

Volkswirtschaftliche Schriften

Heft 510

Deutschland im internationalen Technologiewettlauf

**Bedeutung der Forschungs- und Technologiepolitik
für die technologische Wettbewerbsfähigkeit**

Von

Christoph Vogel



Duncker & Humblot · Berlin

DOI <https://doi.org/10.3790/978-3-428-49907-6>

Generated for Hochschule für angewandtes Management GmbH at 88.198.162.162 on 2025-10-30 04:07:19
FOR PRIVATE USE ONLY | AUSSCHLIESSLICH ZUM PRIVATEN GEBRAUCH

CHRISTOPH VOGEL

Deutschland im internationalen Technologiewettlauf

Volkswirtschaftliche Schriften

Begründet von Prof. Dr. Dr. h. c. J. Broermann †

Heft 510

Deutschland im internationalen Technologiewettlauf

Bedeutung der Forschungs- und Technologiepolitik
für die technologische Wettbewerbsfähigkeit

Von

Christoph Vogel



Duncker & Humblot · Berlin

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Vogel, Christoph:

Deutschland im internationalen Technologiewettlauf :

Bedeutung der Forschungs- und Technologiepolitik

für die technologische Wettbewerbsfähigkeit / Christoph Vogel. –

Berlin : Duncker und Humblot, 2000

(Volkswirtschaftliche Schriften ; H. 510)

Zugl.: Kaiserslautern, Univ., Diss., 1999

ISBN 3-428-09907-9

Alle Rechte vorbehalten

© 2000 Duncker & Humblot GmbH, Berlin

Fotoprint: Berliner Buchdruckerei Union GmbH, Berlin

Printed in Germany

ISSN 0505-9372

ISBN 3-428-09907-9

Gedruckt auf alterungsbeständigem (säurefreiem) Papier
entsprechend ISO 9706 ☼

DOI <https://doi.org/10.3790/978-3-428-49907-6>

Geleitwort: Kopf aus dem Sand!

These: Zeigt sich die deutsche Wirtschaft nicht in einer hervorragenden Verfassung? Die DM ist nach wie vor eine der stabilsten Währungen der Welt. Die Hürde zum Beitritt in die Währungsunion wurde – nach einigen Irritationen – schließlich doch leichtfüßig übersprungen. Der DAX steigt und steigt und steigt. Die Handelsbilanz verzeichnet Ausfuhrrekorde, und die Leistungsbilanz schließt nach sechs hochdefizitären Jahren seit 1997 wieder mit ausgeglichenem Saldo ab. Alles vom Feinsten und Besten, nicht wahr!

So mag man die deutsche Wirtschaft sehen. In der Tat testieren zahlreiche Indikatoren der deutschen Wirtschaft ein hohes Maß an Gesundheit – aber manche Indikatoren geben auch Anlass zur Besorgnis.

Antithese: Befindet sich die deutsche Wirtschaft nicht in einem völlig desolaten Zustand? Die Zahl der Arbeitslosen stagniert auf dem hohen Niveau von 4 Millionen. Die Zahl der Insolvenzen stieg seit 1991 kontinuierlich auf etwa 35.000 pro Jahr. Die Staatsverschuldung nimmt ein immer bedrohlicheres Ausmaß an. Das Außenhandelsdefizit für Büro- und EDV-Maschinen – den High-Tech-Wachstumsbereich par excellence – steigt immer weiter. Das Wirtschaftswachstum von um die 2% ist nicht der Rede wert.

Ja, so mag man die deutsche Wirtschaft auch sehen. Zahlreiche Indikatoren weisen die deutsche Wirtschaft als kränklich aus.

Wie steht es um die deutsche Wirtschaft denn nun wirklich? Auf eine solche Frage gibt es keine einfache Antwort. Eine Analogie: Wie gesund ist ein Mensch, der einen stabilen Kreislauf, aber einen angegriffenen Magen, der kräftige Muskeln, aber schwache Gelenke, der scharfsichtige Augen, aber in der Hörfähigkeit beeinträchtigte Ohren hat?

Synthese: Dr. Vogel beantwortet die Fragen nach dem Zustand der deutschen Wirtschaft differenziert. Er vergleicht Deutschland in seiner Wettbewerbsfähigkeit mit den USA und Japan, den bedeutendsten Mitstreitern im globalen Kräftemessen. Im Zentrum stehen dabei das jeweilige „nationale Innovationssystem“ und die FuE-Politik in den Ländern. Dr. Vogel verbindet technologische und ökonomische Aspekte. Zur Beurteilung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands wertet er erstens fünf Technologiestudien aus und setzt zweitens inputorientierte Indikatoren (vor allem: FuE-Ausgaben und FuE-Beschäftigte) an, drittens outputorientierte Indikatoren (insbesondere quantitative Vergleiche von Patentanmeldungen und Patenterteilungen), viertens marktorientierte Indikatoren des

Außenhandels. Dr. Vogel stellt die Stärken der deutschen Wirtschaft heraus, deckt aber auch die Schwächen auf; er identifiziert die Wettbewerbsvorteile, entlarvt aber auch die Wettbewerbsnachteile; er wirft ein Licht auf die Quellen deutscher Leistungsfähigkeit, leuchtet aber die Senken der Schwachstellen um so heller aus.

Die deutsche Wirtschaft hat im internationalen Technologiewettlauf Einbußen erlitten, die wir alle zusammen zu überwinden versuchen sollten. Dr. Vogel entwirft zur Überwindung ein ganzes Bündel von forschungs- und technologiepolitischen Hebeln. Er gibt Empfehlungen für eine zukunftsorientierte Forschungs- und Technologiepolitik „aus einem Guss“. Seine Empfehlungen richten sich nicht spezifisch an die gegenwärtige Bundesregierung und sind auch parteipolitisch neutral. Sie sind jedoch keineswegs neutral in bezug auf das ständig aktuelle strategische Ziel: die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands kontinuierlich auszubauen und nachhaltig zu verteidigen. Dr. Vogels Arbeit ist auch ein Aufruf an Politiker, Unternehmer und Topmanager, Wissenschaftler, Journalisten, Verbandsmanager und Gewerkschaftler, an Ökonomen wie an Ingenieure, auch an Lehrer und Lernende: Kopf aus dem Sand des blinden, gutgläubigen Vertrauens in die deutsche Wettbewerbsstärke als Automatismus! Um im internationalen Technologiewettlauf einen der vorderen Plätze zu erringen und zu sichern, bedarf es des kollektiven Bewusstseins, an einem ununterbrochenen Prozess des Kräftemessens mitzuwirken. Dieses Bewusstsein kann die Basis für die kontinuierliche Anstrengung aller sein.

