



**Fraunhofer** Institut  
Systemtechnik und  
Innovationsforschung

# **Leistungsfähigkeit und Strukturen der Wissenschaft im internationalen Vergleich**

Analysen im Rahmen der jährlichen Berichterstattung

Zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands

Dr. Ulrich Schmoch

---

**Studien zum deutschen Innovationssystem**

**Nr. 13-2004**

---

Fraunhofer-Institut für  
Systemtechnik und  
Innovationsforschung  
Breslauer Str.48  
76139 Karlsruhe  
<http://www.isi.fraunhofer.de>

Februar 2004

Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) erstellt. Die Ergebnisse und Interpretationen liegen in der alleinigen Verantwortung der durchführenden Institute. Das BMBF hat auf die Abfassung des Berichts keinen Einfluss genommen.

## **Studien zum deutschen Innovationssystem**

**Nr. 13-2004**

ISSN 1613-4338

Herausgeber:

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Hannoversche Str. 28-30, 10115 Berlin,  
Tel.: 01888/57-0.

[www.technologische-leistungsfahigkeit.de](http://www.technologische-leistungsfahigkeit.de)

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie die Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des BMBF oder des Instituts reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

### **Kontakt und weitere Informationen:**

Dr. Ulrich Schmoch  
Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung  
Abteilung Technikbewertung und Innovationsstrategien  
Breslauer Straße 48  
76139 Karlsruhe  
Tel: +49-721-6809-114  
Fax: +49-721-6809-260  
Email: [u.schmoch@isi.fraunhofer.de](mailto:u.schmoch@isi.fraunhofer.de)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 EINFÜHRUNG IN DIE PROBLEMSTELLUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>2 DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER WISSENSCHAFT IM SPIEGEL BIBLIOMETRISCHER INDIKATOREN.....</b>	<b>2</b>
2.1    METHODISCHE GRUNDLAGEN.....	2
2.2    FACHPUBLIKATIONEN AUS DEUTSCHLAND IM INTERNATIONALEN VERGLEICH .....	3
2.3    FACHPUBLIKATIONEN AUS KLEINEREN INDUSTRIELÄNDERN .....	9
<b>3 DER BEITRAG ÖFFENTLICHER FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN ZUR TECHNIKGENESE.....</b>	<b>15</b>
3.1    EINFÜHRUNG IN DIE PROBLEMSTELLUNG.....	15
3.2    METHODISCHE GRUNDLAGEN.....	15
3.3    ERGEBNISSE.....	17
3.3.1    ZEITLICHE ENTWICKLUNG.....	17
3.4    SPEZIALISIERUNG DER DEUTSCHEN FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN .....	20
<b>4 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>24</b>
<b>5 LITERATUR.....</b>	<b>26</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:    Zeitschriftenspezifische Beachtung Deutschlands bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000.....	7
Abb. 2:    Internationale Ausrichtung Deutschlands bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000.....	8
Abb. 3:    Spezialisierung der Schweiz bei Publikationen im Science Citation Index differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000-2002 .....	11
Abb. 4:    Zeitschriftenspezifische Beachtung der Schweiz bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000.....	14
Abb. 5:    Internationale Ausrichtung der Schweiz bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000.....	15
Abb. 6:    Trends der Patentanmeldungen am DPMA aus wissenschaftlichen Einrichtungen und für deutsche Anmeldungen insgesamt .....	18
Abb. 7:    Anteil der Patentanmeldungen aus der Wissenschaft an den gesamten deutschen Patenanmeldungen (DPMA).....	19
Abb. 8:    Verteilung der Patentanmeldungen aus der Wissenschaft auf ausgewählte Technikfelder, 1998-2001.....	21

---

Abb. 9:	Anteil der verschiedenen Einrichtungen an allen Patentanmeldungen aus der Wissenschaft, 1998-2001 .....	22
---------	---	----

## **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1:	Anteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen im Science Citation Index.....	3
Tab. 2:	Zitatraten (Drei-Jahres-Fenster) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) .....	4
Tab. 3:	Zeitschriftenspezifische Beachtung ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) .....	5
Tab. 4:	Internationale Ausrichtung ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) .....	6
Tab. 5:	Korrelation zwischen den Spezialisierungsprofilen in der Wissenschaft für ausgewählte Länder .....	13
Tab. 6:	Liste der untersuchten wissenschaftlichen Technikfelder und ihre Definition mit Hilfe von Symbolen der Internationalen Patentklassifikation .....	17
Tab. 7:	Spezialisierung wissenschaftlicher Einrichtungen bei DPMA-Anmeldungen im Vergleich zur deutschen Durchschnittsverteilung, 1998-2001.....	23

## **1 Einführung in die Problemstellung**

Die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit eines Landes ist eine wesentliche Basis für dessen technologische Leistungsfähigkeit, weshalb dieser Aspekt im Rahmen der Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit seit vielen Jahren regelmäßig analysiert wird. Der wesentliche Beitrag der Wissenschaft zur Technikentwicklung besteht dabei in der Ausbildung qualifizierter Fachkräfte, deren Qualität maßgeblich von der Leitungsfähigkeit der Forschung abhängt. Selbstverständlich sind auch die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung eine wichtige Grundlage für technische Entwicklungen, wobei die Verbindungen zwischen Wissenschaft und Technik häufig indirekter Natur und weniger offensichtlich sind, insbesondere weil vielfach ein deutlicher Zeitverzug zwischen Aktivitäten in der Wissenschaft und ihren Auswirkungen in der Technik besteht.

Die Leistungen der Wissenschaft sind nur schwer messbar, zumal sich die Strukturen in den einzelnen Disziplinen deutlich unterscheiden. Als aussagekräftig haben sich hier statistische Analysen von Fachpublikationen erwiesen, soweit sie methodisch sorgfältig durchgeführt werden. Die hier vorgelegten Analysen beziehen sich dabei nicht nur auf Wissenschaftsgebiete mit engem Technikbezug sondern die Natur-, Lebens- und Ingenieurwissenschaften insgesamt.

Ein zweiter Teil dieses Papiers bezieht sich auf den unmittelbaren Technikbeitrag wissenschaftlicher Einrichtungen in Deutschland. Hier werden Patentanmeldungen als Indikator für technologische Aktivitäten herangezogen. Im Unterschied zu den bibliometrischen Analysen wurde diese Untersuchung nur einmalig durchgeführt, um grundlegende Zusammenhänge zwischen Wissenschafts- und Technikentwicklung besser verstehen zu können. Sie ist in einer Reihe mit früheren Untersuchungen zum Wissens- und Technologietransfer zu sehen, die insbesondere in Schmoch/Licht/Reinhard (2000) dokumentiert sind.

---

## 2 Die Leistungsfähigkeit der Wissenschaft im Spiegel bibliometrischer Indikatoren

### 2.1 Methodische Grundlagen

Die statistischen Analysen zu Fachpublikationen wurden in der Datenbank Science Citation Index (SCI) durchgeführt, einer multidisziplinären Datenbank mit breiter fachlichen Abdeckung. Die Recherchen beziehen sich auf die Natur- und Ingenieurwissenschaften sowie die Medizin- und Lebenswissenschaften. Die Datenbank deckt vor allem englischsprachige Zeitschriften ab, was für die meisten Felder unproblematisch ist. Die deutschen Ingenieurwissenschaften, die meist in deutscher Sprache publizieren, sind jedoch unzureichend erfasst. Generell sind im SCI Zeitschriften berücksichtigt, die häufig zitiert werden, also eine hohe Sichtbarkeit haben, so dass höherwertige Publikationen berücksichtigt sind. Schon die Tatsache der Registrierung einer Publikation im SCI kann daher als ein erster Qualitätsindikator betrachtet werden.

Neben der Zahl absoluten Zahl der Publikationen, die bis zum Jahr 2002 vorliegen, werden insbesondere Zitate als Leistungsindikator verwendet. Zur Berechnung der Zitatraten werden Zitate aus dem jeweiligen Publikationsjahr und den zwei darauf folgenden Jahren berücksichtigt, so dass für alle betrachteten Jahre ein gleichmäßiges Zeitfenster von drei Jahren zu Grunde liegt. Von daher können auch nur Zitatraten bis zum Publikationsjahr 2000 berechnet werden.

Zur genaueren Analyse der Zitatquoten ist die Berechnung der zwei zusätzlichen Indikatoren der "Zeitschriftenspezifischen Beachtung (ZB-Index)" und der "Internationalen Ausrichtung (IA-Index)" sinnvoll. Die Beachtung gibt dabei an, ob die Artikel eines Landes/ einer Region im Durchschnitt häufiger oder seltener zitiert werden, als die Artikel in den Zeitschriften, in denen sie erschienen sind. Positive Indizes weisen dabei auf eine überdurchschnittliche Zitatrate hin; Werte von Null entsprechen dem Weltdurchschnitt. Durch den Bezug auf die jeweilige Zeitschrift werden Nachteile von Ländern kompensiert, die einen weniger guten Zugang zu großen englischsprachigen Zeitschriften haben. Der entsprechende Indikator der "Zitatbeachtung" berechnet sich wie folgt:

$$ZB_k = 100 \tanh \ln (OBS_k/EXP_k)$$

In dieser Formel bedeutet  $OBS_k$  die tatsächlich beobachtete Zitierungshäufigkeit von Publikationen des Landes  $k$ .  $EXP_k$  ist die erwartete Zitatrate, die sich aus den durchschnittlichen Zitierungshäufigkeiten der Zeitschriften ergibt, in denen die Autoren dieser Länder ihre Artikel publiziert haben.

Im Unterschied zur Beachtung zeigt die Internationale Ausrichtung, ob die Autoren eines Landes in Relation zum Weltdurchschnitt in international beachteten oder aber weniger sichtbaren Zeitschriften publizieren. Durch eine hohe Quote von Publikationen in international sichtbaren Zeitschriften dokumentiert sich eine intensive Beteiligung an der internationalen wissenschaftlichen Diskussion. Ähnlich wie bei dem ZB-Index verweisen auch beim IA-Index positive Werte auf eine überdurchschnittliche Internationale Ausrichtung. Der IA-Index berechnet sich in folgender Weise:

$$IA_k = 100 \tanh \ln (EXP_k/OBS_w)$$

Es gelten dieselben Konventionen wie bei der Beachtung. Der Index W steht für die Welt insgesamt.

Damit bei der Analyse absoluter Publikationszahlen mögliche Verzerrungen durch die Datenbankabdeckung kompensiert werden können, werden schließlich auch Spezialisierungsindizes RLA (Relativer Fach-Literatur-Anteil) berechnet. Die entsprechende Formel lautet:

$$RLA_{ij} = 100 \tanh \ln [(Publ_{ij} / \sum_i Publ_{ij}) / (\sum_j Publ_{ij} / \sum_{ij} Publ_{ij})]$$

Darin steht i für das Land und j für das Feld.

