher bewertet als alle anderen Mittel, und nur sechs Experten (vier aus der Maschinen- und Metallindustrie, jeweils einer aus der Elektroindustrie und aus der Kunststoff- und Papierindustrie) haben diese in ihrer Funktion als Mittel zur Sicherung von Lizenzgebühren höher bewertet als die anderen Mittel. Betrachtet man Produktpatente in ihrer Doppelfunktion als Mittel zum Schutz gegen Imitation und als Mittel zur Sicherung von Lizenzgebühren, so haben nur sieben Experten sie höher bewertet als alle anderen Aneignungsmittel. Insgesamt haben also nur 14 Experten (oder 4 % aller befragten Experten) Patente in irgendeiner Funktion höher eingestuft als die übrigen vier Aneignungsmittel. Die Wirksamkeit von Verfahrenspatenten wird nicht wesentlich besser angesehen: Nur 6 % aller befragten Experten (vorwiegend aus der Maschinen- und Elektroindustrie) beurteilen diese positiver als andere Aneignungsmittel (Tab. 3.28).

**Tabelle 3.28: Relative Wirksamkeit von Patenten in 10 Wirtschaftszweigen. Absolute Anzahl von Antwort 1 (Ant 1) und Antwort 2 (Ant 2)\***

Wirtschaftszweig	Verfahrenspatente		Produktpatente	
	Ant 1	Ant 2	Ant 1	Ant 2
Maschinen- und Metallindustrie	6	27	9	37
Elektroindustrie	3	18	4	13
Chemische Industrie	0	4	1	8
Uhrenindustrie	0	1	0	1
Textil- und Bekleidungsindustrie	0	0	0	0
Nahrungsmittel	1	3	2	5
Kunststoff- und Papierindustrie	2	3	3	4
Bauwesen	0	1	0	5
Technische Dienstleistungen	1	3	2	10
Private Forschungslabors	1	1	1	1
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>61</b>	<b>22</b>	<b>84</b>

\*Ant 1: Patente zum Schutz gegen Imitation und Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren sind wirksamer als alle anderen 4 Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten bzw. Verfahren.

\*Ant 2: Patente zum Schutz gegen Imitation und Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren sind mindestens so wirksam wie die 4 anderen Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten bzw. Verfahren.

Zusammenfassend kann man den Schluss ziehen, dass Patente als Mittel zur Erlangung und Sicherung von durch Innovationen erworbenen Wettbewerbsvorteilen im Durchschnitt weniger wirksam beurteilt werden als die anderen genannten Mittel. Diese Aussage trifft allerdings nicht für alle Wirtschaftsarten gleichermaßen zu. Ausnahmen sind die chemische inkl. pharmazeutische Industrie und bestimmte Zweige der Maschinen- und Elektroindustrie.

### 2.2.2.3 Geheimhaltung

Auch im Hinblick auf Geheimhaltung bestehen Unterschiede zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen. Als Schutzmittel von Prozessinnovationen wird sie in den Wirtschaftszweigen Kunststoff und Papier, private Forschungslabors, Chemie, Elektroindustrie und Nahrungsmittel - in dieser Reihenfolge - als einigermaßen wirksam angesehen. Hingegen ist sie weniger wirksam in den übrigen Industrien, insbesondere im Bauwesen und in der Uhrenindustrie. Im Bereich von Produktinnovationen variieren hingegen die Ergebnisse von einem Wirtschaftszweig zum anderen nur geringfügig: Überall ist die Geheimhaltung ein schwaches Schutzmittel der aus Produktinnovationen resultierenden Erträge (s. Tab. 3.29).

**Tabelle 3.29: Wirksamkeit der Geheimhaltung als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Produkt- und Prozess** (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam)

Wirtschaftszweig	Prozessinnovationen		Produktinnovationen	
	AM*	S**	AM*	S**
Maschinen- und Metallindustrie	3,8	(1,8)	3,5	(1,7)
Elektroindustrie	4,3	(1,9)	3,6	(1,8)
Chemische Industrie	4,3	(1,7)	3,8	(1,7)
Uhrenindustrie	3,0	(1,1)	3,2	(1,3)
Textil- und Bekleidungsindustrie	3,5	(2,3)	3,3	(2,2)
Nahrungsmittel	4,3	(2,0)	4,0	(2,4)
Kunststoff- und Papierindustrie	4,8	(1,7)	4,3	(2,0)
Bauwesen	2,9	(1,5)	2,4	(1,6)
Technische Dienstleistungen	3,7	(1,8)	3,2	(1,7)
Private Forschungslabors	4,6	(1,4)	3,0	(1,9)
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>3,9</b>		<b>3,6</b>	

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Standardabweichung

### 2.2.2.4 Zeitvorsprung

Bezüglich der Wirksamkeit des Zeitvorsprungs als Aneignungsmittel der Erträge aus Produkt- und Prozessinnovationen bestehen keine statistisch signifikanten Meinungsunterschiede zwischen den Experten der verschiedenen Wirtschaftszweige: Überall wird er als wirksames Mittel angesehen und erhält durchschnittlich eine Bewertung von mindestens 5. Einzig in der Bauwirtschaft wird eine unterdurchschnittliche Note erteilt: In diesem, in der Schweiz relativ stark kartellisierten Industriezweig ist es plausibel, dass ein Zeitvorsprung gegenüber der Konkurrenz nicht den gleichen Stellenwert hat wie etwa in der Uhren- oder der Elektroindustrie, die scharfer internationaler Konkurrenz ausgesetzt sind (s. Tab. 3.30).

**Tabelle 3.30: Wirksamkeit des Zeitvorsprungs gegenüber der Konkurrenz als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteil** (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam)

Wirtschaftszweig	Prozessinnovationen		Produktinnovationen	
	AM*	S**	AM*	S**
Maschinen- und Metallindustrie	5,4	(1,6)	5,7	(1,3)
Elektroindustrie	5,7	(1,3)	6,0	(1,1)
Chemische Industrie	5,5	(1,3)	5,6	(1,0)
Uhrenindustrie	5,8	(0,4)	6,2	(0,4)
Textil- und Bekleidungsindustrie	5,3	(1,2)	5,7	(1,2)
Nahrungsmittel	5,6	(1,7)	5,8	(1,6)
Kunststoff- und Papierindustrie	5,4	(1,7)	5,4	(1,6)
Bauwesen	4,7	(1,7)	4,8	(1,6)
Technische Dienstleistungen	5,7	(1,6)	5,5	(1,8)
Private Forschungslabors	5,4	(1,9)	5,3	(1,9)
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>5,4</b>		<b>5,6</b>	

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Standardabweichung

### 2.2.2.5 Erlangung und Sicherung eines Kostenvorteils

Die Wirksamkeit von Kostenvorteilen als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen ist zwar von Wirtschaftszweig zu Wirtschaftszweig nicht statistisch signifikant verschieden. Doch wird dieses Mittel im Hinblick auf Produktinnovationen aus den Industriezweigen Elektro, Maschinen und Metall, Nahrungsmittel, Kunststoff und Papier und private Forschungslabors als überdurchschnittlich und im Hinblick auf Produktinnovationen aus den übrigen Industrien, insbesondere aus der Textil- und Bekleidungsindustrie als unterdurchschnittlich wirksam angesehen. Das Bild bei Prozessinnovationen ist ähnlich (s. Tab. 3.31).

**Tabelle 3.31: Wirksamkeit von Kostenvorteilen als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Produkt- und Pro in 10 Wirtschaftszweigen** (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam)

Wirtschaftszweig	Prozessinnovationen		Produktinnovationen	
	AM*	S**	AM*	S**
Maschinen- und Metallindustrie	4,5	(1,5)	4,5	(1,5)
Elektroindustrie	5,3	(1,4)	5,2	(1,3)
Chemische Industrie	4,1	(1,1)	4,1	(1,1)
Uhrenindustrie	5,8	(1,1)	4,4	(1,3)
Textil- und Bekleidungsindustrie	3,9	(1,5)	3,6	(1,2)
Nahrungsmittel	4,4	(1,5)	4,7	(1,4)
Kunststoff- und Papierindustrie	5,0	(1,7)	5,0	(1,6)
Bauwesen	4,1	(1,2)	4,1	(1,3)
Technische Dienstleistungen	4,5	(1,4)	4,0	(1,5)
Private Forschungslabors	4,6	(1,6)	4,9	(1,2)
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>4,6</b>		<b>4,4</b>	

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Standardabweichung

### 2.2.2.6 Überragende Verkaufs- und Serviceleistungen

Überragende Verkaufs- und Serviceleistungen dienen primär der Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Produktinnovationen. Sie sind für Prozessinnovationen nur dann relevant, wenn diese auch vermarktet werden. Doch dann sind sie selber ein Produkt. Bezüglich der Wirksamkeit dieses Aneignungsmittels, die hier exemplarisch nur für Produktinnovationen diskutiert wird, bestehen unter den befragten Experten statistisch signifikante Unterschiede. Diese sind jedoch relativ klein, und es herrscht - wie beim Zeitvorsprung - auch hier Einigkeit darüber, dass dieses Mittel sehr wirksam ist. Einzige Ausnahme ist die Textil- und Bekleidungsindustrie, welche ihm eine deutlich unterdurchschnittliche Note erteilt und dies sogar mit der höchsten Standardabweichung. Dies bedeutet, dass die Meinungsdivergenzen innerhalb dieses Industriezweiges bezüglich der

Wirksamkeit dieses Mittels höher sind als in den übrigen Industriezweigen. Hingegen werden überragende Verkaufs- und Serviceleistungen für Produktinnovationen aus privaten Forschungslabors, aus der Kunststoff- und Papier-, der Uhren- und der Elektroindustrie als überdurchschnittlich relevant beurteilt (s. Tab. 3.32).

**Tabelle 3.32: Wirksamkeit von überragenden Verkaufs- und Serviceleistungen als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen 10 Wirtschaftszweigen** (1 = überhaupt nicht wirksam; 7 = sehr wirksam)

Wirtschaftszweig	Prozessinnovationen		Produktinnovationen	
	AM*	S**	AM*	S**
Maschinen- und Metallindustrie	5,3	(1,7)	5,9	(1,4)
Elektroindustrie	5,5	(1,5)	6,1	(0,9)
Chemische Industrie	5,0	(1,7)	5,4	(1,4)
Uhrenindustrie	5,8	(1,5)	6,3	(0,8)
Textil- und Bekleidungsindustrie	4,5	(1,9)	4,4	(2,0)
Nahrungsmittel	5,2	(1,9)	5,8	(1,3)
Kunststoff- und Papierindustrie	5,5	(1,7)	6,3	(0,7)
Bauwesen	4,9	(1,6)	5,3	(1,6)
Technische Dienstleistungen	5,1	(1,9)	5,2	(1,9)
Private Forschungslabors	4,6	(3,0)	6,5	(0,5)
<b>Gesamtdurchschnitt</b>	<b>5,2</b>		<b>5,7</b>	

\* Arithmetisches Mittel

\*\* Standardabweichung

### 2.2.2.7 Patentbezogene versus nichtpatentbezogene Aneignungsmittel

Bisher wurde die Wirksamkeit der alternativen Mittel zur Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Innovationen einzeln dargestellt und analysiert. Im Folgenden soll - in Anlehnung an Levin et al. (1987) - der Frage nachgegangen, ob Abhängigkeiten (bzw. Zusammenhänge) zwischen diesen Mitteln bestehen und ob allenfalls auf der Basis dieser Abhängigkeiten Untergruppen gebildet werden können. Zur Beantwortung dieser Fragen wurden folgende Verfahren der multivariaten Statistik verwendet: Die Korrelations-, Hauptkomponenten- und Clusteranalyse.

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse sind in den Tab. 3.33 und 3.34 zusammengefasst und informieren über die Korrelation zwischen den Antworten auf die Frage der Wirksamkeit der sechs alternativen Aneignungsmittel, und zwar getrennt nach Prozess- und Produktinnovationen. Dabei enthält jede der zwei Korrelationsmatrizen die Ergebnisse zweier separater Berechnungen: Die eine wurde auf der Basis der individuellen Antworten der Branchenexperten und die andere auf der Basis von auf der WART-Ebene gruppierten Mittelwerten durchgeführt. Folgende Zusammenhänge werden daraus erkennbar:

Im Hinblick auf Prozess- wie auf Produktinnovationen ist festzuhalten, dass Patente, wenn sie zum Schutz gegen Imitation wirksam sind auch dazu tendieren, es in ihrer Funktion als Mittel zur Sicherung von Lizenzgebühren zu sein (der Korrelationskoeffizient ist hoch und statistisch signifikant). Hingegen korreliert die Wirksamkeit von Patenten mit der Wirksamkeit anderer Mittel nicht stark.

Ferner ist in den beiden Fällen von Prozess- und Produktinnovationen eine statistisch signifikante, wenn auch nicht starke Korrelation zwischen den anderen Aneignungsmitteln (Geheimhaltung, Zeitvorsprung, Abwärtsbewegung auf der Lernkurve und überragende Verkaufs- und Serviceleistungen) zu beobachten.

Diese beiden statistischen Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass die sechs Aneignungsmittel auf zwei Untergruppen (Komponenten) reduziert werden können: die eine Untergruppe enthält Patente in ihrer Doppelfunktion und die zweite Gruppe umfasst die vier übrigen nichtpatentbezogenen Aneignungsmittel. Dieser Befund wurde mittels der Hauptkomponentenanalyse weiter untersucht.

**Tabelle 3.33: Korrelationsmatrix einzelner Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Prozessen.** Die erste Zahl betrifft die Branchenexperten (n=358), die zweite Zahl die Wirtschaftsarten (n=127)

	IA.1	IA.2	IA.3	IA.4	IA.5	IA.6
IA.1 Patente zum Schutz gegen Imitation	1,00/ 1,00					
IA.2 Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren	0,64*/ 0,65*	1,00/ 1,00				
IA.3 Geheimhaltung	0,03/ - 0,00	0,09/ 0,14	1,00/ 1,00			
IA.4 Zeitvorsprung	0,13/ 0,04	0,19*/ 0,18	0,33* 0,39*	1,00/ 1,00		
IA.5 Erlangung und Sicherung eines Kostenvorteils	0,08/ 0,11	0,06/ 0,12	0,26*/ 0,31*	0,47*/ 0,49*	1,00/ 1,00	
IA.6 Überragende Verkaufs- und Serviceleistung	0,04/ 0,04	0,07/ 0,10	0,15*/ 0,40*	0,34*/ 0,44*	0,27*/ 0,47*	1,00/ 1,00

\* signifikant von 0 verschieden auf dem 0,01-Niveau

**Tabelle 3.34: Korrelationsmatrix einzelner Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten.** Die erste Zahl betrifft die Branchenexperten (n=358), die zweite Zahl die Wirtschaftsarten (n=127)

		IA.1	IA.2	IA.3	IA.4	IA.5	IA.6
IA.1	Patente zum Schutz gegen Imitation	1,00/ 1,00					
IA.2	Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren	0,67*/ 0,77*	1,00/ 1,00				
IA.3	Geheimhaltung	0,01/ - 0,07	0,03/ 0,01	1,00/ 1,00			
IA.4	Zeitvorsprung	0,06/ 0,05	0,04*/ 0,14	0,20* 0,21*	1,00/ 1,00		
IA.5	Erlangung und Sicherung eines Kostenvorteils	0,05/ 0,08	0,02/ 0,04	0,10*/ 0,24*	0,37*/ 0,46*	1,00/ 1,00	
IA.6	Überragende Verkaufs- und Serviceleistung	0,01/ 0,04	- 0,01/ 0,06	0,15*/ 0,26*	0,41*/ 0,48*	0,29*/ 0,39*	1,00/ 1,00

\* signifikant von 0 verschieden auf dem 0,01-Niveau

**Tabelle 3.35: Hauptkomponentenanalyse der Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten bzw. Prozessen.** Wirtschaftsarten (n=127)

	Verfahren/Produkte getrennt Koeffizienten der 1. bzw. 2. Hauptkomponente		Verfahren/Produkte zusammen Koeffizienten der 1. bzw. 2. Hauptkomponente		
<b>Neue Verfahren</b>					
1.	Patente zum Schutz gegen die Imitation	0,02	0,91	0,04	0,84
2.	Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren	0,12	0,91	0,10	0,86
3.	Geheimhaltung	0,67	0,04	0,63	0,04
4.	Zeitvorsprung	0,78	0,08	0,72	0,04
5.	Erlangung u. Sicherung eines Kostenvorteils	0,76	0,08	0,75	0,14
6.	Überragende Verkaufs-, Serviceleistungen	0,79	0,02	0,75	- 0,01
	<b>Erklärte kumulative Varianz</b>	<b>0,40</b>	<b>0,65</b>	----	
<b>Neue Produkte</b>					
1.	Patente zum Schutz gegen die Imitation	0,03	0,94	0,04	0,85
2.	Patente zum Schutz von Lizenzgebühren	0,05	0,94	0,06	0,91
3.	Geheimhaltung	0,50	- 0,07	0,47	0,02
4.	Zeitvorsprung	0,77	0,13	0,69	0,16
5.	Erlangung und Sicherung eines Kostenvorteils	0,74	0,05	0,74	- 0,03
6.	Überragende Verkaufs- und Serviceleistungen	0,80	0,05	0,73	0,07
	<b>Erklärte kumulative Varianz</b>	<b>0,36</b>	<b>0,64</b>	<b>0,34</b>	<b>0,57</b>

Die auf der (Wirtschaftsart) WART-Ebene erzielten Ergebnisse werden in Tab. 3.35 zusammengefasst (Die hier verwendete Rechenmethode ist die gleiche wie in Pkt. 2.2.1.2.) Die ersten zwei Kolonnen dieser Tabelle geben die mit den ersten zwei Hauptkomponenten verbundenen Faktorladungen an, und zwar dann, wenn die sechs Fragen bezüglich der Wirksamkeit der Mittel 1 bis 6 separat für Produkt- und Prozessinnovationen behandelt werden. Kolonnen 3 und 4 berichten hingegen über die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse, bei der alle 12 Fragen berücksichtigt werden. In beiden Fällen

teilt die erste Hauptkomponente den patentbezogenen Mitteln (Mitteln 1 und 2) eine kleine Faktorladung (bzw. kleines Gewicht) und den nichtpatentbezogenen Mitteln (Mitteln 3 bis 6) ein wesentlich grössere Faktorladung (bzw. grösseres Gewicht) zu. Die Faktorladungen sind bei der zweiten Hauptkomponente entgegengesetzt. Diese Resultate bestätigen die im Rahmen der Korrelationsanalyse entstandene Vermutung, wonach die sechs Aneignungsmittel der Erträge aus Innovationen auf zwei Untergruppen reduziert werden können, die hier den zwei Hauptkomponenten entsprechen. Trotz dieser relativ klaren Interpretation der Ergebnisse müssen diese mit Vorsicht zur Kenntnis genommen werden, da die zwei Hauptkomponenten im ersten Fall (Kolonne 1 und 2) nur ca. 65 % der kumulativen Varianz und im zweiten Fall (Kolonne 3 und 4) nur 57 % derselben erklären. Es bleiben also 35 % bzw. 43 % der Varianz unerklärt: Eine aus statistischer Sicht völlig befriedigende Reduktion der sechs Aneignungsmittel auf nur zwei Hauptkomponenten ist somit nicht möglich. Diese Einsicht wird im Rahmen der nachstehenden Clusteranalyse bestätigt.

Mit Hilfe der Clusteranalyse werden die 127 Wirtschaftsarten auf der Basis ihrer durchschnittlichen Antworten auf die Fragen bezüglich der Wirksamkeit der sechs Aneignungsmittel in disjunkte Klassen (Cluster) aufgeteilt.<sup>67</sup>

Die Ergebnisse dazu sind in Tab. 3.36 zusammengefasst. Danach ergeben sich sowohl für Produkt- wie für Prozessinnovationen drei Cluster von Wirtschaftsarten. Im 1. Cluster (er umfasst 11 Wirtschaftsarten bei Prozessinnovationen und 20 bei Produktinnovationen) sind alle Aneignungsmittel schwach: Die durchschnittlichen Antwortnoten variieren zwischen 1 und 4 und sind damit niedrig; den höchsten Wert in dieser Gruppe erhält der Zeitvorsprung, der ja gemäss obiger Ergebnisse im Durchschnitt ein wirksames Aneignungsmittel darstellt. In den Wirtschaftsarten des 2. Clusters werden die patentbezogenen Mittel als sehr schwach und die nichtpatentbezogenen Mittel als wirksam beurteilt. Einzig im 3. Cluster werden Patente, insbesondere Produktpatente als wirksam, jedenfalls viel wirksamer als im 1. und 3. Cluster bewertet; die anderen Aneignungsmittel werden ebenfalls als wirksam angesehen, jedoch weniger wirksam als im 2. Cluster. Die Clusteranalyse suggeriert, dass es also eine, wenn auch kleine Klasse von Wirtschaftsarten gibt, die kein der aufgeführten Aneignungsmittel als

---

<sup>67</sup> Die dabei verwendete Prozedur ist die gleiche wie oben (Pkt. 2.2.2.2) und wird - wie gesagt - im SAS-System "FASTCLUS" bezeichnet. Es handelt sich dabei um ein nicht-hierarchisches Verfahren zur Bestimmung disjunkter Cluster auf der Basis euklidischer Distanzen: Die Beobachtungen (hier die Wirtschaftsarten)

besonders wirksam ansieht (es sind 9 bzw. 16 % aller Wirtschaftsarten). Feinere Auswertungen der Daten zeigen, dass etwa 4,5 % der befragten Experten der Meinung sind, keines der erwähnten Mittel sei für die Aneignung der Erträge aus Prozessinnovationen wirksam (die Antwortnote ist gleich 4 oder weniger). Die entsprechende Zahl für Produktinnovationen ist 3,5 %. In beiden Fällen gehören die Befragten zu sehr unterschiedlichen Wirtschaftsarten: Ein klar erkennbares Muster ist damit nicht identifizierbar.

**Tabelle 3.36: Clusteranalyse der Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten bzw. Prozessen. Wirtschaftsarten (n=127)**

	CLUSTER - NUMMER		
	1	2	3
<b>Neue Verfahren</b>			
Anzahl Wirtschaftsarten in einem Cluster	11	56	6
Mittelwert in jedem Cluster:			
1. Patente zum Schutz gegen Imitation	1,64	1,98	3,70
2. Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren	1,64	2,40	4,35
3. Geheimhaltung	1,23	4,57	3,75
4. Zeitvorsprung	3,18	5,80	5,38
5. Erlangung und Sicherung eines Kostenvorteils	2,50	5,01	4,54
6. Übertreffende Verkaufs- und Serviceleistungen	2,50	5,90	5,07
<b>Neue Produkte</b>			
Anzahl Wirtschaftsarten in jedem Cluster	20	68	39
Mittelwert in jedem Cluster:			
1. Patente zum Schutz gegen Imitation	2,16	3,01	4,80
2. Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren	2,12	3,08	5,18
3. Geheimhaltung	2,19	4,31	3,03
4. Zeitvorsprung	4,15	6,05	5,67
5. Erlangung und Sicherung eines Kostenvorteils	3,06	5,00	4,18
6. Übertreffende Verkaufs- und Serviceleistungen	4,09	6,23	5,52

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass die verschiedenen Aneignungsmittel von Erträgen aus Innovationen in der Tat miteinander korreliert sind. Die angewandten Verfahren der multivariaten Statistik, insbesondere die Korrelations-, Hauptkomponenten- und Clusteranalyse, legen den Schluss nahe, dass diese Aneignungsmittel in zwei Untergruppen unterteilt werden können. Die eine Untergruppe würde die patentbezogenen (Patente zum Schutz gegen Imitation und Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren) und die andere die nichtpatentbezogenen Aneignungsmittel (Geheimhaltung, Zeitvorsprung, Lern- und Kostenvorteile sowie überragende Verkaufs- und Serviceleistungen) umfassen. Dabei erweisen sich die letzteren Aneignungsmittel als die wirksameren.

werden auf die Cluster in der Weise aufgeteilt, dass jede Beobachtung zu einem und nur zu diesem einen Cluster gehört (vgl. SAS User's Guide: Statistics, Version 5, 1985:377-402).

### 2.2.2.8 Zur Frage der unterschiedlichen Wirksamkeit von Patenten

Die Frage nach der Schutzwirksamkeit von Patenten ist in der Praxis sehr komplex. Patentwirtschaftliche und patentrechtliche Fragen lassen sich nicht ohne weiteres so einfach katalogisieren und kategorisieren, wie dies in einer breit angelegten schriftlichen Expertenbefragung (mittels Fragebogen) gemacht werden kann. Trotz dieser grundsätzlichen Schwierigkeit wurde versucht, Fragen - wenn auch etwas schematisch - nach den möglichen Gründen einer mangelnden Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Innovationen zu stellen. Konkret lauteten diese Fragen wie folgt: "Die folgenden Faktoren 1-8 schränken die Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten ein. In welchem Ausmass ist dies in Ihrem Wirtschaftszweig der Fall?"

1. Nicht alle neuen oder verbesserten Produkte sind patentfähig.
2. Patente können ihre Gültigkeit verlieren, wenn sie angefochten werden.
3. Firmen versuchen nicht, die mit Patenten verbundenen Rechte durchzusetzen.
4. Konkurrenz kann auf legale Weise "um das Patent herum" erfinden.
5. Die Technologie entwickelt sich so schnell, dass Patente irrelevant werden.
6. Die Patentedokumente müssen zu viele Informationen offenbaren.
7. Rechtliche Einschränkungen von Lizenzen (Notwendigkeit der Registrierung, Zwangslizenzen usw.).
8. Kooperation im F&E-Bereich auch mit der Konkurrenz (Gemeinschaftsforschung, F&E-Informationsaustausch usw.)"<sup>68</sup> (Fragebogen S. 4-5).

