



Munich Personal RePEc Archive

Technical Progress in Switzerland: A short overview

Harabi, Najib

Institute of Economics at the University of Zurich

March 1993

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/26264/>

MPRA Paper No. 26264, posted 28 Oct 2010 14:43 UTC

Reihe D

Arbeitspapier

Nr. 26

**Technischer Fortschritt in
der Schweiz:
Ein kurzer Ueberblick**

Najib Harabi

März 1993

Das vorliegende Arbeitspapier wird nächstens als Dokumentation zur Wirtschaftskunde erscheinen, welche von der Gesellschaft zur Förderung der schweizerischen Wirtschaft (Wf) herausgegeben wird. Kritische Kommentare sind bis Ende Juni 1993 erwünscht.

Inhalt

1. Einführung
2. Technischer Fortschritt in der Schweiz
 - 2.1 Input-Konzepte
 - 2.1.1 Anteil der F&E-Ausgaben
 - 2.1.2 Anteil des F&E-Personals
 - 2.1.3 Bibliometrische Indikatoren
 - 2.1.4 Anzahl Patente
 - 2.2 Output-Konzepte
3. Imitation und Verbreitung des technischen Fortschritts in der Schweiz
 - 3.1 Einführung
 - 3.2 Elemente des Imitationsprozesses
 - 3.2.1 Anzahl imitationsfähiger Unternehmen
 - 3.2.2 Imitationszeit
 - 3.2.3 Imitationskosten
 - 3.3 Einfluss von Patenten auf den Imitationsprozess
4. Zusammenfassung

Bibliographie
Tabellen

TECHNISCHER FORTSCHRITT IN DER SCHWEIZ: EIN KURZER UEBERBLICK*

1. Einführung

Technischer Fortschritt** äussert sich aus ökonomischer Sicht in der Herstellung neuer oder verbesserter Produkte oder in der Einführung neuer Produktionsverfahren, die ein unverändertes Produkt zu gleichbleibenden Kosten in vergrösserter Menge bzw. in gleichbleibender Menge zu geringeren Kosten herzustellen ermöglichen (Geignant et al. 1979). Er manifestiert sich in anderen Worten entweder in Form von Produkt-, Prozessinnovationen oder beiden zusammen und ist damit auf technische Innovationen begrenzt.

Obwohl die beiden Komponenten des technischen Fortschritts theoretisch klar auseinandergehalten werden können, sind sie in der Praxis häufig miteinander verknüpft. Aufgrund seiner zahlreichen historischen Untersuchungen im Technologie-Bereich 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.

Darüber hinaus wird technischer Fortschritt in die zwei Arten "laufende Innovationen" und "bedeutende Innovationen" unterteilt. Laufende Innovationen erfolgen mehr oder weniger kontinuierlich, wenn auch je nach Branche in einem unterschiedlichen Tempo. Sie beinhalten Verbesserungen in den bestehenden Produkt- bzw. Prozesssortimenten, 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 den Unternehmen als wichtige Quellen für diese Innovationsart angesehen (Lundvall 1988). 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.

* Der vorliegende Beitrag ist eine vollständig überarbeitete und aktualisierte Fassung meines früheren Beitrags "Technischer Fortschritt in der Schweiz: Empirische Ergebnisse aus volkswirtschaftlicher Sicht", Dokumentation zur Wirtschaftskunde Nr. 107, Februar 1987.

** 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 anerkenne die negativen Konsequenzen des technischen Fortschritts, verurteile ihn aber nicht pauschal und verwende ihn aus zwei Gründen weiter. Da sich der Begriff "Fortschritt" mittlerweile in der ökonomischen Literatur durchgesetzt hat, werden mit seiner Uebnahme in dieser Arbeit Begriffsverwirrungen vermieden; zum anderen soll damit der Unterschied zwischen einer wirtschaftlich relevanten von einer wirtschaftlich nicht relevanten technischen Entwicklung deutlich unterstrichen werden.

Bedeutende Innovationen sind diskontinuierliche 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.

Will man den technischen Fortschritt nicht nur als Zustand, sondern auch als Prozess betrachten, so lässt sich nach Schumpeter der Prozess des technischen Fortschritts bzw. der Innovationsprozess (beide Kategorien werden hier synonym verwendet) in drei Phasen zerlegen: 1. Erfindung (invention), 2. Markteinführung (innovation), 3. Nachahmung (imitation) bzw. Diffusion. Wenn man davon ausgeht, dass Erfindungen auf der Basis von Forschung und Entwicklung beruhen, könnte man den Prozess des technischen Fortschritts in die folgenden fünf Phasen gliedern:

1. Forschung (research)
2. Entwicklung (development)
3. Erfindung (invention)
4. Markteinführung (innovation)
5. Nachahmung (imitation) bzw. Diffusion.

Die ersten drei Phasen zusammen machen den technologischen Fortschritt aus. Erst mit der erfolgreichen Markteinführung von neuen oder verbesserten Produkten bzw. Produktionsverfahren spricht man von technischem Fortschritt. Die Unterscheidung zwischen "technologischem" und "technischem" Fortschritt ist analytisch wie praktisch sehr zentral, damit der Fortschritt des technischen Wissens (Technologie) mit Anwendungen und Markteinführungen dieses Fortschritts nicht verwechselt werden. Um einen technischen Fortschritt realisieren zu können, genügt es nicht, bloss neue Ideen zu haben, sondern diese müssten darüber hinaus in Produkte und Verfahren umgesetzt und erfolgreich kommerzialisiert werden.

Das Ziel des vorliegenden Aufsatzes liegt darin, neuere empirische Ergebnisse zum technischen Fortschritt in der Schweiz gemäss dem obigen 5-Phasen-Schema zu liefern.