## 2.2 Fachpublikationen aus Deutschland im internationalen Vergleich

Bei einer Untersuchung des Zeitverlaufs der Publikationszahlen ist es wenig sinnvoll, absolute Größen zu betrachten, da sich die Zeitschriftenabdeckung des SCI verändert hat. Von daher sind in Tab. 1 die Anteile ausgewählter Länder an allen SCI-Publikationen dokumentiert. Dabei fällt zunächst einmal der hohe Anteil von Großbritannien oder Kanada in Relation zu Deutschland auf, was auf die stärkere Präsenz dieser Länder in englischsprachigen Zeitschriften zurückzuführen ist. In Bezug auf Deutschland ist seit Beginn der neunziger Jahre ein kontinuierliches Wachstum des weltweiten Anteils zu beobachten, was vor allem auf verstärkte Aktivitäten von Forschungseinrichtungen aus den östlichen Bundesländern zurückzuführen ist. Am aktuellen Rand ist dagegen ein leichter Rückgang zu beobachten, was in ähnlicher Weise auch auf die Vereinigten Staaten, Großbritannien oder Frankreich zutrifft. Hierin dokumentiert sich eine verstärkte wissenschaftliche Aktivität von osteuropäischen, asiatischen und südamerikanischen Ländern, was in Tab. 1 in steigenden Anteilen der EU-Kandidatenländer oder der asiatischen Tigerstaaten zum Ausdruck kommt.

*Tab. 1: Anteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen im Science Citation Index*

Land/ Region	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
USA	36,2	36,5	36,7	35,7	36,0	35,1	35,1	34,3	33,7	32,9	32,3	31,9	32,1	31,9
JPN	7,9	8,1	8,3	8,7	8,8	9,0	9,1	9,5	9,5	10,0	10,2	10,2	10,2	10,1
GER	6,3	6,4	7,3	7,5	7,4	7,8	7,9	8,2	8,6	9,0	9,0	9,0	9,0	8,8
GBR	9,0	8,9	9,1	9,1	9,3	9,5	9,5	9,6	9,3	9,4	9,3	9,4	9,1	8,8
FRA	5,4	5,4	5,5	5,9	6,0	6,1	6,3	6,4	6,6	6,7	6,7	6,6	6,6	6,4
SUI	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
CAN	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	4,4	4,3	4,3	4,3	4,1	4,2
SWE	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1
ITA	3,0	3,1	3,2	3,5	3,5	3,7	3,9	4,2	4,2	4,3	4,4	4,4	4,6	4,7
NED	2,2	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5
FIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	1,0
KOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	1,9	2,1	2,3
EU-15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,1	37,9	37,8	37,3
EU-Kd.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	4,2	4,4	4,7
Tiger-St.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,4	13,7	14,2	14,3
Welt	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Quellen: SCI, Recherchen der Universität Leiden (CWTS), Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Bei den Zitatraten zeigen sich gemäß Tab. 2 besonders gute Positionen der Vereinigten Staaten sowie der Schweiz und der Niederlande. Bei den deutschen Zahlen fällt ein deutlicher Rückgang zu Beginn der neunziger Jahre auf, worauf eine kontinuierliche Steigerung bis zum Ende der neunziger Jahre folgt. Dieses ist auf die Restrukturierung der Wissenschaft in den östlichen Bundesländern zurückzuführen, die mittlerweile abgeschlossen ist und keine Effekte mehr auf die aktuellen Zahlen zeigt.

Tab. 2: *Zitatraten (Drei-Jahres-Fenster) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate)*

Land/ Region	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
USA	4,3	4,4	4,5	4,5	4,8	4,8	4,8	4,8	5,0	4,7	5,1	4,9
JPN	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,4	2,6	2,5	2,6	2,4
GER	3,0	3,2	2,9	3,1	3,4	3,4	3,4	3,5	3,6	3,3	3,6	3,6
GBR	3,1	3,3	3,2	3,4	3,6	3,5	3,6	3,5	3,9	3,6	3,9	3,6
FRA	2,7	2,9	3,0	3,0	3,2	3,1	3,2	3,2	3,3	3,1	3,2	2,9
SUI	4,5	4,7	4,7	4,7	5,0	5,2	5,0	5,1	5,4	4,7	5,1	5,0
CAN	2,8	3,0	3,0	3,2	3,3	3,5	3,4	3,6	3,8	3,6	3,8	3,4
SWE	3,1	3,2	3,2	3,4	3,5	3,6	3,6	3,5	3,7	3,4	3,7	3,8
ITA	2,3	2,4	2,6	2,6	2,8	2,9	2,9	2,9	3,1	2,9	3,2	2,7
NED	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	3,8	4,2	3,9	4,4	4,1
FIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	3,7
KOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7	1,9
EU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,3	3,3
EU-Kd.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5	1,4
Tiger-St.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4	2,3
Welt	2,7	2,8	2,9	2,9	3,1	3,0	3,0	3,0	3,2	2,9	3,2	2,9

Quellen: SCI, Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS), Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Nach den Ergebnissen für die (zeitschriftenspezifische) Beachtung, die in Tab. 3 dokumentiert sind, ist für Deutschland dieser Index seit Mitte der neunziger Jahre leicht rückläufig, wobei am aktuellen Rand immer noch ein gutes Niveau erreicht wird, das mit dem anderer Industrieländer durchaus vergleichbar ist. Während nach den Zitatraten die Vereinigten Staaten einen deutlich höheren Wert als Deutschland aufweisen, ist dieser Unterschied bei der Beachtung nur noch geringfügig. Bei der Beachtung fallen dagegen die Werte für Japan, Südkorea, die Tigerstaaten, aber auch die EU-Kandidatenländer ungünstig aus. Die Länder der Europäischen Union (EU-15) liegen mit einem Index von zwei nur knapp über dem Weltdurchschnitt.

Tab. 3: Zeitschriftenspezifische Beachtung ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate)

Land/ Region	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
USA	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	9	9
JPN	-6	-7	-7	-7	-9	-7	-7	-8	-7	-4	-7	-6
GER	9	11	6	8	10	10	9	9	7	8	7	7
GBR	8	10	8	9	10	10	9	5	4	3	8	9
FRA	-1	2	1	2	3	2	4	4	3	2	1	3
SUI	17	20	17	19	18	24	20	23	22	17	15	17
CAN	-2	0	-1	2	1	5	5	6	5	9	5	9
SWE	15	10	10	12	12	15	12	13	14	12	15	9
ITA	-11	-10	-8	-7	-8	-4	-4	-5	-5	-4	-3	-2
NED	10	12	11	13	11	12	13	10	15	14	10	7
FIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	7
KOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-16	-11
EU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
EU-Kd.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-20	-19
Tiger-St.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-9	-8
Welt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quellen: SCI, Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS), Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Bei dem zweiten abgeleiteten Zitatindex, der Internationalen Ausrichtung, zeigt sich, gegenläufig zur Beachtung, eine Verbesserung der deutschen Werte seit Mitte der neunziger Jahre (Tab. 4). Offensichtlich ist es deutschen Autoren gelungen, ihre Artikel zunehmend in international beachteten Zeitschriften zu platzieren. Allerdings werden sie dort (noch) nicht so stark zitiert, wie das früher in weniger international ausgerichteten Zeitschriften der Fall war. Auch bei der Internationalen Ausrichtung haben Japan, Korea, die Tigerstaaten sowie die EU-Kandidaten eine ungünstige Position. Bei der Internationalen Ausrichtung ergeben sich dagegen für die Schweiz und die Niederlande, wie schon bei der Beachtung, sehr günstige Werte. Bei dem IA-Index liegen die Vereinigten Staaten an erster Stelle. Die hohen Zitatraten der Vereinigten Staaten sind somit in erster Linie auf die Präsenz in Zeitschriften mit breiter internationaler Ausstrahlung zurückzuführen, während die Zitatbeachtung sich nur wenig von der deutschen unterscheidet.

Tab. 4: Internationale Ausrichtung ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate)

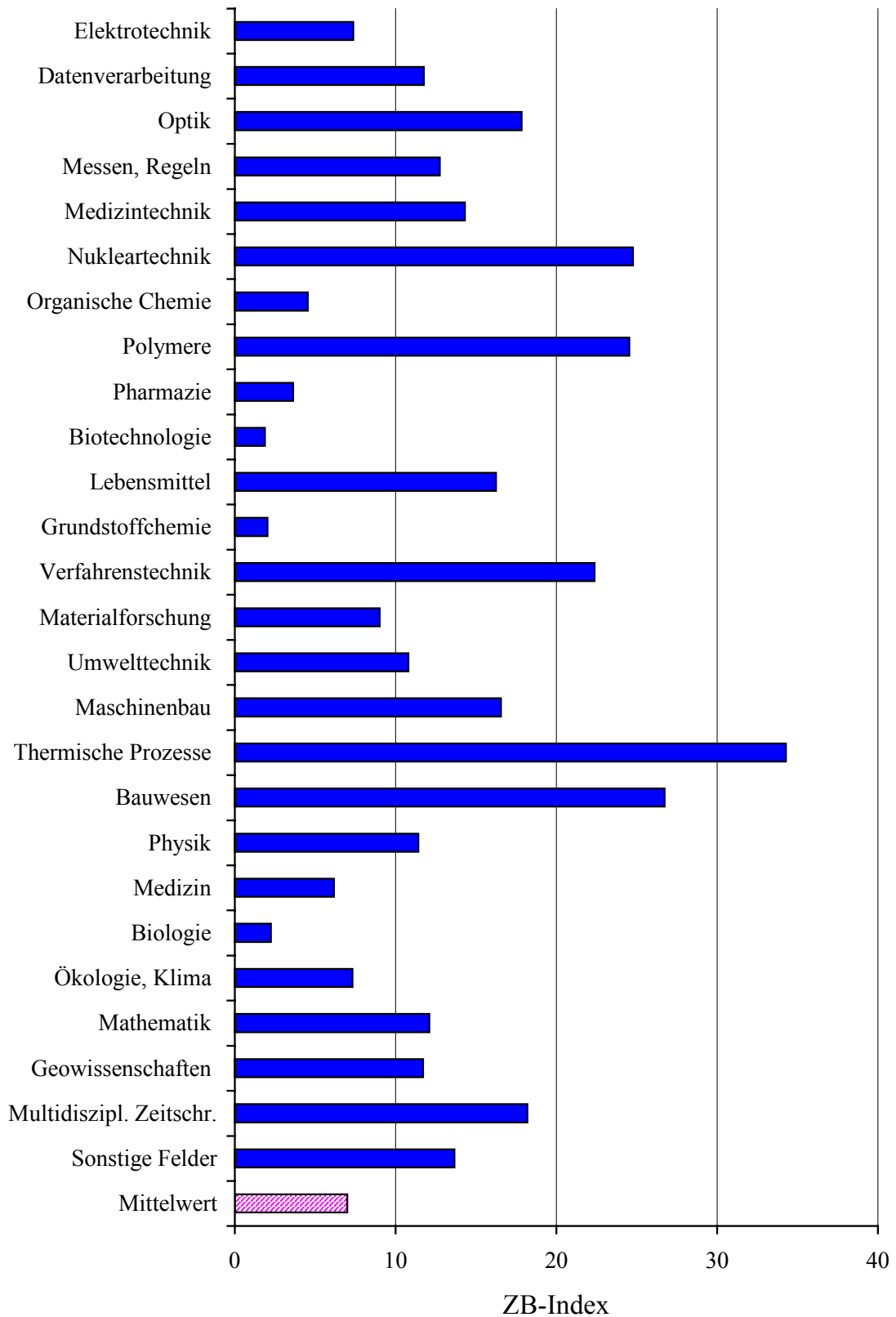
Land/ Region	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
USA	36	35	35	35	34	35	35	35	34	36	36	34
JPN	-8	-10	-11	-11	-13	-13	-15	-17	-14	-14	-14	-18
GER	2	3	-3	-2	0	0	3	4	3	3	5	7
GBR	4	7	4	7	5	5	7	6	11	10	12	15
FRA	1	1	4	1	1	0	-1	0	2	2	0	3
SUI	34	31	32	29	30	29	29	29	30	29	30	29
CAN	5	5	5	7	7	8	7	10	11	11	13	11
SWE	4	8	5	8	6	8	8	7	6	8	8	11
ITA	-2	-3	-3	-2	-1	0	0	0	2	1	2	1
NED	11	11	12	12	11	12	14	13	13	14	21	20
FIN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	10
KOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-45	-38
EU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3
EU-Kd.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-50	-47
Tiger-St.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-21	-19
Welt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quellen: SCI, Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS), Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Aus deutscher Sicht ist anzustreben, dass nicht nur bei der Zitatbeachtung, sondern auch bei der Internationalen Ausrichtung positive Werte erreicht werden, um einen guten Anschluss an die internationale wissenschaftliche Diskussion zu erreichen. Dabei wird es aber nicht möglich sein, die sehr hohen Indizes der Vereinigten Staaten zu erreichen, da im Science Citation Index amerikanische Zeitschriften besonders stark repräsentiert sind und hier nicht mit einer relevanten Änderung der Datenbank-Strukturen zu rechnen ist.