Diese Frage wurde zweimal gestellt, einmal für Produkt- und ein anderes Mal für Prozessinnovationen. Die Bewertungsskala verlief von 1 (schränkt Wirksamkeit überhaupt nicht ein) über 4 (schränkt Wirksamkeit mittelmässig ein) zu 7 (schränkt Wirksamkeit stark ein).

---

<sup>68</sup> Ein weiterer Faktor, der die Wirksamkeit von Patenten als Aneignungsmittel der Erträge aus technischen Innovationen einschränkt und der hier nicht berücksichtigt wurde, ist die Höhe von Schadenersatzansprüchen im Falle von Patentverletzungen. Es wird "vielfach darauf hingewiesen, dass die nach den Grundsätzen der Rechtsprechung berechnete angemessene Lizenzgebühr vor allem bei Verletzung technischer Schutzrechte keinen ausreichenden Schadenersatz gewährleiste. Insbesondere wird kritisiert, dass es ausgeschlossen sein soll, den Verletzer schlechter zu stellen als einen Lizenznehmer. Dies fordere zur fast gefahrlosen 'Selbstbedienung' geradezu heraus. Deshalb wird angeregt, unter Berücksichtigung des Sanktions- und Präventionszwecks, dem die Schadenersatzpflicht neben dem Ausgleichszweck diene, vom 'Verbot der Schlechterstellung' abzugehen, oder sogar vorgeschlagen, als Schadenersatz das Doppelte der angemessenen Lizenzgebühr zuzusprechen." (Bernhard/ Krasser 1986:632f.). Im Gegensatz zu den europäischen, inkl. schweizerischen patentrechtlichen Bestimmungen besteht in den USA die Möglichkeit, als Schadenersatz das Dreifache der Lizenzgebühr zu verlangen: "When the damages are not found by a jury, the court shall assess them. In either event the court may increase the damages upon three times the amount found or assessed." (Vgl. 35 USC § 284 (2)).

Die obere Liste ist keineswegs vollständig. Insbesondere die Probleme bezüglich mangelnder Durchsetzbarkeit von Patentrechten auf internationaler Ebene werden hier nicht explizit berücksichtigt. Dazu gehören folgende Punkte (vgl. Benko 1987 und 1988 sowie Butler 1991):

- Viele Staaten haben entweder kein Patentrecht (Länder der 3. Welt, z.B. einige arabische Staaten), oder wenn sie eines besitzen, ist es teilweise mit untragbaren Bedingungen für die Patentgesuchsteller verbunden.
- Der Vollzug von Patentgesetzen ist nicht nur in einzelnen Industrieländern (wie Italien), sondern gerade auch in der 3. Welt (ein bekanntes und wichtiges Beispiel ist Brasilien) mit unsicherem Ausgang behaftet und sehr kostspielig (hohe Amt- und Anwaltskosten; die Fristen zwischen Anmeldung und Erteilung von Patenten können sehr lang sein usw.).
- Die gesetzlichen Voraussetzungen der Patentierbarkeit, insbesondere für bestimmte Produkte wie chemische, pharmazeutische und landwirtschaftliche Erzeugnisse sind ungünstig (z.B. kurze Schutzdauer).
- Restriktive juristische Bestimmungen bezüglich Zwangslizenzen (v.a. in der dritten Welt), welche "zuviel" von den Patentinhabern verlangen und ihnen ungenügende materielle Kompensationen geben<sup>69</sup>.
- Patentierte Herstellungs- und Arbeitsverfahren können relativ leicht umgangen werden und sind in jenen Ländern schwierig zu verteidigen - und nicht nur dort -, welche das Instrument der Beweislastumkehr<sup>70</sup> nicht kennen.
- Differenzen in materiellen patentrechtlichen Regeln seitens einzelner Länder ("first to invent"- in den USA versus "first to file"-Regel in anderen Ländern) verursachen zusätzliche Unsicherheiten und Komplikationen.

Vor allem die zwei letzten Probleme scheinen in der Praxis grosse Schwierigkeiten zu verursachen.

Betrachtet man nun die Ergebnisse der schriftlichen Expertenbefragung zu den oben aufgeführten acht Punkten (s. Tab. 3.37), so kommt man zum allgemeinen Befund, dass die Ursachen für die geringe Wirksamkeit von Patenten als Schutzmittel von Wettbewerbsvorteilen in der Möglichkeit der Konkurrenz liegt, auf legale Weise "um das Patent herum" zu erfinden, oder auch in der Tatsache, dass Patentdokumente "zu viele" Informationen offenbaren. Für beide Gründe geben 50 % aller befragten Experten eine Note

<sup>69</sup> Zwangslizenzen kommen praktisch in Europa nicht vor, auch wenn sie in den nationalen Patentgesetzen verankert sind. Hingegen in der Dritten Welt kommen sie in bestimmten Bereichen (z.B. Pharmazeutika) häufiger vor.

<sup>70</sup> Pedrazzini erläutert das Instrument der Umkehrung der Beweislast wie folgt: "Betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines *neuen Erzeugnisses*, so gilt bis zum Beweis des Gegenteils jedes Erzeugnis von gleicher Beschaffenheit als nach dem patentierten Verfahren hergestellt (67/1 PatG). Diese Vorschrift bezweckt die Erleichterung der Beweissituation des Patentinhabers als Kläger. Es liegt am Beklagten, den Gegenbeweis (Benutzung eines anderen als des patentierten Verfahrens) zu leisten. Eine ähnliche Beweiserleichterung gewährt 67/2 PatG dem Inhaber eines Verfahrenspatentes, wenn das damit hergestellte *Erzeugnis vorbekannt* ist, falls er die Patentverletzung glaubhaft macht. Beide Bestimmungen spielen in der Praxis, besonders bei chemischen Verfahrenspatenten, eine wichtige Rolle." Pedrazzini (1983:165).

von 4 und mehr. Die am wenigsten einschränkenden Faktoren sind hingegen die (zunehmend wichtigen) Phänomene der Kooperation im F&E-Bereich auch mit der Konkurrenz (inkl. Gemeinschaftsforschung, F&E-Informationsaustausch) und die rechtlichen Einschränkungen von Lizenzen (Notwendigkeit der Registrierung, Zwangslizenzen usw.).

Ferner zeigt Tab. 3.37, dass die wichtigsten Faktoren 4, 5 und 6 relativ höhere Werte für Verfahrens- als für Produktpatente aufweisen. Dies ist konsistent mit dem früheren Befund, dass Produktpatente tendenziell wirksamer sind als Verfahrenspatente.

Fazit: Die Tatsachen, dass Patente leicht zu umgehen sind und dass sie der Konkurrenz wichtige technische Detailinformationen preisgeben, die von ihr relativ rasch und kostengünstig genutzt werden können, stellen in den Augen der befragten Experten die Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Innovationen am stärksten in Frage. Dieses Ergebnis stellt jedoch den Forscher vor ein ungelöstes Rätsel: Einerseits werden Patente, mit wenigen Ausnahmen, als relativ unwirksam gegen Imitationen angesehen, andererseits wird in der Praxis, wie die Patentstatistiken zeigen, "viel" patentiert. Warum?

**Tabelle 3.37: Einschränkungen der Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus neuen oder verbesserten Produkten** (1 = schränkt Wirksamkeit überhaupt nicht ein; 7 = schränkt Wirksamkeit stark ein), **Wirtschaftsarten (n=127)**

	Arithmetisches Mittel		Q1 (25%)-Q3 (75%)	
	Verfahren	Produkte	Verfahren	Produkte
1. Nicht alle neuen oder verbesserten Verfahren bzw. Produkte sind patentfähig	4,13 (0,15)	4,49* (0,15)	3,0 - 5,0	3,5-5,9
2. Patente können ihre Gültigkeit verlieren, wenn angefochten	3,98 (0,14)	4,19 (0,14)	3,0 - 5,0	3,3-5,0
3. Firmen versuchen nicht, die mit Patenten verbundenen Rechte durchzusetzen	4,11 (0,14)	4,03 (0,13)	3,3-5,0	3,4-5,0
4. Konkurrenz kann auf legale Weise um das Patent "herum" erfinden	5,32 (0,14)	5,26 (0,14)	4,7-6,6	4,6-6,0
5. Technologie entwickelt sich so schnell, dass Patente irrelevant werden	4,34 (0,16)	4,05* (0,16)	3,0 - 5,7	3,0 - 5,0
6. Patentdokumente müssen zu viele Informationen offenbaren	4,85 (0,14)	4,63 (0,15)	4,0 - 6,0	4,0 - 6,0
7. Rechtliche Einschränkungen von Lizenzen (Notwendigkeit der Registrierung, Zwangslizenzen usw.)	3,76 (0,13)	3,67 (0,13)	3,0 - 4,5	3,0 - 4,1
8. Kooperation im F&E-Bereich auch mit der Konkurrenz (Gemeinschaftsforschung, F&E-Informationsaustausch usw.)	3,78 (0,14)	3,62 (0,14)	3,0 - 4,7	3,0 - 4,3

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

Q3: Das Dritte Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 75% links- und 25% rechtsliegende) Werte zerteilt).

\* Die Antworten auf diese Fragen sind von Wirtschaftsart zu Wirtschaftsart verschieden.  
(Signifikanz-Niveau: 0,05)

### 2.2.2.9 Zur Frage der sonstigen Funktionen von Patenten

Die Antwort auf diese Frage ist vermutlich darin zu suchen, dass Erfinder und Innovatoren, v.a. wenn sie in Unternehmen organisiert sind, noch andere Motive bei der Patentierung ihrer Erfindungen verfolgen als nur diejenigen bezüglich des Imitationsschutzes oder der Sicherung von Lizenzgebühren. Diese zusätzlichen Motive werden in der Literatur u.a. wie folgt beschrieben:

1. Patente werden als Mittel zur Störung einer F&E-Linie der Konkurrenz (sog. "Störpatente") eingesetzt.
2. Patente werden als Mittel zur Leistungsevaluation eigener F&E-Mitarbeiter verwendet.
3. Patente werden als Mittel zur Erlangung oder Beibehaltung einer gewünschten Verhandlungsposition mit anderen Firmen eingesetzt.
4. Patente werden als Zugangsmittel zu Auslandsmärkten (direkt durch eigene Produktion oder indirekt durch Erteilung von Lizenzen) herangezogen<sup>71</sup>.

Zur empirischen Überprüfung dieser Hypothesen habe ich in einer separaten schriftlichen Befragung (vorwiegend freiberufliche) Patentanwälte danach gefragt, wie sie die Relevanz dieser Motive beurteilen<sup>72</sup>. Da die Stichprobe der befragten Experten nicht systematisch gezogen wurde und damit nicht repräsentativ ist, sollen die im folgenden präsentierten Ergebnisse ohne Anspruch auf Generalisierbarkeit und mit Vorsicht zur Kenntnis genommen werden; sie haben lediglich einen explorativen Charakter.

Die Ergebnisse dieser Befragung sind in Tab. 3.38 zusammengefasst. Sie zeigen, dass die Motivationsstruktur bei der Patentierung von Produkt- und Prozessinnovationen für vielfältig und deshalb sehr komplex gehalten wird. Zusätzlich zu den offensichtlichen und allgemein bekannten Motiven, wie Schutz gegen Imitation oder Sicherung von Lizenzgebühren spielen andere Motive, wie die Erlangung oder die Beibehaltung einer gewünschten Verhandlungsposition mit anderen Firmen und der erleichterte Zugang zu Auslandsmärkten, in den Augen der befragten Experten eine wichtige Rolle. Diese Motive scheinen bei Produktpatenten relevanter zu sein als bei Verfahrenspatenten. Hingegen werden die zwei anderen Motive, Patente als Mittel zur Störung einer F&E-Linie der Konkurrenz (sog.

<sup>71</sup> Ein weiteres Motiv für Patentierungen, das ursprünglich auf die "Prospect theory" von Edmund Kitch zurückgeht, kann wie folgt umschrieben werden: Patente werden als Mittel "for establishing property rights over regions of partially unexplored inventions - analogous to the claim of a prospector over a partially unexplored body of ore" (Friedman et al. 1991:65) genannt. Patente erfüllen hier die Funktion eines "Wachthundes" oder eines "Gartenzauns". Dieses Patentierungsmotiv konnte allerdings zum Zeitpunkt der Befragung nicht berücksichtigt werden.

<sup>72</sup> An dieser Stelle möchte ich den in Tab. A2.4 (im Anhang) aufgeführten Patentanwälten für ihre Mitarbeit herzlich danken.

"Störpatente") und Patente als Mittel zur Leistungsevaluation eigener F&E-Mitarbeiter, in der Schweiz nicht als besonders relevant angesehen.

**Tabelle 3.38: Motive zur Patentierung von Produktinnovationen** (1 = nicht relevant; 4 = einigermaßen relevant; 7 = sehr relevant). **Antworten von 9 Patentanwälten**

	Arithmetisches Mittel		Q1 (25%)-Q3 (75%)	
	Verfahren	Produkte	Verfahren	Produkte
1. Patente als Mittel zum Schutz gegen Imitation von neuen Verfahren bzw. Produkten	6,00	6,55	5,00 - 7,00	6,00 - 7,00
2. Patente als Mittel zur Sicherung von Lizenzgebühren	6,50	6,55	6,00 - 7,00	6,00 - 7,00
3. Patente als Mittel zur Störung einer F&E-Linie der Konkurrenz (sog. "Störpatente")	3,50	4,00	2,00 - 4,00	3,00 - 4,00
4. Patente als Mittel zur Leistungsevaluation eigener F&E-Mitarbeiter	3,00	3,00	2,00 - 4,00	2,00 - 4,00
5. Patente als Mittel zur Erlangung oder Beibehaltung einer gewünschten Verhandlungsposition mit anderen Firmen	5,55	6,00	5,00 - 6,00	6,00 - 7,00
6. Patente als Zugangsmittel zu Auslandsmärkten (direkt durch eigene Produktion oder indirekt durch Erteilung von Lizenzen)	5,00	5,00	4,00 - 6,00	4,00 - 7,00

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, dass Erfinder und Innovatoren bei der Patentierung ihrer Ideen neben den klassischen noch andere Ziele verfolgen. Auch wenn der angestrebte klassische Schutzeffekt (bzw. Monopoleffekt) von Patenten in der Praxis aus oben erwähnten Gründen in den meisten Wirtschaftszweigen nicht für gross gehalten wird, wird mit Patentierungen versucht, die Verhandlungsposition des Patentinhabers gegenüber Dritten zu stärken. Dies kann zum einen in Verhandlungen mit anderen Unternehmen über Kooperationsverträge im F&E-Bereich, über allfällige Fusionen, Übernahmen usw. und zum anderen in Verhandlungen mit staatlichen Stellen über den Zugang zu Auslandsmärkten geschehen.

### 2.2.3 Nachfrageseitige Determinanten des technischen Fortschritts

Die Marktnachfrage ist, wie bereits ausgeführt, der dritte Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts auf Branchenebene. Dabei lassen sich drei Aspekte der Marktnachfrage unterscheiden: Ihr absolutes Volumen zu einem bestimmten Zeitpunkt, ihre Wachstumsrate in einem bestimmten Zeitraum und ihre Reaktionsparameter auf die Veränderung anderer Grössen wie Preise und Einkommen (Preis- und Einkommenselastizitäten). Wegen Datenmangel in diesem Bereich kann allerdings hier nur der erste Aspekt berücksichtigt werden.

Die Daten zum absoluten Marktvolumen der untersuchten Wirtschaftszweige hat uns das Bundesamt für Statistik zur Verfügung gestellt und sind ursprünglich im Rahmen seiner regu-

lären zweijährigen F&E-Erhebung von 1987 entstanden. Sie umfassen die Umsatzzahlen von 124 Wirtschaftsarten (4-stellige Industrieklassifikation) im Jahr 1986. Die dabei ausgewählten Wirtschaftsarten entsprechen denjenigen, die in meiner Erhebung (siehe Fragebogen sowie Harabi 1991c) erfasst wurden, so dass volle Kompatibilität zwischen den beiden Datensätzen herrscht. Ausserdem ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass nur die inländischen Umsätze und damit nur das inländische Marktvolumen in diesen Zahlen berücksichtigt wurden. Dies ist für die Interpretation der Ergebnisse der Tabelle 3.39 und derjenigen der ökonomischen Analyse der Determinanten des technischen Fortschritts im dritten Teil der vorliegenden Arbeit besonders relevant.

Die gelieferten Umsatzzahlen sind - wie gesagt - auf der Ebene der Wirtschaftsart aggregiert worden und in dieser Form auch verfügbar. Wegen Übersichtlichkeitsüberlegungen und analog zur gewählten Präsentationsart in den vorherigen Abschnitten (2.1 und 2.2) werden sie jedoch in Tab. 3.39 auf der Ebene der Wirtschaftsklassen (2-stellige Industrieklassifikation) vorgestellt.

**Tabelle 3.39: Umsatzzahlen der an der Befragung teilnehmenden Wirtschaftszweige und in der Grundgesamtheit, in Mio. Fr., 1986**

Wirtschaftszweig	Stichprobe		Grundgesamtheit	
	Mio. Fr.	%	Mio. Fr.	%
Maschinen und Metall	9 100	32,4	18 974	28
Elektro	5 304	18,9	11 816	17
Chemie	6 922	24,6	16 030	23
Uhren	850	3,0	3 150	5
Textil und Bekleidung	717	2,5	1 588	2
Nahrungsmittel 3 055	10,8	8 187	12	
Kunststoff und Papier	964	3,4	2 193	3
Bauwesen	720	2,6	5 433	8
Technische Dienstleistungen	291	1,0	835	1
Private Forschungslabors	190	0,7	528	1
<b>Gesamte Industrie</b>	<b>28 113</b>	<b>100,0</b>	<b>68 734</b>	<b>100</b>

Quellen: Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1987:17) für die Daten betreffend die Grundgesamtheit und Bundesamt für Statistik für diejenigen betreffend die Stichprobe

Danach zeigt sich, dass die umsatzstärksten Wirtschaftszweige die Maschinen- und Metall-, die Chemie-, die Elektro- und die Nahrungsmittelindustrie sind, während die anderen Wirtschaftszweige wesentlich niedrigere Umsatzzahlen aufweisen. Diese Umsatzstruktur ist sowohl in der Stichprobe als auch in der Grundgesamtheit klar erkennbar (s. Tab. 3.39).

### **3 Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene:**

## **eine ökonometrische Analyse für die Schweizer Industrie**

In diesem Abschnitt geht es darum, die Analyse der Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene empirisch weiterzuführen und zu vertiefen. Dies bedeutet, dass die im vorherigen Teil aufgeführten Bestimmungsfaktoren des technischen Fortschritts nicht mehr einzeln, sondern im Rahmen eines einheitlichen empirischen Modells untersucht, und zweitens, dass sie ökonometrisch geschätzt werden.

### **3.1 Empirisches Vorgehen**

Eine erste breit angelegte Operationalisierung und Schätzung des obigen theoretischen Ansatzes erfolgte durch ein Forscherteam an der Yale University und durch andere, mit den Yale-Daten arbeitende Forscher (s. Levin et al. 1983, 1985, 1987; Cohen et al. 1987; Cohen/Levinthal 1989 sowie Nelson/Wolff 1992). Alle diese Arbeiten beziehen sich allerdings auf amerikanische Verhältnisse. Eine empirische Untersuchung auf Branchenebene, die den spezifischen Verhältnissen einer kleinen offenen Volkswirtschaft wie der schweizerischen Rechnung trägt, hat bisher gefehlt<sup>73</sup>. Es ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, diese Forschungslücke zu füllen. Konkret geht es im vorliegenden Kapitel darum, die theoretische Beziehung zwischen technischem Fortschritt und seinen Determinanten MARKT, CHANCEN und ANEIGNUNG mit Schweizer Daten zu testen. Zwischen dem oben dargestellten "R&D Capitalstock Model" von Nelson und der empirischen Implementierung besteht wegen Datenproblemen nur teilweise eine enge Verbindung. Dennoch hilft uns dieses Modell, die theoretischen Interaktionen zwischen den wichtigsten Grössen zu sehen und deren Vorzeichen anzugeben.

#### **3.1.1 Daten**

Zur empirischen Schätzung des oben vorgestellten theoretischen Modells bezüglich der Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene werden zwei Datensätze herangezogen. Der eine wurde vom Bundesamt für Statistik zur Verfügung gestellt, und der andere entstammt einer eigenen Erhebung. Der Datensatz des Bundesamtes für Statistik ist im

---

Rahmen seiner regulären zweijährigen F&E- Erhebung von 1987 entstanden und umfasst auf Branchenebene aggregierte quantitative Angaben zu F&E-Ausgaben, F&E-Personal, Umsatzzahlen, und Gesamtpersonal für 124 Wirtschaftsarten (4-stellige Industrieklassifikation) im Jahre 1986.

Der zweite Datensatz ist das Ergebnis einer im Sommer 1988 durchgeführten Expertenbefragung in der Schweizer Industrie und enthält die quantifizierten Angaben zu den angebotsseitigen Determinanten von F&E; sie sind auch auf der Ebene der Wirtschaftsart aggregiert worden<sup>74</sup>.

### 3.1.2 Schätzmodell

Von der oben beschriebenen theoretischen Basis ausgehend werden im Folgenden zwei Gleichungen geschätzt. Die erste Schätzgleichung stellt eine empirische Annäherung an Gleichung (3-8) dar, während sich die zweite auf Gleichung (3-11b) bezieht. Anders als im Nelson-Modell, in dem technischer Fortschritt der Totalfaktorproduktivität gleichgesetzt wird, wird technischer Fortschritt in der 2. Gleichung mittels des Output-Indikators INNOV operationalisiert. Zahlen zur Totalfaktorproduktivität für die hier untersuchten 124 Wirtschaftsarten sind leider nicht vorhanden. INNOV stellt das Einführungstempo von Innovationen dar und ist definiert als die Summe der Antwortnoten auf die im Fragebogen gestellte Frage IV.A "Wie würden Sie das Tempo charakterisieren, mit welchem die Einführung neuer oder verbesserter Produktionsverfahren in Ihrer Branche seit 1970 erfolgte" und der Frage IV.B "Wie würden Sie das Tempo charakterisieren, mit welchem die Einführung neuer oder verbesserter Produkte in Ihrer Branche seit 1970 erfolgte" (1 = sehr langsam, 7 = sehr schnell). Bei der zweiten Schätzgleichung ist die Forschungsintensität (FEINTE) die abhängige Variable; sie wird definiert als der Anteil der F&E-Ausgaben am Umsatz pro Wirtschaftsart im Jahre 1986.

Die unabhängigen Variablen sind, wie oben beschrieben, in drei Gruppen gegliedert: Aneignung und Sicherung der Ergebnisse von F&E (ANEIGNUNG), technologische Chancen (CHANCEN) und Marktbedingungen (MARKT) (s. für alle hier zu diskutierenden Variablen

---

<sup>73</sup> Eine empirische Analyse des technischen Fortschritts auf Unternehmensebene ist bei Arvanitis et al. (1992) zu finden.

<sup>74</sup> Für eine ausführliche Beschreibung dieser Daten und der damit verbundenen Probleme s. T. 2 Pkt 3 der vorliegenden Arbeit.

Tab. 3.1). Eine detaillierte Beschreibung dieser (abhängigen und unabhängigen) Variablen ist v.a. im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit zu finden).

ANEIGNUNG. Sie wird im theoretischen Modell mit T bezeichnet und hier mit drei Variablen, ANEIGNUNG 1, ANEIGNUNG 2 und IMITATE empirisch operationalisiert. ANEIGNUNG 1 und ANEIGNUNG 2 sind die zwei Hauptkomponenten, die mittels der Faktoranalyse die Punkte 1 bis 6 der Frage I.B zusammenfassen. Dort wird die Frage nach der Wirksamkeit von sechs alternativen Mitteln zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Produktinnovationen gestellt. ANEIGNUNG 1 repräsentiert die Wirksamkeit der zwei Mittel "Patente zum Schutz gegen die Imitation von neuen oder verbesserten Produkten" und "Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren". ANEIGNUNG 2 steht für die Schutzwirksamkeit der restlichen vier nichtpatentbezogenen Mittel "Geheimhaltung", "Zeitvorsprung", "Abwärtsbewegung auf der Lernkurve" und "überragende Verkauf- und Serviceleistungen". Theoretisch (s. oben) ist zu erwarten, dass ein wirksamer Schutz der Erträge aus F&E und der daraus resultierenden Innovationen einen positiven Einfluss auf die F&E-Intensität und damit auf den technischen Fortschritt der jeweiligen Branche ausübt.

Eine indirekte Schutzform der Erträge aus Innovationen liegt vor, wenn diese nicht oder nicht so schnell durch die Konkurrenz imitiert werden können. Mit anderen Worten: je länger die Imitationszeit durch die Konkurrenz ist, desto länger kann die innovierende Wirtschaftseinheit ihre Monopolsituation ökonomisch verwerten, desto besser ist ihre finanzielle Lage und damit umso höher ihre F&E-Investitionen. Das Ergebnis ist, wie oben theoretisch ausgeführt, eine grössere Innovationsfähigkeit. Dieser Sachverhalt wird hier durch die Variable IMITATE berücksichtigt, welche die Summe der benötigten Zeit für eine erfolgreiche Imitation von bedeutenden und patentierten Produkt- und Prozessinnovationen darstellt. IMITATE entspricht damit der Grösse T im theoretischen Modell.

CHANCEN. Technologische Chancen, welche im theoretischen Modell durch die Parameter a und b abgebildet waren, werden hier mittels zweier Variablengruppen operationalisiert. Die eine umfasst den Beitrag industrieexterner Quellen von technologischen Chancen und die andere die besondere Relevanz der Wissenschaft für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftsarten. Die erste Gruppe beinhaltet die Beiträge der Materiallieferanten (MATERIAL), der Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion

und für F&E (LIEFERANT) und der Benutzer der Produkte (BENUTZER) zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftsarten.