2. Technischer Fortschritt in der Schweiz

Die Messung und Darstellung des technischen Fortschritts in der Schweiz erfolgt zunächst mittels Input- und Output-Konzepten. Diese erfassen den technischen Fortschritt an den Phasen 1 bis 4.

2.1 Input-Konzepte

Unter Input-Konzepten werden Ansätze verstanden, die auf der Inputseite des Produktionsprozesses, 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 sowie
4. die Anzahl Patente (als Output von F&E).

Die Input-Konzepte 1-4 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.

2.1.1 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. Aktuelle Daten zu den F&E-Ausgaben und F&E-Personal in der Schweiz liefern der Bericht des Bundesamtes für Statistik (1992) sowie die gemeinsame Publikation dieses Amtes mit dem Schweizerischen Handels- und Industrie-Verein (1991). Für internationale Vergleichbarkeit sorgt die OECD in ihren regelmässigen Veröffentlichungen (siehe z.B. OECD (1992)). 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 3,1% im Jahre 1989 und ist somit der höchste im OECD-Raum. Damit gehört die Schweiz, zusammen mit den USA, Japan, der BRD und Schweden zu den F&E-intensivsten Ländern der Welt (Tabelle 1 und Graphik 1).
- Diese eindruckliche Verhältniszahl darf jedoch nicht über die absolute Position dieses Landes 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 5,5 Mia US-Dollars im Jahre 1989 landet die Schweiz lediglich - und mit grossem Abstand - auf Platz 7. (Die entsprechenden Zahlen für die Vorreiter sind wie folgt: USA: 144,8, Japan: 57,9, BRD: 26,7, Frankreich: 19,0, Grossbritannien (1988): 17,0 und Italien: 10,3 Mia US-Dollars) (Tab.1).
- Der Anteil der öffentlich finanzierten F&E-Ausgaben beträgt 23 % und ist damit nach Japan der zweittiefste unter den OECD-Ländern (Tab.1).

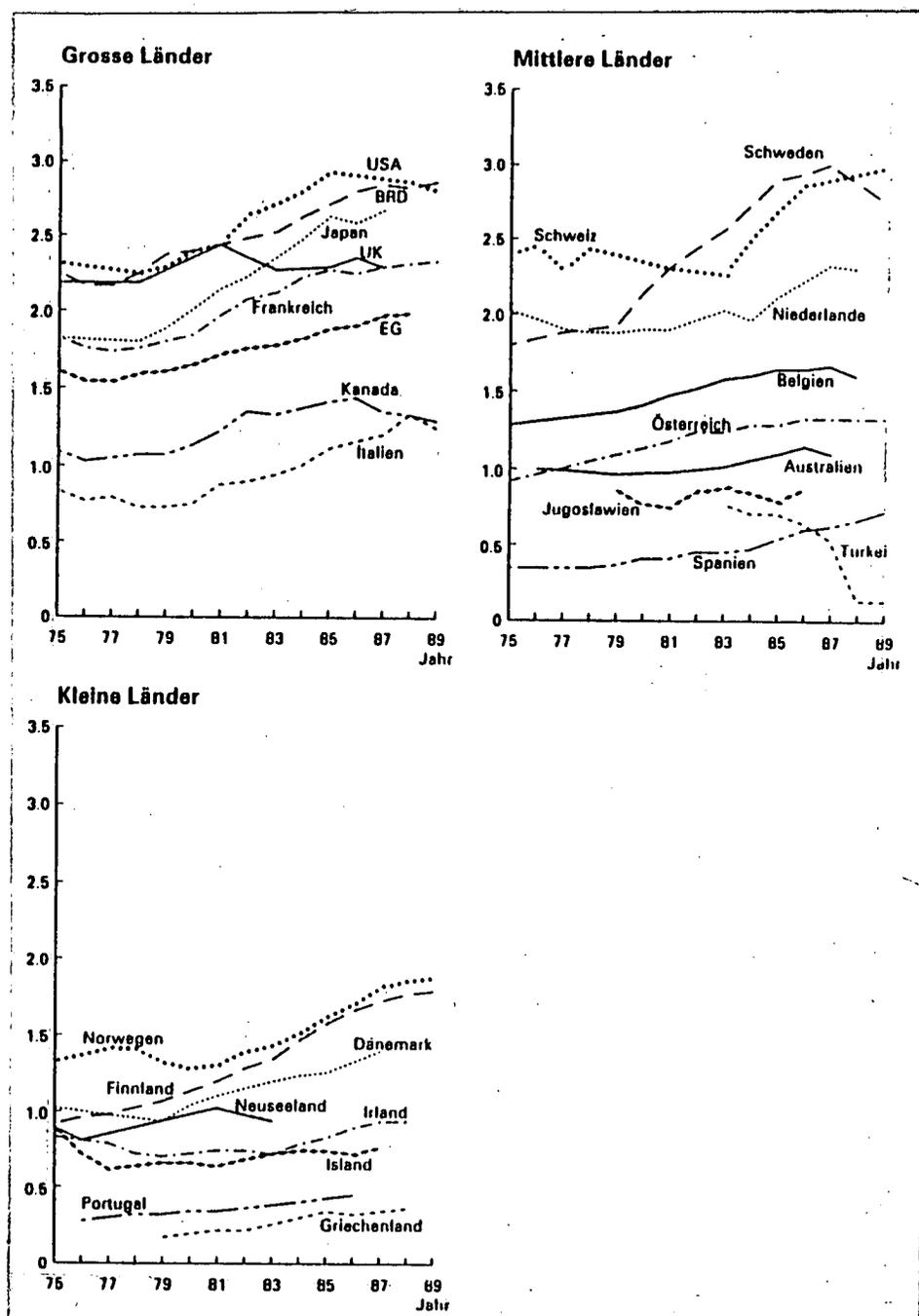
Tabelle 1: Finanzielle und personelle Aufwendungen für F+E in ausgewählten Ländern