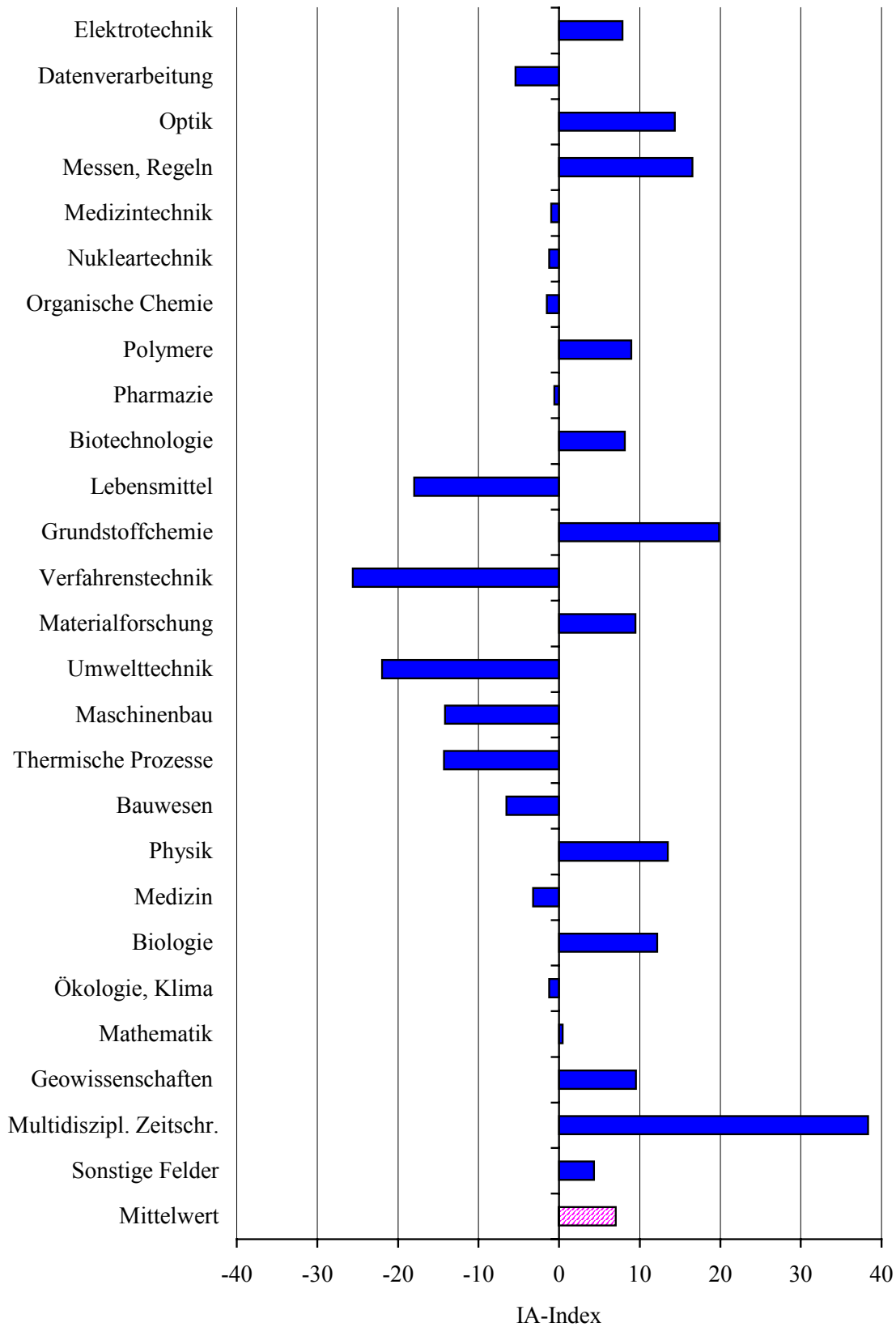
Die Berechnung des ZB-Index und des IA-Index wurde für Deutschland nach 26 Teilfeldern differenziert. Davon weisen 18 deutliche Bezüge zur Technik auf, die übrigen 8 haben einen allgemeineren Charakter. Bei der Verteilung des ZB-Index zeigt sich, dass in allen Feldern in Deutschland im Vergleich zum Weltmittel ein überdurchschnittliches Niveau erreicht wird. Besonders hervorzuheben sind die sehr guten Werte in den Feldern Optik, Nukleartechnik, Polymere, Lebensmittel und Multidisziplinäre Zeitschriften (Abb. 1). Das Niveau in dem letztgenannten Feld wird maßgeblich von Publikationen in den sehr renommierten Zeitschriften Science und Nature bestimmt. Die deutlich positiven Indizes in Verfahrenstechnik, Maschinenbau, Thermische Prozess und Bauwesen könnten einen Bias durch die begrenzte Abdeckung dieser Felder im SCI haben; sie lagen aber auch schon im Vorjahr auf einem ähnlichen Niveau. Die Artikel, die aus diesen Feldern im SCI aufgenommen werden, finden auch eine überdurchschnittliche Beachtung.

Abb. 1: Zeitschriftenspezifische Beachtung Deutschlands bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000



Quellen: SCI, Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS), Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Abb. 2: Internationale Ausrichtung Deutschlands bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000



Quellen: SCI, Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS), Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Bei der Internationalen Beachtung sind die Strukturen sehr viel heterogener als bei der Beachtung. Im Mittel wird zwar ein gleicher Wert erreicht. Ausgeprägt positiven Indizes, etwa bei Multidisziplinären Zeitschriften oder Grundstoffchemie, stehen negative bei Datenverarbeitung, Lebensmittel oder Verfahrenstechnik gegenüber. Erfreulich ist eine Verbesserung der Position bei Elektrotechnik und Biotechnologie gegenüber dem Vorjahr, während ein leicht negativer Wert bei Datenverarbeitung im Jahr 1999 jetzt deutlich sichtbar ist. Die negativen Werte in Maschinenbau, Thermische Prozesse und Bauwesen waren im Vorjahr noch positiv, so dass von einem Problem der Datenbankerfassung auszugehen ist. Aus der Sicht eines führenden Industrielandes, wie es Deutschland ist, wäre anzustreben, dass in allen Feldern Indizes erreicht werden, die fünf bis zehn Punkte über dem Weltdurchschnitt liegen. Von daher besteht in vielen Feldern wie Organische Chemie, Medizin oder Mathematik durchaus noch ein Nachholpotenzial.

### **2.3 Fachpublikationen aus kleineren Industrieländern**

Beim Ländervergleich der Fachpublikationen fällt ins Auge, dass in der letzten Dekade vor allem kleinere Länder ihre Position sowohl beim Anteil an allen Publikationen als auch bei den Zitatraten verbessern konnten. Zu nennen sind hier insbesondere die Schweiz, Schweden, die Niederlande sowie Finnland. Diese Länder treten auch bei der Analyse der Triadepatente als besonders dynamisch hervor. Von daher ist zu vermuten, dass in diesen Ländern, im Sinne des Ansatzes der nationalen Innovationssysteme, ein besonders enger, sich gegenseitig verstärkender Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Technik besteht. Um die Situation in diesen Ländern besser zu verstehen, sollen im Folgenden die Fachpublikationen der genannten vier Länder genauer betrachtet werden. Als weiteres Fallbeispiel wird zusätzlich Südkorea herangezogen, das sich sowohl nach der Zahl der Publikationen als auch der Patente als überdurchschnittlich dynamisch erweist.

Bei einer Gegenüberstellung der Zeitschriftenspezifischen Beachtung ZB der ausgewählten Länder zeigt sich, dass diese im internationalen Vergleich in der Spitzengruppe liegen, wobei die Schweiz durch ihren überragenden Index auffällt (Tab. 3). Die Werte für Schweden und die Niederlande lagen in den Vorjahren in der Regel günstiger, was auf einen Sondereffekt für das Jahr 2000 hindeutet. Innerhalb der betrachteten fünf Länder weist nur Südkorea einen ausgeprägt negativen Index auf, worin sich seine Eigenschaft als Schwellenland widerspiegelt, wogegen die anderen vier Länder zu den konsolidierten Industrieländern zu rechnen sind.

Bei der Analyse der Internationalen Ausrichtung IA liegen die betrachteten Länder wiederum in der Spitzengruppe, mit Ausnahme eines stark negativen Indizes für Südkorea (Tab. 4). Das insgesamt positive Ergebnis entspricht insofern den Erwartungen, als kleine Länder sich aufgrund ihres begrenzten Sprachraumes stärker als beispielsweise Deutschland auf englischsprachige Zeitschriften orientieren müssen. Überraschend ist allerdings die extrem hohe Internationale Ausrichtung der Schweiz, da hier unter dem Gesichtspunkt des Sprachraumes auch eine Orientierung auf deutsche, französische und italienische Fachzeitschriften denkbar wäre.

Bei kleineren Ländern ist zu vermuten, dass sie sich, um eine kritische Masse zu erreichen, stärker auf einzelne Gebiete der Wissenschaft konzentrieren müssen. Bei der Betrachtung des Spezialisierungsprofils müsste dies dazu führen, dass die Orientierung auf einige Felder sehr stark, auf andere dagegen sehr schwach ist. Diese Annahme lässt sich mithilfe der Berechnung des Spezialisierungsindizes RLA (Relativer Fach-Literatur-Anteil) und des daraus resultierenden

---

Fachprofils verifizieren. Die Schweiz zeigt hier eine deutlich überdurchschnittliche Ausrichtung auf das Feld Nukleartechnik, was im Wesentlichen auf das Forschungszentrum CERN in Genf zurückzuführen ist, das ja vor allem international ausgerichtet ist (Abb. 3). Ansonsten ergeben sich überdurchschnittliche Spezialisierungen in den Feldern Umwelttechnik, Physik sowie Geowissenschaften, und positive Indizes auch bei Messen/Regeln, Medizintechnik sowie multidisziplinäre Zeitschriften. Dem stehen ausgeprägt negative Indizes in den Feldern Organische Chemie, Polymere, Verfahrenstechnik, Materialforschung, Maschinenbau, Thermische Prozesse, Bauwesen, Mathematik sowie Sonstige Felder gegenüber.