Kaiserslautern, im Dezember 1999

Heiner Müller-Merbach

Vorwort

Die technologische Wettbewerbsfähigkeit und die Forschungs- und Technologiepolitik eines Staates haben gegenseitige Wechselwirkungen. Diesem Thema widmet sich das vorliegende Buch, das unter zwei Schwerpunkten steht. Zum einen sollen die Unterschiede zwischen den Triadenationen bezüglich ihrer Forschungs- und Technologiepolitik herausgearbeitet werden. Zum anderen sollen auf Basis der Analyse der Wettbewerbsposition Deutschlands gezielte Handlungsempfehlungen erarbeitet werden. Bei der Verfassung dieses Buches haben mich viele Menschen unterstützt, denen ich zu Dank verpflichtet bin.

Dank schulde ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Heiner Müller-Merbach, der mich auf dem gesamten Weg der Bucherstellung mit fachlichem Rat, aufmunterndem Zuspruch und konstruktivem Dialog begleitete. Seine Führungsphilosophie, seine tiefe Logik und sein technologisch-wirtschaftlicher Sachverstand haben mich beeindruckt und geprägt.

Allen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl danke ich für ihre kritischen Anregungen und ihre stete Hilfsbereitschaft. Im besonderen danke ich Herrn Christian Guhl für die sorgfältige Durchsicht des Manuskriptes und den konstruktiven Diskurs. Für die zuverlässige und umfassende Mitwirkung bei der graphischen und tabellarischen Fertigstellung des Buches danke ich Herrn Oliver Nell und Herrn Thorsten Zenner.

Die größten Opfer habe ich meiner Familie abverlangt. Meinen Eltern danke ich für ihren steten und ermunternden Beistand. Meiner Frau und meinen Kindern danke ich für das unermüdliche Verständnis, ihren fortwährenden Zuspruch und ihr großes Vertrauen.

Grasbrunn, im Dezember 1999

Christoph Vogel

Inhaltsverzeichnis

A. Herausforderungen an die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands	31
I. Herausforderungen	31
II. Aufbau des Buches	33
B. Grundlagen für eine zukunftsorientierte Forschungs- und Technologiepolitik und die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit von Ländern	35
I. Der Innovationsprozess und seine wichtigsten Komponenten	37
1. Forschung und Entwicklung: Hauptaktivitäten im Innovationsprozess	39
2. Drei Dimensionen von Innovation	41
3. Technologien: Grundlage für Innovationen und technischen Fortschritt	44
II. Technischer Fortschritt und wirtschaftliches Wachstum in der Neoklassik und in der Innovationsökonomie	49
1. Interdependenz von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum	51
2. Technischer Fortschritt in neoklassischen Ansätzen	54
3. Schumpeters Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung und der Kon- junkturzyklen	60
a) Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung	60
b) Konjunkturzyklen	64
4. Innovationsökonomische Ansätze	71
a) Der evolutionstheoretische Ansatz von Nelson und Winter	72
b) Technologische Paradigmen als Triebfeder des wirtschaftlichen Wachstums	76
c) Nationale Innovationssysteme: Ursprung und aktuelle Ansätze	84
(aa) Ursprung: Das nationale System der politischen Ökonomie von List	85
(bb) Aktuelle Ansätze zu nationalen Innovationssystemen	89
(cc) Analyse nationaler Wettbewerbsvorteile von Porter	94
5. Neue Wachstumstheorie	98

III. Technischer Fortschritt im Rahmen der Außenhandelstheorien	100
1. Theorie der komparativen Kosten und inhaltliche Erweiterungen	101
2. Neo-Technology-Approach: Theorie der technologischen Lücke und die Produktzyklustheorie	103
3. Neue Außenhandelstheorie und strategische Handelspolitik	109
IV. Zusammenfassung und Bewertung.....	114
C. Das nationale Innovationssystem und die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands	117
I. Allgemeine Grundlagen der Forschungs- und Technologiepolitik	118
1. Das Interesse des Staates an Forschung, Technologie und Wissenschaft im Wandel der Zeit	119
2. Forschungs- und Technologiepolitik als Teil der Wirtschaftspolitik und als eigener Politikbereich.....	123
3. Gründe für und gegen staatliche Forschungs- und Technologiepolitik	128
a) Ordnungstheoretische Begründungen staatlicher Forschungs- und Technologiepolitik	129
b) Außenhandels- und wachstumstheoretische Begründungen der For- schungs- und Technologiepolitik	135
c) Diskussion der Einwände gegen staatliche Forschungs- und Techno- logiepolitik	136
4. Fördermaßnahmen und Rahmenbedingungen	139
a) Direkte Förderung	141
b) Indirekte Förderung	145
c) Gestaltung forschungsrelevanter Rahmenbedingungen.....	148
d) Vergleich der Fördermaßnahmen	154
II. Die Entstehung des nationalen Innovationssystems Deutschlands und die Forschungs- und Technologiepolitik seit 1945	155
1. Die Entwicklung des nationalen Innovationssystems Deutschlands	155
2. Die generelle Entwicklung der Forschungs- und Technologiepolitik der Bundesrepublik Deutschland seit 1949.....	158
III. Die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands in den 1980er und 1990er Jahren	168
1. Akteure im nationalen Innovationssystem Deutschlands	170

a) Ministerien von Bund und Ländern und ihre Gremien	173
b) Forschungsförderungseinrichtungen	177
c) Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Hochschulen	179
d) Forschung und Entwicklung der Wirtschaft.....	183
2. Die Forschungs- und Technologiepolitik des Bundes seit 1982	186
a) Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung in Deutschland	186
b) Leitlinien, Schwerpunkte und Aufgabenbereiche der Forschungs- und Technologiepolitik des Bundes	191
c) Förderschwerpunkte nach einzelnen Förderbereichen	195
d) Direkte und indirekte Fördermaßnahmen.....	199
e) Fördermaßnahmen für kleine und mittlere Unternehmen.....	206
f) Fördermaßnahmen für die neuen Bundesländer.....	209
g) Forschungsrelevante Rahmenbedingungen.....	210
(aa) Rechtliche Rahmenbedingungen am Beispiel des Gentechnik-, Embryonenschutz- und Multimedia-Gesetzes	212
(bb) Bildungs- und Wissenschaftspolitik	214
(cc) Technologieakzeptanz	215
(dd) Informations-Infrastruktur	217
(ee) Finanzierungsinfrastruktur	218
(ff) Technologietransfer mit Informationsbereitstellung und Bera- tung	220
IV. Zusammenfassung und Beurteilung	228
D. Das nationale Innovationssystem und die Forschungs- und Technologiepolitik der USA, Japans und der Europäischen Union.....	232
I. Das nationale Innovationssystem und die Forschungs- und Technologie- politik der USA	233
1. Die Entwicklung des nationalen Innovationssystems der USA.....	234
2. Die staatlichen Akteure im nationalen Innovationssystem der USA.....	241
3. Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung	247
4. Die Forschungs- und Technologiepolitik des Bundes seit 1993	254
a) Ziele der Forschungs- und Technologiepolitik	255