Land	F+E-Aufwendungen in Mia. US Dollars 1989	Anteil der staatlichen Finanzierung 1989	Anteil am Brutto- inlandprodukt 1989	F+E-Personal in 1000 Personen- jahren 1988	F+E-Personal auf 1000 Beschäf- tigte 1988
USA	144.8	48%	2.8%	-	14
Japan	57.9	19%	3.0%	831	14**
BRD	26.7	33%	2.9%	419 **	14**
Frankreich	19.0	50%	2.3%	283	12
Grossbritannien	17.0 *	37% *	2.2% *	282 **	10**
Italien	10.3	52%	1.3%	136	6
Schweiz	5.5	23%	3.1%	51	14
Niederlande	4.2 *	43% *	2.3% *	64	10
Schweden	3,7	37%**	2,8%	52 **	12**
Belgien	2,0 *	27% *	1,6% *	37	9

* 1988 ** 1987

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

Graphik 1: Bruttoinlandausgaben für F+E in Prozenten des Bruttoinlandprodukts (BIP) in den OECD-Ländern



Quelle: Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1991:41)

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 1989 für F&E aufgewendet wurden, sind 6,7 Mia., oder 74 % durch die Privatwirtschaft finanziert und durchgeführt worden. Davon entfielen rund 85% auf die drei grossen Wirtschaftszweige Chemie, Maschinen/Metall und Elektrotechnik. Zudem zeigen sich diese interindustriellen Unterschiede auch bei den im Ausland getätigten F&E-Ausgaben. Von den rund 5,3 Mia. SFr., die dort im gleichen Jahr für F&E aufgewendet wurden, stammten 46 % von der Chemie, 5% von Maschinen/Metall und 36 % von der Elektrotechnik; den Rest teilten sich die übrigen Wirtschaftszweige (Tab.2).
- Untersucht man die F&E-Unterschiede zwischen den Wirtschaftszweigen mittels der F&E-Intensität, so stechen wiederum die Branchen Chemie (14,1%), Elektrotechnik (7,7%) sowie Maschinen und Metall (5.2%) hervor (Tab. 2). 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 machen lassen). Bei der hier berechneten F&E-Intensität ist allerdings zu beachten, dass sie im Ausland getätigte F&E-Ausgaben nicht miteinbezieht.

Tabelle 2: Forschung und Entwicklung in der schweizerischen Privatwirtschaft, F+E-Aufwand in der Schweiz und im Ausland 1986 und 1989, nach Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweig	F+E-Aufwand in der Schweiz 1989 (Mio. Fr.)	Veränderung in der Schweiz 1986-89** (in %)	F+E-Aufwand im Ausland 1989 (Mio. Fr.)	F+E-Intensität*** (in %)
Maschinen, Metall	1866	13,6	256	5,2
Elektrotechnik	1455	2,7	1894	7,7
Chemie	2461	28,8	2418	14,1
Uhren	138	95,6	-	3,5
Textil, Bekleidung	44	- 7,0	1	1,4
Nahrungsmittel	242	31,5	338	1,4
Papier, Kunststoffe	83	31,3	0	1,3
Baugewerbe	54	2,2	1	0,8
Technische Dienstleistungen	168	42,5	11	5,9
Forschungslabors	220	4,5	343	52,8
Total*	6731	19,8	5263	5,9

* Ohne Rundungsdifferenzen

** Berechnet aufgrund der Angaben von 592 Unternehmen, welche sowohl 1986 als auch 1989 antworteten

*** Nur auf der Basis der Unternehmen berechnet, die F+E betreiben

Quelle: Bundesamt für Statistik, zitiert nach Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1991:14+23)

2.1.2 Anteil des F&E-Personals

Auch dieser Input-Indikator, welcher sich auf den Produktionsfaktor Arbeit im Forschungs- und Entwicklungsprozess abstützt, ist in der Innovationsforschung stark verbreitet. In der empirischen Literatur werden die verschiedensten Variationen davon herangezogen. Eine Auswahl sei hier erwähnt:

- Anteil der beschäftigten Wissenschaftler
- Anteil der beschäftigten Wissenschaftler und Ingenieure
- Anteil der in F&E beschäftigten Naturwissenschaftler und Ingenieure
- Anteil der beschäftigten Akademiker
- 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 1989 51'000 Personenjahre (nicht Personen!), oder 14 % 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 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).

Von den 39'344 Personenjahren, die 1989 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, 85 % (Tab.3). 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 Forschungslaboratorien mit 196'000 Franken an der Spitze, gefolgt von der Chemie und dem Baugewerbe. Am Ende der Skala steht die Textilindustrie mit 119'000 Franken (Tab.3).

2.1.3 Bibliometrische Indikatoren

Bibliometrische Indikatoren sind quantitative Verfahren zur Bildung von Wissenschaftsindikatoren unter Verwendung von bibliographischen Daten. Diese Indikatoren messen primär den wissenschaftlichen Output, insbesondere denjenigen der Grundlagenforschung von vorwiegend (zumindest in der Schweiz und in Europa) an staatlichen Institutionen tätigen Forschern (Phase 1 des Innovationsprozesses). 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 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 (...) '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.