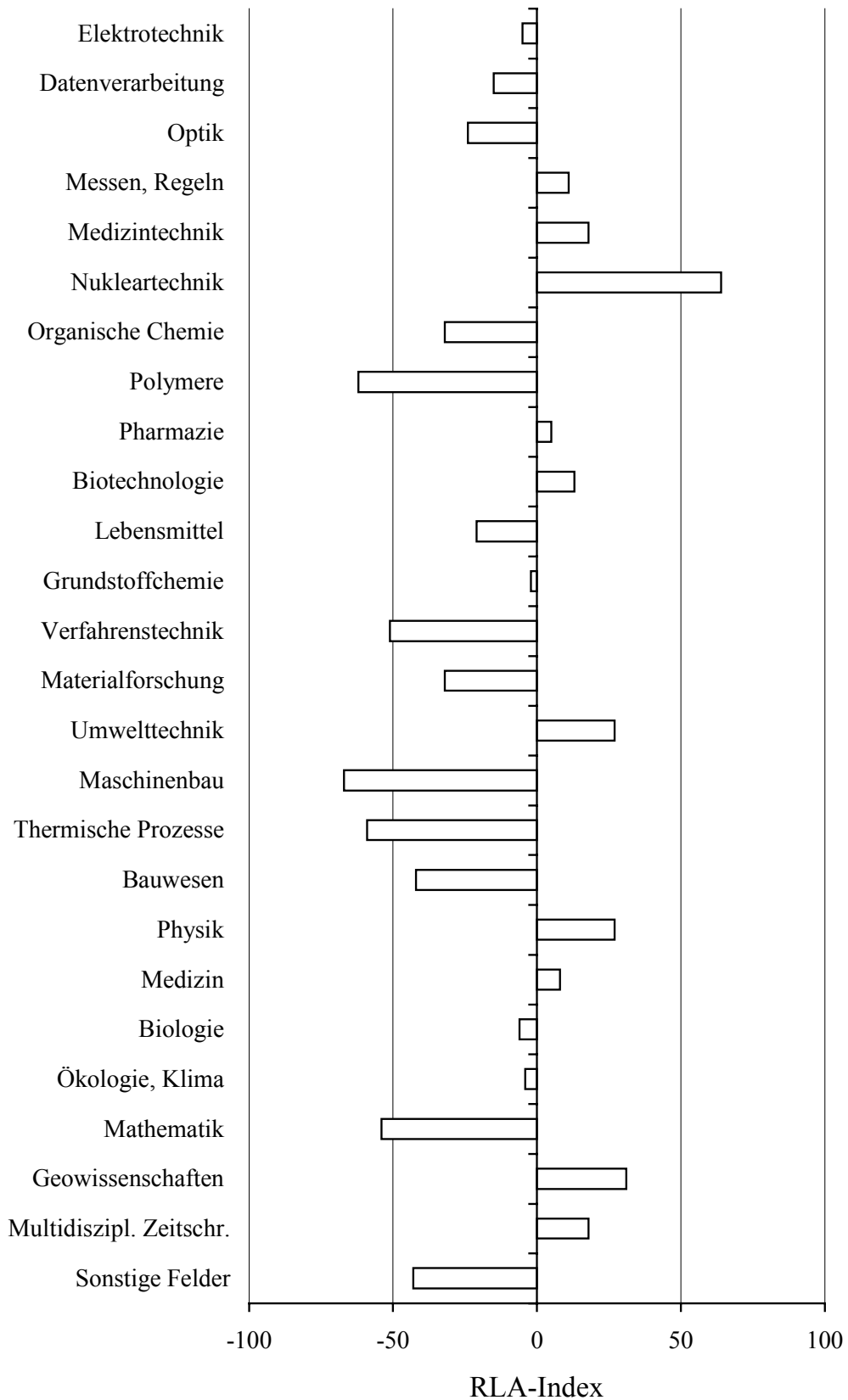
Die Regelmäßigkeit eines solchen Profils lässt sich am einfachsten über die Varianz oder aber die Standardabweichung prüfen, wobei letztere für die Schweiz bei einem Wert von 34 liegt. Dieser Wert ist erwartungsgemäß deutlich höher als für Deutschland mit einem Wert von 25. Bezüglich der Schweiz bestätigt sich somit die These einer stärkeren Spezialisierung auf einzelne Felder. Dieses trifft auch auf Finnland, mit einer Standardabweichung von 33, und noch stärker auf Südkorea mit einem Wert von 47 zu. Schwellenländer sind offensichtlich aufgrund ihrer begrenzten Ressourcen zu einer noch stärkeren Fokussierung ihrer Aktivitäten gezwungen. Bei Schweden und den Niederlanden liegt dagegen die Standardabweichung bei 25 bzw. 24 in etwa auf deutschem Niveau, was auf eine sehr breit angelegte Aufstellung in der Wissenschaft, trotz der begrenzten Ländergröße, hinweist.

Bei einem Vergleich zwischen der Spezialisierung der Schweiz in der Wissenschaft und der in der Technik lassen sich dagegen nur geringfügige Übereinstimmungen finden. Wird die Spezialisierung auf Güter der hochwertigen und der Spitzentechnologie herangezogen,<sup>1</sup> so zeigt sich eine Übereinstimmung mit der Spezialisierung in der Wissenschaft nur bei medizinischen Geräten (Bezug zur Medizintechnik) und bei hochwertigen Instrumenten (Messen/Regeln). Wichtige technologische Schwerpunkte der Schweiz, etwa bei organischen Stoffen, Farbstoffen oder Werkzeugmaschinen, haben dagegen keine Äquivalente bei der wissenschaftlichen Orientierung. Dieser schwache Bezug zwischen dem wissenschaftlichen und dem technologischen Profil findet sich auch bei den Niederlanden, Schweden und Finnland. In den Niederlanden lässt sich ein Verbindung zwischen der wissenschaftlichen Ausrichtung auf die Medizintechnik und der technologischen Ausrichtung auf Medizinische Diagnose feststellen. Die deutliche technologische Ausrichtung auf die DV-Geräte, Integrierte Schaltungen, Nachrichtentechnik, Elektrische Leuchten, Elektronische Bauelemente oder Fernsehgeräte findet dagegen allenfalls in der durchschnittlichen Orientierung auf die Datenverarbeitung im wissenschaftlichen Bereich eine Entsprechung. In Schweden spiegelt sich die starke technologische Ausrichtung auf die Nachrichtentechnik nicht in der Wissenschaft wider, die im Feld Elektrotechnik aufscheinen müsste. Ähnliches gilt auch für Finnland. Eine dezidierte Entsprechung zwischen Wissenschaft und Technik findet sich dagegen bei Südkorea im Bereich der DV-Geräte und der Nachrichtentechnik auf Seiten der Technik und einer entsprechenden Spezialisierung in Elektrotechnik und Datenverarbeitung auf der Seite der Wissenschaft.

---

<sup>1</sup> Diese wurden für die Berichterstattung für das Jahr 2002 erhoben. Hier wird der Durchschnittswert für den Zeitraum 1997 bis 2000 herangezogen.

Abb. 3: Spezialisierung der Schweiz bei Publikationen im Science Citation Index differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000-2002



Quellen: SCI, Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS), Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Insgesamt fällt bei den westlichen Industrieländern Finnland, Schweden, den Niederlanden und der Schweiz in der Wissenschaft eine Ausrichtung auf weniger technisch geprägte Bereiche wie Medizin, Biologie, Ökologie/Klima oder Lebensmittel auf, was sich in einer recht hohen Ähnlichkeit ihrer Profile äußert. Insgesamt liegen die Schwerpunkte somit auf Felder der Vorsorgeforschung oder des allgemeinen gesellschaftlichen Interesses. Eine sehr hohe Übereinstimmung der Profile findet sich zwischen Schweden und Finnland sowie den Niederlanden und Finnland mit Korrelationsindizes von 0,72 bzw. 0,83 (Tab. 5). Südkorea konzentriert sich dagegen in der Wissenschaft stark auf typisch technologische Felder wie Elektrotechnik, Datenverarbeitung, Materialforschung oder Maschinenbau, so dass im Ergebnis die Korrelation mit den anderen Ländern negativ ist. Auch hier zeigt sich erneut der deutliche Unterschied zwischen diesem Schwellenland und den anderen bereits etablierten Industrieländern.

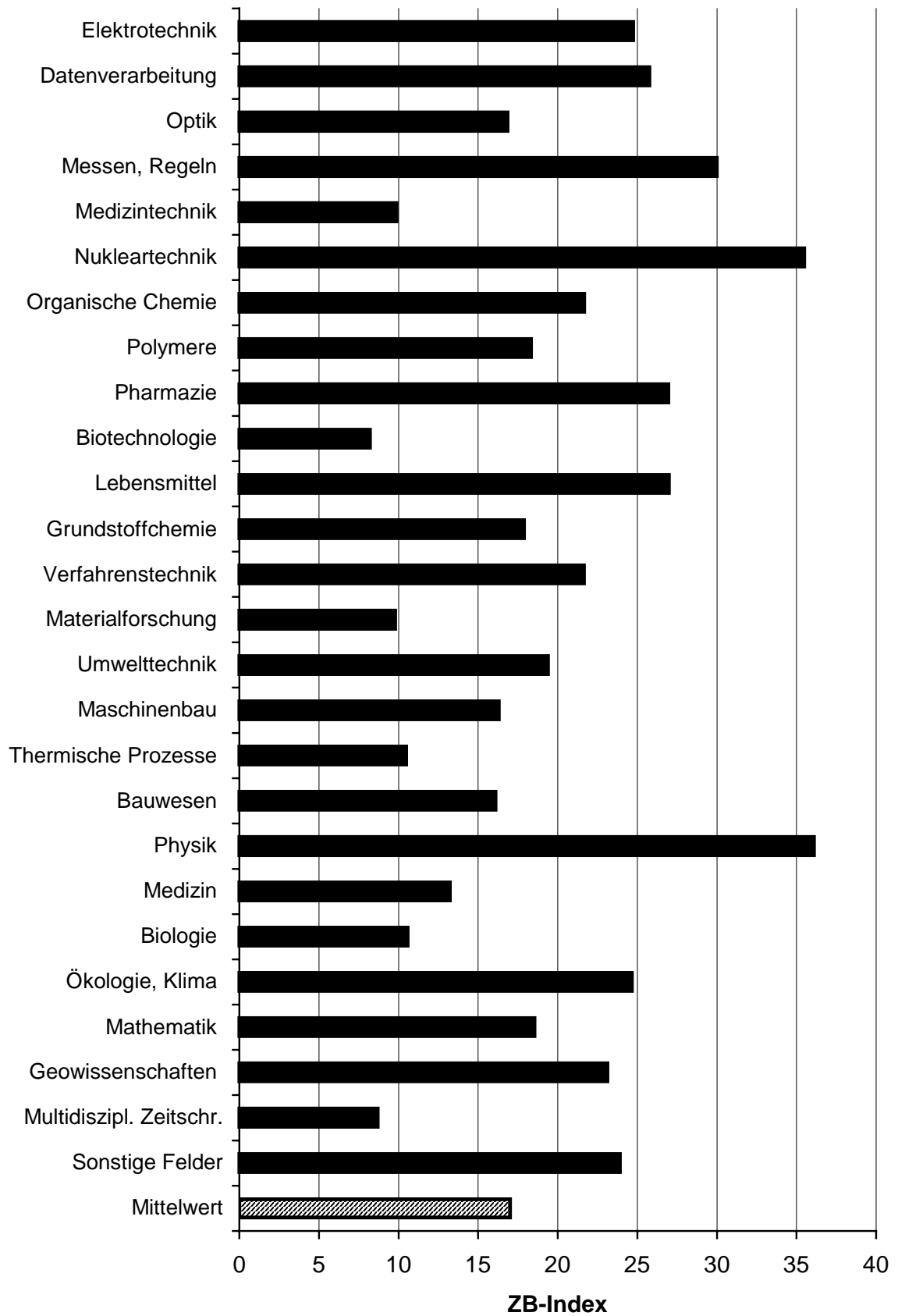
Tab. 5: *Korrelation zwischen den Spezialisierungsprofilen in der Wissenschaft für ausgewählte Länder*