Der Beitrag der Wissenschaft zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftsarten wird seinerseits auf zwei Ebenen untersucht. Die erste Ebene betrifft die Ausbildung in naturwissenschaftlichen und technischen Fächern und die zweite die Forschung in diesen Fächern seitens staatlicher Organisationen. Damit wird die Variablen­gruppe "Relevanz der Wissenschaft für den technischen Fortschritt" anhand von vier Indikatoren definiert. Die ersten zwei betreffen die erste Ebene und die zwei letzten die zweite Ebene. Der erste Indikator umfasst die Relevanz der Ausbildung in vierzehn ausgewählten Gebieten der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften. Dies sind die sechs Gebiete aus den Grundlagenwissenschaften (Biologie, Grundlagen der Chemie, Geologie, Mathematik, Physik, Grundlagen der Informatik) und die acht Gebiete aus den angewandten Wissenschaften (Agronomie, angewandte Mathematik und Operations Research, angewandte Informatik, Werkstofflehre, Medizinwissenschaft, angewandte Chemie, Elektrotechnik, und Maschinenbau). Der zweite Indikator (WIBASIS) ist eine Messzahl für das Verhältnis zwischen der Ausbildung in der Wissenschaft insgesamt und dem technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftsarten: er wird definiert als die kumulierte Relevanz der Ausbildung in allen vierzehn Gebieten der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt. Die letzten Indikatoren betreffen zum einen den Beitrag der Hochschulforschung (HOCHSCHULE) und zum anderen denjenigen anderer staatlicher Forschungsorganisationen, Betriebe und Ämter (STAAT) zum technischen Fortschritt.

Theoretisch ist eine positive Wirkung der technologischen Chancen auf den technischen Fortschritt zu erwarten (s. im theoretischen Modell die Vorzeichen der Parameter a und b). Da aber die empirische Operationalisierung auch institutionelle Faktoren beinhaltet, die länder- und branchenspezifisch sind, kann man ex-ante nicht bestimmen, ob die Relevanz der einen oder der anderen Variablen für den technischen Fortschritt positiv oder negativ ist. Ihr Vorzeichen kann letztlich nur ex-post empirisch bestimmt werden.

MARKT. Diese Variable müsste gemäss Theorie durch die Preisnachfrageelastizität in der jeweiligen Branche dargestellt werden. Da in der Schweiz eine solche Information für alle hier untersuchten 124 Wirtschaftsarten nicht vorhanden ist, werden die Marktbedingungen durch die zwei folgenden Indikatoren operationalisiert: erstens durch ein Mass für das

Marktvolumen bzw. die Marktnachfrage, hier die Umsatzzahl (UMSATZ), und zweitens durch ein Mass für die Marktkonkurrenz (KONKURRENZ), hier definiert durch die Anzahl Unternehmen, die in einem bestimmten Wirtschaftszweig in der Lage sind, eine von der Konkurrenz entwickelte bedeutende Innovation zu imitieren. Während beim Umsatz ein positives Vorzeichen erwartet wird, kann es bei der zweiten Variable ex-ante nicht eindeutig bestimmt werden. Einerseits postuliert die ökonomische Theorie einen positiven Effekt der Konkurrenz auf die Innovationsfähigkeit der Märkte. Andererseits könnte technologische Konkurrenz auf einem bestimmten Markt als Indikator für die Fähigkeit einer Branche, eine von ihr entwickelte Innovation zu schützen und deren Erträge anzueignen, angesehen werden (s. oben die Variablen-Gruppe ANEIGNUNG). Je kleiner die Anzahl derer ist, die in einem bestimmten Markt eine bestimmte Innovation imitieren können, desto grösser ist die Fähigkeit der innovierenden Branche, ihre F&E-Ergebnisse zu schützen und desto positiver ist damit der Effekt auf ihre F&E-Intensität und letztlich auch auf ihren technischen Fortschritt. Das Vorzeichen der Variablen KONKURRENZ kann also ex-ante nicht eindeutig bestimmt werden. Es hängt dabei vom Saldo-Effekt der Konkurrenz ab, der nur ex-post empirisch festgestellt werden kann.

Die Approximierung der Variablen MARKT durch die zwei Indikatoren UMSATZ und KONKURRENZ ist theoretisch unbefriedigend. Insbesondere ist es im Hinblick auf den ersten Indikator nicht klar, ob die Branchenumsätze positiv oder negativ mit den Branchenelastizitäten korrelieren. Man kann etwa aufgrund der Höhe der Umsätze in der chemischen Industrie oder im Maschinenbau auf die Preisnachfrageelastizität ihrer Produkte natürlich nicht schliessen. Zudem weisen die hier verwendeten Umsatzzahlen zwei weitere Mängel auf. Erstens berücksichtigen sie nur die im Inland erzielten Umsätze, was besonders für stark exportorientierte Branchen von grossem Nachteil ist. Zweitens stellen Umsatzzahlen zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht die Nachfragebedingungen in einer bestimmten Branche dar, sondern die endogene Interaktion zwischen deren Nachfrage- und Angebotsbedingungen.

Zusammenfassend werden folgende zwei Gleichungen einzeln geschätzt:

$$\begin{aligned} \text{INNOV} = & a_0 + a_1 \cdot \text{ANEIGNUNG1} + a_2 \cdot \text{ANEIGNUNG2} + a_3 \cdot \text{IMITATE} + a_4 \cdot \text{MATERIAL} \\ & + a_5 \cdot \text{LIEFERANT} + a_6 \cdot \text{BENUTZER} + a_7 \cdot \text{HOCHSCHULE} + a_8 \cdot \text{STAAT} \\ & + a_9 \cdot \text{BIOLOGIE} + a_{10} \cdot \text{CHEMIE1} + a_{11} \cdot \text{GEOLOGIE} + a_{12} \cdot \text{MATH} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&+ a_{13} \cdot \text{PHYSIK} + a_{14} \cdot \text{INFORMATIK1} + a_{15} \cdot \text{AGRONOMIE} + a_{16} \cdot \text{MATH2} \\
&+ a_{17} \cdot \text{INFORMATIK2} + a_{18} \cdot \text{WERKSTOFF} + a_{19} \cdot \text{MEDIZIN} + a_{20} \cdot \text{CHEMIE2} \\
&+ a_{21} \cdot \text{ELEKTRO} + a_{22} \cdot \text{MASCHINEN} + a_{23} \cdot \text{WIBASIS} + a_{24} \cdot \text{UMSATZ} \\
&+ a_{25} \cdot \text{KONKURRENZ} + \mu_i
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{FEINTE} = &a_0 + a_1 \cdot \text{ANEIGNUNG1} + a_2 \cdot \text{ANEIGNUNG2} + a_3 \cdot \text{IMITATE} + a_4 \cdot \text{MATERIAL} \\
&+ a_5 \cdot \text{LIEFERANT} + a_6 \cdot \text{BENUTZER} + a_7 \cdot \text{HOCHSCHULE} + a_8 \cdot \text{STAAT} \\
&+ a_9 \cdot \text{BIOLOGIE} + a_{10} \cdot \text{CHEMIE1} + a_{11} \cdot \text{GEOLOGIE} + a_{12} \cdot \text{MATH} \\
&+ a_{13} \cdot \text{PHYSIK} + a_{14} \cdot \text{INFORMATIK1} + a_{15} \cdot \text{AGRONOMIE} + a_{16} \cdot \text{MATH2} \\
&+ a_{17} \cdot \text{INFORMATIK2} + a_{18} \cdot \text{WERKSTOFF} + a_{19} \cdot \text{MEDIZIN} + a_{20} \cdot \text{CHEMIE2} \\
&+ a_{21} \cdot \text{ELEKTRO} + a_{22} \cdot \text{MASCHINEN} + a_{23} \cdot \text{WIBASIS} + a_{24} \cdot \text{UMSATZ} \\
&+ a_{25} \cdot \text{KONKURRENZ} + \mu_i
\end{aligned}$$

Vergleicht man diese zwei Schätzgleichungen mit den theoretischen Gleichungen (2-8) und (2-11b), so drängen sich zwei weitere Bemerkungen auf. Erstens gehen sie beide - entgegen der theoretischen Erwartung aus dem oben dargestellten Modell von Nelson - von einem linearen Zusammenhang zwischen den abhängigen und den unabhängigen Variablen aus. Um sicher zu sein, dass diese Annahme im vorliegenden Fall zutrifft, dass also keine Misspezifikation bezüglich der funktionalen Form der Schätzgleichung vorliegt, wurden statistische Verfahren angewandt, um Nichtlinearitäten in den Daten aufzuspüren. Dazu wurde das von Breiman und Friedman entwickelte Verfahren alternierender bedingter Erwartungswerte (Alternate Conditional Expectations) verwendet (s. Breiman/Friedman 1985; für eine kurze Darstellung dieser Methode s. Pirktl 1986). Die Ergebnisse bestätigen, dass die Annahme eines linearen Zusammenhanges zwischen den untersuchten Variablen im vorliegenden Fall korrekt ist. Zweitens enthält die INNOV-Schätzgleichung - im Gegensatz zur theoretischen Gleichung (2-8) - auch die ANEIGNUNGs-Variablen. Dabei wird die Hypothese bezüglich der Relevanz der Aneignung technischer Innovationen für den technischen Fortschritt indirekt getestet und dabei erwartet, dass deren Koeffizienten statistisch nicht signifikant sind.

Tabelle 3.40: Variablenliste II

Notation	Kurzbeschreibung	Erwartetes Vorzeichen	
<i>Abhängige Variablen</i>			
INNOV	Einführungstempo von Innovationen seit 1970	1 = sehr langsam, 7 = sehr schnell; Summe der Antwortnoten der Fragen IV.A und IV.B im Fragebogen	
FEINTE	Verhältnis F&E-Ausgaben zu Umsatz pro Wirtschaftsart, 1986	in %; Angaben des Bundesamtes für Statistik, BfS	
<i>Unabhängige Variablen</i>			
ANEIGNUNG 1	Wirksamkeit der Mittel "Patente zum Schutz gegen die Imitation von Produktinnovation" und "Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren"	1 = überhaupt nicht wirksam, 7 = sehr wirksam; Grösse ermittelt durch Hauptkomponentenanalyse der Frage I.B	+
ANEIGNUNG 2	Wirksamkeit der Schutzmittel "Geheimhaltung", "Zeitvorsprung", "Abwärtsbewegung auf der Lernkurve" und "überragende Verkaufs- und Serviceleistungen".	1=überhaupt nicht wirksam, 7=sehr wirksam; Grösse ermittelt durch Hauptkomponentenanalyse der Frage I.B	+
IMITATE	Imitationszeit von bedeutenden und patentierten Produkt- und Prozessinnovationen durch die Konkurrenz	1 = weniger als 6 Monate, 6 = rechtzeitige Imitation nicht möglich; Summe der Antwortnoten der Fragen II.E.1 und II.F.2	+
MATERIAL	Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen, usw.) der Materiallieferanten zum technischen Fortschritt der jeweiligen Wirtschaftsart	1 = kein Beitrag, 7 = sehr wichtige Beiträge; Frage III.E.2	+
LIEFERANT	Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen, usw.) der Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion und F&E zum techn. Fortschritt der jeweiligen Wirtschaftsart	1 = kein Beitrag, 7 = sehr wichtige Beiträge; Summe der Fragen III.E.3 und III.E.4	+
BENUTZER	Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen, usw.) der Benutzer der Produkte zum technischen Fortschritt der jeweiligen Wirtschaftsart	1 = kein Beitrag, 7 = sehr wichtige Beiträge; Frage III.E.5	+
HOCHSCHULE	Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen, usw.) der in- und ausländischen Hochschulforschung zum technischen Fortschritt der jeweiligen Wirtschaftsart	1 = kein Beitrag, 7 = sehr wichtige Beiträge; Frage III.E.6	+
STAAT	Beitrag jeglicher Art (Finanzen, Personen, Informationen, usw.) anderer staatlicher Forschungsinstitutionen, Betriebe und Ämter zum technischen Fortschritt der jeweiligen Wirtschaftsart	1 = kein Beitrag, 7 = sehr wichtige Beiträge; Summe der Fragen III.E.7 und III.E.8	+
BIOLOGIE	Relevanz der Biologie für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7 = sehr relevant; Frage III.A.1.a	+
CHEMIE 1	Relevanz der Grundlagen der Chemie für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.1.b	+
GEOLOGIE	Relevanz der Geologie für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.1.c	+
MATH	Relevanz der Mathematik für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.1.d	+

PHYSIK	Relevanz der Physik für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.1.e	+
INFORMATIK 1	Relevanz der Grundlagen der Informatik für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.1.f	+

**Fortsetzung Variablenliste II**

<b>Notation</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>	<b>Erwartetes Vorzeichen</b>	
AGRONOMIE	Relevanz der Agronomie für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.2.a	+
MATH 2	Relevanz der angewandten Mathematik und Operations Research für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.2.b	+
INFORMATIK 2	Relevanz der angewandten der Informatik für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.1.c	+
WERKSTOFF	Relevanz der Werkstoffwissenschaft für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.2.d	+
MEDIZIN	Relevanz der Medizinwissenschaft für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.2.e	+
CHEMIE 2	Relevanz der angewandten Chemie für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.1.f	+
ELEKTRO	Relevanz der Elektrotechnik für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.1.g	+
MASCHINEN	Relevanz des Maschinenbaus für den technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart in den letzten 10 bis 15 Jahren	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Frage III.A.1.h	+
WIBASIS	Relevanz der Wissenschaft insgesamt zum technischen Fortschritt in einer bestimmten Wirtschaftsart	1=nicht relevant, 7=sehr relevant; Summe der Antwortnoten der 14 Unterfragen der Frage III.A	+
UMSATZ	Umsatzzahl pro Wirtschaftsart, 1986	in Mio sFr.; Angaben des Bundesamtes für Statistik (BfS)	+
KONKURRENZ	Anzahl Firmen in einer Wirtschaftsart, die in der Lage sind, erfolgreich und rechtzeitig eine von der Konkurrenz entwickelte bedeutende Innovation zu imitieren	Summe der Fragen II.B.1 und II.B.2	?

### 3.2 Ökonometrische Probleme

Ein erstes Problem betrifft die Natur eines Teils der verwendeten Daten (für eine ausführliche Besprechung der Datenprobleme s. T. 2 Pkt. 3.1.4). Mit der Ausnahme von FEINTE, UMSATZ und KONKURRENZ sind die übrigen Daten ursprünglich, d.h. in der schriftlichen Expertenbefragung ordinalskaliert. Da die vorliegende Analyse sowohl theoretisch wie empirisch auf der Ebene der Wirtschaftszweige geführt wird, wurden die Daten auch auf dieser Ebene (4-stellige Industrieklassifikation) gruppiert. Mittelwerte werden dann gebildet und in

die Regressionsanalyse eingesetzt. Dadurch werden diese Mittelwerte nicht mehr als ordinal-, sondern als intervallskaliert angesehen. Mit dieser Datentransformation lässt sich die Verwendung der herkömmlichen ökonomischen Schätzverfahren (OLS und GLS) rechtfertigen. Um zusätzlich die Aussagekraft der vorliegenden Daten ökonomisch voll zu nutzen, wird der theoretische Ansatz nach dem Tobit-Modell geschätzt. Die Anwendung dieses Modells ist hier deshalb angebracht, weil bei den abhängigen Variablen INNOV und FEINTE eine begrenzte Anzahl von Beobachtungen fehlt, obwohl die entsprechenden Beobachtungen bei den unabhängigen Variablen vorliegen (solche Stichproben werden in der Literatur als "censored sample" bezeichnet)<sup>75</sup>.

Ein weiteres Problem, das mit dem ersten zusammenhängt, ist die Präsenz der Heteroskedastizität der Störvariablen: Die Annahme bezüglich der gleich grossen Varianz der Störvariablen ist hier verletzt. Im Folgenden wird kurz auf die Diagnostik und Behandlung dieses Problems im Rahmen der vorliegenden Arbeit eingegangen.

Heteroskedastizität kann u.a. dann entstehen, wenn die Daten gruppiert werden und die jeweiligen Gruppen nicht gleich gross sind. In diesem Fall können die Varianzen rund um die Mittelwerte in den verschiedenen Gruppen (Beobachtungen) unterschiedlich gross sein. Dies ist auch hier der Fall, da, wie erwähnt, die ursprünglich erhobenen Unternehmensdaten auf der Ebene der Wirtschaftsart aggregiert wurden. Dabei sind unterschiedlich grosse Wirtschaftsarten entstanden, die nicht nur unterschiedlich grosse Mittelwerte, was erwünscht ist, sondern auch unterschiedlich grosse Varianzen aufweisen. Diese Tatsache hat sich mittels zweier Tests bestätigt. Der erste war rein visuell: die ausgedrückten Residuen variieren mit zunehmender Gruppengrösse. Der zweite war formal und folgte dem Vorschlag von Goldfeld und Quandt (1965). Danach wird die Nullhypothese<sup>76</sup>

$$H_0: \sigma^2_{\mu_i} = \sigma^2 \quad \text{für alle } i$$

gegenüber der Alternativhypothese (Heteroskedastizität)

$$H_A: \sigma^2_{\mu_i} \neq \sigma^2 \quad \text{für mindestens ein } i$$

mit einer von Goldfeld und Quandt (1965) entwickelten Testfunktion (s. unten) überprüft. Zur Durchführung dieses Testes wird der Stützbereich der für die Schätzung des Modells zur

<sup>75</sup> Eine Übersicht über die Tobit-Modelle liefert Amemiya (1984, sowie 1985, Kap. 10). Die dafür notwendigen Softwarepakete werden von Hall (1984) besprochen. Im vorliegenden Fall wird die SAS-Prozedur LIFEREG benutzt, welche die Parameter des Standard Tobit-Modells mittels der maximum-likelihood-Methode schätzt (s. SAS/STAT Guide for PC Version 6th Edition, 1987:641-665).

<sup>76</sup> Ich stütze mich hier auf die Darstellung von Schips (1990:145-146), bzw. Judge et al. (1988:371f).

Verfügung stehenden Beobachtungen ( $N$ ) in zwei Stützbereiche mit je  $\frac{N-t}{2}$  Beobachtungen unterteilt. Dabei wird auf  $t$  Beobachtungen des ursprünglichen Stützbereiches verzichtet. Da es bis jetzt theoretisch nicht möglich ist, generell für  $t$  einen "optimalen" Wert anzugeben, wird häufig für  $t$  ein Wert in der Grössenordnung von  $\frac{N}{5}$  gewählt (Schips 1990:145-146). Dabei gilt, wie bei jeder anderen Regressionsanalyse, dass die Anzahl Beobachtungen mindestens gleich gross wie die Anzahl unabhängiger Variablen ( $K$ ) ist. Mit anderen Worten,  $\frac{N-t}{2}$  muss grösser oder mindestens gleich  $K$  sein. Im vorliegenden Beispiel beträgt  $N=103$ ,  $t = \frac{N}{5} = \frac{103}{5} = 21$ ,  $K=25$ . Die zwei Stützbereiche umfassen je 41 Beobachtungen; die erste hört bei Beobachtung 41 auf und die zweite beginnt mit Beobachtung Nr. 63. Die von Goldfeld und Quandt vorgeschlagene Testfunktion ist wie folgt definiert:

$$(3-12) \quad \frac{R_2' R_2}{R_1' R_1}$$

Dabei ist  $R_1$  bzw.  $R_2$  der Vektor der Residuen der beiden OLS-Schätzungen. Bei Gültigkeit der Nullhypothese ist diese Testfunktion F-verteilt mit  $\left( \frac{N-t-2K}{2}, \frac{N-t-2K}{2} \right)$  Freiheitsgraden.

Ein Testwert von ungefähr 1 ist in diesem Fall zu erwarten. Im vorliegenden Beispiel beträgt er für das erste Modell 0.89 und für das zweite Modell 5.63. Da demzufolge Heteroskedastizität v.a. beim zweiten Modell vorliegt, ist eine OLS-Schätzung nicht mehr optimal, d.h. der OLS-Schätzer ist zwar nach wie vor "unbiased" (unverzerrt), hat aber unter allen linearen erwartungstreuen Schätzern nicht mehr die kleinste Varianz. Eine alternative Schätzfunktion, die sog. "Generalized Least-Squares Procedure" (GLS) (Deutsch: Verallgemeinerte Kleinst-Quadrat-Schätzfunktion) ist hier die bessere Schätzmethode, d.h. sie ist BLUE (Best Linear Unbiased Estimator). Danach wird nicht die Summe der quadratischen Residuen (OLS), sondern eine gewichtete Summe derselben minimiert. Variablen, deren Störvariablen grössere Varianzen aufweisen (dies zeigt sich visuell, wenn die Residuen gegen die unabhängigen Variablen ausgedrückt werden), werden kleinere Gewichte zugeordnet usw. Im vorliegenden Beispiel haben sich folgende Variablen mit den grösseren Varianzen der Störvariablen erwiesen: Im ersten Modell sind es ANEIGNUNG1, ANEIGNUNG2, MATERIAL, LIEFERANT, WIBASIS, UMSATZ und GEOLOGIE; im zweiten Modell sind

es ANEIGNUNG1, STAAT und UMSATZ. (Für eine detaillierte Beschreibung der hier verwendeten GLS-Methode speziell die Frage der Gewichtung der Daten s. Judge et al. 1988:374-377)<sup>77</sup>.

Im nächsten Abschnitt werden die zwei Modelle sowohl mit der OLS- und GLS- als auch mit der Tobit-Methode geschätzt<sup>78</sup>.

### 3.3 Schätzergebnisse

Die Schätzergebnisse sind in den Tabellen 3.41 und 3.42 zusammengefasst. Generell lässt sich folgendes festhalten, wobei die ersten zwei Bemerkungen primär für die OLS- und GLS-Schätzungen gelten:

- Beide Modelle sind statistisch signifikant auf dem 5 %-Niveau.
- Der Determinationskoeffizient  $R^2$  liegt bei etwa 40 %.
- Es besteht ein niedriges Niveau an Multikollinearität zwischen den unabhängigen Variablen: Die Konditionszahl beträgt lediglich 7,74 in allen zwei Modellen (der Schwellenwert für kritische Multikollinearität ist 30).

Zur Interpretation der Schätzergebnisse der einzelnen Variablen werden diese, wie bereits oben geschehen, in den drei Variablengruppen ANEIGNUNG, CHANCEN und MARKT zusammengefasst.

ANEIGNUNG. Die Fähigkeit, die Ergebnisse von Innovationen anzueignen und zu schützen, übt v.a. in der FEINTE-Gleichung einen positiven Einfluss auf die F&E-Intensität und damit auf den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftseinheiten aus. Dabei zeigt sich, dass die nichtpatentbezogenen Schutzmittel "Geheimhaltung", "Zeitvorsprung", "Abwärtsbewegung auf der Lernkurve" und "überragende Verkaufs- und Serviceleistungen" für den F&E-Prozess bedeutsamer sind als die Schutzmittel "Patente zum Schutz gegen Imitation" und "Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren". Der Koeffizient der Variablen ANEIGNUNG2 ist im zweiten Modell (Tab. 3.42) höher als derjenige der Variablen ANEIGNUNG1 und ist statistisch signifikant. In der INNOV-Gleichung ist dagegen Anneignung, wie theoretisch zu erwarten ist (s. Gleichung 3-8), nicht relevant. Die

---

<sup>77</sup> Die verwendete GLS-Methode wurde für die vorliegende Arbeit mit der SAS-Prozedur-MATRIX programmiert.

<sup>78</sup> Im Hinblick auf die INNOV-Schätzgleichung kann auch das "ordered probit-" oder "ordered logit"- Modell angewendet werden. Um die Darstellung übersichtlich zu behalten, wurde darauf verzichtet.

Koeffizienten der Variablen ANEIGNUNG1 und ANEIGNUNG2 sind beide statistisch nicht signifikant (Tab. 3.41).

Der Zusammenhang zwischen Imitationszeit und technischem Fortschritt ist, wie theoretisch zu erwarten ist, auf der F&E-Stufe positiv: Je länger die Imitationszeit ist, desto höher ist die Forschungsintensität der jeweiligen Wirtschaftseinheiten (s. Tab. 3.42). Der Koeffizient der Variablen IMITATE ist im 2. Modell positiv, wenn auch schwach positiv und statistisch nicht signifikant. Im 1. Modell ist er dagegen negativ und statistisch nicht signifikant. Aufgrund dieser Ambivalenz der Ergebnisse ist der Schluss zu ziehen, dass der Imitationszeit - wie sie hier definiert ist - beim technischen Fortschritt keine eindeutige Rolle zukommt.

CHANCEN. Bei den technologischen Chancen als zweiter Determinante des technischen Fortschritts wurde zwischen industrieexternen Quellen technologischer Chancen und dem besonderen Beitrag der Wissenschaft unterschieden. Bei der ersten Untergruppe kann folgendes festgehalten werden:

- In beiden Modellen leisten die Materiallieferanten einen positiven Beitrag zum technischen Fortschritt. Dieser Beitrag ist wesentlich höher auf der Ebene von Innovationen (Tab. 3.41) als auf der F&E-Ebene (Tab. 3.42'). Es besteht hier ein komplementäres Verhältnis zwischen der Innovationstätigkeit der Materiallieferanten und dem technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige.
- Hingegen tragen die Lieferanten von Ausrüstungsgütern für die Produktion und für F&E nicht, oder sogar negativ zum technischen Fortschritt bei. Oder anders formuliert: Es besteht ein Substitutionsverhältnis zwischen der Innovationstätigkeit dieser Kategorie von Lieferanten und derjenigen der belieferten Wirtschaftseinheiten.
- Das gleiche gilt für den Beitrag der Produktbenutzer zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige.