Tabelle 3: Forschung und Entwicklung in der schweizerischen Privatwirtschaft, F+E-Aufwand, bezogen auf das F+E-Personal (in Personenjahren) 1989, nach Wirtschaftszweigen

Wirtschaftszweig	F+E-Aufwand (Mio. Fr.)	F+E-Personal (PJ)	F+E-Aufwand pro Personenjahr (1000.Fr.)
Maschinen, Metall	1 866	11 424	163
Elektrotechnik	1 455	9 511	153
Chemie	2 461	12 820	192
Uhren	138	800	172
Textil, Bekleidung	44	370	119
Nahrungsmittel	242	1 478	164
Papier, Kunststoffe	83	459	180
Baugewerbe	54	303	179
Technische Dienstleistungen	168	1 057	159
Forschungslabors	220	1 124	196
Total*	6 731	39 344	171

* Ohne Rundungsdifferenzen

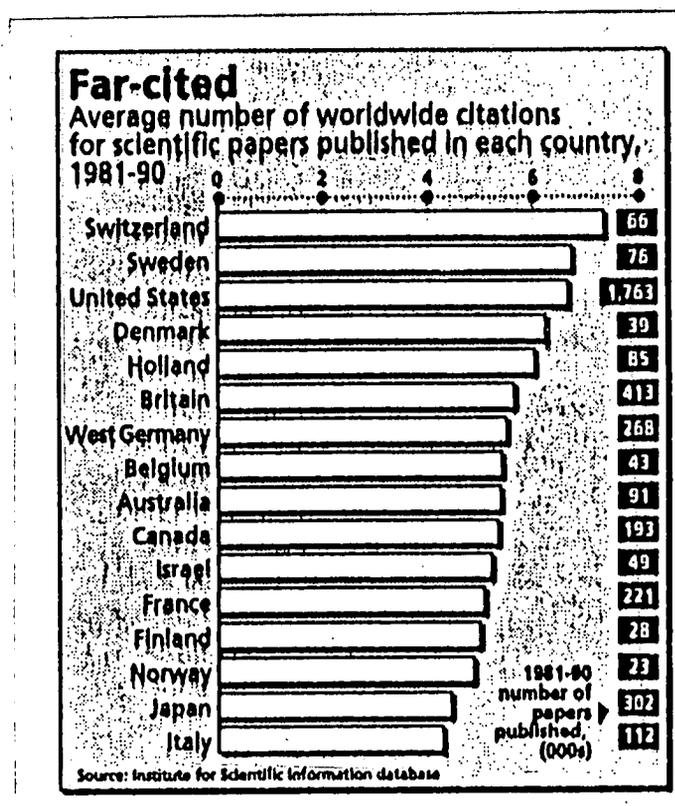
Quelle: Bundesamt für Statistik, zitiert nach Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1991:27)

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 "Institute for Scientific Information" (Philadelphia, USA) für den Zeitraum 1981-90 bestätigt. Wie aus Graphik 2 zu sehen ist, wurden in diesem Zeitraum 66'000 wissenschaftliche Publikationen von in der Schweiz tätigen Forschern veröffentlicht und stehen damit weltweit an 11. Stelle. Beurteilt man diese Publikationen nach ihrem Ansehen und wissenschaftlichem Einfluss, kommt man zum Ergebnis, dass sie eine überdurchschnittliche Aufmerksamkeit fanden: mit einer durchschnittlichen Zitationszahl von (fast) 8 Mal wurden Publikationen aus der Schweiz weltweit am meisten zitiert.

Graphik 2:



Quelle: Institute for Scientific Information database

Dieses beachtliche Ergebnis betrifft allerdings nicht alle Gebiete gleichermassen. Die bereits zitierte Bielefeld-Studie kommt diesbezüglich für den Zeitraum 73-82 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 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. Für diesen Zweck gibt es allerdings, wie wir unten sehen werden, andere Indikatoren (z.B. Patente).

2.1.4 Anzahl Patente

Als Indikator, der sich auf das Resultat der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit abstützt, kann die Anzahl Patente verwendet werden. Zur Messung der Patentaktivität einzelner Länder werden von der OECD folgende Daten nach einheitlichen Kriterien zusammengestellt und regelmässig publiziert (siehe z.B. OECD (1992)):

- 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.
- 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.
- Die Anzahl externer Patentgesuche (number of external patent applications). Dies sind Patentgesuche, die von Personen mit Wohnsitz im Land A bei den Patentämtern des Auslandes eingereicht worden sind.

Von allen oben aufgeführten Arten von Patentanmeldungen werden vor allem "externe Patentanmeldungen" (z.B. diejenigen in den USA oder im Europäischen Patentamt in München) für internationale Vergleiche bevorzugt, und zwar aus verschiedenen Gründen. Einmal wird dadurch das Problem der unterschiedlichen nationalen Gesetzgebung vermieden. Zum anderen sorgen die anfallenden hohen Kosten der Anmeldung und der Pflege von Patenten dafür, dass es sich dabei um "ernstzunehmende" 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 Patent-Statistik 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 rund 30'000 externen Patentanmeldungen im Jahre 1989 steht sie weltweit an 6. Stelle und mit rund 41'000 nationalen Patentanmeldungen an 8. Stelle. Die entsprechende Zahl für inländische Patentanmeldungen beträgt rund 4'000 und der entsprechende Rang ist wiederum 6.
- Gewichtet man die absoluten Patentanmeldungen mit der Bevölkerungszahl, so ist die Schweiz an der Spitze der Weltrangliste zu finden. Mit rund sechs inländischen Patentanmeldungen pro 10'000 Einwohner ist sie nach Japan an 2. Stelle.