b) Schwerpunkte der Forschungs- und Technologiepolitik nach Aufgabenbereichen	255
c) Allgemeine Schwerpunkte der Forschungs- und Technologiepolitik.....	257
d) „Cross Cutting Initiativen“ zur Effizienzsteigerung.....	262
e) Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen	264
f) Die besondere Rolle der militärischen Forschung und Entwicklung	266
g) Forschungsrelevante Rahmenbedingungen	269
5. Fazit	276
II. Das nationale Innovationssystem und die Forschungs- und Technologiepolitik Japans.....	277
1. Die Entwicklung des nationalen Innovationssystems Japans	278
2. Die staatlichen Akteure im nationalen Innovationssystem Japans	285
3. Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung	291
4. Die Forschungs- und Technologiepolitik Japans in den 1990er Jahren	297
a) Generelle Ziele der japanischen Forschungs- und Technologiepolitik in den 1990er Jahren	297
b) Wichtige Förderprogramme der Forschungs- und Technologiepolitik	300
c) Rolle des MITI und seiner „Administrative Guidance“	306
d) Staatliche Förderung der Computer- und der Halbleiterindustrie und ihre Ergebnisse.....	311
e) Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen	315
f) Forschungsrelevante Rahmenbedingungen	316
5. Fazit	322
III. Die Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Union.....	323
1. Die Entwicklung der Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Union	324
2. Die wichtigsten Akteure der Europäischen Union und ihr Zusammenspiel beim vierten Rahmenprogramm.....	333
3. Das vierte Rahmenprogramm der Europäischen Union	338
4. Ausgewählte europäische Förderprogramme	342
5. Bewertung der Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Union	347

IV. Vergleich der nationalen Innovationssysteme sowie der Forschungs- und Technologiepolitik mit Deutschland	350
E. Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im internationalen Vergleich	354
I. Schlüsseltechnologien in fünf Technologiestudien: Klassifikation und Position Deutschlands im internationalen Vergleich	357
1. Erste Technologiestudie: „Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts“ ...	358
2. Zweite Technologiestudie: „Deutscher Delphi-Bericht 1993“	361
3. Dritte Technologiestudie: „Deutscher Delphi-Bericht 1998“	368
4. Vierte Technologiestudie: National Critical Technologies Report	373
5. Fünfte Technologiestudie: „Aufbruch aus der Krise“ – Studie der „Zukunftskommission 2000“	375
6. Klassifikation von Schlüsseltechnologien und Beurteilung der Position Deutschlands in den fünf Technologiestudien	377
II. Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand inputorientierter Indikatoren	387
1. Generelle Aussagekraft inputorientierter Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit	388
2. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indikators „FuE-Ausgaben“	392
3. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indikators „FuE-Beschäftigte“	402
4. Zusammenfassung der inputorientierten Indikatoren: Deutschlands nachlassende technologische Wettbewerbsfähigkeit	403
III. Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand outputorientierter Indikatoren	404
1. Generelle Aussagekraft outputorientierter Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit	405
2. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indikators „Auslandspatentanmeldungen“	407
3. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indikators „Patenterteilungen in den USA“	412
4. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand der Patentspezialisierung im FuE-intensiven Bereich sowie bei vier Schlüsseltechnologien	413

a) Konzeption des Indikators „Relative Patentaktivität (RPA)“	414
b) FuE-intensive Waren mit Spitzentechnik und Höherwertiger Technik: Generelle Unterscheidung und Anpassung für die Analyse von Patent- statistiken	415
c) Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit im FuE-inten- siven Bereich.....	418
d) Patentspezialisierung in der Mikroelektronik, Multimediatechnik, Umwelttechnik und in der Biotechnologie.....	420
5. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indi- kators „Patent- und Lizenzbilanz“	426
6. Zusammenfassung der outputorientierten Indikatoren: Deutschlands technologische Wettbewerbsfähigkeit mit Stärken und Schwächen.....	428
IV. Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand marktorien- tierter Indikatoren	430
1. Generelle Aussagekraft marktorientierter Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit.....	432
2. Aussagekraft der Indikatoren „Relativer Welthandelsanteil“ (RWA), „Relativer Einfuhranteil“ (REA) und „Revealed Comparative Advan- tage“ (RCA)	434
3. Volkswirtschaftliche Portfolio-Analyse von Technologie-Produkt- gruppen	438
4. Analyse der Stärken und Schwächen bei FuE-intensiven Waren	448
5. Analyse der Position Deutschlands bei ausgewählten Schlüsseltechno- logien	454
6. Zusammenfassung.....	460
V. Bilanz der technologischen Wettbewerbsfähigkeit: Wo steht Deutschland wirklich?.....	461
F. Handreichungen für eine zukunftsorientierte Forschungs- und Technologie- politik Deutschlands	466
I. Beratungsgremien für die Forschungs- und Technologiepolitik Deutsch- lands	468
II. Nationale Technologiestrategie und nationale Visionen	472
III. Zukunftsorientierte Schwerpunkte der Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands	476
1. Rolle des Forschungsministeriums als Moderator und Prozesspromotor.....	477

2. Ein Technologie-Informationssystem zur Verbesserung der Informationsversorgung	483
a) Der Informationsbedarf potenzieller Nutzergruppen eines Technologie-Informationssystems	484
b) Hersteller und Anbieter von Technologieinformation: Die besondere Rolle der Online-Datenbanken.....	488
c) Alternativen für den Aufbau eines Technologie-Informationssystems.....	493
d) Vorschlag einer Informationsstruktur und einer Menüstruktur eines Technologie-Informationssystems	496
3. Prospektion und Analyse: Technologievorausschauen und Technologiegutachten.....	500
4. Vorschläge zu Schwerpunkten der Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands	505
IV. Aufbruch ins 21. Jahrhundert	512
G. Zusammenfassung	514
Literaturverzeichnis	516