Der Beitrag der Wissenschaft zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige wird, wie gesagt, auf zwei Ebenen untersucht. Die erste Ebene betrifft die Ausbildung in naturwissenschaftlichen und technischen Fächern und die zweite die staatliche Forschung in diesen Fächern. Bezüglich der ersten Ebene können folgende Ergebnisse festgehalten werden:

- Die Relevanz der Wissenschaft insgesamt, hier definiert als die kumulative Relevanz der Ausbildung in allen erwähnten 14 Gebieten der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften (Variable WIBASIS) zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige, ist einerseits auf der Innovations-Stufe positiv, wenn auch schwach und statistisch nicht signifikant. Andererseits ist sie auf der F&E-Ebene (2. Modell) negativ und statistisch signifikant. Aufgrund dieser widersprüchlichen Ergebnisse kann man nicht eindeutig schliessen, ob die Ausbildung in wissenschaftlichen Fächern generell zu einer höheren F&E-Intensität und damit zu einem schnelleren Tempo technischen Fortschritts in einer bestimmten Wirtschaftsart führt oder nicht. Der Beitrag der

wissenschaftlichen Ausbildung zum technischen Fortschritt muss deshalb auf einer feineren Ebene, nämlich auf der Ebene der einzelnen wissenschaftlichen Fächer untersucht werden.

- Von den sechs erfragten Gebieten der Grundlagenwissenschaften ist die Relevanz der Ausbildung in der Mathematik, in den Grundlagen der Chemie und in den Grundlagen der Informatik für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige positiv. Im Fall der Mathematik und der Informatik ist sie darüber hinaus statistisch signifikant. Sie ist hingegen negativ oder inexistent in den Gebieten Biologie, Geologie und Physik.
- Die Relevanz der Ausbildung in den angewandten Wissenschaften für den technischen Fortschritt ist besonders hoch und statistisch signifikant in den Gebieten der Medizinwissenschaft und der angewandten Mathematik.
- Hingegen tragen die Gebiete der angewandten Informatik, der Werkstoffkunde und des Maschinenbaus nicht zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige bei. Bei der angewandten Chemie und der Elektrotechnik sind die Schätzergebnisse ambivalent: Während die Vorzeichen ihrer Beiträge auf der Innovations-Ebene negativ sind, sind sie auf der F&E-Ebene positiv.

Zum Beitrag der Forschung zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

- Der Beitrag der in- und ausländischen Hochschulforschung zum technischen Fortschritt scheint v.a. auf der Innovations-Stufe positiv und statistisch signifikant zu sein (Tab. 3.41). Er ist auf dieser Stufe von allen anderen industrieexternen Quellen technologischer Chancen quantitativ am höchsten. Hingegen ist er auf der F&E-Stufe relativ unbedeutend (Tab.3.42).
- Der Beitrag anderer staatlicher Forschungsinstitutionen, Betriebe und Ämter ist in beiden Modellen negativ und statistisch nicht signifikant. Dieses Ergebnis bestätigt die in einem liberalen Staat zu erwartende Prämisse, dass der Staat (hier mit Ausnahme der Hochschulforschung) keinen Beitrag bei der eigentlichen Markteinführung von Innovationen leistet.
- MARKT. Der Einfluss des Umsatzes als Indikator für die Marktbedingungen ist entgegen der theoretischen Erwartung negativ und statistisch signifikant (1. Modell). Dies bedeutet, dass die Innovationsfähigkeit der untersuchten Wirtschaftsarten mit zunehmendem Umsatzvolumen abnimmt. Hingegen spielt die Konkurrenz eine stimulierende Rolle beim technischen Fortschritt (positives und statistisch signifikantes Vorzeichen der Variable KONKURRENZ im 1. Modell).

**Tabelle 3.41: Determinanten des Einführungstempos von Innovationen (Schätzergebnisse des 1. Modells mit der abhängigen Variablen INNOV)**

Regressionskoeffizienten (Standardfehler)

Parameter	Unabhängige Variablen	OLS		GLS		Tobit	
a0	INTERCEPT	8,0773*	(1,6716)	8,0773*	(1,4453)	8,0773*	(1,4453)
a1	ANEIGNUNG 1	0,2730	(0,2061)	0,2730	(0,1782)	0,2730	(0,1782)
a2	ANEIGNUNG 2	0,1110	(0,2141)	0,1110	(0,1851)	0,1110	(0,1851)
a3	IMITATE	- 0,0207	(0,0810)	- 0,0207	(0,0700)	- 0,0207	(0,0700)
a4	MATERIAL	0,1415	(0,1742)	0,1415	(0,1506)	0,1415	(0,1506)
a5	LIEFERANT	- 0,1157	(0,1241)	- 0,1157	(0,1073)	- 0,1157	(0,1073)
a6	BENUTZER	- 0,0241	(0,1476)	- 0,0241	(0,1277)	- 0,0241	(0,1277)
a7	HOCHSCHULE	0,3475**	(0,1645)	0,3475**	(0,1423)	0,3475**	(0,1423)
a8	STAAT	- 0,0076	(0,1075)	- 0,0076	(0,0930)	- 0,0076	(0,0930)
a9	BIOLOGIE	- 0,3277***	(0,1930)	- 0,3277**	(0,1669)	- 0,3277**	(0,1669)
a10	CHEMIE 1	0,1336	(0,2044)	0,1336	(0,1767)	0,1336	(0,1767)
a11	GEOLOGIE	- 0,5672*	(0,1900)	- 0,5672*	(0,1642)	- 0,5672*	(0,1642)
a12	MATH	0,4267***	(0,2324)	0,4267**	(0,2009)	0,4267**	(0,2000)
a13	PHYSIK	- 0,2930	(0,1976)	- 0,2930***	(0,2062)	- 0,2930	(0,1708)
a14	INFORMATIK 1	0,2861	(0,1817)	0,2861***	(0,1865)	0,2861	(0,1571)
a15	AGRONOMIE	0,1650	(0,1913)	0,1650	(0,1654)	0,1650	(0,1654)
a16	MATH 2	0,2012	(0,2218)	0,2012	(0,1917)	0,2012	(0,1917)
a17	INFORMATIK 2	- 0,1332	(0,2021)	- 0,1332	(0,2058)	- 0,1332	(0,1747)
a18	WERKSTOFF	- 0,2056	(0,1456)	- 0,2055***	(0,1260)	- 0,2056	(0,1260)
a19	MEDIZIN	0,3216**	(0,1632)	0,3216**	(0,1660)	0,3216**	(0,1411)
a20	CHEMIE 2	- 0,0350	(0,2051)	- 0,0350	(0,1732)	- 0,0350	(0,1773)
a21	ELEKTRO	- 0,1054	(0,1611)	- 0,1054	(0,1393)	- 0,1054	(0,1394)
a22	MASCHINEN	- 0,0306	(0,1654)	- 0,0306	(0,1430)	- 0,0306	(0,1430)
a23	WIBASIS	0,0090	(0,0360)	0,0090	(0,0309)	0,0090	(0,0309)
a24	UMSATZ	- 0,0028*	(0,0008)	- 0,0028*	(0,0007)	- 0,0028*	(0,0007)
a25	KONKURRENZ	0,1952	(0,1382)	0,1952***	(0,1195)	0,1952	(0,1194)

Normal scale parameter

1,4254 (0,0993)

R<sup>2</sup> 0,4350,4350

adj R<sup>2</sup> 0,2515,2515

F-WERT 2,37102,3710

PROB >F 0,00210,0021

\* Signifikant auf dem 1 % Niveau

\*\* Signifikant auf dem 5 % Niveau

\*\*\* Signifikant auf dem 10 % Niveau

**Tabelle 3.42: Determinanten der F&E-Intensität (Schätzergebnisse des 2. Modells mit der abhängigen Variablen FEINTE)**

Regressionskoeffizienten (Standardfehler)

Parameter	Unabhängige Variablen	OLS		GLS		Tobit	
a0	INTERCEPT	0,0836	(0,0853)	0,0836	(0,0737)	0,0836	(0,0737)
a1	ANEIGNUNG 1	0,0103	(0,0105)	0,0103	(0,0090)	0,0103	(0,0090)
a2	ANEIGNUNG 2	0,0257**	(0,0109)	0,0257*	(0,0102)	0,0257*	(0,0094)
a3	IMITATE	0,0026	(0,0041)	0,0026	(0,0038)	0,0026	(0,0036)
a4	MATERIAL	0,0006	(0,0089)	0,0006	(0,0077)	0,0006	(0,0076)
a5	LIEFERANT	- 0,0053	(0,0063)	- 0,0053	(0,0055)	- 0,0053	(0,0054)
a6	BENUTZER	- 0,0059	(0,0075)	- 0,0059	(0,0065)	- 0,0059	(0,0065)
a7	HOCHSCHULE	0,0006	(0,0084)	0,0006	(0,0072)	0,0006	(0,0072)
a8	STAAT	- 0,0007	(0,0055)	- 0,0007	(0,0047)	- 0,0007	(0,0047)
a9	BIOLOGIE	- 0,0000	(0,0098)	- 0,0000	(0,0085)	- 0,0000	(0,0085)
a10	CHEMIE 1	0,0129	(0,0104)	0,0129	(0,0090)	0,0129	(0,0090)
a11	GEOLOGIE	- 0,0120	(0,0097)	- 0,0141	(0,0083)	- 0,0120	(0,0083)
a12	MATH	0,0211***	(0,0118)	0,0211**	(0,0102)	0,0211**	(0,0102)
a13	PHYSIK	- 0,0011	(0,0101)	- 0,0011	(0,0087)	- 0,0010	(0,0087)
a14	INFORMATIK 1	0,0216**	(0,0092)	0,0216*	(0,0087)	0,0216*	(0,0080)
a15	AGRONOMIE	- 0,0013	(0,0098)	- 0,0013	(0,0084)	- 0,0013	(0,0084)
a16	MATH 2	0,0168	(0,0113)	0,0168***	(0,0010)	0,0168	(0,0098)
a17	INFORMATIK 2	- 0,0123	(0,0103)	- 0,0123	(0,0089)	- 0,0123	(0,0090)
a18	WERKSTOFF	- 0,0080	(0,0074)	- 0,0080	(0,0064)	- 0,0080	(0,0064)
a19	MEDIZIN	0,0180**	(0,0083)	0,0180*	(0,0072)	0,0180**	(0,0072)
a20	CHEMIE 2	0,0033	(0,0105)	0,0033	(0,0090)	0,0033	(0,0090)
a21	ELEKTRO	0,0157***	(0,0082)	0,0156**	(0,0074)	0,0157**	(0,0071)
a22	MASCHINEN	- 0,0003	(0,0084)	- 0,0003	(0,0073)	- 0,0003	(0,0072)
a23	WIBASIS	- 0,0055*	(0,0018)	- 0,0055*	(0,0017)	- 0,0055*	(0,0016)
a24	UMSATZ	- 0,0000	(0,0000)	- 0,0000	(0,0000)	- 0,0000	(0,0000)
a25	KONKURRENZ	0,0057	(0,0070)	0,0057	(0,0061)	0,0057	(0,0061)

Normal scale parameter 0,0727 (0,0051)

R<sup>2</sup> 0,4156 0,4156

Adj R<sup>2</sup> 0,2258 0,2258

F-WERT 2,1900 2,1900

PROB >F 0,0048 0,0048

\* Signifikant auf dem 1 % Niveau

\*\* Signifikant auf dem 5 % Niveau

\*\*\* Signifikant auf dem 10 % Niveau

## 4 Zusammenfassung

In der Industrieökonomik besteht Einigkeit darüber, dass technischer Fortschritt auf der mikroökonomischen Ebene des Einzelmarktes durch die drei folgenden Faktoren erklärt werden kann: die technologischen Chancen (d.h. die Chancen von Innovatoren, Zugang zu ökonomisch verwertbarem technischem Wissen zu erhalten), 2. die Fähigkeit von Innovatoren, sich die Erträge aus ihren technischen Innovationen anzueignen und 3. die Marktnachfrage. Dieses Ziel wurde in zwei Schritte verfolgt: Zunächst wurden diese Bestimmungsfaktoren einzeln dargestellt (deskriptiver Schritt) und anschliessend ökonometrisch geschätzt (analytischer Schritt). Die gesamte empirische 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. Diese Stichprobe hat sich für die schweizerische Industriestruktur als statistisch repräsentativ erwiesen.

Die wichtigsten Ergebnisse des ersten deskriptiven Schrittes können wie folgt zusammengefasst werden. Begonnen wird dabei mit der Frage nach den technologischen Chancen (1. Faktor)

1. 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, an zweiter Stelle kommen die Benutzer der Produkte und an dritter Stelle die Lieferanten von Einsatzmaterial und Ausrüstungsgütern für die Produktion.
2. Als relativ unwichtig wird hingegen der Beitrag aussermarktlicher Organisationen 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.
3. Die Beiträge sowohl marktlicher als auch aussermarktlicher Organisationen zum technischen Fortschritt variieren von einem Wirtschaftszweig zum anderen.
4. Intraindustrielle Spillover im F&E-Bereich - d.h. unbeabsichtigter Wissenstransfer seitens der F&E-Teams eines Unternehmens an ihre Konkurrenten der gleichen Branche - tragen auch zum technischen Fortschritt eines bestimmten Wirtschaftszweigs bei. Das

wirksamste Mittel, ein von der Konkurrenz bereits erlangtes technisches Wissen über Produkt- und Prozessinnovationen ebenfalls zu erwerben, ist die eigenständige F&E. Das zweitwichtigste ist bei Produktinnovationen das sog. "reverse engineering" (Produkte erwerben und analysieren), bei Prozessinnovationen die Auswertung von Publikationen und Fachtagungen.

5. Hingegen werden die folgenden Mittel insgesamt als mittelmässig wirksam beurteilt: 1. Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen; 2. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden; 3. "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz; 4. Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie und schliesslich 5. Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt.
6. Auch im Hinblick auf die Wirksamkeit der untersuchten Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz bereits erlangten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen bestehen interindustrielle Unterschiede.
7. Die unterschiedlichen Mittel zum Erwerb des von der Konkurrenz bereits erlangten technischen Wissens über Produkt- und Prozessinnovationen können auf der Basis multivariater statistischer Verfahren in drei Untergruppen unterteilt werden. Die erste Untergruppe umfasst die vier folgenden Mittel: 1. Wissen erwerben durch Publikationen und öffentliche Fachtagungen; 2. Wissen erwerben durch informelle Gespräche mit Mitarbeitern aus den Firmen, in denen neue Produkte entwickelt werden; 3. "Abwerben" von F&E-Mitarbeitern von der Konkurrenz sowie 4. "reverse engineering". Die zweite beinhaltet die "patentbezogenen" Mittel (d.h. 1. Wissen erwerben durch Lizenzierung der betreffenden Technologie und 2. Wissen erwerben aufgrund der Patentoffenlegung beim Patentamt), während sich die letzte primär aus den Mitteln "eigenständiger F&E" und "reverse engineering" zusammensetzt.
8. Ferner trägt auch die Wissenschaft - wenn auch selektiv - zum technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige 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 beurteilt.
9. Die Relevanz der in- und ausländischen Hochschulforschung für den technischen Fortschritt der untersuchten Wirtschaftszweige wird zwar generell nicht als besonders hoch bewertet. In einzelnen Wissenschaftsgebieten - wie Informatik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik usw. - wird aber die Hochschulforschung für relevant gehalten. Insgesamt wird jedoch die Hochschulforschung in den erfragten Gebieten der Grundlagen- und angewandten Wissenschaften als weniger relevant als die Ausbildung in den gleichen Gebieten angesehen.
10. Wie bei den anderen Quellen des technischen Fortschritts ist auch der Beitrag der Wissenschaft in den einzelnen Wirtschaftszweigen unterschiedlich: Die Uhrenindustrie, die Elektroindustrie und die technischen Dienstleistungen stellen die wissenschaftsintensivsten Wirtschaftszweige der Schweizer Industrie dar, während alle anderen Wirtschaftszweige diesbezüglich unterdurchschnittlich abschneiden.

Die Ergebnisse bezüglich der Frage, ob und wie Innovatoren sich die wirtschaftlichen Erträge aus ihren technischen Innovationen aneignen können (der zweite Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts auf Branchenebene), können wie folgt zusammengefasst werden:

11. Die Erzielung eines Zeitvorsprungs vor der Konkurrenz wird im Durchschnitt als das wirksamste Mittel zur Erlangung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen aus Prozessinnovationen beurteilt. Bei Produktinnovationen sind es dagegen überragende Verkaufs- und Serviceleistungen, gefolgt vom Zeitvorsprung. Sowohl bei Produkt- wie bei Prozessinnovationen werden also der Zeitvorsprung und die dadurch möglich gewordene Erlangung von Vorteilen gegenüber der Konkurrenz in der Produktion oder im Marketing als die wichtigsten Aneignungsinstrumente von Erträgen aus Innovationen erachtet.
12. Hingegen werden Patente im Allgemeinen sowohl bei Produkt- als auch bei Prozessinnovationen als das am wenigsten wirksame Mittel zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen angesehen. Einzig in der chemischen, inkl. pharmazeutischen Industrie und in bestimmten Zweigen der Maschinen- und Elektroindustrie werden diese als wirksam beurteilt.
13. Die verschiedenen Aneignungsmittel von Wettbewerbsvorteilen aus technischen Innovationen sind miteinander korreliert. Die angewandten Verfahren der multivariaten Statistik, insbesondere die Korrelations-, Hauptkomponenten- und Clusteranalyse, legen nahe, dass diese Aneignungsmittel in zwei Untergruppen unterteilt werden können. Die eine Untergruppe würde die patentbezogenen (Patente zum Schutz gegen Imitation und Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren) und die andere die nichtpatentbezogenen Aneignungsmittel (Geheimhaltung, Zeitvorsprung, Lern- und Kostenvorteile sowie überragende Verkaufs- und Serviceleistungen) umfassen. Dabei erweisen sich die letzteren Aneignungsmittel als die wirksameren.
14. Die Tatsachen, dass Patente in zahlreichen Industriezweigen leicht zu umgehen sind und dass sie der Konkurrenz wichtige technische Detailinformationen preisgeben, die von ihr relativ rasch und kostengünstig genutzt werden können, stellen in den Augen der befragten Experten die Wirksamkeit von Patenten als Mittel zur Erlangung von Wettbewerbsvorteilen aus Innovationen am stärksten in Frage.
15. Erfinder bzw. Innovatoren verfolgen bei der Patentierung ihrer Ideen gleichzeitig verschiedene Ziele. Auch wenn der angestrebte Schutzeffekt (Monopoleffekt) von Patenten in der Praxis aus oben erwähnten Gründen in den meisten Wirtschaftszweigen nicht für gross gehalten wird, wird mit Patentierungen versucht, die Verhandlungsposition des Patentinhabers gegenüber Dritten zu stärken. Dies kann zum einen in Verhandlungen mit anderen Unternehmen über Kooperationsverträge im F&E-Bereich, über allfällige Fusionen, Übernahmen usw. und zum anderen in Verhandlungen mit staatlichen Stellen über den Zugang zu Auslandsmärkten geschehen.

Die Marktnachfrage ist, wie bereits ausgeführt, der dritte Bestimmungsfaktor des technischen Fortschritts auf Branchenebene. Dabei lassen sich drei Aspekte der Marktnachfrage unterscheiden: Ihr absolutes Volumen zu einem bestimmten Zeitpunkt, ihre Wachstumsrate in einem bestimmten Zeitraum und ihre Reaktionsparameter auf die

Veränderung anderer Grössen wie Preise und Einkommen (Preis- und Einkommenselastizitäten). Wegen Datenmangel in diesem Bereich kann allerdings hier nur der erste Aspekt berücksichtigt werden.

16. Es hat sich gezeigt, dass die umsatzstärksten Wirtschaftszweige die Maschinen- und Metall-, die Chemie-, die Elektro- und die Nahrungsmittelindustrie sind, während die anderen Wirtschaftszweige wesentlich niedrigere Umsatzzahlen aufweisen.

Gemäss zweitem Schritt ging es darum, die empirische Analyse der oben aufgeführten Determinanten des technischen Fortschritts auf Branchenebene weiterzuführen und zu vertiefen. Dies bedeutet erstens, dass diese Bestimmungsfaktoren nicht einzeln, sondern in ihrer Interaktion zueinander im Rahmen eines einheitlichen theoretischen Modells untersucht und zweitens, dass sie ökonometrisch geschätzt werden. Der theoretische Ansatz wurde mittels zweier Datensätze aus der Schweiz empirisch geschätzt. Der eine Datensatz wurde vom Bundesamt für Statistik (BfS) zur Verfügung gestellt und enthält quantitative Angaben zu F&E-Ausgaben, F&E-Personal, Gesamtpersonal und Umsatzzahlen für 124 Wirtschaftsarten im Jahre 1986; der zweite entstammt eigener Erhebung (s. oben). Bei der empirischen Spezifikation wurde der technische Fortschritt (als abhängige Variable) mittels zweier Indikatoren operationalisiert. Der eine ist ein qualitativer Output-Indikator und repräsentiert das Einführungstempo von Innovationen seit 1970; der andere ist der Input-Indikator "Anteil der F&E-Ausgaben am Umsatz". Alle diesbezüglichen Daten wurden auf der Ebene der Wirtschaftsart (4-stellige Industrieklassifikation) aggregiert. Es wurden mithin zwei Gleichungen mit den Methoden OLS, GLS und Tobit einzeln geschätzt. Die wichtigsten Schätzergebnisse werden wie folgt zusammengefasst:

17. Die Fähigkeit, sich die Erträge aus Innovationen anzueignen, übt v.a. im F&E-Modell einen positiven Einfluss auf die F&E-Intensität und damit auf den technischen Fortschritt aus. Dabei zeigt sich, dass die nicht patentbezogenen Schutzmittel "Geheimhaltung", "Zeitvorsprung", "Abwärtsbewegung auf der Lernkurve" und "überragende Verkaufs- und Serviceleistungen" für den F&E-Prozess insgesamt bedeutsamer sind, als die Schutzmittel "Patente zum Schutz gegen Imitation" und "Patente zur Sicherung von Lizenzgebühren".
18. Von allen industrieexternen Quellen technologischer Chancen trägt die in- und ausländische Hochschulforschung zum technischen Fortschritt statistisch signifikant und quantitativ am meisten bei (v.a. im INNOV-Modell).
19. Von den sechs erfragten Gebieten der Grundlagenwissenschaften ist die Ausbildung in der Mathematik und in den Grundlagen der Informatik für den technischen Fortschritt

relevant (der Koeffizient beider Variablen ist positiv und statistisch signifikant v.a. im FEINTE-Modell). Bei allen anderen Fächern ist die Relevanz nicht gegeben oder statistisch nicht signifikant.

20. Bei den angewandten Wissenschaften ist die Ausbildung in der Medizin und in der angewandten Mathematik relevant (der Koeffizient beider Variablen ist positiv und statistisch signifikant).
21. Der Einfluss des Umsatzes als Indikator für die Marktnachfrage ist entgegen der theoretischen Erwartung negativ. Dies bedeutet, dass die Innovationsfähigkeit der hier untersuchten Wirtschaftsarten mit zunehmendem Umsatz abnimmt. Wirtschaftsarten mit kleinerem Umsatz innovieren relativ mehr als jene mit grösserem Umsatz.

## Literaturverzeichnis

- Abramovitz, M. (1956), "Resource and Output Trends in the United States since 1870", *American Economic Review*, 46:5-23.
- Ahmad, S. (1966), "On the Theory of Induced Invention", *Economic Journal*, 76:344-57.
- Allen, R.L. (1991), *Opening doors: The Life & Work of Joseph Schumpeter*. 2 volumes. New Brunswick: Transaktion Publishers.
- Amemiya, T. (1981), "Qualitative Response Models: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 19:1483-536.
- Amemiya, T. (1984), "Tobit Models: A Survey", *Journal of Econometrics*, 24:3-26.
- Amemiya, T. (1985), *Advanced Econometrics*. Oxford.
- Ardenti, J.C., Reichenbach, J.P. (1972), "Estimation de la Fonction de Production CES pour la Suisse", *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, 98:575-590.
- Arrow, K.J. (1962), "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 29:155-73.
- Arrow, K.J. (1962b), "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.
- Arthur, W.A. (1988), "Competing Technologies", in: *Technical Change and Economic Theory*, eds Dosi, G. et al. London: Pinter Publishers
- Arundel, A., G., van de Paal, Soete. L. (1995), *Innovation Strategies of Europe's largest Industrial Firms: Results of the PACE Survey on Information Sources, Public Research, Protection of Innovations, and Government Programmes*, Merit, Maastricht
- Arvanitis, S., Etter, R., Frick, A., Hollenstein, H. (1992), *Innovationsfähigkeit und Innovationsverhalten der Schweizer Wirtschaft. Bestandesaufnahme und Überprüfung von Hypothesen auf der Basis von Firmendaten*. Zürich.
- Atkinson A.B., Stiglitz, J.E. (1969), "A New View of Technological Change", *Economic Journal*, 79:573-80.
- Avery, C.M., Mayer, R.L. (1982). *Das US-Patent, Erwirkung und Durchsetzung unter besonderer Berücksichtigung der Rechtsprechung*, 2. Aufl. Köln, Berlin, Bonn, München.
- Ayal, I., D., Izraeli (1990), "International Market Expansion for New High Tech Products through Franchising", *Journal of High Technology Management Research*, 1: 167-80
- Baldwin, W.L., Scott, J.T. (1987), *Market Structure and Technical Change*. Chur: Harwood Academic Publishers.
- Barro, R. E. (1990), "Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth", *Journal of Political Economy*, 98:103-125.
- Barro, R.J., Sala-i-Martin, X. (1995), *Economic Growth*. Boston, Mass.: McGraw-Hill
- Basberg, B. L. (1987), "Patent and the Measurement of Technological Change: A Survey of the Literature", *Research Policy*, 16:131-141.
- Baumol, W., Wolff, E. (1983), "Feedback from Productivity Growth to R&D", *Scandinavian Journal of Economics*, 85:147-461.