Diese Zahlen weisen insgesamt auf eine hohe Erfindungs- und Innovationskraft der Schweiz auch im internationalen Vergleich hin. Schlüsselt man sie jedoch nach Wirtschaftssektoren auf, so zeigen sich auch hier enorme interindustrielle Unterschiede. Eine neue Studie des Bundesamtes für Konjunkturfragen (siehe Hotz-Hart/Küchler (1992)) hat diesbezüglich für die 80er Jahre (1982-88) folgendes gezeigt:

- Technologie-Felder mit besonders vielen Patentanmeldungen sind: Textil, Bekleidung; organische Chemie; Maschinen und Apparate; Verfahrenstechnik; Werkzeug- und Textilmaschinen; Uhren.
- Schwach besetzte Technologie-Felder waren 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 und ihre Schwächen 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 schwächeren Technologiefeldern aufzuholen.

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 zum Ergebnis kam, dass es eine "helvetische Mischung von Vorsicht (bei den 'Schlüsseltechnologien') und Innovationsfreudigkeit (bei den 'Rationalisierungstechnologien')" gebe (vgl. Hieronymi et al. (1984)).

2.2 Output-Konzepte

Output-Konzepte versuchen, den technischen Fortschritt am Resultat des Produktionsprozesses zu erfassen. Technischer Fortschritt manifestiert sich auf dieser Stufe in Form von neuen oder verbesserten Produkten und Produktionsverfahren. Was die konkrete statistische Erfassung von diesen Konzepten betrifft, so gibt es in der Innovationsforschung die vier folgenden Methoden:

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

Während die drei letzten Methoden bisher wenig Anwendung fanden und deshalb hier nicht weiter diskutiert werden, ist die erste Methode weit verbreitet. Auch in der Schweiz wurde sie in zwei neueren gesamtschweizerischen Erhebungen verwendet. Die eine wurde von Harabi im Sommer 1988 und die andere von der KOF/ETH im Herbst 1990 durchgeführt. Die wichtigsten, für diesen Abschnitt relevanten Ergebnisse beider Studien werden im folgenden kurz zusammengefasst.

Bei Harabi (1988) wird Methode 1 zur Beantwortung der zwei folgenden qualitativen 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?"

(Harabi (1988), Fragen IV.A., IV.B., IV.F. und IV.G.).

Die Antworten zu diesen Fragen sind in den Tab. 4 - 7 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 4: 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

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

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

Diese generelle Antwort verbirgt jedoch wichtige interindustrielle Unterschiede. Im Bereich von Produktinnovationen, die nach dieser Befragung schneller eingeführt worden sind als Prozessinnovationen, kann man die gesamte Schweizer Industrie in drei Kategorien einteilen:

1. die schnelleren Innovatoren,
2. die mittelmässig schnellen Innovatoren und
3. die langsamen Innovatoren.

Zur ersten Kategorie, bei der die Antwortnote für die erste Frage über 5 beträgt (siehe Tab. 5), gehören folgende Industrien:

- Uhren,
- Technische Dienstleistungen,
- Private Forschungslabors,
- Elektroindustrie,
- Chemie und
- Nahrungsmittelindustrie.

Die mittelmässig schnellen innovativen Industrien (die Antwortnote liegt zwischen 4 und 5) sind hingegen:

- Maschinen- und Metallindustrie,
- Textil- und Bekleidungsindustrie,
- Kunststoff und Papier und
- Bauwesen.

Zur 3. Kategorie (die Antwortnote liegt unter 4) bekennt sich im Durchschnitt keine der befragten Industrien.

Im Bereich von Prozessinnovationen ergibt sich hingegen ein teilweise verändertes Bild. Zu den schnelleren Innovatoren zählen nur vier, anstelle der sechs 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- und Papierindustrie, wodurch sie zur dritten Kategorie gehören.

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

Tabelle 5: 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
Gesamte Industrie	4.47	1.00	5.00	1.00

* Arithmetisches Mittel

** Verhältnis des jeweiligen Wirtschaftszweigs zum AM der Gesamtindustrie

Erwartungen spielen auch im technologischen Bereich eine zentrale Rolle. Wie aus Tab. 6 zu entnehmen ist, werden die Chancen zu Innovationen für die nächsten 10 Jahre generell als ungefähr gleich wie bisher oder als leicht besser beurteilt.

Tabelle 6: Erwartungen bezüglich des technischen Fortschritts in den nächsten 10 Jahren, verglichen mit den 70-er 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

* Das erste Quartil (jener Wert, der die Verteilung in 25 % linksliegende [und 75 % rechtsliegende] Werte erteilt)

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

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 (d.h. die durchschnittliche Antwortnote ist mindestens gleich 5, siehe Tab. 7) als in den übrigen Branchen. 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 7: Erwartungen bezüglich des technischen Fortschritts in den nächsten 10 Jahren, verglichen mit den 70-er Jahren, nach Wirtschaftszweigen
(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
Gesamte Industrie	5.01	1.00	4.85	1.00