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einteilungen und Ergebnisarten des Innovationsprozesses.....	38
Tabelle 2:	Übersicht über drei Dimensionen von Innovation	42
Tabelle 3:	Die vier Phasen einer Kondratieff-Welle und ihre Charakteristika.....	65
Tabelle 4:	Die vier Kondratieff-Wellen, ergänzt um eine spekulative fünfte Welle	66
Tabelle 5:	Industriegruppeneinteilung nach speziellen Innovationsmustern	81
Tabelle 6:	Unterschiede zwischen der traditionellen Handelstheorie und der neuen Außenhandelstheorie.....	110
Tabelle 7:	Das Verhältnis von Staat, Forschung, Technologie und Wissenschaft im geschichtlichen Überblick mit einigen Beispielen für technische Leistungen und bedeutende Gruppen und Personen	120
Tabelle 8:	Drei Arten von Marktversagen im Bereich der Allokation als Rechtfertigungsgründe für F&T-politische Eingriffe des Staates	131
Tabelle 9:	Übersicht über die acht Kriterien zur Einteilung staatlicher Fördermaßnahmen.....	140
Tabelle 10:	Das Instrumentarium direkter Maßnahmen.....	141
Tabelle 11:	Ziele der direkten und der indirekten Forschungsförderung sowie die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Zielerreichung	154
Tabelle 12:	Einige Ereignisse ab 1800 mit Bedeutung für das deutsche NIS	156
Tabelle 13:	Entwicklungsphasen der F&T-Politik in der Bundesrepublik Deutschland	159
Tabelle 14:	Übersicht über die für Forschung und Bildung zuständigen Bundesministerien und die jeweiligen Minister in der Bundesrepublik Deutschland für die 6 Phasen seit 1949.....	160
Tabelle 15:	Die 16 Helmholtz-Zentren mit ihren Schwerpunkten, den für 1997 geschätzten Gesamtausgaben und der institutionellen Förderung des Bundes und der Länder sowie der Beschäftigtenzahl ohne Auszubildende	181
Tabelle 16:	Beschäftigte, Umsatz, FuE-Gesamtausgaben und FuE-Beschäftigte in den FuE-betreibenden Unternehmen in 1995	184
Tabelle 17:	FuE-Ausgaben nach inländischen finanzierenden Sektoren, inklusive den durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten	188
Tabelle 18:	FuE-Ausgaben nach durchführenden Sektoren, inklusive den durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten	189
Tabelle 19:	Veränderung F&T-politischer Schwerpunkte bzw. Globalziele	192

Tabelle 20:	Ausgaben des Bundes für Forschung und Entwicklung als Profildarstellung.....	194
Tabelle 21:	Ist-Ausgaben des Bundes für Forschung und Entwicklung (in Mio. DM).....	196
Tabelle 22:	FuE-Ausgaben des Bundes nach Art der Förderung in Mio. DM.....	199
Tabelle 23:	Übersicht über Fachprogramme und deren Zuordnung zu Förderbereichen (FB).....	202
Tabelle 24:	Indirekte Maßnahmen zur Förderung von Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft.....	203
Tabelle 25:	Indirekt-spezifische Förderung von FuE in der Wirtschaft durch das BMBF.....	206
Tabelle 26:	Maßnahmen der Bundesregierung zur Förderung von FuE in kleinen und mittleren Unternehmen	209
Tabelle 27:	Technologietransfereinrichtungen in Deutschland	224
Tabelle 28:	Übersicht über die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands nach verschiedenen Merkmalen, ihren typischen Ausprägungen und nach ihrer Entwicklung in den 1990er Jahren.....	229
Tabelle 29:	Übersicht über die Phasen der Entwicklung des amerikanischen NIS und einige bedeutende Ereignisse	234
Tabelle 30:	FuE-Ausgaben der USA in 1997 nach finanzierenden und durchführenden Sektoren.....	247
Tabelle 31:	FuE-Finanzierung in Mio. US-\$ nach Sektoren	249
Tabelle 32:	Die 20 führenden Unternehmen mit den höchsten FuE-Ausgaben in 1996 und ihrer FuE-Intensität (FuE-Ausgaben pro Nettoumsatz) ...	252
Tabelle 33:	Geschätzte „R&D-obligations“ des Bundes, nach Art, Durchführenden und den Finanzierungsquellen für das Haushaltsjahr 1997.....	253
Tabelle 34:	Übersicht über Gesetze und ihre inhaltlichen Schwerpunkte sowie den daraus abgeleiteten Programmen	258
Tabelle 35:	Übersicht über die wichtigsten Epochen und Kernereignisse in der Entwicklung des japanischen NIS	279
Tabelle 36:	Ausgaben in Mio. Yen für Wissenschaft, Forschung und Technologie in Japan nach Ministerien und Behörden in 1997.....	287
Tabelle 37:	Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung nach Sektoren in Japan im Jahr 1995.....	291
Tabelle 38:	FuE-Ausgaben nach finanzierenden Sektoren in Japan für die Jahre 1985 bis 1995	292
Tabelle 39:	FuE-Ausgaben nach durchführenden Sektoren in Japan für die Jahre 1985 bis 1995	293
Tabelle 40:	FuE-Ausgaben und Anzahl an Forschern der FuE-betreibenden Unternehmen in 1995 nach Wirtschaftszweigen.....	294
Tabelle 41:	Japanische Großforschungseinrichtungen mit den Schwerpunkten ihrer FuE-Aktivitäten.....	296
Tabelle 42:	16 Hauptaufgabenfelder der japanischen F&T-Politik	299

Tabelle 43:	Prozentualer Anteil an den FuE-Ausgaben des Staates nach sozio-ökonomischen Zielen.....	301
Tabelle 44:	Die wichtigsten staatlichen F&T-Förderprogramme Japans und das jeweilige FuE-Budget in Mrd. Yen in 1996	303
Tabelle 45:	Neue Programme zur Förderung der Grundlagenforschung an staatlichen Forschungseinrichtungen	305
Tabelle 46:	Übersicht über japanische F&T-Förderprogramme mit Bezug zur Computer- und Halbleiterindustrie	313
Tabelle 47:	Die vier Phasen der europäischen F&T-Politik mit bedeutenden Ereignissen	325
Tabelle 48:	Übersicht über das vierte Rahmenprogramm (1994–1998)	341
Tabelle 49:	Stärken und Schwächen der europäischen F&T-Politik	347
Tabelle 50:	Stärken und Schwächen der USA und Japan im Vergleich zur Europäischen Union	350
Tabelle 51:	Übersicht über die Ausprägungen der nationalen Innovations-systeme und der F&T-Politik Deutschlands, der USA, Japans und der Europäischen Union	351
Tabelle 52:	Systematik der verwendeten Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit	356
Tabelle 53:	Struktur der Beurteilung eines Technologiebereiches inklusive den zugehörigen Technologiefeldern in der ISI-Studie	361
Tabelle 54:	Fachgebiete und Anzahl an Innovationsvorhaben pro Fachgebiet im japanischen und deutschen Delphi-Bericht von 1993.....	362
Tabelle 55:	Fragenstruktur für den Delphi-Bericht in der ersten Runde und Ergänzung in der zweiten Runde.....	363
Tabelle 56:	Gegenüberstellung der Einschätzung von Wichtigkeit und Zeithorizont nach 16 Fachgebieten, zusammengefasst aus dem japanischen und dem deutschen Delphi-Bericht.....	365
Tabelle 57:	Themenfelder mit der korrespondierenden Anzahl an Thesen (Innovationsvorhaben) sowie der Anzahl der Antworten aus der ersten und der zweiten Runde.....	369
Tabelle 58:	Anzahl der ersten, zweiten, dritten, vierten und fünften Plätze je Themenfeld im deutschen Delphi-Bericht 1998	372
Tabelle 59:	Sieben Technologiebereiche und 27 Technologiefelder (Critical Technologies)	374
Tabelle 60:	Die Position der USA im Vergleich zu Japan und Europa zwischen 1990 und 1994.....	375
Tabelle 61:	Die fünf Komponententechnologiebereiche und sechs Systemtechnologiebereiche mit der Zuordnung der jeweiligen Technologie aus fünf Technologiestudien	378
Tabelle 62:	Gliederung der fünf Komponententechnologiebereiche in 60 Technologiefelder und der sechs Systemtechnologiebereiche in 40 Technologiefelder.....	379