- 
- Benhabib, J., Jovanovic, B. (1991), "Externalities and Growth Accounting", *American Economic Review*, 81:82-113.
- Benko, R.P. (1987), *Protecting Intellectual Property Rights*. Washington: American Enterprise Institute for Public Policy Research.
- Benko, R.P. (1988), "Intellectual Property Rights and the Uruguay Round", *The World Economy, A Quarterly Journal on International Economic Affairs*, 11: 217-231.
- Bernhard, W., Krasser, R. (1986), *Lehrbuch des Patentrechts - Recht der BRD, Europäisches und Internationales Patentrecht*, 4. Auflage. München: C.H. Beck.
- Besen, S.M., Raskind, L.J. (1991), "An Introduction to the Law and Economics of Intellectual Property", *Journal of Economic Perspectives*, 5:3-27.
- Blattner, N., Sheldon, G. (1989), "Foreign Labour, Growth and Productivity: The Case of Switzerland", in: *European Factor Mobility. Trends and Consequences*, ed. I. Gordon and A.P. Thirlwall. London: Macmillan.
- Blaug, M. (1975), *The Cambridge Revolution: Success or Failure?* London: Institute of Economic Affairs.
- Blumenthal, D., Gluck, M., Louis, K., Wise, D. (1986), "Industrial Support of University Research in Biotechnology", *Science*, 231:242-246.
- Bohley, P. (1992), *Statistik. Einführendes Lehrbuch für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler*. 5. Auflage. München, Wien: Oldenburg
- Bombach, G. (1980), "Trends und Zyklen in der Investitionstätigkeit der Schweiz, 1950-1978", in: *Neuere Entwicklungen in der Investitionstheorie und -Politik*, hg. G. Bombach, B. Gahlen und A.E. Ott. Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck).
- Bond, R. S., Lean, D.F. (1979), "Consumer Preference, Advertising and Sales; On the Advantage from Early Entry," Working Paper No. 14. Washington D.C.: U.S. Federal Trade Commission, Bureau of Economics.
- Boskin, M.J., Lau, L.J. (1992), "Capital, Technology, and Economic Growth", in: *Proceedings of the Conference on Technology and Commercialization*, ed. R. Landau, D. Mowery and N. Rosenberg. Stanford: Stanford University Press.
- Brändli, P. (1993), "Welcome Address", in: *Results and Methods of Economic Patent Research. Proceedings of the 1st EPO-IFO-Workshop on March 19/20, 1992 at the European Patent Office*. European Patent Office, Institute for Economic Research. Munich.
- Breiman, L., Friedman, J.H. (1985), "Estimating Optimal Transformations for Multiple Regression and Correlation", *Journal of the American Statistical Association*, 80:580-597.
- Breyer, F., Zweifel, P. (1992), *Gesundheitsökonomie*. Berlin u.a.: Springer-Lehrbuch.
- Brockhoff, K. (1977), "Technischer Fortschritt im Betrieb" in: *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft (HdWW)* 7. Band, hg. W. Albers et al. Stuttgart: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck)
- Brockhoff, K. (1988), *Forschung und Entwicklung: Planung und Kontrolle*. 2. Aufl. München, Wien: Oldenburg.
- Brockhoff, K. (1990), *Stärken und Schwächen Industrieller F+E. Umfrageergebnisse aus der Bundesrepublik Deutschland*. Stuttgart: Verlag Poeschel

- Browa, H. (1984), Auswirkungen der technischen Entwicklung in der Mikroelektronik auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt in der Schweiz. Diessenhofen: Rüegg.
- Brozen, Y. (1951), "Invention, Innovation and Imitation", *American Economic Review*, 41:239-257.
- Brunat, E., Reverdy, B. (1989), "Linking University and Industrial Research in France", *Science and Public Policy*, 16:283-293.
- Bundesamt für geistiges Eigentum (1991), Information. Bern.
- Bundesamt für Statistik (1985), Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige. Bern.
- Bundesamt für Statistik (1992), Forschung und Entwicklung in der Schweiz 1989. Finanzen und Personal. Bern.
- Bundesamt für Statistik (1994), Forschung und Entwicklung in der Schweiz 1992. Finanzen und Personal. Bern.
- Bundesgesetz betreffend die Erfindungspatente vom 25. Juni 1954, hrsg. von der Bundeskanzlei, 1991. Bern: Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale (zitiert PatG).
- Bürgenmeier, B. (1992) (ed.), *Main-d'Oeuvre Etrangère en Suisse, une Analyse Economique*, Paris: Economica.
- Bürgenmeier, B., Butare, T. Favarger, P. (1992), "Effects of Foreign Labour on the Production Pattern: The Swiss Case", *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, 128:103-124.
- Butler, A. (1991), "The Uruguay Round, Switzerland, and Intellectual Property Rights", *Geld, Währung und Konjunktur, Quartalsheft Nr. 4, Schweizerische Nationalbank* S. 381-394.
- Büttler, H-J., Ettl, F., Ruoss E. (1987), "Empirische Schätzung des Wachstums der Potentiellen Produktion in der Schweiz", *Geld, Währung und Konjunktur, Quartalsheft der Schweizerischen Nationalbank*, 61-71.
- Carlsson, B., Stankiewicz, R. (1991), "On the Nature, Function and Composition of Technological Systems", *Journal of Evolutionary Economics*, 1:93-118.
- Chambers, R.G. (1988), *Applied Production Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press
- Chandler, A. (1966), *Strategy and Structure*. Doubleday & Co. Anchor Books Edition.
- Chandler, A. (1977), *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*. Cambridge: Belknap/Harvard University Press.
- Chandler, A. (1990), *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. Cambridge: Belknap/Harvard University Press.
- Chandler, A. (1992), "Organizational Capabilities and the Economic History of the Industrial Enterprise", *Journal of Economic Perspectives*, 6:79-100.
- Cheung, S.N.S. (1982), "Property Rights in Trade Secrets," *Economic Inquiry*, 20:40-53.
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., Lau, L.J. (1971), "Conjugate Duality and the Transcendental Logarithmic Production Function", *Econometrica*, 39:255-256.
- Christensen, L. R., Jorgenson, D. W., Lau, L.J. (1973), "Transcendental Logarithmic Production Frontiers", *Review of Economics and Statistics*, 55:28-45.
- Coase, R. (1937), "The Natur of The Firm", *Economica* 4: 386-405
- Coase, R. (1937), "The Nature of The Firm", *Economica* 4: 386-405

- Cohen, W.M., (1995), "Empirical Studies of Innovative Activity", in: Stoneman, P. (ed.) *Handbook of The Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford: Blackwell.
- Cohen, W.M., Klepper, S. (1991), "Firm Size versus Diversity in the Achievement of Technological Advance", in: *Innovation and Technological Change: An International Comparison*, ed. Acs, Z.J. and Andretsch, D.B. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Cohen, W.M., Klepper, S. (1992), "The Tradeoff between Firm Size and Diversity in the Pursuit of Technological Progress", *Small Business Economics*, 2:183-190.
- 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
- Cohen, W.M., Levin, R.C., Mowery, D.C. (1987), "Firm Size and R&D Intensity: A Re-Examination", *Journal of Industrial Economics*, 35:543-563
- Cohen, W.M., Levinthal, D.A. (1989), "Innovation and Learning: The two Faces of R&D", *Economic Journal*, 99:569-596.
- Conférence des académies scientifiques suisses (CASS) (1993), *Les enjeux de la recherche fondamentale*. Symposium 1993, 14 Mai 1993. Lausanne: Secrétariat général CASS.
- Conrad, C.A. (1983), "The Advantage of Being First and Competition Between Firms," *International Journal of Industrial Organization*, 1:353-364.
- Cyranek, G., Harabi, N. (Hg.) (1992), *Wettlauf um die Zukunft der Schweiz. Die Rolle der technologischen Forschung und Entwicklung*. Zürich: Verlag der Fachvereine (vdf).
- D Jewkes, J. Sawers, Stillerman, R. (1958), *The Sources of Invention*. London: Macmillan.
- Dadkhah, K.M., Zahedi, F. (1990), "Estimation and Cross-Country Comparison of Capital Stocks", *Empirical Economics*, 15: 383-408.
- Dasgupta, P., Stiglitz, J.E. (1980), "Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity", *Economic Journal*, 90:266-293.
- Dasgupta, P., Stiglitz, J.E. (1980), "Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity", *Economic Journal*, 90:266-293.
- Dasgupta, P., Stoneman, P. (eds.) (1987), *Economic Policy and Technological Performance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- David, P.A. (1969), "A Contribution to the Theory of Diffusion". Center for Research in Economic Growth. Research Memorandum, No.71. Stanford University.
- David, P.A. (1975), *Technical Choice, Innovation, and Economic Growth: Essays on American and British Experience During the Nineteenth Century*. London and New York: Cambridge University Press.
- David, P.A. (1985), "The Reaper and the Robot: The Diffusion of Microelectronics-based Process Innovations in Historical Perspective", in: *Science, Technology, and Society*, ed. J.J. Salomon. Paris.
- David, P.A. (1986), "Technology Diffusion, Public Policy, and Industrial Competitiveness", in: *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, ed. R. Landau, and N. Rosenberg. Washington: National Academy Press.
- 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.

- David, P.A. (1992), "Intellectual Property Institutions and The Panda's Thumb. Patents, Copyrights, and Trade Secrets in Economic Theory and History", Discussion Papers Series CEPR No. 287. Stanford University.
- Davies, S. (1979), *The Diffusion of Process Innovations*. London: Cambridge University Press.
- Denison, E.F. (1962), "United States Economic Growth", *Journal of Business*, 35:109-121.
- Denison, E.F. (1967), *Why Growth Rates Differ: Post-War Experience in Nine Western Countries*. Washington D.C.: Brookings Institution.
- Denison, E.F. (1967), *Why Growth Rates Differ: Post-War Experience in Nine Western Countries*. Washington D.C.: Brookings Institution.
- Denison, E.F. (1979), *Accounting for Slower Economic Growth: The United States in the 1970s*. Washington D.C.: Brookings Institution.
- Denison, E.F. (1985), *Trends in American Economic Growth, 1929-1982*. Washington D.C.: Brookings Institution.
- Denison, E.F. (1989), *Estimates of Productivity Change by Industry*. Washington D.C.: Brookings Institution.
- Diewert, W.E. (1992), „The Measurement of Productivity“, *Bulletin of Economic Research*, 44:163-198.
- Dolder, F. (1991), "Patentmanagement im Betrieb: Geheimhalten oder patentieren?", *IO Management Zeitschrift*, 60:64-68.
- 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. (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.
- Dosi, G., Nelson, R.R. (1994), "An Introduction to Evolutionary Theories in Economics", *Journal of Evolutionary Economics*, 4:153-172.
- Drandakis, E.M. and Phelps, E.S. (1966), "A Model of Induced Invention, Growth and Distribution", *Economic Journal*, 74: 541-7.
- Economics of Innovation and New Technology, 4:67-76.
- Economist*, The (1991), "The Edge of Ignorance: A Survey of Science", February 16. London.
- Economist*, The (1992), "Innovation: The Machinery of Growth", January 11th 1992, 19-21.
- Edwards, K.L., Gordon T.J. (1984), *Characterization of Innovations Introduced on the U.S. Market in 1982*, Report to the U.S. Small Business Administration, The Futures Group. Glastonbury (CT).
- Eliasson, G. (1992), "Business Competence, Organizational Learning, and Economic Growth: Establishing the Smith- Schumpeter Wicksel (SSW) Connection", in: *Entrepreneurship*,

- Technological Innovation, and Economic Growth: Studies in the Schumpeterian Tradition, ed. Scherer, F.M. and Perlman, Ann Arbor: University of Michigan Press.
- European Patent Office, IFO Institute For Economic Research (1993), Results and Methods of Economic Patent Research. Proceedings of the 1st EPO-IFO-Workshop on March 19/20, 1992 at the European Patent Office. Munich.
- Expertengruppe "Wirtschaftslage" (1978), Lage und Probleme der Schweizerischen Wirtschaft 1978/79, Bern.
- Fagerberg, J. (1988), "Why growth rates differ", In: Technical Change and Economic Theory, ed. G. Dosi, et al. London: Pinter Publishers.
- Flaherty, M. T. (1980), "Industry Structure and Cost-Reducing Innovation", *Econometrica*, 48:1187-1209.
- Flaherty, M. T. (1984), "Field Research on the Link between Technological Innovation and Growth: Evidence from the International Semiconductor Industry", Working Paper 84-83, Graduate School of Business Administration, Harvard University.
- Fleissner, P. et al. (1992), Innovationszählung in Österreich. Endbericht der Pilotstudie 1989 - gefördert durch das B.M.W.F. Wien.
- Fölster, S. (1991), The Art of Encouraging Invention. A New Approach to Government Innovation Policy. Stockholm: The Industrial Institute for Economic and Social Research.
- Forsund, F.R. et al. (1980), A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement", *Journal of Econometrics*, 13:5-25.
- Fortin, N. M. (1991), „Fonctions de Production et Biais d'agregation“, *Annales d'Economie et de Statistique*, 20/21:41-68
- Franke, J.F. (1993), "Die Bedeutung des Patentwesens im Innovationsprozess - Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten, IFO-Studien Zeitschrift für empirische Wirtschaftsforschung, 39:307-327.
- Freeman, C. (1987), Technology Policy and Economic Performance, Lessons from Japan. London: Francis Pinter.
- Freeman, C. (1988), "Innovation", in: The New Palgrave. A Dictionary of Economics, Vol. 2, P. 858-860.
- 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. (ed.) (1987b), Output Measurement in Science and Technology. Amsterdam: Elsevier.
- 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.
- Freiburghaus, D. et al. (1991), Technik-Standort Schweiz - Von der Forschungs- zur Technologiepolitik. Bern: Haupt.
- Friedman, D.D., Landes, W.M., Posner, R.A. (1991), "Some Economics of Trade Secret Law", *Journal of Economic Perspectives*, 5:61-72.

- Frohn, J., Kreugel, R., Kuhbier, P., Oppenländer K.H., Uhlmann (1973), *Der technische Fortschritt in der Industrie*. Berlin.
- Fudenberg, D., Tirole, J. (1985), "Preemption and Rent Equalization in the Adoption of New Technology", *Review of Economic Studies*, 52:383-401.
- Fusfeld, H., Haklich, C. (1985), "Cooperative R&D for Competitors", *Harvard Business Review*, 63:60-76.
- Gahlen, B.(1972), *Der Informationsgehalt der neoklassischen Wachstumstheorie*. Tübingen.
- Geigant, F., Sobotka, D., Westphal, H.M. (1987), *Lexikon der Volkswirtschaft*. München: Verlag Moderne Industrie.
- Gellman Research Associates (1976), *Indicators of International Trends in Technological Innovation*, Report to the National Science Foundation. Jenkintown (PA).
- Gellman Research Associates (1982), "The Relationship Between Industrial Concentration, Firm Size, and Technological Innovation". Report prepared to the Small Business Administration.
- Georghiou, L. et al. (1986), *Post Innovation Performance. Technological Development and Competition*. London: Macmillan.
- Glazer, A. (1985), "The Advantage of Being First," *American Economic Review*, 75:473-480.
- Gold, B. (1979), *Productivity, Technology and Capital*. Boston: Lexington Books.
- Gold, B. (1981), "Technological Diffusion in Industry: Research Needs and Shortcomings", *Journal of Industrial Economics*, 30:247-269.
- Gold, B. (1983), "On the Adoption of Technological Innovations in Industry: Superficial Models and Complex Decision Processes", in: *The Trouble with Technology: Explorations in the Process of Technological Change*, ed. MacDonald, D. et al. London: Frances Pinter.
- Goldfeld, S.M., Quandt, R.E., (1965), "Some Tests for Homoscedasticity", *Journal of the American Statistical Association*, 60:539-547.
- Gomory, R.E., Schmitt, R.W. (1988), "Science and Product", *Policy Forum*, 27:1131-1231.
- Gordon, T., Munson, Th. (1981), "Research into Technology Output Measures". The Future Group. Glastonbury (CT).
- Gort, M., Wall, R.A. (1984), "The Effect of Technical Change on Market Structure", *Economic Inquiry*, 22:668-675.
- Graf, H-G., Mettler, D. (1991), *Branchenmässige Simulationsrechnungen für Europa-szenarien*. Chur: Rüegger.
- Grefermann, K., Oppenländer, K.H. et al. (1974), *Patentwesen und technischer Fortschritt, Teil I: Die Wirkung des Patentwesens im Innovationsprozess*. Göttingen: Verlag Otto Schwarz & Co.
- Grefermann, K., Röthlingshofer, K.Ch. (1974), *Patentwesen und technischer Fortschritt, Teil II: Patent- und Lizenzpolitik der Unternehmen*. Göttingen: Verlag Otto Schwarz & Co.
- Greipl, E., Träger, U. (1982), *Wettbewerbswirkungen der unternehmerischen Patent- und Lizenzpolitik - unter besonderer Berücksichtigung kleiner und mittlerer Unternehmen*. Berlin und München.

- 
- Greipl, E., Täger, U. (1984), "Unternehmerische Patent- und Lizenzpolitik in Maschinenbau und elektrotechnischer Industrie, in: Patentwesen, technischer Fortschritt und Wettbewerb, hrg. von K.H. Oppenländer. Berlin und München.
- Griliches, Z. (1957), "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change", *Econometrica*, 25:501-522.
- Griliches, Z. (1958), "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations", *Journal of Political Economy*, 76: 419-432.
- Griliches, Z. (1960), "Hybrid Corn and the Economics of Innovation", *Science*, 132:275-280.
- Griliches, Z. (1979), "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth", *Bell Journal of Economics*, 10:92-116.
- Griliches, Z. (1988), "Productivity Puzzles and R&D: Another Nonexplanation", *Journal of Economic Perspectives*, 2:9-21.
- Griliches, Z. (1990), "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 28:1661-1707.
- Griliches, Z. (1991), "The Search For R&D Spillovers", Working Paper No. 3768, National Bureau of Economic Research. Cambridge Mass.
- Griliches, Z. (1994), "Productivity and R&D, and the Data Constraint", *American Economic Review*, 84:1-23.
- Griliches, Z. (ed.) (1971), *Price Indexes and Quality Change*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Griliches, Z. (ed.) (1987), *R&D, Patents and Productivity*. Chicago and London: NBER and University of Chicago Press.
- Griliches, Z., Jorgenson, D.W. (1966), "Sources of Measured Productivity Change: Capital Input", *American Economic Review*, 56:50-61.
- Griliches, Z., Jorgenson, D.W. (1966), "Sources of Measured Productivity Change: Capital Input", *American Economic Review*, 56:50-61.
- Grupp, H. (ed.) (1992), *Dynamics of Science-Based Innovation*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Halbherr, P., Harabi, N., Bachem, M. (1988), *Die Schweizerische Wettbewerbsfähigkeit auf dem Prüfstand: Herausforderungen an Politik, Wirtschaft und Wissenschaft*. Bern: Haupt.
- Hall, B.H. (1984), "Software for the Computation of Tobit Model Estimates", *Journal of Econometrics*, 24:215-222.
- Hansen, J.A. (1985), *International Comparisons of Innovation Indicator Development*. Report to the National Science Foundation. Washington D.C.
- Hansen, J.A. (1986), "Innovation Indicators: Summary of an International Survey", Paper presented to OECD Workshop on Innovation Statistics.
- Hanusch, H. (ed.) (1988), *Evolutionary Economics: Applications of Schumpeter's Ideas*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hanusch, H., Jansch, G. (1988), *Produktivität im öffentlichen Sektor*. Augsburg: Lehrstuhl V der Universität Augsburg.

- Harabi, N. (1987), Technischer Fortschritt in der Schweiz: Empirische Ergebnisse aus volkswirtschaftlicher Sicht. Dokumentation zur Wirtschaftskunde Nr. 107, Hrsg. Gesellschaft zur Förderung der Schweizerischen Wirtschaft, Zürich.
- Harabi, N. (1989), Technical Progress in Switzerland: Empirical Analysis of Developments in the Swiss Economy, in: *The Worker in Transition: Technological Change*. eds. T.J. Kozik and D.G. Jansson. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Harabi, N. (1990), "Einflussfaktoren von Forschung und Entwicklung in der Schweizer Industrie. Ergebnisse einer schriftlichen Expertenbefragung". Arbeitspapier Nr. 13, Reihe D, Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1991a), "Innovation versus Imitation: Empirical Evidence from Swiss Firms". Arbeitspapier Nr. 15, Reihe D, Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1991b), "Determinanten des technischen Fortschritts - Eine empirische Analyse für die Schweiz". Arbeitspapier Nr. 16, Reihe D, Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1991c), "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. (1992a), "Determinanten des technischen Fortschritts - Eine empirische Analyse für die Schweiz". 2. Version. Arbeitspapier Nr. 21, Reihe D, Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1992b), "Determinants of Technical Change: Empirical Evidence from Switzerland", *Empirica - Austrian Economic Papers*, Vol. 19, No. 2:221-244.
- Harabi, N. (1992c), "Determinanten industrieller Forschung und Entwicklung: Empirische Ergebnisse für die Schweiz", in: *Wettlauf um die Zukunft der Schweiz. Die Rolle der technologischen Forschung und Entwicklung*, hg., Cyranek, G. and Harabi, N. Zürich: Verlag der Fachvereine (vdf).
- Harabi, N. (1992d), "Appropriability, Technological Opportunity, Market Demand and Technical Change: Empirical Evidence from Switzerland". Arbeitspapier Nr. 22, Reihe D, Wirtschafts-wissenschaftliches Institut der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1992e), "Technischer Fortschritt in der Schweiz: Empirische Ergebnisse aus volkswirtschaftlicher Sicht". Arbeitspapier Nr. 24, Reihe D, Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1993a), "Technischer Fortschritt in der Schweiz: Ein kurzer Überblick". Arbeitspapier Nr. 26, Reihe D, Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1993c), "Aneignung der Erträge technischer Innovationen: Eine empirische Analyse". Arbeitspapier Nr. 27, Reihe D, Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich. Zürich.
- Harabi, N. (1993d), "Technologische Chancen und technischer Fortschritt: Eine empirische Untersuchung". Arbeitspapier Nr. 28, Reihe D, Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1995a), "Appropriability of Technological Innovations: An Empirical Analysis". *Research Policy*, 24:981-992.
- Harabi, N. (1995a), "Sources of Technical Progress: Evidence from Swiss Industry",

- Harabi, N. (1995b), "Sources of Technical Progress: Evidence from Swiss Industry", *Economics of Innovation and New Technology*, 4:67-76.
- Harabi, N. (1995c) (ed.), *Wettlauf um die Schweiz 2000*. Zurich: vdf
- Harabi, N. (1996) (ed.), *Kreativität - Wirtschaft - Recht*. Zurich: vdf
- Harabi, N. (1997), "Channels of R&D-Spillovers: An Empirical Investigation of Swiss Firms", *Technovation - The International Journal of Technological Innovation and Entrepreneurship*.
- Harabi, N. (1997), "Facteurs déterminant la recherche et le développement dans l'industrie. Résultats d'une enquête sur l'industrie suisse", *Revue Française de Gestion*, No. 114 (Juin-Juillet-Aout)
- Harabi, N., (1993b), "Technischer Fortschritt in der Schweiz: Ein kurzer Überblick". *Dokumentation zur Wirtschaftskunde Nr. 7/8*, hrsg. von der Gesellschaft zur Förderung der Schweizerischen Wirtschaft, Zürich.
- Harabi, N., Halbherr, Ph. (1985), "Diffusion neuer Technologien in der Schweiz", in: *Schweizerische Volkswirtschaft unter Innovationsdruck*, hg. Schelbert, H. et al. Bern und Stuttgart: Haupt.
- Harabi, N., Wells, T., Reichle, M. (1986), *Marktstrukturen, Innovationsdynamik und internationale Wettbewerbsfähigkeit in der Schweizer Industrie. Schlussbericht des Forschungsprojektes Nr. 1912-084 des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Abt. I)*, St. Gallen: St. Galler Zentrum für Zukunftsforschung.
- Harcourt, G.C. (1972), *Some Cambridge Controversies in the Theory of Capital*. Cambridge: The University Press.
- Heertje, A. (1977), *Economics and Technical Change*. London: Weidenfeld and Nicolson.
- Heertje, A., Perlman, M (eds.) (1990), *Evolving Technology and Market Structure. Studies in Schumpeterian Economics*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Heinen, E. (1985), *Einführung in die Betriebswirtschaftslehre*, 9. Aufl. Wiesbaden.
- 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*, hg. Cyranek, G. und Harabi, N. Zürich: Verlag der Fachvereine (vdf).
- Hieronimi, O. et al. (1984), *La diffusion de nouvelles technologies*. Saint-Saphorin: Georgi.
- Hippel, E. von (1976), "The Dominant Role of Users in the Scientific Instrument Innovation Process", *Research Policy*, 5:212-239.
- Hippel, E. von (1977), "The Dominant Role of the User in Semiconductor and Electronic Subassembly Process Innovation", *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-24:60-71.
- Hippel, E. von (1987), "Cooperation between Rivals: Informal Know-How Trading", *Research Policy*, 11: 291-302.
- Hippel, E. von (1988), *The Sources of Innovations*. Oxford: Oxford University Press.
- Hirschleifer, J. (1971), "The Private and Social Value of Information and The Reward to Inventive Activity", *American Economic Review* 61: 561-74

- Hirschleifer, J. (1971), "The Private and Social Value of Information and The Reward to Inventive Activity", *American Economic Review* 61: 561-74
- Horstmann, I., MacDonald, G.M., Slivinski, A. (1985), "Patents as Information Transfer Mechanisms: To Patent or (Maybe) Not to Patent", *Journal of Political Economy*, 93: 837-58.
- Hotz-Hart, B., Küchler, C. (1992), *Technologische Position der Schweizer Industrie im Lichte der internationalen Patentstatistik*. Bern.
- Hounshell, D.A., Smith, J.K. (1988), *Science and Corporate Strategy: Dupont R+D, 1902-1980*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Huffman, W.E., Evenson, R.E. (1991), *Science for Agriculture*, Iowa State University Press.
- Hulten, C.R. (1992), "Growth Accounting When Technical Change is Embodied in Capital", *American Economic Review*, 82:964-980.
- Johansen, L. (1959), "Substitution versus Fixed Production Coefficients in the Theory of Economic Growth: A Synthesis", *Econometrica*, 27: 157-76.
- Johnson, D., Creech, J. (1983), "Ordinal Measures in Multiple Indicator Models: A Simulation Study of Categorization Errors", *American Sociological Review*, 48:398-407.
- Jorde, T.M., Teece, D.J (1990), "Innovation and Cooperation: Implications for Competition and Antitrust", *Journal of Economic Perspectives*, 4:75-96.
- Jorgenson, D.W. (1986), "Econometric Methods for Modeling Producer Behavior, in: *Handbook of Econometrics*, Vol. 3, ed. Z. Griliches and M. Intriligator. Amsterdam: North-Holland.
- Jorgenson, D.W. (1987), "Production Functions", in: *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, ed. J. Eatwell et al. London: Macmillan.
- Jorgenson, D.W. et al. (1987), *Productivity and U.S. Economic Growth*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Judge, G.G., Griffiths, W.E., Hill, R.C., Griffiths, W.E., Lutkepohl, H., Lee, T.C. (1988), *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*, (2nd ed.). New York: John Wiley
- Judge, G.G., W.E., Hill, R.C., Lee, T.C. (1985), *The Theory and Practice of Econometrics*, (2nd ed.). New York: John Wiley
- Kaldor, N. (1957), "A Model of Economic Growth", *Economic Journal*, 67:591-624.
- Kaldor, N., Mirrles J.A. (1962), "A New Model of Economic Growth", *Review of Economic Studies*, 29:174-90.
- Kamien, M.I., Schwartz, N.L. (1970), "Market Structure, Elasticity of Demand, and Incentive to Invent", *Journal of Law and Economics*, 13:241-252.
- Kamien, M.I., Schwartz, N.L. (1978), "Potential Rivalry, Monopoly Profits and the Pace of Inventive Activity", *Review of Economic Studies*, 45:547-557.
- Kaufer, E. (1970), *Patente, Wettbewerb und technischer Fortschritt*. Bad Homburg.
- Kaufer, E. (1989), *The Economics of the Patent System*. Chur: Harwood Academic Publishers.
- Kendrick, J.W. (1961), *Productivity Trends in the United States*. Princeton: Princeton University Press.