* Arithmetisches Mittel

** Verhältnis des jeweiligen Wirtschaftszweigs zum AM der Gesamtindustrie

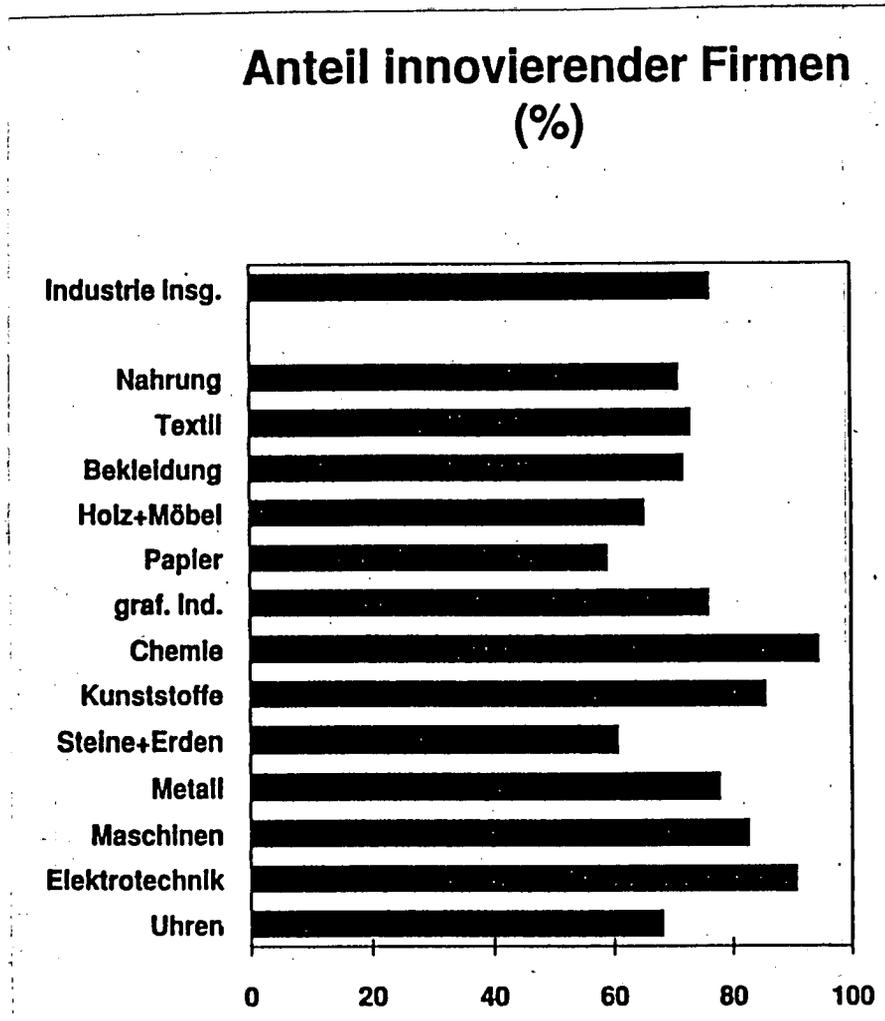
Auch bei der KOF-Erhebung wurde eine Stichprobe von Industriefirmen schriftlich befragt. Davon haben 714 Firmen (Rücklaufquote: 26 %) an der Befragung aktiv teilgenommen. Dabei wird versucht, das Innovationsverhalten der untersuchten Unternehmen mittels zahlreicher quantitativer und qualitativer Indikatoren 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 Oesterreich, 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 (jeglicher Art: Produkt-,

Prozess- oder kombinierte Innovationen) im erwähnten Zeitraum realisiert haben (siehe Graphik 3).

- Ueberdurchschnittlich innovative Branchen:
 - ** Chemie
 - ** Elektrotechnik (inkl. Optik)
 - ** Kunststoff
 - ** Maschinen (inkl. Fahrzeuge)
- Durchschnittlich innovative Branchen:
 - ** Metall
 - ** Graphik
 - ** Textil
 - ** Bekleidung
 - ** Nahrungsmittel
- Unterdurchschnittlich innovative Branchen:
 - ** Papier
 - ** Steine/Erden
 - ** Holz/Möbel
 - ** Uhren (inkl. Bijouterie)

Graphik 3:



Quelle: KOF/ETH 1992

Vergleicht man die vergleichbaren Ergebnisse beider Erhebungen, so 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, z.B. im Hinblick auf die Uhrenindustrie. Während sie 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, wo die grossen Umstrukturierungen der 70er und der ersten Hälfte der 80er Jahre bereits überwunden waren, und zwar nicht zuletzt dank grossen Innovationsanstrengungen. Die Harabi-Befragung bezieht sich gerade auf diese Zeitperiode und ergibt deshalb ein anderes Innovationsbild für diese - in der Schweiz auch symbolisch - wichtige Industrie.

3. Imitation und Verbreitung des technischen Fortschritts

3.1. Einführung

Die in Abschnitt 2 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, (siehe oben) beschreiben und analysieren.

Die Diffusion einer technischen Innovation nimmt grundsätzlich zwei Formen an: entweder wird eine Innovation mehr oder weniger unverändert von Marktteilnehmern übernommen und eingeführt oder sie wird imitiert. Das Wort "Imitation" wird hier in seiner Doppelbedeutung von "Nachahmen" und "Nachmachen" verstanden; in bestimmten industriellen Situationen könnte es auch "Umgehen" bedeuten. 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 Innovation oder aus der Sicht der Anwender dieser Innovation (Personen, Unternehmen oder anderer Organisationen). Im ersten Fall werden Diffusionskurven von bestimmten Innovationen miteinander verglichen, im zweiten Fall werden dagegen die Merkmale früherer Anwender der neuen Technologie mit denjenigen späterer Anwender verglichen. Die erste Vorgehensweise ist in der Literatur als "Diffusionstradition" und die zweite als "Adoptionstradition" bekannt.

Oekonomische Untersuchungen, die sich aus der Sicht beider Traditionen mit der Diffusion technischer Innovationen auseinandergesetzt haben, zeigen, dass diese von sehr unterschiedlichen angebots- und nachfrageseitigen Einflussfaktoren abhängig und deshalb sehr komplex ist. Zusammenfassend werden aus empirischer Sicht folgende Faktoren festgehalten, die einen grossen Teil der empirisch beobachteten Variationen in der Diffusionsrate von Innovationen "erklären" (Mansfield 1986:318):

- Durchschnittliche Profitabilität (Vorteilhaftigkeit) der Innovationen,
- Variation unter den Unternehmen bezüglich dieser Profitabilität,
- Umfang der Innovationskosten und speziell derjenige der F&E-Ausgaben,
- Marktstrukturindikatoren: Anzahl Unternehmen pro Industriezweig, ihre durchschnittliche Betriebsgrösse, die Unterschiede in der Betriebsgrösse usw..