Tabelle 63:	Übersicht über die Beurteilung der technologischen Position in den fünf ausgewählten Technologiestudien.....	380
Tabelle 64:	FuE-Ausgaben, FuE-Ausgaben pro Kopf in US-\$-Kaufkraftparitäten sowie das Verhältnis von FuE-Ausgaben zum BIP in Prozent ...	393
Tabelle 65:	FuE-Finanzierung nach Sektoren in Prozent	396
Tabelle 66:	FuE-Durchführung nach Sektoren in Prozent.....	398
Tabelle 67:	Prozentualer Anteil an der Finanzierung der Ausgaben der Wirtschaft zur FuE-Durchführung	399
Tabelle 68:	FuE-Beschäftigte (Wissenschaftler und Ingenieure) in den fünf großen OECD-Ländern und Anteil der FuE-Beschäftigten pro 10.000 Beschäftigte für 1971-1995	402
Tabelle 69:	Triade-Patente der fünf großen OECD-Länder in 1985 und 1994.....	409
Tabelle 70:	Anteil der jeweils relevanten Erfindungen mit internationaler Patentanmeldung an den Erfindungen des Ursprungslandes insgesamt in Prozent.....	411
Tabelle 71:	Liste der FuE-intensiven Produktgruppen nach der ISI-Terminologie, sog. „ISI-Liste“	416
Tabelle 72:	Patentkonkordanzliste mit 45 Patentgruppen mit einer Aufteilung des FuE-intensiven Bereiches in Spitzentechnik und Höherwertige Technik.....	417
Tabelle 73:	Patentintensität (Patentanmeldungen pro 1 Mio. Beschäftigte) und Relative Patentaktivität (RPA) am Europäischen Patentamt im FuE-intensiven Bereich, in der Spitzentechnik und in der Höherwertigen Technik	419
Tabelle 74:	Patentspezialisierung anhand der RPA-Werte der fünf großen OECD-Länder in der Mikroelektronik.....	422
Tabelle 75:	Patentspezialisierung anhand der RPA-Werte der fünf großen OECD-Länder in der Multimedialechnik	423
Tabelle 76:	Patentspezialisierung anhand der RPA-Werte der fünf großen OECD-Länder in der Umwelttechnik	424
Tabelle 77:	Patentspezialisierung anhand der RPA-Werte der fünf großen OECD-Länder in der Biotechnologie	424
Tabelle 78:	Übersicht über zwölf ausgewählte Technologie-Produktgruppen nach der SITC-Klassifikation mit ihrer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (DWR) des OECD-Außenhandels zwischen 1975 und 1995 in Prozent.....	440
Tabelle 79:	Ausfuhr- und Einfuhrzahlen in 1995 für Deutschland und die Gesamtheit aller OECD-Länder für zwölf Technologie-Produktgruppen, ferner für Deutschland der Saldo von Ausfuhr minus Einfuhr, der Quotient von Ausfuhr zu Einfuhr sowie die RWA-, REA-, RCA- und RHS-Werte	442

Tabelle 80:	Ausfuhr- und Einfuhrzahlen in 1995 von Japan, den USA, Frankreich und Großbritannien für zwölf Technologie-Produktgruppen, ferner der Außenhandelsaldo, der Quotient von Ausfuhr zu Einfuhr (A-E-Relation) sowie die RWA-, REA-, RCA- und RHS-Werte444
Tabelle 81:	Prozentuale Welthandelsanteile (WA), RWA- und RCA-Werte der fünf großen OECD-Länder bei FuE-intensiven Waren nach Produktgruppen 1994.....449
Tabelle 82:	RWA- und RCA-Werte der fünf großen OECD-Länder 1989 bis 1994.....450
Tabelle 83:	Prozentualer Ausfuhranteil nach Technologien von Deutschland, Japan und den USA in 1994455
Tabelle 84:	Spezialisierung Deutschlands mit RCA- und RWA-Werten für 1991 bis 1995 bzw. 1994 in ausgewählten Produktgruppen mit Substitutionsdruck aus der modernen Biotechnologie.....456
Tabelle 85:	Spezialisierung Deutschlands mit RCA- und RWA-Werten für 1991 bis 1995 bzw. 1994 in ausgewählten Produktgruppen, die von der Mikroelektronik wesentlich bestimmt sind.....458
Tabelle 86:	Prozentualer Welthandelsanteil, RWA und RCA der fünf großen OECD-Länder bei Umweltschutzgütern zwischen 1989 und 1994459
Tabelle 87:	Welthandelsspezialisierung der fünf großen OECD-Länder in den Umweltschutzgütern nach Tätigkeitsbereichen 1994.....459
Tabelle 88:	Übersicht über ausgewählte input-, output- und marktorientierte Indikatoren für die fünf großen OECD-Länder in 1985 bzw. 1989 und 1994 bzw. 1995462
Tabelle 89:	Das weltweite Angebot an Datenbanken im Bereich von Naturwissenschaft, Technik und Patente nach Datenbanktyp.....490
Tabelle 90:	Übersicht über die vom Bund geförderten wissenschaftlich-technischen Fachinformationseinrichtungen und die Anzahl ihrer angebotenen Datenbanken491

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gedankenflussplan der Arbeit.....	33
Abbildung 2:	Gedankenflussplan von Kapitel B.	36
Abbildung 3:	Technologielebenszyklus, verdeutlicht am Beispiel einzelner Technologiegebiete der Mikrosystemtechnik	46
Abbildung 4:	Gliederung von Schlüsseltechnologien in fünf Komponententechnologiebereiche und sechs Systemtechnologiebereiche.....	48
Abbildung 5:	Wechselverhältnis von Wirtschaft und Technik	50
Abbildung 6:	Grundlegende und aktuelle Ansätze der ökonomischen Theorien, die sich mit dem Wirkungsverbund von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum beschäftigen.....	51
Abbildung 7:	Determinanten des Wirtschaftswachstums in der Neoklassik	55
Abbildung 8:	Die vier Kondratieff-Wellen, ergänzt um eine fiktive fünfte Welle.....	67
Abbildung 9:	Bestimmungsgrößen inter- und intrasektoraler Innovationsmuster.....	79
Abbildung 10:	Porters Trapez bzw. „Diamant“ mit den vier Einflussfaktoren des nationalen Wettbewerbsvorteils, ergänzt zum Gesamtsystem um den „Zufall“ und den „Staat“	94
Abbildung 11:	Gedankenflussplan von Kapitel C.	118
Abbildung 12:	Einordnung der F&T-Politik unter die Wirtschaftspolitik.....	124
Abbildung 13:	Einordnung der F&T-Politik unter die sektorale Strukturpolitik.....	126
Abbildung 14:	Übersicht über verschiedene Arten von Marktversagen und deren Eigenschaften.....	129
Abbildung 15:	Einteilung von Fördermaßnahmen in unmittelbare und mittelbare Maßnahmen	139
Abbildung 16:	Sechs ausgewählte forschungsrelevante Rahmenbedingungen.....	149
Abbildung 17:	Gedankenflussplan von Abschnitt C.III.....	169
Abbildung 18:	Entwicklung der gesamten FuE-Ausgaben pro Kopf zu den FuE-Ausgaben in % des BIP der Bundesrepublik Deutschland seit 1963 ...	170
Abbildung 19:	Das nationale Innovationssystem Deutschlands	171
Abbildung 20:	Strukturen finanzieller deutscher Forschungsförderung als vereinfachtes Schema	172
Abbildung 21:	Wissenschaftsausgaben (Grundmittel) von Bund und Ländern seit 1981.....	175
Abbildung 22:	Etat von sechs Forschungsförderungseinrichtungen ohne DFG und Eigenmittel der AiF in 1996/97	178