	CHE	FIN	SWE	NDL	KOR
CHE	1,00				
FIN	0,41	1,00			
SWE	0,56	0,72	1,00		
NDL	0,48	0,83	0,57	1,00	
KOR	-0,33	-0,35	-0,34	-0,38	1,00

Quellen: SCI, Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS) Berechnungen des Fraunhofer-ISI

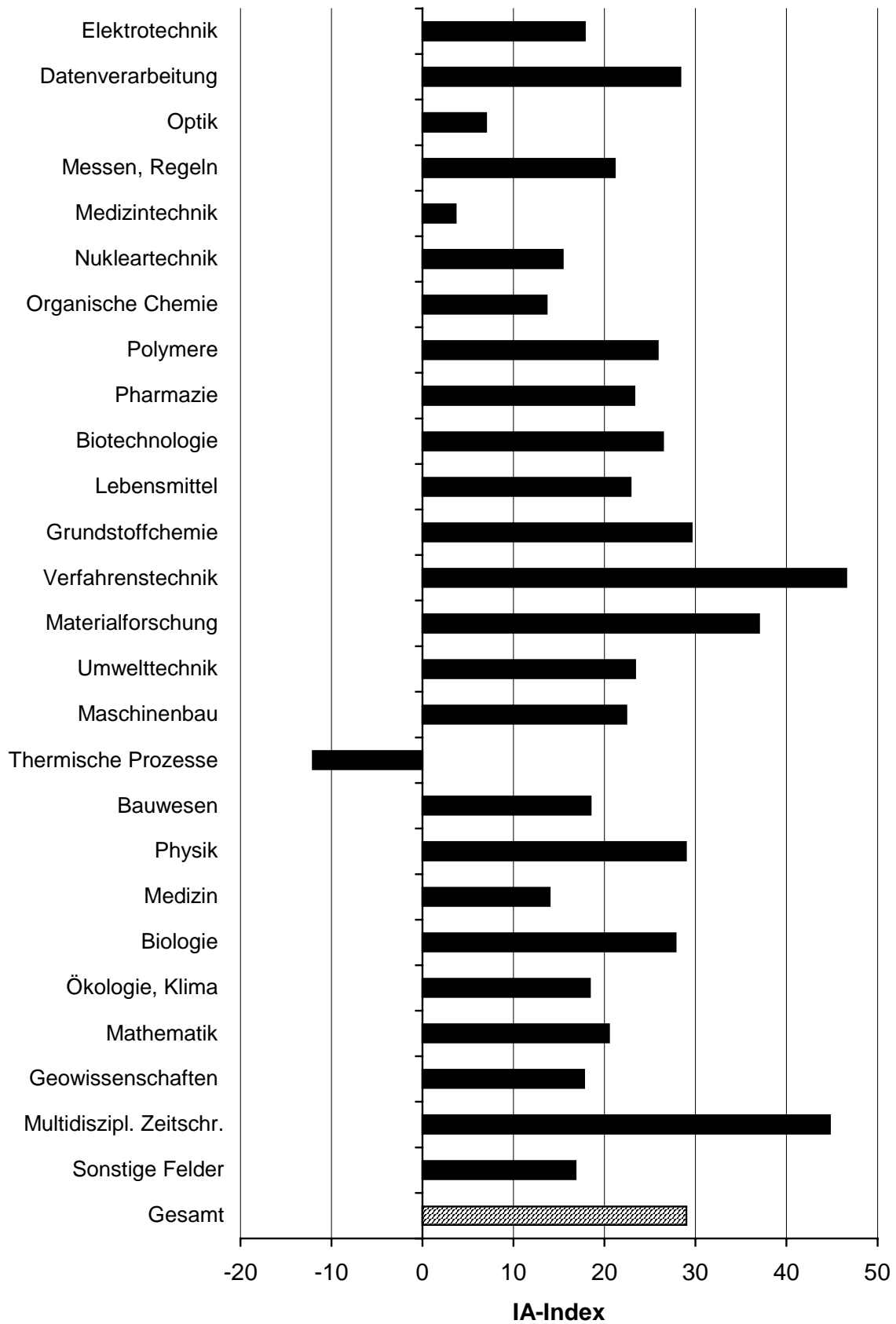
Die Werte bei der Beachtung und der Internationalen Ausrichtung seien wieder am Beispiel Schweiz erläutert. Im Fall der Schweiz ist der deutlich positive Mittelwert bei der zeitschriftenspezifischen Beachtung nach Tab. 3 darauf zurückzuführen, dass diese in allen Feldern ausgesprochen hoch ist und somit auf eine sehr breit abgesicherte Qualität zurückgeht (Abb. 4), während das Profil für Deutschland sehr viel ungleichmäßiger ist (vgl. Abb. 1). Ähnliches gilt für die internationale Ausrichtung: auch hier ist der IA-Index mit Ausnahme des Feldes Thermische Prozesse positiv und vor allem breit in allen Feldern verankert (Abb. 5), während in Deutschland sich nur einzelne Felder in dieser Hinsicht als überdurchschnittlich erweisen (vgl. Abb. 2).

Abb. 4: Zeitschriftenspezifische Beachtung der Schweiz bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000



Quellen: SCI, Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS), Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Abb. 5: Internationale Ausrichtung der Schweiz bei Publikationen im Science Citation Index (ohne Eigenzitate) differenziert nach Wissenschaftsfeldern, 2000



Quellen: SCI, Recherchen und Berechnungen der Universität Leiden (CWTS), Berechnungen des Fraunhofer-ISI

### **3 Der Beitrag öffentlicher Forschungseinrichtungen zur Technikgenese**

#### **3.1 Einführung in die Problemstellung**

Öffentliche Forschungseinrichtungen, insbesondere Hochschulen, tragen zur technologischen Leistungsfähigkeit in erster Linie durch die Ausbildung qualifizierter Fachkräfte bei. Im Bereich der Forschung liegt der Schwerpunkt auf erkenntnisorientierter Forschung ohne eine unmittelbare Intention der Umsetzung in die Anwendung oder aber mit einer mittel- bis langfristigen Umsetzungsperspektive. Allerdings ist in den letzten Jahren die Erwartung gestiegen, dass auch öffentliche Forschungseinrichtungen einen unmittelbaren Beitrag zur Technikgenese leisten sollen. Dieses äußert sich beispielsweise darin, dass der Technologietransfer im Hochschulrahmengesetz explizit als Aufgabe der Hochschulen festgeschrieben worden ist. Dieser unmittelbare Beitrag der öffentlichen Forschungseinrichtungen zu technischen Innovationen ist nur schwer messbar, da er zu einem erheblichen Teil über informelle Kontakte zwischen den Forschungseinrichtungen und Unternehmen erfolgt. In einer Studie zum Wissens- und Technologietransfer in Deutschland haben sich allerdings Patentanmeldungen als ein aussagefähiger Indikator für den direkten Beitrag von öffentlichen Forschungseinrichtungen zur Technikgenese erwiesen (Schmoch et al. 2000).

Es ist davon auszugehen, dass die wissenschaftliche Forschung nicht zu allen Technikgebieten in gleicher Weise ihren Beitrag leistet, sondern vorwiegend in wissensbasierten Technikfeldern aktiv ist. Wissensbasierte Technikfelder sind dabei solche, in denen ein besonders enger Zusammenhang zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung besteht, so dass Ergebnisse der Grundlagenforschung sehr schnell in die Anwendung überführt werden.<sup>2</sup> Im Folgenden soll mit Hilfe einer Patentanalyse genauer untersucht werden, welchen direkten Beitrag öffentliche Forschungseinrichtungen in Deutschland zu wissensbasierten Technikfeldern leisten.

#### **3.2 Methodische Grundlagen**

Die Untersuchung basiert auf einer Auswertung von Patentanmeldungen am Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA), also Inlandsanmeldungen, deutscher öffentlicher Forschungseinrichtungen. Neben den direkten DPMA-Anmeldungen werden auch Direktanmeldungen am Europäischen Patentamt (EPA) oder direkte internationale Anmeldungen nach dem PCT-Verfahren (Patent Cooperation Treaty) betrachtet, bei denen es keine nationalen Voranmeldungen gibt. Als wichtigste Forschungseinrichtungen, von denen ein nennenswerter Beitrag zur Technikgenese zu erwarten ist, werden die Hochschulen, die Helmholtz-Gemeinschaft, die Fraunhofer-Gesellschaft, die Max-Planck-Gesellschaft sowie die Leibniz-Gemeinschaft betrachtet. Für diese Einrichtung wurde die Entwicklung der Patentanmeldungen zwischen 1990 und 2001 in elf wissensbasierten Technologiefeldern untersucht. Die Definition dieser Felder über Symbole der internationalen Patentklassifikation (IPK) ist in Tab. 6 dokumentiert. Die Auswahl erfolgte aufgrund der Ausprägung der Wissensbindung, wie sie beispielsweise in Schmoch (2003: 152) diskutiert wird.

---

<sup>2</sup> Zur Definition "wissensbasierter Technikfelder" siehe H.Grupp/U.Schmoch (1992).

Tab. 6: *Liste der untersuchten wissenschaftlichen Technikfelder und ihre Definition mit Hilfe von Symbolen der Internationalen Patentklassifikation*

Technikfeld	IPK-Definition
Biotechnologie	C12M, C12N, C12P, C12Q, C12R, C12S
Halbleiter	H01L, B81, G11C
Organische Chemie	C07
Datenverarbeitung	G06, G10L
Optik	G02, G03B, G03C, G03D, G03F, G03G, G03H, H01S
Telekommunikation	G08C, H01P, H01Q, H03, H04B, H04H, H04J, H04K, H04L, H04M, H04N, H04Q
Werkstoffe	C01, C03C, C04, C21, C22
Messen, Regeln	G01, G04F, G04G, G05B, G05D, G05F
Oberflächentechnik	B05C, B05D, B82, C23, C25D
Medizintechnik	A61B, A61F002, A61F009, A61F011, A61H031, A61H039, A61M, A61N
Polymere	C08B, C08F, C08G, C08H, C08K, C08L