In der Schweiz haben sich bisher zwei "neuere" Studien mit der Diffusion einzelner Technologien befasst. Hieronymi et al. (1984) haben die Diffusion der Elektronik in der Uhrenindustrie, der numerischen Steuerung bei den Werkzeugmaschinen, der Datenübertragungssysteme, des Lichtsatzes in der graphischen Industrie sowie der Pulvermetallurgie untersucht. Müdespacher (1985) hat sich dagegen mit der Diffusion von Innovationen der Telematik empirisch auseinandergesetzt (Eine Zusammenfassung findet sich in Harabi/Halbherr (1985))

Imitation wurde hingegen bisher wenig untersucht, obwohl deren Bedeutung für den Innovationsprozess von vielen namhaften Ökonomen (Arrow, Mansfield, Nelson/Winter und anderen) erkannt worden ist. Dazu schreibt Mansfield: "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 1986:312). Gerade diesen Fragen ist er in zahlreichen Publikationen systematisch nachgegangen (Mansfield 1961, 1968 und 1985). 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.

3.2. 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 schneller die benötigte Zeit für eine erfolgreiche Imitation von Innovationen ist,

umso breiter und schneller sich der Diffusionsprozess technischer Innovationen vollzieht. 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?" (Harabi 1988:9)
- "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? Falls die Imitation technisch möglich ist aber zeitlich nicht rasch genug erfolgt, um einen markanten Einfluss auf den Markt ausüben zu können, dann kreisen Sie die Zahl 6 auf der Skala ein." (Harabi 1988:12-13)
- "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?" (Harabi 1988:10-11)

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 Innovationen und schliesslich 4. laufende und nicht-patentierte Innovationen.

3.2.1. 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 kleine 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, verstellen jedoch den Blick auf die z.T. enormen interindustriellen Unterschiede. So ergeben sich im Falle einer Imitation von bedeutenden Produktinnovationen für 48 % der untersuchten Wirtschaftsarten eine Zahl zwischen drei und fünf Unternehmen, in 14 % derselben können sogar mehr als zehn Unternehmen die genannte Innovation imitieren (vgl. Tab. 8).

Tabelle 8: 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

3.2.2. 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 erfolgreich und genügend frühzeitig zu imitieren und damit einen signifikanten Einfluss auf dem Markt auszuüben 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 Prozessinnovationen länger als diejenige von Produktinnovationen. Dies gilt auch für patentierte im Vergleich zu nicht-patentierten Innovationen. Patente führen somit nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis zur Verlängerung der effektiven Monopolzeit und damit der Rente des Innovators. Sie verzögern dadurch die Imitation und damit die Diffusion neuer Technologien.

Tabelle 9: Benötigte Zeit für eine erfolgreiche Imitation von Innovationen
(Häufigkeitsverteilung der Median-Antworten von 127 Wirtschaftsarten)

	<als 6 Mo- nate	6Monate bis 1 Jahr	1 bis 3 Jahre	3 bis 5 Jahre	mehr als 5 Jahre	recht- zeitige Imitation unmöglich
Neue Verfahren						
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
Neue Produkte						
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 eine rechtzeitige Imitation für unmöglich, während eine kleine Minderheit von 6 % derselben weniger als sechs Monate brauchen. Zwischen diesen beiden Extremen liegen die übrigen Wirtschaftsarten. Die relative Mehrheit (36 %) gibt eine Zahl zwischen 1 und 3 Jahren an (Vgl. Tab. 9).

3.2.3. 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 Prototypenherstellung, für die eigentliche Produktion, für Marketing usw. Falls das zu imitierende Produkt bereits patentiert ist, beinhalten die Imitationskosten auch jene Kosten, die wegen 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 jeglicher Art 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 allerdings durch die Patente kostspieliger: Die Imitationskosten sind bei allen untersuchten Innovationskategorien höher für die patentierten als für die nicht-patentierten Innovationen.

Es ist jedoch zu beachten, dass auch hier grosse interindustrielle Unterschiede bezüglich dieser Fähigkeit vorhanden sind (vgl. Tab.10). 17 % der untersuchten Wirtschaftsarten sind 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 ursprünglich Innovator, während 3 % es dagegen bis zu 25 % der Kosten des ursprünglichen Innovators tun können. Diese Streuung gilt auch im Hinblick auf die anderen Innovationskategorien.

Tabelle.10: Kosten einer erfolgreichen Imitation von Innovationen
(Häufigkeitsverteilung des Medians für 127 Wirtschaftsarten)

Innovators	Kosten der Imitation als % der Kosten des ursprünglichen					recht- zeitige Imitation unmöglich
	<25%	25%-50%	51%-75%	76%-100%	>100%	
<i>Neue Verfahren</i>						
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
<i>Neue Produkte</i>						
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

3.3. 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 wurden zusätzliche statistische Untersuchungen (v.a. Korrelationsrechnungen) durchgeführt, die folgende Ergebnisse ergeben haben (für mehr Details siehe Harabi 1992):

- 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 stärker für Produktinnovationen als für Prozessinnovationen.

- Das gleiche Ergebnis gilt auch für die Korrelation zwischen Imitationszeit und der Existenz von Patenten. Sie ist für bedeutende Produktinnovationen statistisch signifikant.
- Die Imitationskosten steigen wegen der Existenz von Patenten um durchschnittlich 25 % für Prozessinnovationen und um 33 % für Produktinnovationen. Ähnliches gilt für die Imitationszeit: Sie nimmt z.B. bei bedeutenden Prozessinnovationen um 20 % zu.

4. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Abhandlung bestand darin, einen kurzen Ueberblick über neuere empirische Ergebnisse betreffend die Messung und Imitation bzw. Diffusion des technischen Fortschritts in der Schweiz zu liefern. Die dabei erzielten Resultate können wie folgt kurz zusammengefasst 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.
- In der Schweiz hat die empirische Outputforschung mit den zwei Untersuchungen von Harabi (1988, 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) bzw. alle Unternehmen gleichermassen zu. Elektronik und chemische Industrie sind beispielsweise innovativer als die Bekleidungs- oder Papierindustrie.
- Imitation spielt in der technologischen und industriellen Praxis eine zentrale Rolle und ist gerade für kleine, diffusionsorientierte Länder wie die Schweiz von grundlegender Bedeutung. Dennoch ist sie in der empirischen Literatur bisher nur wenig untersucht worden. Die meisten ökonomisch fundierten Technologie-Studien befassen sich eher mit der Innovationsphase oder mit Teilaspekten der Diffusionsphase. Die hier erstmals vorliegenden empirischen Ergebnisse für die Schweiz bezüglich der Anzahl imitationsfähiger Unternehmen, Imitationszeit und Imitationskosten zeigen, dass die Bedingungen für Imitation bzw. Diffusion, zumindest bezüglich laufender Innovationen, insgesamt für dieses Land sehr günstig sind. Die Fähigkeit, relativ schnell und kostengünstig Innovationen zu imitieren, ist allerdings 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 Aktivitäten der untersuchten Branchen reflektieren.
- Patente scheinen ausserdem nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis, wenn auch nicht überall mit der gleichen Wirksamkeit, eine gewisse Schutzfunktion für Innovationen zu garantieren. Dies 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. Das Dilemma der temporären Eigentumsrechte "Patente", gleichzeitig ein Schutz für Innovatoren und ein informationsverbreitendes Instrument für Imitatoren zu sein, kommt hier klar zum Ausdruck.

Bibliographie

- Bundesamt für Statistik (1985)**, Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige. Bern.
- Bundesamt für Statistik (1992)**, Forschung und Entwicklung in der Schweiz 1989. Finanzen und Personal. Bern.
- Cyranek, G. und Harabi, N. (Hrsg.) (1992)**, Wettlauf um die Zukunft der Schweiz. Die Rolle der technologischen Forschung und Entwicklung. Zürich: Verlag der Fachvereine (vdf).
- Geignant, F., Sobotka, D., Westphal, H.M. (1979)**, Lexikon der Volkswirtschaft. München.
- Halbherr, P., Harabi, N., Bachem, M. (1988)**, Die Schweizerische Wettbewerbsfähigkeit auf dem Prüfstand: Herausforderungen an Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Bern: Haupt
- Harabi, N. und Halbherr, Ph. (1985)**, "Diffusion neuer Technologien in der Schweiz", in: Schweizerische Volkswirtschaft unter Innovationsdruck, Hrsg. Schelbert, H. et al. Bern und Stuttgart: Haupt
- Harabi, N. (1988)**, "Technischer Fortschritt in der Schweiz", In: Die Schweizerische Wettbewerbsfähigkeit auf dem Prüfstand: Herausforderungen an Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Halbherr, P., Harabi, N., Bachem, M. Bern: Haupt.
- Harabi, N. (1988)**, Einflussfaktoren von Forschung und Entwicklung (F&E) in der Schweizer Industrie. Schriftliche Befragung zu einer laufenden Untersuchung. Zürich: Handelswissenschaftliches Seminar der Universität Zürich.
- Harabi, N. (1991)**, "Einflussfaktoren von Forschung und Entwicklung in der Schweizer Industrie. Ergebnisse einer schriftlichen Expertenbefragung", Die Unternehmung, 45:349-368.
- Harabi, N. (1992)**, "Technischer Fortschritt in der Schweiz: Empirische Ergebnisse aus volkswirtschaftlicher Sicht". Arbeitspapier Nr. 24. Wirtschaftswissenschaftliches Institut der Universität Zürich. Oktober 1992.
- Hieronimi, O. et al. (1984)**, La diffusion de nouvelles technologies. Saint-Saphorin: Georgi.
- Hotz-Hart, B. und Kuchler, C. (1992)**, Technologische Position der Schweizer Industrie im Lichte der internationalen Patentstatistik. Bern
- KOF/ETH (1992)**, Innovationsfähigkeit der Industrie und Technologiepolitik in der Schweiz. Sonderbericht Konjunktur Nr. 183, Zürich.
- 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
- Mansfield, E. et al. (1961)**, "Technical Change and the Rate of Imitation", *Econometrica*, 29:741-766.
- Mansfield, E. (1968)**, Industrial Research and Technological Innovation. New York: Norton.
- 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. (1985)**, Patents and Innovation: An Empirical Study. Philadelphia: University of Pennsylvania.

- Mansfield, E.** (1986), "Microeconomics of Technological Innovation", in: *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, ed. R. Landau and N. Rosenberg. Washington: National Academy Press.
- Müdespacher, A.** (1985), "Die Diffusion von Innovationen der Telematik", *Geographica Helvetica*, 113-122
- OECD** (1992), *Main Science and Technology Indicators 1991/2*. Paris
- 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
- Rosenberg, N.** (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge (Mass.): Cambridge University Press. Schweizerischer Handels- und Industrieverein (1991), *Forschung und Entwicklung in der Schweizerischen Privatwirtschaft 1989*. Zürich.
- 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.