Abbildung 23: FuE-Ausgaben Deutschlands nach finanzierenden und durchführenden Sektoren 1995 in Mrd. DM.....	187
Abbildung 24: FuE-Ausgaben des Bundes für Grundlagenforschung als Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes für 1981 bis 1992	198
Abbildung 25: Übersicht über direkte und indirekte Fördermaßnahmen in Deutschland	200
Abbildung 26: Forschungsförderung des Bundes für kleine und mittlere Unternehmen im Vergleich zu den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes für die Jahre 1974 bis 1997	207
Abbildung 27: Maßnahmen der Bundesregierung zur Förderung der Wirtschaft in den neuen Ländern	211
Abbildung 28: Gedankenflussplan von Kapitel D.	232
Abbildung 29: Einige bedeutende Ereignisse bei der Entwicklung des nationalen Innovationssystems.....	235
Abbildung 30: Die staatliche Forschungs- und Technologieförderung in den USA, ohne die Regierungen der Bundesstaaten und Gemeinden	242
Abbildung 31: Verteilung der F&T-Förderung des Bundes nach Ministerien und Behörden in 1997	244
Abbildung 32: Entwicklung der FuE-Ausgaben nach finanzierenden Sektoren in Mrd. US-\$ in laufenden Werten für die Jahre 1960 bis 1997	248
Abbildung 33: Anteil an der FuE-Finanzierung nach finanzierenden Sektoren zwischen 1960 und 1997	250
Abbildung 34: Die bundesstaatliche F&T-Förderung nach verschiedenen Aufgabenbereichen.....	256
Abbildung 35: Übersicht über Cross Cutting Initiativen mit ihrem Budget in Mio. US-\$ in 1996	263
Abbildung 36: Übersicht über die staatlichen Akteure im japanischen NIS 1997.....	286
Abbildung 37: Anteil an den gesamten staatlichen FuE-Ausgaben in 1997.....	288
Abbildung 38: Die Visionen des MITI für die industrielle Entwicklung seit 1960	307
Abbildung 39: Die wichtigsten Organe der Europäischen Union.....	334
Abbildung 40: Entstehung eines Rahmenprogramms der EU im Zeitablauf	337
Abbildung 41: Übersicht über die Förderung im Jahre 1982 sowie über die vier Rahmenprogramme nach Förderschwerpunkten.....	339
Abbildung 42: Gedankenflussplan von Kapitel E.....	355
Abbildung 43: Die neun Technologiebereiche und die Anzahl der behandelten Technologiefelder sowie Einordnung der 17 Relevanzkriterien, aufgeteilt in „Rahmenbedingungen“ und „Lösungsbeiträge“	359
Abbildung 44: Standardisiertes Schema zur Einordnung des Entwicklungsstandes der einzelnen Technologiefelder in acht Phasen.....	360
Abbildung 45: Vergleich des Standes bei Forschung und Entwicklung zwischen Deutschland, Japan und den USA im deutschen Delphi-Bericht 1993.....	364

Abbildung 46: Ausschnitt aus dem Fragebogen der zweiten deutschen Delphi-Befragung	369
Abbildung 47: Stand Deutschlands bei Forschung und Entwicklung aus Sicht deutscher Fachleute in den zwölf Themenfeldern.....	371
Abbildung 48: FuE-Ausgaben in Mio. US-\$ zu FuE-Ausgaben pro Kopf der fünf großen OECD-Länder für die Jahre 1981, 1985, 1990 und 1995	394
Abbildung 49: FuE-Ausgaben pro Kopf in US-\$ und Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP in Prozent für die Jahre 1985, 1990 und 1995	395
Abbildung 50: Verhältnis des Anteils der Wirtschaft an der FuE-Finanzierung zum Anteil des Staates an der FuE-Finanzierung in Prozent für die Jahre 1985, 1990 und 1995.....	396
Abbildung 51: Verhältnis des Anteils der Wirtschaft (inklusive private gemeinnützige Einrichtungen) an der FuE-Durchführung zum Anteil der Hochschulen und staatlichen FuE-Einrichtungen an der FuE-Durchführung in Prozent für die Jahre 1985 und 1995	399
Abbildung 52: Prozentuale Verteilung der FuE-Ausgaben nach Art der Forschungstätigkeit	400
Abbildung 53: Absolute Triade-Patentanmeldungen zu Triade-Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner für die Jahre 1985 und 1994.....	409
Abbildung 54: Triade-Patentintensität (Triade-Patente pro 1 Mio. Beschäftigte) von 1980 bis 1994	410
Abbildung 55: Patenterteilungen in den USA zwischen 1980 und 1995 nach Herkunftsländern	412
Abbildung 56: RPA-Werte in der Spitzentechnik zu RPA-Werten in der Höherwertigen Technik für 1985 und 1994.....	420
Abbildung 57: Mittelwert der RPA-Werte zwischen 1991 und 1994 in der Mikroelektronik, Multimediatechnik, Umwelttechnik und Biotechnologie ..	421
Abbildung 58: Mittlere jährliche Wachstumsrate des Patentaufkommens Deutschlands zu mittlerer jährlicher weltweiter Wachstumsrate des Patentaufkommens in den Jahren 1989 bis 1994 in Prozent.....	425
Abbildung 59: Patente und Lizenzen in den Zahlungsbilanzen in Mrd. US-\$ für die Jahre 1986, 1990 und 1996.....	427
Abbildung 60: Welthandelsanteil bei den Verarbeiteten Industriewaren der fünf großen OECD-Länder in 1989 und 1994.....	431
Abbildung 61: Portfolio Deutschlands der zwölf Technologie-Produktgruppen mit der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (DWR) des OECD-Außenhandels zwischen 1975 und 1995 sowie dem Relativen Handelssaldo (RHS) für 1995	443
Abbildung 62: Portfolio Japans der zwölf Technologie-Produktgruppen mit der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (DWR) des OECD-Außenhandels zwischen 1975 und 1995 und dem Relativen Handelssaldo (RHS) für 1995.....	445