- 
- Kendrick, J.W. (1961), *Productivity Trends in the United States*. Princeton: Princeton University Press.
- Kendrick, J.W. (1973), *Postwar Productivity Trends in the United States, 1948-1969*. New York: Columbia University Press.
- Kennedy, C. (1964), "Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution", *Economic Journal*, 74:541-7.
- Kennedy, P. (1992), *A Guide to Econometrics*. 3rd ed. Oxford UK & Cambridge USA: Blackwell.
- Kern, W., Schröder, H.H. (1977), *Forschung und Entwicklung in der Unternehmung*. Reinbek: Rowohlt.
- Kitch, E. W. (1977), "The Nature and Function of the Patent System", *Journal of Law and Economics*, 20:265-290.
- Kitch, E. W. (1980), "The Law and Economics of Rights in Valuable Information", *Journal of Legal Studies*, 9:683-724.
- Kleinknecht, A. (1987): "Measuring R&D in Small Firms: How Much Are We Missing?", *Journal of Industrial Economics*, 36:253-256.
- Kleinknecht, A. and Reijnen, J.O. (1993), "Towards Literature-Based Innovation Output Indicators", *Structural Change and Economic Dynamics*, 4:199-207.
- Kleinknecht, A., Bain, D. (1993), *New Concepts in Innovation Output Measurement*, Houndsmill, Basingstoke, London: McMillan Press.
- Kleinknecht, A., Reijnen, J.O. (1991a), "More Evidence on the Undercounting of Small Firm R&D", *Research Policy*, 20:579-587.
- Kleinknecht, A., Reijnen, J.O. (1992): "Why do Firms Cooperate on R&D? An Empirical Study", *Research Policy*, 21:347-360.
- Kleinknecht, A., Verspagen, B. (1989): "R&D and Market Structure: The Impact of Measurement and Aggregation Problems", *Small Business Economics*, 1:297-301.
- Klemperer, P. (1987), "Entry Deterrence in Markets with Consumer Switching Costs," *Economic Journal*, 97: 99-117.
- Klevorick, A.K., Levin, R.C. Nelson, R.R., Winter, S.G. (1993), „On the Sources and Significance of Interindustry Differences in Technological Opportunities“, Yale University, mimeo
- Kline, S.J. (1985), "Research is Not a Linear Process", *Research Management*, Vol. 28, 4:36-45.
- Kline, S.J., Rosenberg, N. (1986), "An Overview of Innovation", In: *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, ed. R. Landau and N. Rosenberg. Washington: National Academy Press.
- Koebel, B. (1996), „Tests of Representative Firm Models: Results for German Manufacturing Industries“, Discussion Paper No. 96-16, Center for European Economic Research (ZEW), Mannheim.
- KOF/ETH (1992), *Innovationsfähigkeit der Industrie und Technologiepolitik in der Schweiz*. Sonderbericht Konjunktur Nr. 183, Zürich.
- Kohli, U. (1981), "Valeur ajoutée et progrès technique en Suisse, 1948-76", *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, 117:11-23.

- Kohli, U. (1982), "Production Theory, Technological Change, and The Demand for Imports. Switzerland, 1948-76", *European Economic Review*, 18:369-386.
- Kohli, U. (1993), "GNP Growth Accounting in the Open Economy: Parametric and Nonparametric Estimates for Switzerland", *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik* 129:601-615.
- Kohli, U., Peytrignet (1979), "Construction de Séries de Prix et Quantités, Technologie Suisse, 1948-1976, unveröffentlicht, Université de Lausanne.
- Kortum, S.S. (1992), *Inventions, R&D and Industry Growth*. Ph.D. Thesis at Yale University, New Haven.
- Krugman, P. (1990), "Endogenous Innovation, International Trade and Growth". In: *Rethinking International Trade*, ed. P. Krugman. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Kugler, P., Müller U., (1991), "Demand for Imports, Supply of Exports and Technical Progress. Results from a GNP Function Estimate". *Diskussionspapier 3 des NFP* 28.
- Kugler, P., Müller, U., Sheldon, G. (1989), "Arbeitsmarktwirkungen moderner Technologien - eine Ökonometrische Analyse für die Bundesrepublik Deutschland, in: *Technologischer Wandel und Beschäftigung. Fakten, Analysen, Trends*, Hg. R. Schettkat und M. Wagner. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- Kugler, P., Spycher, S. (1992), "Der Einfluss des Technologiewandels auf die Struktur der Arbeitsnachfrage in der Schweiz von 1950-1988", *Schweiz. Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, 128 : 617-641.
- Kuznets, S.S. (1962), "Inventive Activity: Problems of Definition and Measurement". In *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors* (Universities-National Bureau Conference Series No. 13). Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Kuznets, S.S. (1965), *Economic Growth and Structure*. New York: Norton.
- Kuznets, S.S. (1966), *Modern Economic Growth: Rate, Structure and Spread*. New Haven: Yale University Press.
- Kuznets, S.S. (1971), *Economic Growth of Nations*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kuznets, S.S. (1973), *Population, Capital and Growth*. New York: Norton.
- Lancaster, K. L. (1971), *Consumer Demand: A New Approach*. New York: Columbia University Press.
- Lancaster, K. L. (1979), *Variety, Equity, and Efficiency*. New York: Columbia University Press.
- Landau, R., Rosenberg, N. (eds.) (1986), *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington: National Academy Press.
- Lau, L.J., Yotopoulos, P.A. (1989), "The Meta-Production Function Approach to Technological Change in World Agriculture," *Journal of Development Economics*, 31:241-269.
- Lau, L.J., Yotopoulos, P.A. (1990), "Intercountry Differences in Agricultural Productivity: An Application of the Meta-Production Function", Working Paper, Stanford: Stanford University.
- Lee, T., Wilde, L.L. (1980), "Market Structure and Innovation: A Reformulation", *Quarterly Journal Of Economics*, 94:429-436.

- 
- Leontief, W. (1966), "Domestic Production and Foreign Trade: The American Capital Position Re-examined", In: *Input-Output Economics*, ed. W. Leontief. Oxford: Oxford University Press.
- Levin, R. C. (1988), "Appropriability, R&D Spending, and Technological Performance", *American Economic Review Proceedings*, 78:424-428.
- Levin, R.C. (1978), "Technical Change, Barriers to Entry and Market Structure", *Economica*, 45:347-361.
- Levin, R.C. (1986), "A New Look at The Patent System", *American Economic Association Papers and Proceedings*, 76:199-202.
- Levin, R.C. and Reiss, P. C. (1988), "Cost-Reducing and Demand-Creating R&D with Spillovers", *Rand Journal of Economics*, 19:538-556.
- Levin, R.C., Cohen, W.M., Mowery, D.C. (1985), "R&D Appropriability, Opportunity, and Market Structure: New Evidence on Some Schumpeterian Hypotheses", *American Economic Review Papers and Proceedings*, 75:20-24.
- 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*, 783-821.
- Levin, R.C., Klevorick, A.K., Nelson, R.R., Winter, S.G. (1983), *Questionnaire on Industrial Research and Development*. Technical Report, Yale University (zitiert: Yale-Fragebogen).
- Levin, R.C., Reiss, P. C. (1984), "Tests of a Schumpeterian Model of R&D and Market Structure", in: *R&D, Patents, and Productivity*, ed. Z. Griliches. Chicago: University of Chicago Press.
- Levy, D., Terleckyj, N. (1983), "The effects of Government R&D on Private R&D and Productivity: A Macroeconomic Analysis", *Bell Journal of Economics*, 14:551-561.
- Lewin, A., Lovell, C. (1990) (Eds.), *Frontier Analysis. Parametric and Nonparametric Approaches*, *Journal of Econometrics, Annals 1990-4*, Bd. 46.
- Leyden, D.P., Linz, A.N. (1992), *Government's Role in Innovation*, Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- Lichtenberg, F. (1987), "The Effect of Government Funding on Private Industrial Research and Development: A Reassessment", *Journal of Industrial Economics*, 36:97-104.
- Lichtenberg, F. (1988), "The Private R&D Investment Response to Federal Design and Technical Competitions", *American Economic Review*, 78:550-559.
- Lieberman, M., Montgomery, D.(1988), "First Mover Advantages", *Strategic Management Journal*, 9:41-58.
- Link, A.N. (1987), *Technological Change and Productivity Growth*. Chur: Harwood Academic Publishers.
- Lotz, P. (1991), *Demand-side Effects on Product Innovation. The Case of Medical Devices*. Copenhagen Business School, Institute of Industrial Research.
- Loury, G.C.(1979), "Market Structure and Innovation.", *Quarterly Journal of Economics*, 93:395-410.
- Lucas, R.E. (1988), "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 22:3-42.

- Lundvall, B.A. (1988), "Innovation as an Interactive Process: From User-Producer Interaction to the National System of Innovation", in: *Technical Change and Economic Theory*, ed. G. Dosi et al. London: Pinter.
- Machlup, F. (1958), *An Economic Review of the Patent System*, Study No. 15 of the Senate Subcommittee on Patents, Trademarks, and Copyrights. Washington, D.C.: Government Printing Office.
- Machlup, F., Penrose, E. (1950), "The Patent Controversy in the Nineteenth Century". *The Journal of Economic History*, 10:1-29.
- Mahajan, V., Peterson, R.A. (1985), *Models for Innovation Diffusion*. Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, Series no. 07-048. Beverly Hills and London: Sage Publications, Inc.
- Mairesse, J., Mohnen, P. (1990), "Recherche-Developpement et Productivité: Un survol de la littérature économétrique," *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.
- Manly, B.F.J. (1986), *Multivariate Statistical Methods. A Primer*. London: Chapman and Hall.
- Mansfield, E. (1968), *Industrial Research and Technological Innovation*. New York: Norton.
- Mansfield, E. (1968), *Industrial Research and Technological Innovation*. New York: Norton.
- Mansfield, E. (1985), "How Rapidly does New Industrial Technology Leak out?", *Journal of Industrial Economics*, 34:217-223.
- Mansfield, E. (1986a), *Patents and Innovation: An Empirical Study*. *Management Science*, 32:173-181.
- Mansfield, E. (1986b), "Microeconomics of Technological Innovation", in: *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, ed. R. Landau and N. Rosenberg. Washington: National Academy Press.
- Mansfield, E. (1988), "Industrial R&D in Japan and the United States: A Comparative Study", *American Economic Review Papers and Proceedings*, 78:223-228.
- Mansfield, E. et al. (1961), "Technical Change and the Rate of Imitation", *Econometrica*, 29:741-66.
- Mansfield, E. et al. (1971), *Research and Innovation in the Modern Corporation*. New York: Norton.
- Mansfield, E. et al. (1977), *The Production and Application of New Industrial Technology*. New York: Norton.
- Mansfield, E. et al. (1981), "Imitation Costs and Patents: An Empirical Study", *Economic Journal*, 91:907-918.
- Marinell, G. (1986), *Multivariate Verfahren. Einführung für Studierende und Praktiker*. 2. Aufl., Wien München: Oldenburg.
- Mazzoleni, R., Nelson, R.R. (1998), "The Benefits and Costs of Strong Patent Protection: A Contribution to the Current Debate", *Research Policy* 27: 273-284.
- McCombie, J.S.L., Dixon, R. (1991), "Estimating Technical Change in Aggregate Production Functions: A Critique", *International Review of Applied Economics*, 5:24-46.

- McFadden, D. (1981), "Econometric Models of Probabilistic Choice", In *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*, ed. C. Manski and D. McFadden. Cambridge, Mass.: M.I.T Press
- Merges, R.P., Nelson, R.R. (1990), "The Complex Economies of Patent Scope", *Columbia Law Review*.
- Merges, R.P., Nelson, R.R. (1992), "On Limiting or Encouraging Rivalry in Technical Progress: The Effect of Patent Scope Decisions", CCC Working Paper No. 92-8, University of California at Berkeley, Center for Research in Management.
- Metcalf, J.S. (1988), "The Diffusion of Innovation: An Interpretative Survey", in: *Technical Change and Economic Theory*, ed. G. Dosi et al. London: Pinter Publishers.
- 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, University du Québec a Montréal. August 1992.
- Mountain, D.C. (1986), "Economies of Scale versus Technological Change: An Aggregate Production Function For Switzerland", *Review of Economics and Statistics*: 707-711.
- Mowery, D.C., Rosenberg, N. (1979): „The Influence of Market Demand upon Innovation: A Critical Review of some Recent Empirical
- Mowery, D.C., Rosenberg, N. (1989): *Technology and the Pursuit of Economic Growth*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Müdespacher, A. (1985), "Die Diffusion von Innovationen der Telematik", *Geographica Helvetica*, 113-122.
- Musgrave, R.A. et al. (1985), *Die öffentlichen Finanzen in Theorie und Praxis*, 3 Bände (Band 1: 6. Aufl., 1994; Band 2: 5. Aufl., 1993; Band 3: 3. Aufl. 1987), Mohr, UTB Nr. 519 und 542.
- Muthen, B. (1983), "Latent Variable Structural Equation Modelling with Categorical Data", *Journal of Econometrics*, 22:43-65.
- Muthen, B., Kaplan, D. (1985), "A Comparison of some Methodologies for the Factor Analysis of Non-Normal Likert Variables", *Britisch Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 38:171-180.
- Nabseth, L., Ray, G.F. (eds.) (1974), *The Diffusion of New Industrial Processes: An International Study*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nakicenovic, A., Grübler, A. (Eds.) (1991), *The Diffusion of Technologies and Social Behavior*. Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag and IIASA
- National Science Foundation (1983), Washington.
- Nelson, R.R. (1959a), "The Economics of Invention: A Survey", *Journal of Business*, 32:101-127.
- Nelson, R.R. (1959b), "The Simple Economics of Basic Scientific Research", *Journal of Political Economy*, 67:297-306.
- Nelson, R.R. (1981), "Research on Productivity Growth and Productivity Differences: Dead Ends and New Departures", *Journal of Economic Literature*, 19:1029-1064.

- Nelson, R.R. (1984), *High Technology Policies: A Five-Nation Comparison*. Washington: American Enterprise Institute.
- Nelson, R.R. (1987), *Understanding Technical Change as an Evolutionary Process*. New York: North-Holland.
- Nelson, R.R. (1988a), "Modelling the Connections in the Cross Section between Technical Progress and R&D Intensity", *Rand Journal of Economics*, 19:478-485.
- Nelson, R.R. (1988b), "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: *Industrial Dynamics*, ed. Carlsson, B. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Nelson, R.R. (1991), "Recent Writings on Competitiveness: Boxing the Compass. CCC Working Paper No. 91-18. University of California at Berkeley: Center for Research in Management.
- Nelson, R.R. (1995), "Recent Evolutionary Theorizing about Economic Change", *Journal of Economic Literature* 33:48-90.
- Nelson, R.R. (ed.) (1982), *Government and Technical Progress: A Cross-Industry Analysis*. New York: Pergamon Press.
- Nelson, R.R. (ed.) (1992), *National Innovation Systems: A Comparative Study*. Oxford: Oxford University Press.
- Nelson, R.R., Rosenberg, N. (1990), "Technical Change and National Systems", Working Paper (20/9/90), Economics Department, Stanford University.
- Nelson, R.R., Winter, S. (1977), "In Search of Useful Theory of Innovation", *Research Policy*: 6:36-76.
- Nelson, R.R., Winter, S. (1978), "Forces Generating and Limiting Concentration Under Schumpeterian Competition", *Bell Journal of Economics*, 9:524-548.
- Nelson, R.R., Winter, S. (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press.
- Nelson, R.R., Wolff, E.N. (1992), "Factors Behind Cross-Industry Differences in Technical Progress, CCC Working Paper No. 92-7, University of California at Berkeley, Center for Research in Management.
- Nelson, R.R., Wright, C. (1992), "The Rise and Fall of American Technological Leadership", *Journal of Economic Literature* 30:1931-1964.
- North, D.C. (1981), *Structure and Change in Economic History*. New York: Norton.
- North, D.C. (1989), "Institutional Change and Economic History", *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE)*, 145: 238-245.
- North, D.C. (1993), "The New Institutional Economics and Development", Paper prepared for the Conference on Public Choice and Development: The New Institutional Economics and Third World Development. London September 16-18, 1993.
- North, D.C. (1991), "Institutions", *Journal of Economic Perspectives*, 5:97-112.
- OECD (1981), *The Measurement of Scientific and Technical Activities (Frascati Manual 1980)*. Paris: OECD.
- OECD (1989), *Suisse - Politiques nationales de la science et de la technologie*. Paris.

- OECD (1990a), Innovation Manual DSTI/IP/90.14. Paris.
- OECD (1990b), Description of Innovation Surveys and Surveys of Technology Use Carried Out in OECD Member Countries. Paris: OECD, Directorate for Science, Technology and Industry.
- OECD (1992a), OECD Proposed Guidelines For Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. Oslo Manual. Paris: OECD.
- OECD (1992b), Science and Technology Policy. Review and Outlook 1991. Paris: OECD.
- OECD (1996a), Main Science and Technology Indicators 1996/1. Paris: OECD
- OECD (1996b), Innovation, Patents and Technological Strategies, Paris: OECD.
- OECD (1997), OECD Proposed Guidelines For Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. Oslo Manual. Paris: OECD. (revised version)
- Olsson, U. (1979), "On the Robustness of Factor Analysis against Crude Classifications of the Observations", *Multivariate Behavioral Research*, 14:485-500.
- Oppenländer, K.H. (1971), *Wirtschaftliche Auswirkungen des technischen Wandels in der Industrie*. Frankfurt/Main.
- Oppenländer, K.H. (1976a), *Investitionsinduzierter technischer Fortschritt*. Berlin u.a.: Duncker & Humblot.
- Oppenländer, K.H. (1976b), "Patentschutz und Wettbewerb im Innovationsprozess, in: Probleme der Wettbewerbstheorie und -politik, hg. von Bombach et al. Tübingen.
- Oppenländer, K.H. (1980), Zur Produktivitätsentwicklung in der verarbeitenden Industrie der Bundesrepublik Deutschland, in: *Empirische Wirtschaftsforschung - Konzeptionen, Verfahren und Ergebnisse*. Festschrift für Rolf Kreugel aus Anlass seines 60. Geburtstages, hrg. von J. Frohn und R. Stäglin. Berlin: Duncker & Humblot.
- Oppenländer, K.H. (1985), "Zur empirischen Überprüfung der Anspornwirkung des Patentwesens, in: *Industrieökonomik: Theorie und Empirie*, hrg. von Bombach et al. Tübingen.
- Oppenländer, K.H. (1988), *Wachstumstheorie und Wachstumspolitik*. München: Verlag Franz Vahlen.
- Oppenländer, K.H. (1992), "Stilisierte Fakten des Innovationsprozesses und ihre Analyse. Ein Beitrag zur Erklärung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit", *IFO-Studien. Zeitschrift für empirische Wirtschaftsforschung*, 37:165-180.
- Ordober, J.A. (1991), "A Patent System for Both Diffusion and Exclusion", *Journal of Economic Perspectives*, 5: 43-60.
- Pakes, A., Schankermann, M. (1984) "An Exploration into the Determinants of Research Intensity", in: *R&D, Patents and Productivity*, ed. Griliches, Z. Chicago: University of Chicago Press.
- Parker, W.N. (1972), "Agriculture", in: *American Economic Growth: An Economist's History of the United States*. L.E. Davis, R.A. Easterlin, W.N. Parker (eds.). New York: Harper and Row.
- Pavitt, K. (1982), "R&D, Patenting and Innovative Activities. A Statistical Exploration", *Research Policy*, 11:33-51.
- Pavitt, K. (1984), "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory". *Research Policy* 13:343-373.

- Pedrazzini, M.M. (1983), Patent- und Lizenzvertragsrecht. Bern: Verlag Stämpfli & Cie AG.
- Perez, C. (1985), "Microelectronics, Long Waves and World Structural Change", *World Development*, 13: 441-63.
- Phillips, A. (1971), *Technology and Market Structure: A Study of the Aircraft Industry*. Lexington (Mass.): D.C. Heath.
- Pirktl, L. (1986), "Zwei Bemerkungen zur Regression", in: *Marktstruktur, Innovationsdynamik und internationale Wettbewerbsfähigkeit in der Schweizer Industrie*, Harabi et al. St. Gallen: St. Galler Zentrum für Zukunftsforschung.
- Porter, E.M. (1985), *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: The Free Press.
- Porter, E.M. (1990), *The Competitive Advantage of Nations*. New York: The Free Press.
- Quirmbach, H.C. (1986), "The Diffusion of New Technology and The Market for an Innovation", *Rand Journal of Economics*, 17:33-47.
- Rahmeyer, F. (1995), *Konzepte privater und staatlicher Innovationsförderung*, *Zeitschrift für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften*, 115: 37-66.
- Reinganum, J.F. (1981a), "Market Structure and the Diffusion of New Technology", *Bell Journal of Economics*, 12:618-624.
- Reinganum, J.F. (1981b), "On the Diffusion of a New Technology: A Game Theoretic Approach", *Review of Economic Studies*, 48: 395-405.
- Reinganum, J.F. (1982), "A Dynamic Game of R&D: Patent Protection and Competitive Behavior", *Econometrica*, 50:671-88.
- Reinganum, J.F. (1989), "The Timing of Innovation: Research, Development and Diffusion", in: *Handbook of Industrial Organization*, ed. R. Willig and R. Schmalensee. New York: Elsevier Science Publishers.
- Richardson, G.B. (1972), "The Organisation of Industry", *The Economic Journal*, September, 883-896.
- Rogers, E.M. (1962), *The Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- Rogers, E.M. (1981), "Diffusion of Innovation: An Overview", in: *Biomedical Innovation*, eds. Roberts, E.B. et al. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Rogers, E.M. (1995), *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- Romer, D. (1996), *Advanced Macroeconomics*, Boston, Mass.: McGraw-Hill
- Romer, P.M. (1986), "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94:1002-37.
- Romer, P.M. (1989), "Capital Accumulation in The theory of Long-Run Growth", in: *Modern Macroeconomics*, ed. R. Barro. Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
- Romer, P.M. (1990a), "Endogenous Technical Change", *Journal of Political Economy*, 98:71-102.
- Romer, P.M. (1990b), "Capital, Labor, and Productivity", *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics 1990*, 337-367.
- Rosen, S. (1974), "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition". *Journal of Political Economy*, 82: 34-55.