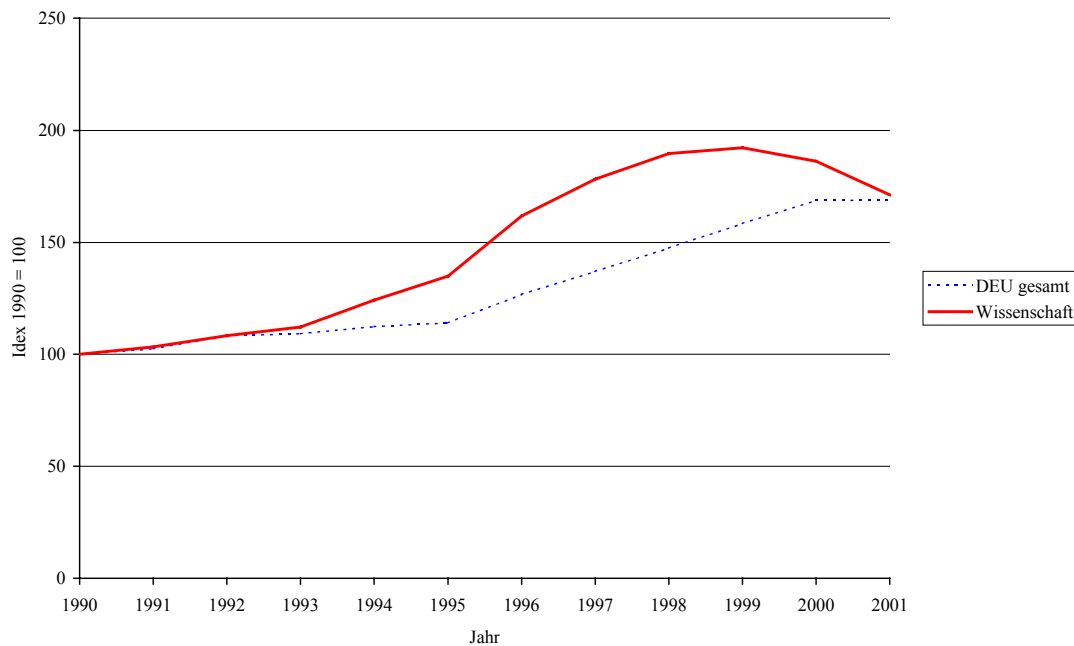
Die Forschungseinrichtungen wurden über Namensrecherchen im Anmelderfeld identifiziert. Dieses ist bei außeruniversitären Forschungseinrichtungen unproblematisch, weil sie in dem betrachteten Zeitraum selber als Patentanmelder aufgetreten sind. Während im Falle der Max-Planck-Gesellschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft fast immer die Zentralen als Anmelder erscheinen, sind es bei Helmholtz- und Leibniz-Einrichtungen meist die einzelnen Zentren oder Institute, weshalb mit einer Vielzahl unterschiedlicher Einrichtungsnamen recherchiert werden muss. Weniger einfach ist dagegen die Recherche nach Patenten aus Hochschulen, da diese erst ab der Änderung des Arbeitnehmererfindungsgesetzes im Jahr 2002 systematisch als Anmelder auftreten, während bis 2001 die Erfinder aus Hochschulen selbst über ihre Erfindungen verfügen konnten; deshalb traten nur in Ausnahmefällen die Hochschulen selber als Anmelder auf. In den anderen Fällen haben die Hochschulmitarbeiter die Patente entweder auf eigenen Namen privat angemeldet oder aber an Unternehmen übertragen, so dass die Hochschulmitarbeiter nur als Erfinder registriert sind. Für die Recherche wurde ein Ansatz verwendet, der im Rahmen einer Studie aus dem Jahre 1996 entwickelt wurde (Becher et al. 1996). Danach wird nach dem Titel "Professor" im Anmelder- oder Erfinderfeld recherchiert, was zum damaligen Zeitpunkt die meisten Patente aus Hochschulen abgedeckt hat. Es wurde festgestellt, dass etwa 20 % der über den Professorentitel ermittelten Patentanmeldungen auf Personen zurückgehen, die in Unternehmen arbeiten, so dass die Zahl der Anmeldungen aus Hochschulen entsprechend nach unten zu korrigieren ist, was auch im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführt wurde. Es gibt allerdings eine Reihe von Hinweisen darauf, dass mittlerweile eine erhebliche Zahl von Patenten aus Hochschulen angemeldet wird, ohne dass ein Forscher mit Professorentitel als Anmelder oder Erfinder in Erscheinung tritt. Sollte dieses zutreffen, würde mit dem vorliegenden Ansatz die Zahl der Hochschulpatente unterschätzt. Da aber zu dieser Frage keine belastbaren statistischen Daten vorliegen, wurde der konservative Ansatz beibehalten. In jedem Fall ist davon auszugehen, dass die über den Professorentitel gewonnene Stichprobe so groß ist, dass sie die inhaltliche Struktur der Hochschulpatente realistisch abbildet.

### 3.3 Ergebnisse

#### 3.3.1 Zeitliche Entwicklung

Seit 1990 ist die Zahl der Patentanmeldungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen von rund 1400 auf 2400 gestiegen, was einem Zuwachs von 71 % entspricht. Der Höhepunkt lag dabei im Jahre 1999 mit rund 2700 Anmeldungen. Der Anteil an allen deutschen Anmeldungen lag im Jahre 1990 bei 5,3 %, erreichte 1997 einen Maximalwert von 6,9 % und ist mit gegenwärtig 5,4 % in etwa wieder auf dem Niveau von 1990. Diese Entwicklung zeigt sich auch bei einem Vergleich der Trends der Patentanmeldungen für die Wissenschaft und Deutschland insgesamt, wo seit 1994 das Wachstum bei der Wissenschaft stärker als für die deutschen Anmeldungen insgesamt ausfällt (Abb. 6). Nach 1999 ist dagegen wieder ein Rückgang zu beobachten, so dass das gesamt Wachstum zwischen 1990 und 2001 für die Wissenschaft und Deutschland insgesamt gleich ausfällt.

Abb. 6: Trends der Patentanmeldungen am DPMA aus wissenschaftlichen Einrichtungen und für deutsche Anmeldungen insgesamt



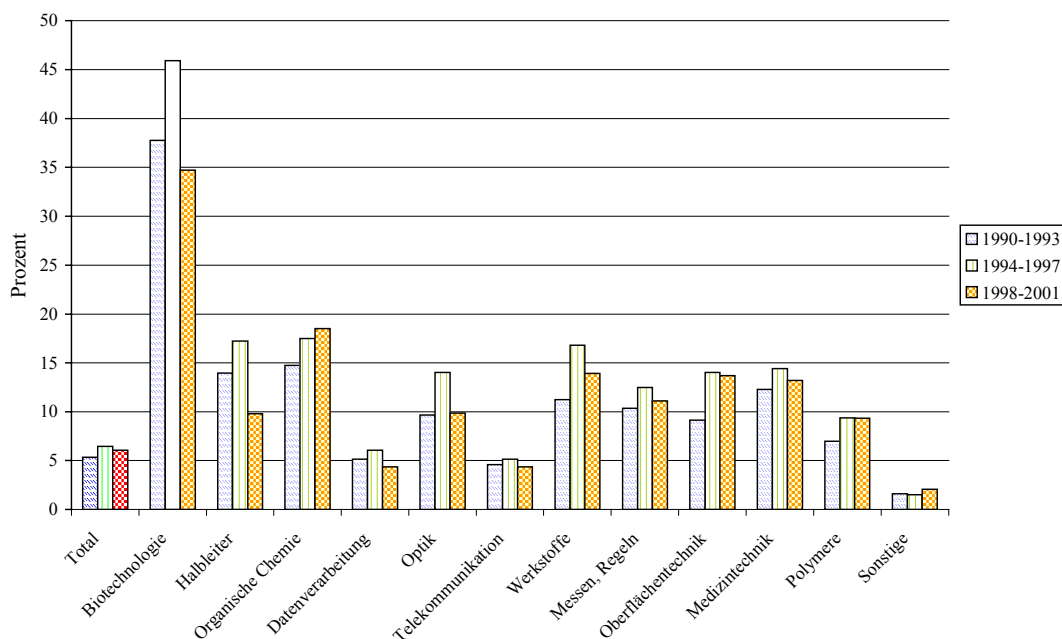
Quelle: PATDPA, Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Der Rückgang der Patentanmeldungen aus der Wissenschaft am aktuellen Rand ist dahingehend zu interpretieren, dass in den 90iger Jahren die Zahl der Patentanmeldungen zunehmend zur Bewertung der Einrichtungen herangezogen wurde und diese in der Folge vermehrt Patente angemeldet haben. Mittlerweile ist aber deutlicher geworden, welche Kosten mit einer Patentanmeldung verbunden sind und welche Schwierigkeiten bei der Lizenzvergabe an Unternehmen auftreten, so dass jetzt eine realistischere Einschätzung hinsichtlich der Chancen und Risiken von Patentanmeldungen besteht.

Der Anteil von Patentanmeldungen aus der Wissenschaft von durchschnittlich 5,4 % im Jahre 2001 ist zwar relevant, aber scheint die Annahme zu bestätigen, dass die Rolle der Wissenschaft in der Technikgenese eher begrenzt ist. Bei einer genaueren Betrachtung der wissensbasierten Felder ergibt sich dagegen ein anderes Bild. Insbesondere in der "Biotechnologie" liegt der Anteil der

wissenschaftlichen Einrichtungen an den Patentanmeldungen mit aktuell etwa 35 % erheblich über dem Durchschnittswert für alle Patentanmeldungen, wobei im Zeitraum 1994 bis 1997 die Quote sogar bei mehr als 45 % lag (Abb. 7). Bei der zeitlichen Entwicklung fällt in der "Biotechnologie" auf, dass zwischen dem Zeitraum 1990 bis 1993 und 1994 bis 1997 der Anteil der Wissenschaft an allen deutschen Anmeldungen zunächst gestiegen, dann aber zum aktuellen Zeitraum 1998 bis 2001 hin wieder rückläufig ist. Bei einer Betrachtung der absoluten Anmeldezahlen zeigt sich dagegen ein stetiges Wachstum von rund 460 Anmeldungen (1990-1993) auf 840 (1994-1997) und am aktuellen Rand 1340 (1998-2001). Der sinkende Anteil an allen deutschen Anmeldungen erklärt sich aus einem deutlich gewachsenen Engagement der Unternehmen in der "Biotechnologie". Insgesamt haben die wissenschaftlichen Einrichtungen in einer frühen Phase der Biotechnologie eine Vorreiterrolle bei einem Transfer in die Anwendung übernommen. Dass aktuell die Quote der wissenschaftlichen Einrichtungen wieder zurückgeht, zeigt, dass dieser Anstoß von den Unternehmen aufgenommen worden ist und diese inzwischen selber in zunehmendem Maße in dieser Technologie forschen.

Abb. 7: Anteil der Patentanmeldungen aus der Wissenschaft an den gesamten deutschen Patentanmeldungen (DPMA)



Quelle: PATDPA, Berechnungen des Fraunhofer-ISI

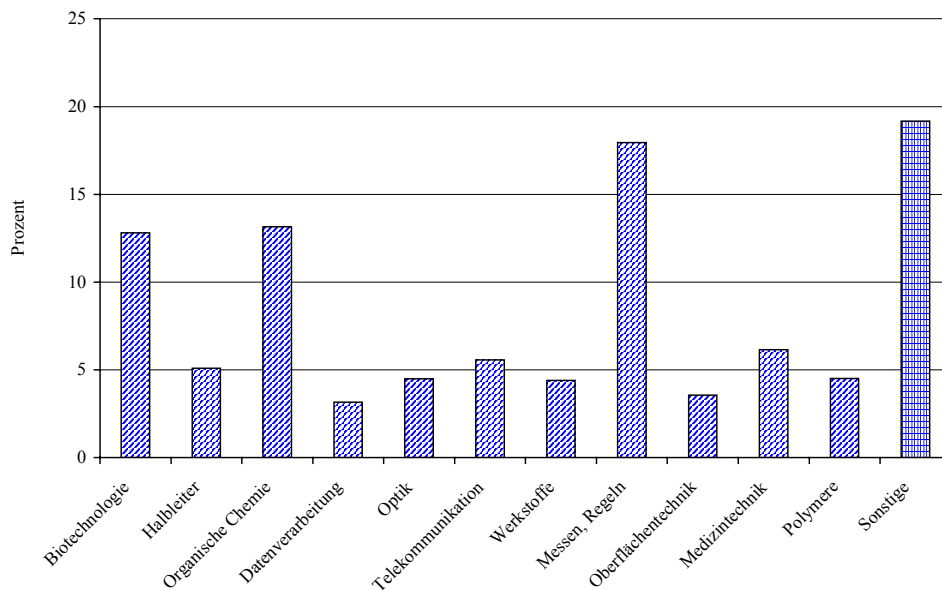
Bei den wissenschaftsbasierten Technikfeldern steht hinsichtlich der Beteiligung wissenschaftlicher Einrichtungen an allen Patentanmeldungen die "Organische Chemie" mit aktuell rund 18 % an zweiter Stelle, was zwar deutlich niedriger als der Wert für die "Biotechnologie" liegt, aber immer noch ein sehr hohes Niveau ist. Bei den Anteilen an den gesamten Patentanmeldungen ist in der "Organischen Chemie" eine ständige Aufwärtsbewegung seit 1990 zu verzeichnen. Das relativ hohe Niveau wissenschaftlicher Einrichtungen in der "Organischen Chemie" entspricht durchaus den Erwartungen, da es traditionell enge Kontakte zwischen Wissenschaft und Industrie in diesem Bereich gibt (Schmoch 2003: 245 ff). Auf den ersten Blick überraschend ist aber der wachsende Anteil der Patentanmeldungen aus der Wissenschaft, da die "Organische Chemie" als etabliertes Technikgebiet zu betrachten ist. Hinter diesem Wachstum dürften neue Ansätze innerhalb der "Organischen Chemie" stehen, die in der Industrieforschung bislang nur begrenzt etabliert sind.