Abbildung 63: Portfolio der zwölf Technologie-Produktgruppen der USA mit der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (DWR) des OECD-Außenhandels zwischen 1975 und 1995 und dem Relativen Handelssaldo (RHS) für 1995.....	446
Abbildung 64: RWA-Werte der Spitzentechnik und der Höherwertigen Technik für die fünf großen OECD-Länder in 1989 und 1994.....	452
Abbildung 65: RCA-Werte der Spitzentechnik und der Höherwertigen Technik für die fünf großen OECD-Länder in 1989 und 1994, für Deutschland zudem mit dem ersten Wert nach der Wiedervereinigung aus 1991	453
Abbildung 66: Gedankenflussplan von Kapitel F.....	467
Abbildung 67: Die Beteiligten an der Entwicklung einer nationalen Technologie-strategie und beispielhafter Input.....	474
Abbildung 68: Grundkonzept des Promotorenmodells und die jeweiligen Beiträge der Promotoren zum Innovationsprozess.....	480
Abbildung 69: Schematische Darstellung der Verantwortung für den gesamten Technologielebenszyklus von Technologien	481
Abbildung 70: Übersicht über die verschiedenen Formen elektronischer Medien	489
Abbildung 71: Überblick über die sechs Teilsysteme eines Technologie-Informationssystems	497
Abbildung 72: Vorschlag einer Menüstruktur für ein Technologie-Infor-mationssystem.....	499

Abkürzungsverzeichnis

AbZ	Arbeitsmaschinen für besondere Zwecke
ADV	Allgemeine Datenverarbeitung
AiF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“
AIST	Agency of Industrial Science and Technology
ARD	American Research and Development Corporation
ATP	Advance Technology Program
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
BIA	Bruttoinlandsausgaben
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BJTU	Beteiligungskapital für junge Technologieunternehmen
BLE	Blaue-Liste-Einrichtung
BLK	Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung
BM	Bundesministerium
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
BMBW	Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft
BMFT	Bundesministeriums für Forschung und Technologie
BMVg	Bundesministeriums der Verteidigung
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft
BRITE/EURAM	Basic Research in Industrial Technology for Europe / European Research on Advanced Materials
BW-Studie	Aufbruch aus der Krise: Bericht der Zukunftskommission Wirtschaft 2000
CAD/CAM	Computer Aided Design / Computer Aided Manufacturing
CEA	Council of Economic Advisers
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire
CIM	Computer Integrated Manufacturing
COST	Coopération Européen dans le Domaine de la Recherche Scientifique et Technique
CRADA	Cooperative Research and Development Agreement
CREST	Comité de la Recherche Scientifique et Technique
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency

DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DG	Direction général
DIHT	Deutscher Industrie- und Handelstag
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DOC	Department of Commerce
DOD	Department of Defense
DOE	Department of Energy
DRAM	Dynamic Random Access Memory
DV	Datenverarbeitung
DWR	Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate
EASDAQ	The European Association of Securities and Dealers Automated Quotation
EEA	Einheitliche Europäische Akte
EG	Europäische Gemeinschaft
EGKS	Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl
EM	Elektrische Maschinen
EP	Europäisches Parlament
ERC	Engineering Research Center
ESA	European Space Agency
Esprit	European Strategic Programme for Research and Development in Information Technologies
EU	Europäische Union
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
EUREKA	European Research Co-ordination Agency
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
F&T	Forschung und Technologie
F+U	Feinmechanik, Optik und Uhren
FAST	Forecasting and Assessment in Science Technology
FAZ	Frankfurter Allgemeine Zeitung
FB	Förderbereich
FFRDC	Federally Funded Research and Development Center
FhG	Fraunhofer-Gesellschaft
FIZ	Fachinformationszentrum
FTE	Forschung und technologische Entwicklung
FTI-Rat	Rat für Forschung, Technologie und Innovation
FuE	Forschung und Entwicklung
GFE	Großforschungseinrichtungen
GG	Grundgesetz
GFS	Gemeinsame Forschungsstelle

GMD	Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung
HDTV	High Definition Television
HHS	Department of Health and Human Services
HSP	Hochschulsonderprogramm
IC	Integrated Circuit
IfG	Institutionen für Gemeinschaftsforschung
IHK	Industrie- und Handelskammer
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IRI	Industrial Research Institutes
ISI	Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung
ISDN	Integrated Services Digital Networks
ISS	International Space Station
ISSI	Innovationssystem der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation
ITER	International Themonuclear Experimental Reactor
luKDG	Informations- und Kommunikationsdienste-Gesetz
IW	Institut der deutschen Wirtschaft
JESSI	Joint European Submicron Initiative
JET	Joint European Torus
JICST	Japan Information Center of Science and Technology
JITA	Japan Industrial Technology Association
JPC	Japanese Development Bank
JRDC	Japan Research and Development Corporation
JRV	Joint Research Ventures
JSBC	Japan Small Business Corporation
JSPS	Japan Society for Promotion of Science
JTU	Junge technologieorientierte Unternehmen
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
M+P	Mess- und Prüfinstrumente
MAFF	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
MBM	Metallbearbeitungsmaschinen
MEP	Manufacturing Extension Program
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MITI	Ministry of International Trade and Industry
MPG	Max-Planck-Gesellschaft
MPT	Ministry of Posts and Telecommunications
MTC	Manufacturing Technology Center

NACSIS	National Center for Science Information Systems
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NASDAQ	The National Association of Securities and Dealers Automated Quotation
NHI	National Institutes of Health
NII	National Information Infrastructure
NIS	Nationales Innovation System
NIST	National Institute of Standards and Technology
NSB	National Science Board
NSDAP	Nationalsozialistische Deutsche Arbeiter-Partei
NSF	National Science Foundation
NSTC	National Science and Technology Council
NT	Geräte für Nachrichtentechnik
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OSTP	Office of Science and Technology Policy
OTP	Office of Technology Policy
PC	Personal Computer
PCAST	President's Committee of Advisers on Science and Technology
PERT	Program Evaluation Review Technique
PREST	Politique de la Recherche Scientifique et Technique
R&D	Research and Development
RACE	Research and Development in Advanced Communication in Europe
RCA	Revealed Comparative Advantage
REA	Relativer Einfuhranteil
RHS	Relativer Handelssaldo
RP	Rahmenprogramm
RPA	Relative Patentaktivität
RWA	Relativer Welthandelsanteil
SBA	Small Business Administration
SBIC	Small Business Investment Company Act
SBIR	Small Business Innovation Research Program
SDI	Strategic Defense Initiative
SEMI	Semiconductor Equipment and Materials International
SFZ	Straßenfahrzeuge
SITC	Standard International Trade Classification
SMEA	Small and Medium Enterprises Agency
SRAM	Static Random Access Memory
STA	Science and Technology Agency