- 
- Rosenberg, N. (1972), *Technology and American Economic Growth*. New York: Harper & Row.
- Rosenberg, N. (1976), *Perspectives on Technology*. Cambridge, Mass: Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge (Mass.): Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. (1991), "Scientific Instrumentation and University Research", Discussion Papers Series CEPR No. 262. Stanford.
- Rosenberg, N., Nelson, R. R (1994), American Universities and Technical Advance in Industry, *Research Policy*, 23:323-348
- Rosenberg, N., Steinmueller, W. E. (1988), "Why are American Such Poor Imitators?", *American Economic Review Papers and Proceedings*, 78:229-234.
- Rossi, P., Wright, J., Anderson, A. (eds.) (1983), *Handbook of Survey Research*, New York: Academic Press.
- Rothwell, R.R., Zegveld, W. (1981), *Industrial Innovation and Public Policy*. London: Frances Pinter.
- Sahal, D. (1981), *Patterns of Technological Innovation*. New York: Addison-Wesley.
- Sala-i-Martin, X. (1990), "Lecture Notes on Economic Growth", NBER Working Paper No. 3563.
- Salter, W.E.G. (1960), *Productivity and Technical Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- SAS Institute (1985), *SAS User's Guide: Statistics, Version 5*. Cary, N.C.
- Sato, K. (1975), *Production Functions and Aggregation*. Amsterdam: North-Holland.
- Saviotti, P., Metcalfe, J.(1984), "A Theoretical Approach to the Construction of Technological Output Indicators", *Research Policy*, 13:141-51.
- 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.
- Schelbert-Syfrig, H. (1981), "Technik und wirtschaftliches Wachstum", in: *Technik wozu und wohin?* hrsg. von Fischer, H., *Zürcher Hochschulforum - Band 3*. Zürich: Artemis.
- Schelbert-Syfrig, H., Harabi, N., Halbherr, Ph. (1985), *Schweizerische Volkswirtschaft unter Innovationsdruck*. Bern und Stuttgart: Paul Haupt Verlag.
- Scherer, F.M. (1965), "Firm Size, Market Structure, Opportunity, and the Output of Patented Inventions", *American Economic Review*, 55:1097-1125.
- Scherer, F.M. (1967), "Research and Development Resource Allocation Under Rivalry", *Quarterly Journal of Economics*, 81: 359-394.
- Scherer, F.M. (1982), "Demand-Pull and Technological Innovation: Schmoekler revisited", *Journal of Industrial Economics*, 30:225-237.
- Scherer, F.M. (1983), "The Propensity to Patent", *International Journal of Industrial Organization*, 1:107-128.
- Scherer, F.M. (1984), *Innovation and Growth. Schumpeterian Perspectives*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

- Scherer, F.M. (1991), "Changing Perspectives on the Firm Size Problem", in: *Innovation and Technological Change: An International Comparison*. Z.J. Acs and D.B. Audretsch (eds.) Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Scherer, F.M. (1992a), "Lagging Productivity Growth: Measurement, Technology, and Shock Effects", paper presented at the Industrial Organization Conference, organized by the Austrian Economic Association, Vienna, June 24-26, 1992.
- Scherer, F.M. (1992b), "Schumpeter and Plausible Capitalism", *Journal of Economic Literature*, 30:1416-1433.
- Scherer, F.M. (1993), "Research on Patents and the Economy: the State of the Art, in: *Results and Methods of Economic Patent Research*. Proceedings of the 1st EPO-IFO-Workshop on March 19/20, 1992 at the European Patent Office. European Patent Office, Institute for Economic Research. Munich.
- Scherer, F.M. et al. (1959), *Patents and the Corporation*. Boston: privately published.
- Scherer, F.M., Perlman, M. (eds.) (1992), *Entrepreneurship, Technological Innovation, and Economic Growth: Studies in the Schumpeterian Tradition*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Scherer, F.M., Ross, D. (1990), *Industrial Market Structure and Economic Performance (Third Edition)*. Boston: Houghton Mifflin.
- Schiff, E. (1971), *Industrialization without National Patents*. Princeton: Princeton University Press.
- Schips, B. (1990), *Empirische Wirtschaftsforschung. Methoden, Probleme und Praxisbeispiele*. Wiesbaden: Gabler.
- Schmalensee, R. (1982), "Product Differentiation Advantages of Pioneering Brands", *American Economic Review*, 72:349-365.
- Schmoch, U. (1990), *Wettbewerbsvorsprung durch Patentinformation*. Handbuch für die Recherchenpraxis. Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH.
- Schmookler, J (1962), "Economic Sources of Inventive Activity", *Journal of Economic History*, 22:1-10.
- Schmookler, J (1966), *Invention and Economic Growth*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Scholz, L. (1977), *Technik-Indikatoren. Ansätze zur Messung des Standes der Technik in der industriellen Produktion*. Berlin/München.
- Schotter, A. (1981), *The Economic Theory of Social Institutions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schumpeter, J.A. (1926), *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmervergewinn, Kapital, Zins und den Konjunkturzyklus*. München.
- Schumpeter, J.A. (1939), *Business Cycles. A Theoretic, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Schumpeter, J.A. (1950), *Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie*. München: A. Francke Verlag. (Original: *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper & Brothers 1942).

- 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.
- Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1991), *Forschung und Entwicklung in der Schweizerischen Privatwirtschaft 1989*. Zürich.
- Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1994), *Forschung und Entwicklung in der Schweizerischen Privatwirtschaft 1992*. Zürich.
- Scotchmer, S. (1991), "Standing on the Shoulders of Giants: Cumulative Research and the Patent Law", *Journal of Economic Perspectives*, 5: 29-41.
- Shaikh, A. (1987), "The Humbug Production Function", in: *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, ed. J. Eatwell et al. London: Macmillan.
- Shapiro, C. (1983), "Optimal Pricing of Experience Goods", *Bell Journal of Economics*, 14: 497-507.
- Shapiro, C. (1985), "Patent Licensing and R&D Rivalry", *American Economic Review Proceedings*, 75:25-30.
- Shapiro, C., Varian, H.R. (1999), *Information Rules. A Strategic Guide to the Network Economy*. Boston: Harvard Business School Press.
- Sheldon, G. (1992), *Skalenerträge, Verbundvorteile und Ineffizienz im Schweizer Bankgewerbe*, IFO-Studien, 38:351-380.
- Shell, K. (1973), "Inventive Activity, Industrial Organization and Economic Growth", in: *Models of Economic Growth*, ed. J.A. Mirrlees and N.H. Stern. London: Macmillan.
- Sheshinski, E. (1967), "Optimal Accumulation with Learning by Doing", in: *Essays on the Theory of Optimal Growth*, ed. K. Shell. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Siebeck, W.E. (ed.) (1990), "Strengthening Protection of Intellectual Property in Developing Countries: A Survey of the Literature", *World Bank Discussion Papers No. 112*.
- Siemens, von, W. (1901), *Lebenserinnerungen*. Berlin (6. Auflage) und München (17. Auflage 1983).
- Silberston, Z.A., (1988), "Patents", in: *The New Palgrave. A Dictionary of Economics*, ed. J. Eatwell et al. Vol.3: 815-816.
- Simon, H.A. (1979); "On Parsimonious Explanations of Production Relations", *Scandinavian Journal of Economics*, 81:459-74.
- Simon, H.A. (1991), "Organizations and Markets", *Journal of Economic Perspectives*, 5:25-44.
- Simon, H.A., Levy, F.K. (1963), "A Note on the Cobb-Douglas Function", *Review of Economic Studies*, 30:93-94.
- Small, K., Rosen, H.S. (1981), "Applied Welfare Economics with Discrete Choice Models", *Econometrica*, 49:105-130.
- Smith, K. (1988), "Survey-based Technology Output Indicators and Innovation Policy Analysis", *OECD/DSTI Room Document 11*. Paris: OECD.
- Smith, K. (1992), "Technological Innovation Indicators : Experience and Prospects", *Science and Public Policy*, 6: 383-392

- Solow, R.M. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 70:65-94
- Solow, R.M. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 70:65-94.
- Solow, R.M. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39:312-320.
- Solow, R.M. (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 39:312-320.
- Solow, R.M. (1960), "Investment and Technical Progress", in: *Mathematical Methods in the Social Science*, ed. K. I. Arrow. Stanford: Stanford University Press.
- Solow, R.M. (1991), *The Rate of Return and The Rate of Interest*. Stockholm: The Industrial Institute for Economic and Social Research.
- Speiser, A.P. (1992), "Wie viel Forschung und Entwicklung? Vermehrtes Gewicht kurzfristiger Erwägung" *NZZ* 8./9. August 1992, Nr. 182, S. 32.
- 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.
- Spence, A.M. (1975), "Monopoly, Quality, and Regulation", *Bell Journal of Economics*, 6:417-429.
- Stern, N. (1991), "The Determinants of Growth", *Economic Journal*, 101:122-133.
- Stiglitz, J.E., Schonfelder, B. (1989), *Finanzwissenschaft (2.Aufl.)* München Wien: Oldenburg.
- Stolper, W.F. (1994), *Joseph Alois Schumpeter. The Public Life of a Private Man*. Princeton: Princeton University Press.
- Stoneman, P. (1995) (ed.) *Handbook of The Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford: Blackwell.
- Stoneman, P. (1979), „Patenting Activity: A Re-evaluation of the Influences of Demand Pressures“, *Journal of Industrial Economics* 27:385-401
- Stoneman, P. (1983), *The Economic Analysis of Technological Change*. Oxford: Oxford University Press.
- Sudgen, R. (1986), *The Economics of Rights, Cooperation and Welfare*. Oxford: Basil Blackwell.
- Swedborg, R. (1993), *Joseph A. Schumpeter - His Life and Work*. Cambridge: Polity Press.
- Täger, U. (1990), "Empirische Patentforschung: Mehr Informationen über ökonomische Wirkungen des Patents erforderlich. Ifo-Schnelldienst 3/90, 3-9.
- Täger, U.(1989), "Entwicklungstendenzen im Patentverhalten deutscher Erfinder und Unternehmen. Ifo-Schnelldienst 23/89, 14-26.
- Täger, U., Witzleben, von A. (eds.) (1991), *PATINNOVA '90. Strategies for the Protection of Innovation. Proceedings of the First European Congress of Industrial Property Rights and*

- Innovation. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers and Deutscher Wirtschaftsdienst (Cologne).
- Taylor, C.T., Silberston, Z. A.(1973), *The Economic Impact of the Patent System: A Study of the British Experience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Teece, J. D.(1986), "Profiting from Technological Innovation: Implications for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy", *Research Policy*, 15:285-305.
- Teleckje, N.E. (1980), "What do R&D Numbers Tell us about Technological Change?", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, Vol 70 No. 2.
- Terleckyj, N. (1980), "Direct and Indirect Effects of Industrial Research and Development on Productivity Growth of Industries, in: *New Developments in Productivity Measurement and Analysis*, ed. J. Kendrick and B. Vaccara. Chicago: University of Chicago Press.
- Thirtle, C.G., Ruttan, V.W. (1987), *The Role of Demand and Supply in the Generation and Diffusion of Technical Change*. Chur: Harwood Academic Publishers.
- Tilton, J.E. (1971), *International Diffusion of Technology: The case of Semiconductors*. Washington: Brookings Institution.
- Tirole, J. (1988), *The Theory of Industrial Organisation*. Cambridge: MIT Press.
- Tong, X., Frame, J.D. (1994), "Measuring National Technological Performance with Patent Claims Data". *Research Policy*, 23:133-141.
- Trajtenberg, M. (1990), *Economic Analysis of Product Innovations - The Case of CT Scanners*. Cambridge: Harvard University Press.
- Trajtenberg, M., Henderson, R., Jaffe, A. (1992), "Quantifying Basicness and Appropriability of Innovations with the Aid of Patent Data: A Comparison of University and Corporate Research", Paper presented at the INSEE Seminar on Technological Appropriation, Paris, 9-10 June 1992.
- U.S. Patent Act 1948. Washington.
- Uphoff, N. (1986), *Local Institutional Development*. West Hartford, CT: Kumarian Press.
- Uzawa, H. (1965), "Optimum Technical Change in an Aggregative Model of Economic Growth", *International Economic Review*, 6:18-31.
- VanderWerf, P.A. (1992), "Explaining Downstream Innovation by Commodity Suppliers With Expected Innovation Benefit", *Research Policy*, 21: 315-333
- Walsh, V. (1984), "Invention and Innovation in the Chemical Industry: Demand-Pull or Discovery-Push?", *Research Policy*, 13:211-234.
- Walter, H. (1977), "Technischer Fortschritt in der Volkswirtschaft" in: *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft (HdWW) 7. Band*, Hg. W. Albers et al. Stuttgart: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck).
- Wärneryd, K. (1990), "Conventions: An Evolutionary Approach", *Constitutional Political Economy*, 1:83-107.
- Weingart et al. (1989), *Der Stand der Schweizerischen Grundlagenforschung im Internationalen Vergleich*, Wissenschaftspolitik, Beiheft 44, Bern.
- Weingart et al. (1991), *Der Stand der Schweizerischen Grundlagenforschung im Internationalen Vergleich (Jahre 1981-86)*, Wissenschaftspolitik, Beiheft 51, Bern.

- Williamson, O. E. (1985), *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: The Free Press.
- Williamson, O.E. (1986), *Economic Organization. Firms, Markets and Policy Control*. New York: The Free Press.
- Willig, R., Schmalensee, R. (eds) (1989), *Handbook of Industrial Organization*, 2 Vol. New York: Elsevier Science Publishers.
- Witt, U. (1992), *Evolutionary Economics*. London: Edward Elgar.
- Zorinejadan, M. (1983), "Construction d'une Série de Stock de Capital pour la Suisse (1948-1981), un veröffentlicht. Département d'Economie Politique, Université de Genève.
- Zweifel, P., Pedroni, G. (1985), *Innovation und Imitation. Eine wirtschaftspolitische Gratwanderung. Studien zur Gesundheitsökonomie 7*. Basel: Pharma Information.

## **Anhang**

### **Tabellenanhang**

- A1.1: Anzahl inländischer Patentgesuche (resident patent applications)
- A1.2: Erfindungskoeffizient (inventiveness coefficient)
- A1.3: Rate technologischer Selbstversorgung (autosufficiency ratio)
- A1.4: Anzahl ausländischer Patentgesuche (non-resident patent applications))
- A1.5: Rate technologischer Abhängigkeit (dependency ratio)
- A1.6: Anzahl nationaler Patentgesuche (national patent applications)
- A1.7: Anzahl externer Patentgesuche (external patent applications)
- A1.8: Wachstumsbuchhaltung in der Schweiz, nach Autor und Schätzperiode
- A2.1: Liste der an den Test-Gesprächen teilnehmenden Experten
- A2.2: Liste der an der mündlichen Befragung teilnehmenden F&E-Experten
- A2.3: Liste der von den befragten F&E-Experten abgedeckten Wirtschaftsarten
- A2.4: Liste der an der Befragung teilnehmenden Patentanwälte

### **Fragebogen**

Tabelle A1.1: Anzahl inländischer Patentgesuche (resident patent applications)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Australien	6809	6039	6783	6332	6313	6392	7757	7897	8103
Belgien	935	975	770	798	894	912	721	788	969
Dänemark	856	958	1007	1197	1120	1288	1088	1222	1171
Deutschland	32708	32741	32187	32692	31888	30928	32953	34587	35291
Finland	1727	1754	1859	1981	1948	2059	2140	2067	2185
Frankreich	12158	12256	12815	12627	12792	12742	12746	12693	12807
Griechenland	1123	1222	1540	376	404	389	..	366	366
Grossbritannien	19797	20195	20102	20744	19932	19474	19330	18961	18806
Irland	726	743	719	727	736	734	786	754	795
Island	21	29	28	16	18	17	34	28	34
Italien	..	..	..	..	..	..	..	7750	7723
Japan	274348	290132	310908	308775	317353	332952	335620	337577	331840
Kannada	2092	2161	2527	2772	3031	2549	2230	2873	3669
Luxemburg	97	95	91	78	77	41	61	..	82
Neuseeland	1008	957	912	803	807	802	983	1031	1243
Niederlande	2206	2157	2337	2640	2776	2646	1696	1859	1837
Norwegen	923	903	884	904	1015	899	933	954	1010
Oesterreich	2351	2300	2307	2274	2182	2108	2104	2147	2214
Portugal	85	77	61	54	86	101	102	72	93
Schweden	3884	3734	3578	3322	3215	3201	3208	3371	3814
<b>Schweiz</b>	<b>3647</b>	<b>3649</b>	<b>3785</b>	<b>3685</b>	<b>3793</b>	<b>3627</b>	<b>3088</b>	<b>3306</b>	<b>3254</b>
Spanien	2149	1652	1741	1832	2118	2260	2188	2101	2192
Türkei	132	174	138	153	162	138	148	189	169
USA	63673	65195	68315	75192	82370	90643	88136	92683	100216
Total OECD	432332	448876	473854	479598	494626	516513	518052	535845	540436
Nordamerika	65765	67356	70842	77964	85401	93192	90366	96121	104438
EU	79679	79637	79574	80966	79764	78494	79123	88742	90345
Nordische Staaten	7411	7378	7356	7420	7316	7464	7403	7642	8214

Quelle: OECD (1996a), Main Science And Technology Indicators, Paris

Tab A1.2: Erfindungskoeffizient (inventiveness coefficient)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Australien	4,3	3,8	4,2	3,8	3,8	3,8	4,5	4,5	4,6
Belgien	1	1	0,8	0,8	0,9	0,9	0,7	0,8	1
Dänemark	1,7	1,9	2	2,3	2,2	2,5	2,1	2,4	2,3
Deutschland	5,4	5,4	5,3	5,3	5,1	4,9	4,1	4,3	4,4
Finland	3,5	3,6	3,8	4	3,9	4,1	4,3	4,1	4,3
Frankreich	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
Griechenland	1,1	1,2	1,5	0,4	0,4	0,4	..	0,4	0,4
Grossbritannien	3,5	3,6	3,5	3,6	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2
Irland	2,1	2,1	2	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	2,2
Island	0,9	1,2	1,1	0,6	0,7	0,7	1,3	1,1	1,3
Italien	..	..	..	..	..	..	..	1,4	1,4
Japan	22,7	23,9	25,5	25,2	25,8	27	27,1	27,2	26,6
Kannada	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1	0,8	1	1,3
Luxemburg	2,6	2,6	2,5	2,1	2	1,1	1,6	..	2,2
Neuseeland	3,1	2,9	2,8	2,4	2,4	2,4	2,9	3	3,6
Niederlande	1,5	1,5	1,6	1,8	1,9	1,8	1,1	1,2	1,2
Norwegen	2,2	2,2	2,1	2,2	2,4	2,1	2,2	2,2	2,3
Oesterreich	3,1	3	3,1	3	2,9	2,7	2,7	2,7	2,8
Portugal	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Schweden	4,7	4,5	4,3	3,9	3,8	3,7	3,7	3,9	4,4
<b>Schweiz</b>	<b>5,6</b>	<b>5,6</b>	<b>5,7</b>	<b>5,5</b>	<b>5,7</b>	<b>5,4</b>	<b>4,5</b>	<b>4,8</b>	<b>4,7</b>
Spanien	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6
Türkei	0	0	0	0	0	0	0	0	0
USA	2,7	2,7	2,8	3,1	3,3	3,6	3,5	3,6	3,9
Total OECD	5,4	5,5	5,8	5,8	6	6,2	5,5	5,6	5,6
Nordamerika	2,5	2,5	2,6	2,9	3,1	3,4	3,2	2,6	2,8
EU	2,3	2,3	2,3	2,4	2,3	2,3	2,2	2,4	2,5
Nordische Staaten	3,3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,5

Quelle: OECD (1996a), Main Science And Technology Indicators. Paris

Tabelle A1.3: Rate technologischer Selbstversorgung (autosufficiency ratio)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Australien	0,35	0,31	0,33	0,29	0,27	0,25	0,29	0,28	0,27
Belgien	0,04	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Dänemark	0,1	0,11	0,12	0,11	0,1	0,04	0,03	0,03	0,03
Deutschland	0,43	0,42	0,41	0,38	0,36	0,32	0,35	0,35	0,36
Finland	0,25	0,23	0,22	0,21	0,18	0,16	0,16	0,14	0,14
Frankreich	0,22	0,21	0,21	0,19	0,18	0,16	0,17	0,16	0,16
Griechenland	0,36	0,23	0,12	0,03	0,03	0,02	..	0,01	0,01
Grossbritannien	0,29	0,29	0,28	0,26	0,24	0,21	0,22	0,21	0,21
Irland	0,22	0,22	0,2	0,19	0,17	0,16	0,17	0,05	0,02
Island	0,23	0,24	0,23	0,13	0,17	0,13	0,26	0,19	0,23
Italien	..	..	..	..	..	..	..	0,12	0,12
Japan	0,9	0,9	0,9	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87
Kannada	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,07	0,06	0,07	0,08
Luxemburg	0,01	0,01	0	0	0	0	..	0	0
Neuseeland	0,25	0,23	0,21	0,18	0,18	0,17	0,22	0,23	0,1
Niederlande	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04
Norwegen	0,14	0,13	0,11	0,1	0,1	0,08	0,07	0,07	0,07
Oesterreich	0,1	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
Portugal	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01	0
Schweden	0,13	0,12	0,11	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
<b>Schweiz</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,1</b>	<b>0,09</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>
Spanien	0,19	0,12	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04
Türkei	0,22	0,24	0,15	0,17	0,15	0,11	0,12	0,15	0,14
USA	0,55	0,53	0,51	0,51	0,51	0,52	0,5	0,5	0,53
Total OECD	0,5	0,49	0,49	0,46	0,44	0,41	0,41	0,37	0,36
Nordamerika	0,51	0,5	0,48	0,48	0,49	0,48	0,47	0,46	0,49
EU	0,34	0,32	0,3	0,28	0,25	0,21	0,21	0,2	0,19
Nordische Staaten	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,07	0,07	0,07	0,07

Quelle: OECD (1996a), Main Science And Technology Indicators. Paris

Tabelle A1.4: Anzahl ausländischer Patentgesuche (no-resident patent applications)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Australien	12856	13293	14036	15764	17244	19559	19378	20410	22004
Belgien	24193	26157	28427	33010	37129	42632	40950	44066	45082
Dänemark	7376	7871	7670	9883	9561	34710	34824	38089	38828
Deutschland	42973	44667	46863	52231	57768	64236	62240	64353	63895
Finland	5271	5741	6481	7505	8818	10431	11148	12714	13165
Frankreich	42602	44949	47923	53508	59463	66177	63256	66060	66099
Griechenland	2035	4102	11275	13390	15147	18376	..	35571	36515
Grossbritannien	47612	49921	52598	59224	64856	71504	68278	70787	70809
Irland	2614	2678	2846	3174	3494	4001	3794	13893	35906
Island	71	92	92	110	87	113	99	121	112
Italien	..	..	..	..	..	..	..	55511	56130
Japan	30997	32323	33076	36464	39855	43419	44357	46349	47575
Kannada	25482	25596	26598	28869	32060	35135	35861	40856	43685
Luxemburg	14450	16427	18377	22927	26995	32550	32829	35522	36969
Neuseeland	2967	3128	3368	3622	3660	3869	3550	3514	11232
Niederlande	28062	30292	32760	37530	42110	47343	44701	47517	48602
Norwegen	5796	5938	7403	8531	8988	10885	11545	13025	13542
Oesterreich	20756	23013	25253	29576	33547	38945	37892	41212	42262
Portugal	1906	2191	2258	2410	3311	3541	3453	13218	36915
Schweden	25360	27715	29731	34093	38402	43274	40986	43598	43866
<b>Schweiz</b>	<b>24012</b>	<b>26378</b>	<b>28543</b>	<b>33162</b>	<b>37071</b>	<b>42259</b>	<b>40502</b>	<b>43360</b>	<b>44017</b>
Spanien	9149	12709	21649	24410	28478	44557	43480	46799	47812
Türkei	461	552	760	747	886	1090	1057	1063	1057
USA	53132	56946	65136	71712	78704	84690	88364	93274	89155
Total OECD	428098	458577	501848	568462	632487	744920	732544	898012	962893
Nordamerika	63216	67091	75517	82848	90533	99310	102663	111678	108512
EU	156925	168527	182155	208379	237498	293482	291121	352784	387250
Nordische Staaten	39834	43331	47251	55104	60877	93067	92136	101242	102867

Quelle: OECD (1996a) Main Science And Technology Indicators. Paris

Tabelle A1.5: Rate technologischer Abhängigkeit (dependency ratio)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Australien	1,89	2,2	2,07	2,49	2,73	3,06	2,5	2,58	2,72
Belgien	25,87	26,83	36,92	41,37	41,53	46,75	56,8	55,92	46,52
Dänemark	8,62	8,22	7,62	8,26	8,54	26,95	32,01	31,17	33,16
Deutschland	1,31	1,36	1,46	1,6	1,81	2,08	1,89	1,86	1,81
Finland	3,05	3,27	3,49	3,79	4,53	5,07	5,21	6,15	6,03
Frankreich	3,5	3,67	3,74	4,24	4,65	5,19	4,96	5,2	5,16
Griechenland	1,81	3,36	7,32	35,61	37,49	47,24	..	97,19	99,77
Grossbritannien	2,41	2,47	2,62	2,85	3,25	3,67	3,53	3,73	3,77
Irland	3,6	3,6	3,96	4,37	4,75	5,45	4,83	18,43	45,16
Island	3,38	3,17	3,29	6,88	4,83	6,65	2,91	4,32	3,29
Italien	..	..	..	..	..	..	..	7,16	7,27
Japan	0,11	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14
Kannada	12,18	11,84	10,53	10,41	10,58	13,78	16,08	14,22	11,91
Luxemburg	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Neuseeland	2,94	3,27	3,69	4,51	4,54	4,82	3,61	3,41	9,04
Niederlande	12,72	14,04	14,02	14,22	15,17	17,89	26,36	25,56	26,46
Norwegen	6,28	6,58	8,37	9,44	8,86	12,11	12,37	13,65	13,41
Oesterreich	8,83	10,01	10,95	13,01	15,37	18,47	18,01	19,2	19,09
Portugal	22,42	28,45	37,02	44,63	38,5	35,06	33,85	183,58	396,94
Schweden	6,53	7,42	8,31	10,26	11,94	13,52	12,78	12,93	11,5
<b>Schweiz</b>	<b>6,58</b>	<b>7,23</b>	<b>7,54</b>	<b>9</b>	<b>9,77</b>	<b>11,65</b>	<b>13,12</b>	<b>13,12</b>	<b>13,53</b>
Spanien	4,26	7,69	12,43	13,32	13,45	19,72	19,87	22,27	21,81
Türkei	3,49	3,17	5,51	4,88	5,47	7,9	7,14	5,62	6,25
USA	0,83	0,87	0,95	0,95	0,96	0,93	1	1,01	0,89
Total OECD	0,99	1,02	1	1,19	1,28	1,44	1,41	1,68	1,78
Nordamerika	0,96	1	1,07	1,06	1,06	1,07	1,14	1,16	1,04
EU	1,97	2,12	2,29	2,57	2,98	3,74	3,68	3,98	4,29
Nordische Staaten	5,37	5,87	6,42	7,43	8,32	12,47	12,45	13,25	12,52