Zu den Gebieten mit einem überproportionalen Anteil von Patenten aus wissenschaftlichen Einrichtungen zählen weiterhin "Halbleiter", "Optik", "Werkstoffe", "Messen, Regeln", "Oberflächentechnik", "Medizintechnik" und in den letzten Jahren auch "Polymere". In den Feldern "Datenverarbeitung" und "Telekommunikation" ist zwar die absolute Zahl der Patentanmeldungen aus der Wissenschaft mit 530 bzw. 580 Anmeldungen im Zeitraum 1998 bis 2001 beachtlich. Doch liegt der Anteil an allen deutschen Patenten hier nur bei etwa 5 %. Die technische Entwicklung in diesen Feldern beruht trotz einer starken Wissensbasierung vorwiegend auf industrieller Forschung.

Bei einer Betrachtung der sonstigen Technologien zeigt sich, dass die Auswahl der Felder für diese Untersuchung adäquat ist; denn in den sonstigen Technologien liegt der Anteil der Patentanmeldungen aus der Wissenschaft bei aktuell 2 % und damit deutlich unter dem Mittelwert von 6 % für alle Patentanmeldungen.

Bei der Differenzierung nach Technikfeldern ist nicht davon auszugehen, dass diejenigen mit dem höchsten Anteil wissenschaftlicher Einrichtungen auch diejenigen mit den höchsten Patentanmeldezahlen sind. Vielmehr ist in Rechnung zu stellen, dass die Felder unterschiedlich groß sind und die Patentintensität zwischen den Feldern variiert. Bei der Berechnung der Patentanteile an allen deutschen Anmeldungen ist schließlich die Struktur der deutschen Industrie in Rechnung zu stellen, die als Referenz dient. Ein hoher Patentanteil besagt damit vor allem, dass wissenschaftliche Einrichtungen in diesem spezifischen Gebiet in besonderem Maße zur Technikgenese in Deutschland beitragen. Vor diesem Hintergrund ist es von Interesse, sich eine Verteilung der Patentanmeldung aus wissenschaftlichen Einrichtungen innerhalb der diesbezüglichen Gesamtanmeldungen genauer anzusehen. Hierbei zeigt sich entsprechend Abb. 8, dass innerhalb der wissenschaftlichen Felder das Feld "Messen, Regeln" absolut gesehen an erster Stelle steht. Es folgen "Organische Chemie" und "Biotechnologie". Auch bei dieser Betrachtungsweise zeigt sich, dass der Fokus auf wissenschaftliche Technologiefelder adäquat ist. Knapp 20 % aller Patentanmeldungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen, also gerade ein Fünftel, beziehen sich auf Felder außerhalb wissenschaftlicher Technologien.

Abb. 8: Verteilung der Patentanmeldungen aus der Wissenschaft auf ausgewählte Technikfelder, 1998-2001

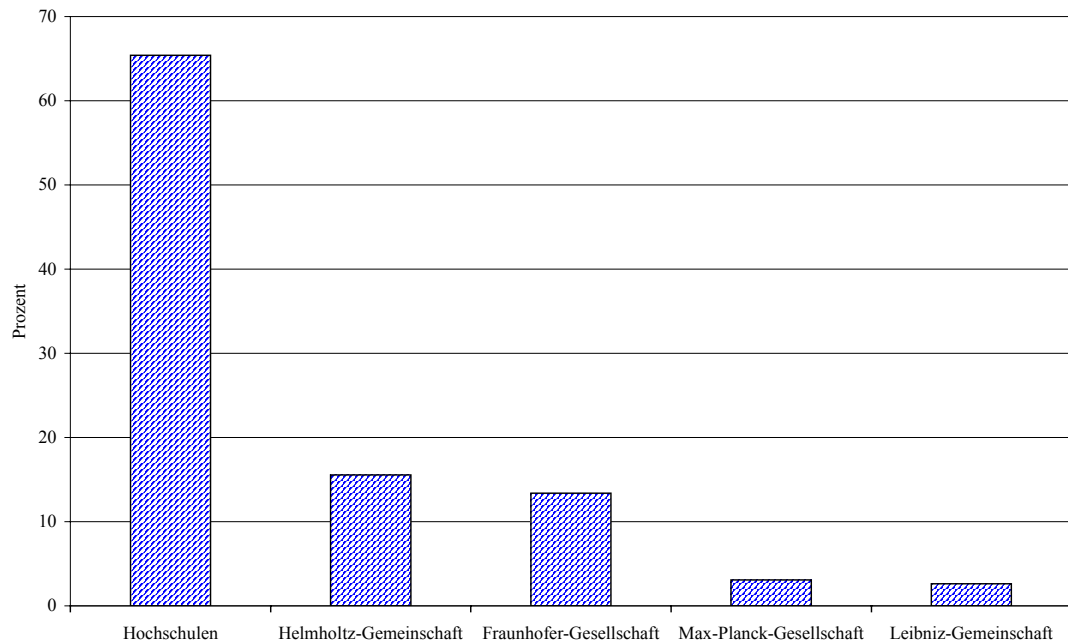


Quelle: PATDPA, Berechnungen des Fraunhofer-ISI

### 3.4 Spezialisierung der deutschen Forschungseinrichtungen

Bei der Differenzierung von Patentanmeldungen aus der Wissenschaft nach Einrichtungen erweisen sich die Hochschulen zumindest als Aggregat als die wichtigsten Anmelder mit einem Anteil von 65 % für den aktuellen Zeitraum von 1998 bis 2001 (vgl. Abb. 9). Es folgen auf einem etwa gleichen Niveau von 16 bzw. 13 % die Helmholtz-Gemeinschaft und die Fraunhofer Gesellschaft. Mit jeweils 3 % ist der Anteil der Max-Planck-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft moderat. Bei der Differenzierung nach Einrichtungen ist daran zu erinnern, dass bis 2001 die Institute der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) der Helmholtz-Gemeinschaft und nicht der Fraunhofer-Gesellschaft zugerechnet wurden. Das Heinrich-Hertz-Institut (HHI) gehörte zu den Instituten der Leibniz-Gemeinschaft und nicht zur Fraunhofer-Gesellschaft. Die Patentaktivität der Leibniz-Gemeinschaft ist in der damaligen Situation aber maßgeblich von den Aktivitäten des HHI geprägt.

Abb. 9: Anteil der verschiedenen Einrichtungen an allen Patentanmeldungen aus der Wissenschaft, 1998-2001



Quelle: PATDPA, Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Zur Charakterisierung der inhaltlichen Orientierung der verschiedenen Einrichtungen wurde der Spezialisierungsindex mit Referenz auf alle deutschen Patentanmeldungen errechnet. Er zeigt an, ob die Einrichtungen im Vergleich zur deutschen Durchschnittsverteilung in den jeweiligen Feldern über- oder unterproportional aktiv sind, wobei positive Indexwerte eine überdurchschnittliche Spezialisierung anzeigen. Positive Werte liegen im Wertebereich von 0 bis 100, negative im Bereich von 0 bis -100.

Nach dieser Berechnung zeigt sich, dass die **Wissenschaft insgesamt** sehr ausgeprägt in der Biotechnologie spezialisiert ist, wobei mit einem Index von 94 nahezu der Höchstwert erreicht wird (vgl. Tab. 7). An zweiter Stelle liegt bei der Spezialisierung mit einem Index von 81 die "Organische Chemie" gefolgt von den Feldern "Oberflächentechnik" und "Medizintechnik". Die Spezialisierungsindizes folgen damit weitgehend dem Muster bei den Anteilen der Patentanmeldungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen. Bemerkenswert sind die negativen Spezialisierungen der wissenschaftlichen Einrichtungen in den Feldern "Datenverarbeitung" und "Telekommunikation". Mit einem Index von -79 ist die Ausrichtung auf die sonstigen Felder erwartungsgemäß sehr schwach.<sup>3</sup> In der Wissenschaft insgesamt sind die Spezialisierungsindizes im Zeitverlauf relativ stabil geblieben. Lediglich in "Datenverarbeitung" und "Telekommunikation" ist eine deutliche Abnahme der Spezialisierung von einem durchschnittlichen zu einem ausgeprägt unterdurchschnittlichen Niveau zu beobachten.

<sup>3</sup> In der Tabelle 2 sind zur Veranschaulichung jeweils die drei höchsten Indexwerte in Fettdruck hervorgehoben.

Tab. 7: *Spezialisierung wissenschaftlicher Einrichtungen bei DPMA-Anmeldungen im Vergleich zur deutschen Durchschnittsverteilung, 1998-2001*

	Biotechnologie	Halbleiter	Organische Chemie	Datenverarbeitung	Optik	Telekommunikation	Werkstoffe	Messen, Regeln	Oberflächentechnik	Medizintechnik	Polymere	Sonstige
Hochschulen	93	9	84	-38	30	-39	64	47	47	75	47	-72
Helmholtz-Gemeinschaft	97	51	79	-15	21	-56	71	74	54	59	-60	-90
Fraunhofer-Gesellschaft	52	81	-42	-22	76	6	81	49	94	-9	55	-69
Max-Planck-Gesellschaft	99	69	96	-37	60	-100	68	76	-24	-78	65	-100
Leibniz-Gemeinschaft	98	94	80	-36	90	66	-4	8	74	-54	62	-100
Wissenschaft insgesamt	94	45	81	-32	45	-32	68	54	67	65	41	-79

Quelle: PATDPA, Berechnungen des Fraunhofer-ISI

Bezogen auf die einzelnen Einrichtungen zeigen sich allerdings Spezialisierungsmuster, die von den Durchschnittswerten zum Teil deutlich abweichen. Bei den **Hochschulen** stehen "Biotechnologie", "Organische Chemie" und "Medizintechnik" nach den Spezialisierungen im Vordergrund. Hier liegt das Muster relativ dicht an der Verteilung für die Wissenschaft insgesamt, was angesichts der Dominanz der Hochschulen in der Gesamtstichprobe den Erwartungen entspricht. Die deutlichste Abweichung findet sich bei der "Oberflächentechnik" mit einem Index von "nur" 47 gegenüber einem Wert von 67 für die Wissenschaft insgesamt. Bei den Hochschulen ist bemerkenswert, dass ursprünglich hohe Spezialisierungen im Feld "Halbleiter" auf ein jetzt nahezu durchschnittliches Niveau zurückgegangen sind.