Quelle: OECD (1996a-1), Main Science And Technology Indicators, Paris

Tabelle A1.6: Anzahl nationaler Patentgesuche (national patent applications)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Australien	19665	19332	20819	22096	23557	25951	27135	28307	30107
Belgien	25128	27132	29197	33808	38023	43544	41671	44854	46051
Dänemark	8232	8829	8677	11080	10681	35988	35912	39311	39999
Deutschland	75681	77408	79050	84923	89656	95164	95193	98940	99186
Finnland	6998	7495	8340	9486	10766	12490	13288	14781	15350
Frankreich	54760	57185	60738	66135	72255	78919	76002	78753	78906
Griechenland	3158	5324	12815	13766	15551	18765	32224	35937	36881
Grossbritannien	67409	70116	72700	79968	84788	90978	87608	89748	89615
Irland	3340	3421	3565	3901	4230	4735	4580	14647	36701
Island	92	121	120	126	105	130	133	149	146
Italien	38427	42658	47212	52944	..	..	..	63261	63853
Japan	305345	322455	343984	345239	357208	376371	379977	383926	379415
Kannada	27574	27757	29125	31641	35091	37684	38091	43729	47354
Luxemburg	14547	16522	18468	23005	27072	32591	32890	..	37051
Neuseeland	3975	4085	4280	4425	4467	4671	4533	4545	12475
Niederlande	30368	32449	35097	40170	44886	49989	46397	49376	50439
Norwegen	6719	6841	8287	9435	10003	11784	12478	13979	14552
Oesterreich	23107	25313	27560	31850	35729	41053	39996	43359	44476
Portugal	1991	2268	2319	2464	3397	3642	3555	13290	37008
Schweden	29244	31449	33309	37415	41617	46475	44194	46969	47680
<b>Schweiz</b>	<b>27659</b>	<b>30027</b>	<b>32328</b>	<b>36847</b>	<b>40864</b>	<b>45886</b>	<b>43590</b>	<b>46666</b>	<b>47271</b>
Spanien	11298	14361	23390	26242	30596	46817	45668	48900	50004
Türkei	593	726	898	900	1048	1228	1205	1252	1226
USA	116805	122141	133451	146904	161074	175333	176500	185957	189371
Total OECD	860430	907453	975702	104806	112711	126143	125059	143385	150332
				0	3	3	6	7	9
Nordamerika	128981	134447	146359	160812	175934	192502	193029	207799	212950
EU	236604	248164	261729	289345	317262	371976	370244	441526	477595
Nordische Staaten	47245	50709	54607	62524	68193	100531	99539	108884	111081

Quelle: OECD (1996a), Main Science and Technology Indicators, OECD..Paris

Tabelle A1.7: Anzahl externer Patentgesuche (external patent applications)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Australien	7982	9340	11911	14069	13636	16269	20316	26262	31852
Belgien	4998	5167	5612	5964	6610	7947	8597	8396	11816
Dänemark	4480	4899	5574	7639	8471	10240	14729	15403	20373
Deutschland	93977	101515	112896	126764	137144	157234	143475	163241	173521
Finnland	4373	4090	5346	6729	7559	9753	13232	12991	23505
Frankreich	36773	40587	45020	52750	56098	67132	63776	69839	72490
Griechenland	169	87	202	212	326	536	697	758	889
Grossbritannien	37553	42677	49146	53800	63463	80320	86008	97773	121122
Irland	585	533	999	939	944	1226	1241	2062	3988
Island	..	..	..	..	..	..	65	55	66
Italien	16596	19782	22822	25271	25259	29969	28400	35118	34616
Japan	74353	74415	88962	101042	115053	129335	132957	129386	128037
Kannada	6432	6939	7839	9888	9499	18870	20313	25585	30270
Luxemburg	557	896	1123	812	1072	955	1188	1172	1197
Neuseeland	831	876	803	716	757	739	402	674	7452
Niederlande	13496	14788	16654	20389	22444	26351	29423	33745	38870
Norwegen	2271	1781	2463	2978	3634	5251	5918	8260	8857
Oesterreich	6176	6614	6387	7628	8311	9111	9434	11602	12011
Portugal	93	124	124	105	45	86	66	90	427
Schweden	15219	16207	18182	20924	21957	25792	28736	32289	42328
<b>Schweiz</b>	<b>24790</b>	<b>23752</b>	<b>25796</b>	<b>28436</b>	<b>29702</b>	<b>33421</b>	<b>32165</b>	<b>36477</b>	<b>41043</b>
Spanien	1785	2135	2263	2730	3102	4603	5654	6886	7575
Türkei	..	..	..	..	..	..	42	23	26
USA	149707	162666	176763	200317	239753	295202	325420	413439	499659
Total OECD	486431	520001	583863	664619	749254	899837	943157	113184	131223
								1	5
Nordamerika	140741	154154	168385	192472	229021	293557	324171	409757	498187
EU	104666	114428	128645	146071	160786	190331	208849	215239	269123
Nordische Staaten	22303	22951	27439	33252	36642	44690	56214	62693	88483

Quelle: OECD (1996a), Main Science and Technology Indicators, Paris

Tabelle A1.8: Wachstumsbuchhaltung in der Schweiz, nach Autor und Schätz-periode

Nr.	Autoren	Zeitraum	wK	K /K	wL	L /L	A /A	Y /Y
1.	Ardenti/Reichenbach 1972	1951-68	0,326	0,057	0,651	0,009	0,017	0,0408
2.	Bombach 1980	1950-77	-	0,0548	-	0,0039	0,0169	0,034
3.	Kohli 1981	1948-76	-	-	-	0,0150	-	-
4.	Kohli 1982	1948-76	-	-	-	0,0234	-	-
5.	Mountain 1986	1949-76	0,2575 <sup>1</sup>	-	0,7425	-	0,025 bzw. 0,184 <sup>2</sup>	-
6.	Büttler et al. 1987	1950-74 1975-84	0,2900 0,3900	- -	0,7100 0,6100	- -	0,0220 0,0040	- -
7.	Blattner/Sheldon 1989	1961-82	0,1800	0,0469	0,9900 (ch) 0,1300 (au)	- -	0,0170	0,027
8.	Kugler/Müller 1991	1960-89	-	-	-	-	-	-
9.	Bürgenmeier et al 1992	1952-86 1950 1968 1986	0,36-0,39	0,033	0,47-0,55 (ch) 0,13-0,15 (au)	- - - -	0,014 - 0,034-0,037 0,018-0,019 0,002-0,003	0,031

<sup>1</sup> Mountain verwendet die 3 Inputs „Arbeit“, „Kapital“ und „Importe“ in der Produktionsfunktion. Ich habe hier die Anteile von Kapital und Importe zusammengenommen.

<sup>2</sup> Die erste Zahl gilt im Falle der Annahmekonstanter Skalenerträge und die zweite im Falle zunehmender Skalenerträge von 1,2682.

**Erläuterungen zu Tabelle A1.8:**

**wK** : Kapitalquote bzw. Produktionselastizität des Kapitals

**wL**: Lohnquote bzw. Produktionselastizität der Arbeit

**K** /**K**: Wachstumsrate des Kapitals

**L** /**L**: Wachstumsrate der Arbeit

**A** /**A**: Geschätzte Wachstumsrate des technischen Fortschritts (TF) (Residualfaktor)

**Y** /**Y**: Wachstumsrate des Outputs

**AU**: Ausländer

**CH**: Schweizer

**Ardenti, J.C., Reichenbach, J.P. 1972**

K-Reihen: Kapitalstock, berechnet von Balestra und Wittmann (nicht veröffentlicht)

L-Reihen: Arbeitsstunden pro Jahr (Quelle nicht angegeben)

Y-Reihen: Bruttoinlandprodukt (nicht-revidierte Reihen der NB)

Typ Produktionsfunktion: CES- und zwei Cobb-Douglas Produktionsfunktionen. Hier werden nur die Ergebnisse der Cobb-Douglas Produktionsfunktion angegeben.

Annahmen: Neutralität des TF, Gewinnmaximierung, konstante Skalenerträge.

**Bombach, G. 1980**

K-Reihen: -

L-Reihen: Beschäftigtenzahl

Y-Reihen: Nettoinlandprodukt

Typ Produktionsfunktion: Keine ökonomische Schätzung einer Produktionsfunktion.

Annahmen: Keine ökonomische Schätzung des Residualfaktors. Dieser wird hingegen wie folgt berechnet: die durchschnittlichen Zuwachsraten von Arbeitskräften und Sachkapital werden mit den entsprechenden Verteilungsgewichten multipliziert und die Differenz zur Wachstumsrate des Nettoinlandproduktes errechnet.

**Kohli, U. 1981**

K-Reihen: Jährliche Mengen und Preise von Kapitaleleistungen des privaten Sektors(vgl. Kohli/Peytringet (1979)

L-Reihen: Jährliche Mengen und Preise von Arbeitsleistungen des privaten Sektors(vgl. Kohli/Peytringet (1979)

M-Reihen: Jährliche Mengen und Preise von Importen des privaten Sektors (vgl. Kohli/Peytringet (1979)

Y-Reihen: Jährliche Mengen und Preise des Brutto-Outputs des privaten Sektors (vgl. Kohli/Peytringet (1979)

Typ Produktionsfunktion: Halb-quadratische Kosten- und Produktionsfunktion.

Annahmen: Gewinnmaximierung, vollständige Konkurrenz sowie verschiedene Annahmen über den TF (nicht-neutral, Hicks-neutral, Harrod-neutral und Solow-neutral. Die Hypothese des Hicks-neutralen TF ist statistisch die beste.)

**Kohli, U. 1982**

K-Reihen: Jährliche Mengen und Preise von Kapitaleleistungen des privaten Sektors(vgl. Kohli/Peytringet (1979)

L-Reihen: Jährliche Mengen und Preise von Arbeitsleistungen des privaten Sektors (vgl. Kohli/Peytringet (1979)

M-Reihen: Jährliche Mengen und Preise von Importen des privaten Sektors. (Vgl. Kohli/Peytringet [(1979)

Y-Reihen: Jährliche Mengen und Preise des Brutto-Output des privaten Sektors (Vgl. Kohli/Peytringet (1979)

Typ Produktionsfunktion: Verallgemeinerte Leontief Kosten- und variable Profitfunktion

Annahmen: Gewinnmaximierung, vollständige Konkurrenz sowie verschiedene Annahmen über den TF: (nicht-neutral, Hicks-neutral, Harrod-neutral und Solow-neutral. Die Hypothese des Harrod-neutralen TF ist statistisch die beste.)

**Mountain, D.C. 1986**

K-Reihen: Kohli (1982)

L-Reihen: Kohli (1982)

M-Reihen: Kohli (1982)

Y-Reihen: Kohli (1982).

Typ Produktionsfunktion: Translog-Produktionsfunktion

Annahmen: Keine a-priori Annahme über die Skalenerträge und über die Neutralität des technischen Fortschritts. Dagegen: Annahme der Profitmaximierung und der vollständigen Konkurrenz.

**Büttler, H-J., Ettl, F., Ruoss E. 1987**

K-Reihen: Ausrüstungs- und Bauinvestitionen. Eigene Reihen, konstruiert nach Zorinejad (1983)

L-Reihen: Jährlich geleistete Arbeitsstunden (eigene Reihen)

Y-Reihen: Reales Bruttoinlandprodukt. Revidierte Reihen der NB

Typ Produktionsfunktion: Cobb-Douglas- und CES-Produktionsfunktionen

Annahmen: konstante Skalenerträge, Neutralität des TF

**Blattner, N., Sheldon, G. 1989**

K-Reihen: Kapitalstockdaten der Basler Arbeitsgruppe für Konjunkturforschung

L-Reihen: Jährliche Mann-Arbeitsstunden bei voller Auslastung

Y-Reihen: Bruttoinlandprodukt

Typ Produktionsfunktion: Cobb-Douglas-Produktionsfunktion

**Kugler, P., Müller, U. 1991**

K-Reihen: Gross fixed capital formation 1960-89 from Dadkah and Zahedi (1990)

L-Reihen: -

Y-Reihen: -

Typ Produktionsfunktion: Translog- BIP- bzw. Profitfunktion

Annahmen: Konstante Skalenerträge, Gewinnmaximierung und vollständige Konkurrenz, nicht-Hicks-neutraler technischer Fortschritt

**Bürgenmeier, B. (eds) 1992**

K-Reihen: Zwei Kapitalstockserien.

L-Reihen: Anzahl Arbeitsstunden, differenziert nach inländischen und ausländischen Arbeitskräften.

Y-Reihen: Reales BIP

Typ Produktionsfunktion: Cobb-Douglas-, CES- und Translog Produktionsfunktionen

Annahmen: Gewinnmaximierung, vollständige Konkurrenz, Neutralität des TF

---

**Tabelle A2.1: Liste der an den Test-Gesprächen teilnehmenden Experten**

<b>Name</b>	<b>Institution</b>	<b>Ort</b>
Speiser, A.P.	ABB	Baden
Freiburghaus, D.	Uni Lausanne	Lausanne
von Willisen, F.K.	SMH	Neuenburg
Jeschko, A.K.	Ascom	Bern
Neuman, H.	Hoffmann-LaRoche	Basel
Bänniger, U.	Refonda AG	Niederglatt
Walder, B.	Bundesamt für Statistik	Bern
Buri, M.	Bundesamt für Statistik	Bern
Walser, R.	Vorort	Zürich
Müller, K.	(ehemals) Prognos	Basel
Grünig	Bundesamt für geistiges Eigentum	Bern
Roth, A.W.	Schweizerischer Wissenschaftsrat	Bern

**Tabelle A2.2: Liste der an der mündlichen Befragung teilnehmenden F&E-Experten**

<b>Name</b>	<b>Institution</b>	<b>Ort</b>
Bänniger, U.	Refonda AG	Niederglatt
Gloor, R.	ICME	Zürich
Gut, K.	Georg Fischer	Schaffhausen
Hannert, E.	Von Roll	Bern
Hayek, N.	Hayek Engineering AG	Zürich
Lätt, H.A.	GFF	ETH/Zürich
Neumann, H.	Hoffmann-LaRoche	Basel
Schneiter, H.P.	Contraves	Zürich
Speiser, A.P.	ABB	Baden
Vonarburg, H.	Landis & Gyr	Zug
Widmer, H.	Huber & Suhner	Pfäffikon
Willisen, Von, F.K.	SMH	Neuenburg
Winkler, H.	Sandoz	Basel
Wolf, G.	Sulzer	Winterthur
Jeschko, A.K.	Ascom	Bern

**Tabelle A2.3: Liste der von den befragten F&E-Experten abgedeckten Wirtschaftsarten**

<b>Wart<sup>1)</sup></b>	<b>WK<sup>2)</sup></b>	<b>Kurzbeschreibung</b>	<b>Anzahl Antworten<sup>3)</sup></b>
2100	6	Herstellung von Nahrungsmitteln	A
2121	6	Käserei	A
2122	6	Städtische Milchzentrale	A
2123	6	Herstellung von Frischmilchprodukten	A
2132	6	Herstellung von Futtermitteln	A
2140	6	Obst- und Gemüseverarbeitung	A
2152	6	Herstellung von Zuckerwaren	A
2161	6	Brot- und Backwarenindustrie	A
2162	6	Herstellung von Dauerbackwaren	A
2173	6	Herstellung von Suppen, Essig, Senf, Gewürzen	A
2174	8	Herstellung von Speiseölen- und Fetten	A
2176	6	Herstellung von übrigen Nahrungsmitteln	B
2180	6	Herstellung von Nahrungsmitteln	A
2414	5	Chemiefaserherstellung	A
2415	5	Zwirnerei, Spinnerei	A
2424	5	Weberei, Wirkerei	A
2471	5	Teppichherstellung	A
2472	5	Herstellung von Linoleum, Inlaid, Wachstuch und beschichtetem Gewebe	A
2473	5	Herstellung von Seilerwaren, Bindfaden, Schnüren	A
2515	5	Herstellung von Unterbekleidung, Nachtbekleidung und Homewear	A
2517	5	Herstellung von Arbeits- und Berufskleidung	A
2522	5	Herstellung von Damen-Oberbekleidung	A
2543	5	Herstellung von sonstigen konfektionierten textilen Artikeln	A
2627	8	Fabrikation von Holzwaren verschiedener Art	A
2631	8	Grossmöbelfabrikation	A
2633	8	Polstermöbelfabrikation	A
2642	8	Einbauküchenmöbelfabrikation	A
2644	8	Bauschreinerei, Innenausbau	A
2650	8	Schreinerei	A
2711	7	Herstellung von Holz- und Zellstoffen	A
2712	7	Herstellung von Papier und Karton	A
2722	7	Herstellung von Schreibwaren, Bürobedarf aus Papier	A
2724	7	Herstellung von Verpackungsmaterial	A
2930	5	Herstellung von Schuhen	A
3100	3	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	A
3112	3	Herstellung von anorganischen Erzeugnissen	A
3113	3	Herstellung von ungeformten Erzeugnissen	A
3121	3	Herstellung von Pharmazeutika	B
3122	3	Herstellung von Farbstoffen, Pigmenten, Textil-, Leder- und Papierhilfsmitteln	A
3123	3	Herstellung von Anstrichmitteln und Spachtelmassen	A
3125	3	Herstellung von Seifen, Wasch- und Reinigungsmitteln	A
3126	3	Herstellung von synthetischen und natürlichen Parfüms und Aromen	A
3127	3	Herstellung von kosmetischen Mitteln	A
3128	3	Herstellung von Düngemitteln	A
3129	3	Herstellung von Pflanzschutzmitteln	A
3132	3	Herstellung von Sprengstoffen und Pyrotechnischen Waren	A
3133	3	Herstellung von Kleb- und Dichtstoffen, Fugenkitten	A
3135	3	Herstellung von sonstigen Chemikalien	A
3136	3	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	A
3211	7	Herstellung von Industriebedarf aus Kunststoff	A
3212	7	Herstellung von Baubedarf aus Kunststoff	A
3213	7	Herstellung von Verpackungen aus Kunststoff	A
3214	7	Herstellung von Konsumwaren aus Kunststoff	A
3216	7	Herstellung von sonstigen Kunststoffwaren	A

3220	7	Herstellung von Gummiwaren	A
3331	8	Herstellung von Zement, Kalk und Gips	A
3332	8	Herstellung von Bauelementen aus Beton, Gips	A
3341	8	Herstellung von Schleifmitteln	A
3351	8	Ziegelei	A

**Fortsetzung Tabelle A2.3:**

Wart <sup>1)</sup>	WK <sup>2)</sup>	Kurzbeschreibung	Anzahl Antworten <sup>3)</sup>
3421	1	Herstellung von Ne-Metallen	A
3431	1	Eisen- und Stahlgießerei	A
3432	1	Ne-Metallgiesserei	A
3442	1	Stahl- und Ne-Metallverformung	A
3443	1	Oberflächenveredelung, Härtung	A
3451	1	Hoch-, Brücken-, und Wasserbau aus Stahl und Leichtmetall	A
3452	1	Herstellung von Bauelementen aus Stahl und Leichtmetall	A
3461	1	Herstellung von Handwerkzeugen, Geräten für die Landwirtschaft	A
3463	1	Herstellung von Schlössern und Beschlägen	A
3464	1	Herstellung von Stahl- und Ne-Metallblechwaren	B
3465	1	Herstellung von Verpackungen aus Metall	A
3468	1	Herstellung von sonstigen Metallwaren	A
3477	1	Kessel-, Tank- und Behälterbau	A
3511	1	Herstellung von landwirtschaftlichen Maschinen und Fahrzeugen	A
3512	1	Herstellung von Textilmaschinen, Nähmaschinen	B
3513	1	Herstellung von Metallbearbeitungsmaschinen	C
3514	1	Herstellung von Maschinen- und Präzisionswerkzeugen	C
3515	1	Herstellung von Maschinen für das Nahrungs- und Genussmittelgewerbe,	C
		chemische und verwandte Industrien	
3518	1	Herstellung von Papiermaschinen, Maschinen für die graphische Industrie	A
3519	1	Herstellung von Baumaschinen	A
3521	1	Herstellung von Maschinen der Förder-, Hebe- und Lagertechnik	C
3522	1	Herstellung von Zahnrädern, Getrieben, Lagern, Antriebs-elementen	A
3523	1	Herstellung von Pumpen, pneumatischen und ölhydraulischen Geräten	A
3524	1	Herstellung von wehrtechnischen Geräten	A
3525	1	Herstellung von Geräten der Luft-, Kälte- und Wärmetechnik	A
3526	1	Sonstiger Maschinenbau	C
3531	2	Herstellung von Büromaschinen	
3532	2	Herstellung von Geräten und Einrichtungen für die automatische Datenverarbeitung	A
3541	1	Herstellung von Automobilen und Automobilmotoren	A
3547	1	Flugzeugbau	A
3550	1	Maschinen- und Fahrzeugbau	A
3611	2	Herstellung von Elektro-Motoren, -Generatoren und -Transformatoren	B
3612	2	Herstellung von Schalt- und Installationsgeräten	B
3613	2	Herstellung von Elektro-Kabeln, -Leitungen und -Drähten	A
3614	2	Herstellung von gewerblichen Elektro-Geräten, -Einrichtungen und -Ausrüstungen	C
3616	2	Herstellung von Mess-, Regel- und elektromedizinischen Geräten, Zählern	C
3617	2	Herstellung von Geräten der Nachrichtentechnik	C
3618	2	Herstellung von Elektro-Haushaltsgeräten	B
3619	2	Herstellung von Rundfunk-, Fernseh- und phonotechnischen	A
		Geräten und Einrichtungen	
3621	2	Herstellung von elektrischen Beleuchtungskörpern	A
3622	2	Herstellung von elektronischen Bauelementen	B
3623	2	Herstellung von elektrotechnischen Erzeugnissen	B
3631	1	Herstellung von optischen Geräten	A
3632	1	Herstellung von Foto-, Projektions- und Kinogeräten	A
3633	1	Herstellung von Mess- und Regelgeräten	A
3634	1	Herstellung von medizin- und orthopädie-mechanischen Erzeugnissen	A
3635	1	Herstellung von sonstigen feinmechanischen Erzeugnissen	A
3700	4	Herstellung von Uhren, Bijouteriewaren	A

3712	4	Herstellung von Uhrenbestandteilen	A
3714	4	Herstellung von Grossuhren	A
3721	4	Bearbeitung von Edel- und Schmucksteinen	A
3722	4	Herstellung von Gold- und Silberschmiedewaren, Schmuck aus Edelmetallen	A
4121	8	Allgemeiner Hochbau	A
7512	1	Unternehmensberatung	A
7514	6	Patentanwaltbüro, Patentverwertung	A
7521	9	Architekturbüro, Generalplanung	A
7522	9	Bauingenieurbüro	A
7523	9	Maschineningenieurbüro, Elektrotechnik	A
7525	9	Kulturingenieur-, geometer- und Vermessungsbüro	A

**Fortsetzung Tabelle A2.3:**

<b>Wart<sup>1)</sup></b>	<b>WK<sup>2)</sup></b>	<b>Kurzbeschreibung</b>	<b>Anzahl Antworten<sup>3)</sup></b>
7529	9	Büro für Verfahrens- und Chemieingenieurtechnik	A
7531	9	Sonstige technische Beratung und Planung	A
7552	9	EDV-Beratung	A
7553	9	Entwicklung von Software	C
8211	10	Landwirtschaft-, Forschungs- und Versuchsanstalt	A
8212	10	Chemische, chemotechnische, physikalische Labors und Forschungsanstalten	A
8214	10	Übrige wissenschaftliche Institute und Forschungsanstalten	A

1) Wart: Wirtschaftsarten, vierstellige Klassifikation der Wirtschaftszweige gemäss Bundesamt für Statistik  
siehe BFS 1986)

2) WK: Wirtschaftsklassen, zweistellige Klassifikation der Wirtschaftszweige gemäss Bundesamt für  
Statistik

- 1 = Maschinen -und Metallindustrie
- 2 = Elektroindustrie
- 3 = Chemische Industrie
- 4 = Uhrenindustrie
- 5 = Textil- und Bekleidungsindustrie
- 6 = Nahrungsmittel
- 7 = Kunststoff- und Papierindustrie
- 8 = Bauwesen
- 9 = Technische Dienstleistungen
- 10 = Private Forschungslabors

3) Anzahl Antworten: A = weniger als 5 Antworten

B =

5 bis 9

Antworten

C =

10 und

mehr Antworten

Tabelle A2.4: Liste der an der Befragung teilnehmenden Patentanwälte

<b>Name</b>	<b>Institution</b>	<b>Ort</b>
Seehof, M.	Ammann	Bern Patentanwälte AG
Eder, C.E	Patentanwaltbüro	Basel Eder AG
Briner A., Dr.	Patentanwalt	Zürich
Keller, R., Dr.	H. Keller, Dr. Keller	Bern Patentanwälte
Ritscher & Seifert	Ritscher & Seifert	Zürich Patentanwälte
Rossel, A.	Patentanwalt	Zürich
Schaad, W.F.	Schaad, Balass & Partner	Zürich
Hunziker, J.	Patentanwalt	Zürich
Klein, E.	ABB	Baden

## Fragebogen und Begleitbrief

Handelwissenschaftliches Seminar der Universität Zürich

EINFLUSSFAKTOREN AUF FORSCHUNG UND  
ENTWICKLUNG (F+E) IN DER  
SCHWEIZER INDUSTRIE

Schriftliche Befragung zu einer laufenden Untersuchung

**Kontaktperson:** Dr. N. Harabi  
Universität Zürich  
Handelwissenschaftliches Seminar  
Rämistrasse 64, 8006 Zürich  
Tel.: 01/257 29 79

**Termin:** **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

**Datenschutz:** Alle Angaben werden streng vertraulich behandelt und ausschliesslich zu wissenschaftlichen Zwecken verwendet.

Dieses Forschungsprojekt wird vom Schweizerischen *Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung* finanziell unterstützt.