Dieser Unterschied ist vor allem auf die starke Aktivität der **Fraunhofer-Gesellschaft** in der "Oberflächentechnik" mit einem Index von 94 zurückzuführen. Auch sonst weicht die Fraunhofer-Gesellschaft in ihrem Spezialisierungsmuster relativ deutlich von der Durchschnittsverteilung für die Wissenschaft insgesamt ab. Bei ihr liegt die Spezialisierung auf die "Biotechnologie" bei "nur" 52, wogegen neben der "Oberflächentechnik" die Felder "Halbleiter", "Werkstoffe" und "Optik" besonders hervortreten (Indizes 81, 81, 76). Die Beteiligung der Fraunhofer-Gesellschaft an der "Organischen Chemie" ist dagegen deutlich unterproportional. Bei den Patentanmeldungen aus der Fraunhofer-Gesellschaft fällt der erhebliche Rückgang der Spezialisierungsindizes in der "Datenverarbeitung" von einem Anfang der 90er Jahre überdurchschnittlichen Niveau auf ein aktuell unterdurchschnittliches Niveau auf. In der "Telekommunikation" ist ebenfalls ein Rückgang von einer überdurchschnittlichen auf eine jetzt durchschnittliche Spezialisierung zu beobachten. Ein deutlicher Zuwachs der Patentaktivitäten ist dagegen im Feld "Polymere" festzustellen.

Bei der **Helmholtz-Gemeinschaft** liegt, gemessen an den Patentaktivitäten, ein deutlicher Schwerpunkt auf der "Biotechnologie" gefolgt von den Feldern "Organische Chemie" und "Messen, Regeln". In den Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft sind die Spezialisierungen im Zeitverlauf in den führenden Feldern "Biotechnologie", "Organische Chemie" und "Messen, Regeln" relativ konstant

geblieben. In den Feldern "Halbleiter", "Datenverarbeitung", "Optik" und "Telekommunikation" sind dagegen die Indizes rückläufig, bei "Organische Chemie" und "Medizintechnik" nehmen sie zu.

Auch bei der **Max-Planck-Gesellschaft** liegen die Schwerpunkte in ähnlicher Weise wie bei der Helmholtz-Gemeinschaft auf den Feldern "Biotechnologie", "Organische Chemie" und "Messen, Regeln". Dagegen sind die Patentanmeldungen der Max-Planck-Gesellschaft in den Feldern "Oberflächentechnik" und "Medizintechnik" deutlich unterproportional. In der Max-Planck-Gesellschaft ist der zeitliche Verlauf der Spezialisierungsindizes in den Kernbereichen sehr stabil. Zu erwähnen ist die deutlich zurückgehende Spezialisierung in "Oberflächentechnik" und "Medizintechnik" zu Gunsten einer stärkeren Orientierung auf "Polymere".

In der **Leibniz-Gemeinschaft** liegt der Schwerpunkt der Patentanmeldungen wie schon bei den Hochschulen, der Helmholtz-Gemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft auf der "Biotechnologie" gefolgt von den Feldern "Halbleiter" (ähnlich wie bei der Fraunhofer-Gesellschaft) und "Optik". In der Leibniz-Gemeinschaft sind die Patentaktivitäten in den Feldern "Organische Chemie" und "Telekommunikation" erheblich gewachsen, in den Feldern "Messen, Regeln" und "Medizintechnik" deutlich zurückgegangen. Das Wachstum in der "Telekommunikation" ist in erster Linie auf steigende Patentaktivitäten des Heinrich-Hertz-Instituts zurückzuführen.

---

## 4 Zusammenfassung

Deutschland hat bei den Fachpublikationen, die im Science Citation Index erfasst sind, seit Beginn der 90er Jahre ein kontinuierliches Wachstum seines weltweiten Anteils zu verzeichnen, obwohl sich osteuropäische, asiatische und südamerikanische Länder zunehmend an Publikationen beteiligen. Der letztgenannte Effekt hat insbesondere zu einer Verringerung des Publikationsanteils der Vereinigten Staaten seit Mitte der 90er Jahre geführt. Bei der zeitschriftenspezifischen Beachtung, einem wesentlichen Qualitätsindex bei wissenschaftlichen Publikationen, liegt Deutschland mit einem Index von 7 im oberen Bereich und auf einem vergleichbaren Niveau wie die Vereinigten Staaten (ZB=9). Hier ragt vor allem die Schweiz mit einem überragenden Wert von 17 heraus.

Bei der Internationalen Ausrichtung IA ist der Wert für Deutschland mit 7 im weltweiten Vergleich überdurchschnittlich, und er ist auch deutlich größer als der EU-Durchschnitt (IA=3). Der Index ist auch besser als in anderen Ländern mit großem eigenen Sprachraum, insbesondere Frankreich, Italien oder Japan (IA = 3, 1 bzw. -18). Der deutsche Index liegt aber niedriger als in Großbritannien oder den USA, was auf den Sprachbias der Datenbank zurückzuführen sein dürfte. Dennoch ist für Deutschland insgesamt eine Verbesserung der internationalen Ausrichtung anzustreben.

Bei den kleineren Industrieländern Schweiz, Schweden, Finnland und den Niederlanden zeigt sich nur in der Schweiz und in Finnland, entsprechend den Erwartungen, eine stärkere Ausrichtung auf einzelne Felder der Wissenschaft, während in Schweden und in den Niederlanden die Gleichmäßigkeit der Spezialisungsverteilung der großer Industrieländer entspricht. Bei allen vier Ländern zeigt sich auch nicht eine enge inhaltliche Verknüpfung des wissenschaftlichen und des technologischen Spezialisierungsprofils. Vielmehr stehen Themenbereiche von allgemeinem Interesse und der Vorsorgeforschung wie Medizin oder Ökologie im Vordergrund. Insofern hat die Wissenschaft in den genannten Ländern eine ähnliche Eigenständigkeit, wie dies in größeren Industrieländern der Fall ist. Dieses Ergebnis besagt nicht notwendig, dass keinerlei Beziehungen zwischen Wissenschaft und Technik bestünde. Diese sind aber offensichtlich weniger direkt, als dies oft unterstellt wird. Die Eigenständigkeit der Wissenschaft kann dabei sicherlich auch als ein Ausdruck ausreichender Ressourcen interpretiert werden, die aufgrund der Wirtschaftskraft der Länder zur Verfügung stehen. In jedem Fall lässt sich keine unmittelbare Instrumentalisierung der Wissenschaft für Zwecke der Wirtschaft feststellen.

Im Falle des Schwellenlands Südkorea finden sich dagegen deutlich abweichende Strukturen. Sowohl bei der Beachtung als auch bei der Internationalen Ausrichtung sind die Indizes ausgeprägt negativ. Im Profil der wissenschaftlichen Felder zeigt sich eine starke Ausrichtung auf technologieorientierte Felder mit deutlichen Anknüpfungspunkten zur technologischen Spezialisierung des Landes.

Die Patentanmeldungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen sind im Laufe der 90er Jahre stärker als die aus der Wirtschaft angestiegen, wobei im Jahre 1999 ein Maximum erreicht wurde. Seitdem haben sich die Anmeldezahlen konsolidiert, so dass im Hinblick auf den Anteil an den gesamten deutschen Anmeldungen aktuell ein ähnliches Niveau wie Anfang der 90er Jahre erreicht wird. Nach den absoluten Anmeldezahlen stehen bei Patentanmeldungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen mit

deutlichem Abstand Hochschulen im Vordergrund gefolgt von der Helmholtz-Gemeinschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft.

Während der Anteil der Patentanmeldungen aus wissenschaftlichen Einrichtungen an allen deutschen Patentanmeldungen mit 6 % moderat ist, zeigt sich bezogen auf einzelne Technikfelder eine deutlich höhere Konzentration. Hier stehen wissenschaftsbasierte Technikfelder im Vordergrund, in denen 80 % aller Anmeldungen der Wissenschaft fokussiert sind. Nach absoluten Zahlen sind hier insbesondere die Felder "Biotechnologie", "Organische Chemie" sowie "Messen, Regeln" zu erwähnen. Bei der Berechnung des Anteils der Patentanmeldungen aus der Wissenschaft und allen deutschen Anmeldungen tritt in erster Linie das Feld "Biotechnologie" mit einer Quote von aktuell 35 % hervor, die Mitte der 90er Jahre sogar bei 46 % lag. Hierin zeigt sich eine Vorreiterrolle wissenschaftliche Einrichtungen bei der Technologiegenese in wissenschaftsbasierten Technikfeldern, womit in diesen Feldern die technologische Leistungsfähigkeit maßgeblich auf dem unmittelbaren Beitrag der Wissenschaft aufbaut. Mit Anteilen von 10 bis 15 % sind weiterhin die Felder "Halbleiter", "Organische Chemie", "Optik", "Werkstoffe", "Messen, Regeln", "Oberflächentechnik" sowie "Medizintechnik" zu nennen. Die Felder "Datenverarbeitung" und "Telekommunikation" erweisen sich dagegen als Domänen der Industrieforschung, so dass der Anteil wissenschaftlicher Einrichtungen bei "nur" etwa 5 % liegt.

Bei einer Betrachtung der Spezialisierung zeigen alle Einrichtungen mit Ausnahme der Fraunhofer-Gesellschaft einen ausgeprägten Fokus auf "Biotechnologie" und "Organische Chemie"; in der Fraunhofer-Gesellschaft werden mit "Werkstoffe" und "Oberflächentechnik" eher die verschiedenen Aspekte der Materialforschung betont.

Im zeitlichen Verlauf erweist es sich als typisches Muster, dass wissenschaftliche Einrichtungen in frühen Phasen einer neuen Entwicklung einen hohen Anteil der Patentanmeldungen realisieren, der im Laufe der Reifung eines Gebietes zu Gunsten industrieller Aktivitäten zurückgeht. In diesem Kontext ist bemerkenswert, dass aktuell die Quote wissenschaftlicher Einrichtungen bei dem Feld "Organische Chemie" zunimmt, was auf neuartige Entwicklungen innerhalb dieses an sich etablierten Feldes hindeutet.

Insgesamt ist festzustellen, dass der direkte Beitrag der wissenschaftlichen Einrichtungen zur Technikgenese erheblich unterschätzt wird, wenn nur Durchschnittswerte betrachtet werden. In der Differenzierung nach wissenschaftsbasierten Feldern wird dagegen ihre maßgebliche Rolle in diesem Bereich deutlich, was zu einem grundsätzlichen Überdenken der Funktion wissenschaftlicher Einrichtungen in Innovationssystemen führen sollte.

---

## 5 Literatur

- U. Schmoch/ G. Licht/ M. Reinhard (Herausgeber) (2000): Wissens- und Technologietransfer in Deutschland. Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag.
- H.Grupp/ U. Schmoch (1992): Wissenschaftsbindung der Technik. Panorama der internationalen Entwicklung und sektorales Tableau für Deutschland. Heidelberg: Physica-Verlag.
- G. Becher/ T. Gehring/O. Lang/U. Schmoch (1996): Patentwesen an Hochschulen. Eine Studie zum Stellenwert gewerblicher Schutzrechte im Technologietransfer Hochschule-Wirtschaft. Bonn: BMBF.