STC	Science and Technology Center
STN	The Scientific and Technical Information Network
TGZ	Technologie- und Gründerzentren
TIS	Technologie-Informationssystem
TOU	Förderung technologieorientierter Unternehmensgründungen
TRP	Technology Reinvestment Program
USDA	U.S. Department of Agriculture
VCI	Verband der Chemischen Industrie
VCM	Venture Capital Market
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
VLSI	Very Large Scale Integrated Circuits
WA	Absoluter Welthandelsanteil
WWW	World-Wide-Web
WZ	Wirtschaftszweig
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung
ZFO	FuE-Personalzuwachsförderung
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

A. Herausforderungen an die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands

Am Ende des 20. Jahrhunderts vollzieht sich ein Wandel von der Industriegesellschaft zur Informationsgesellschaft. Die damit einhergehenden Veränderungen wirken auf jeden Einzelnen, jedes Unternehmen und jede Nation. Um bei diesem Prozess auf der Gewinnerseite zu stehen, bedarf es einer kontinuierlichen Anpassung an die sich ändernden Bedingungen und eines schnellen Lernens. Für Thurow (1996, S. 8–10) kommt es maßgeblich darauf an, dabei die Bewegungen von fünf ökonomischen „tektonischen Platten“ zu verstehen:

- Mit dem *Ende des Kommunismus* werden mehr als ein Drittel der Weltbevölkerung am Kapitalismus teilnehmen und dabei ihre eigenen Maßstäbe von Erfolg und Misserfolg mit einbringen.
- Es wird *eine bisher nicht dagewesene demographische* Struktur geben, denn die Weltbevölkerung wächst in ihrer Anzahl, bewegt sich und wird älter.
- Es gibt eine *Ära ohne dominierende ökonomische, politische oder militärische Macht*.
- In einer *globalen Wirtschaft* werden Nationen unbedeutender, regionale Handelsblöcke wichtiger und die Vernetzung intensiver sein.
- Der technische Fortschritt führt zu einer *Ära, in der wissensbasierte Wirtschaftszweige dominieren*, die von Menschen geschaffen werden und geographisch frei sind.

Im Zuge dieser Veränderungen wird sich auch die Rolle der Nationen verändern. Reich (1992) sieht beispielsweise ein Ende der Nationen, da multinationale Unternehmen die nationalen Grenzen obsolet werden lassen. Den mit dem Wandel zur Informationsgesellschaft verbundenen Herausforderungen muss sich Deutschland stellen.

I. Herausforderungen

Der Wandel zur Informationsgesellschaft geht einher mit einer Zunahme des internationalen Handels und einem schneller werdenden technischen Fortschritt.

Die *Globalisierung* führt zu einer *Intensivierung des internationalen Waren- und Kapitalverkehrs*. Laut OECD (1998, S. 3) hat der Warenhandel der OECD-Länder von 1.300 Billionen US-\$ in 1985 auf 3.631 Billionen US-\$ in 1996 zu-

genommen. Der Handel mit Dienstleistungen stieg im gleichen Zeitraum sogar um mehr als das Dreifache auf 952 Billionen US-\$ an. Neben den Triade-Regionen USA, Japan und Europa (Ohmae 1986) etablieren sich mit den „vier kleinen Tigern“ Südkorea, Hongkong, Taiwan und Singapur sowie mit den zentral- und osteuropäischen Ländern neue Wettbewerber auf den Märkten.

Das Tempo des *technischen Fortschritts* nimmt zu. Beispielsweise kommen fast alle zwei Jahre Mikroprozessoren mit mindestens einer doppelten Geschwindigkeit auf den Markt. Der Pentium-Pro-Prozessor von Intel aus dem Jahre 1995 war 125mal schneller als der 80.286 Prozessor vom aus dem Jahre 1982 – gemessen in Mio. Befehle pro Sekunde (NSB 1998, S. 8-5). Konnte ein IBM PC 1981 ca. 0,25 Mio. Befehle pro Sekunde verarbeiten, so schaffte der Intel Pentium Micro 1994 schon 66 Mio. Befehle pro Sekunde. Die Preise fallen dementsprechend. Der Preis je 1 Mio. Befehle pro Sekunde sank von 12.000 US-\$ in 1981 auf 3.000 US-\$ in 1994. Neben dem Tempo des technischen Fortschritts gibt es auch einen starken Trend zur Überlappung verschiedener, bisher getrennter Technologiebereiche, wie z. B. von Mechanik und Elektronik zur Mechatronik in den 1980er Jahren (Grupp 1996, S. 3–4).

Der technische Fortschritt und das wirtschaftliche Wachstum sowie der gesellschaftliche Wandel müssen zusammen betrachtet werden, betrachtet werden, denn sie stehen in einem engen *Wirkungsverband* (Müller-Merbach 1988a, S. 6). Dieser Wirkungsverband bildet eine zentrale Grundlage dieser Arbeit. Ihn zur Wohlstandsmehrung zu gestalten, ist eine der Herausforderungen für Deutschland. Aber wie ist Deutschland auf die kommenden Aufgaben vorbereitet?

Deutschland erreichte 1997 in internationalen Studien zur Wettbewerbsfähigkeit nur noch mittelmäßige Platzierungen mit Platz 14 im World Competitiveness Report (IMD 1997, S. 19) und Platz 25 im Global Competitiveness Report (World Economic Forum 1997, S. 7). Auf Schwächen der technologischen Wettbewerbsfähigkeit wurde seit längerem schon hingewiesen (u. a. Nussbaum 1984, Schmietow 1987, Vogel 1996). Der *technologisch-organisatorische Rückstand Deutschlands* (Müller-Merbach 1994) bildet in dieser Arbeit einen weiteren zentralen Ausgangspunkt.

Eine besondere Bedeutung für die Überwindung des technologisch-organisatorischen Rückstands wird hier der staatlichen Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) beigemessen. Die F&T-Politik hat in mehrfacher Hinsicht eine entscheidende Rolle für die Position Deutschlands im technologischen Wettlauf, u. a. durch die Gestaltung von Programmen zur Förderung von Forschung und Technologie und die gezielte Beeinflussung forschungsrelevanter Rahmenbedingungen.

Die F&T-Politik und ihr Einfluss auf die technologische Wettbewerbsfähigkeit sollen in dieser Arbeit untersucht werden. Deutschland wird dabei den USA und Japan als wichtigste Konkurrenten gegenübergestellt.

II. Aufbau des Buches

In Anknüpfung an die skizzierten Herausforderungen werden in diesem Buch die F&T-Politik sowie die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in sechs weiteren Kapiteln analysiert (Gedankenflussplan in Abb. 1).

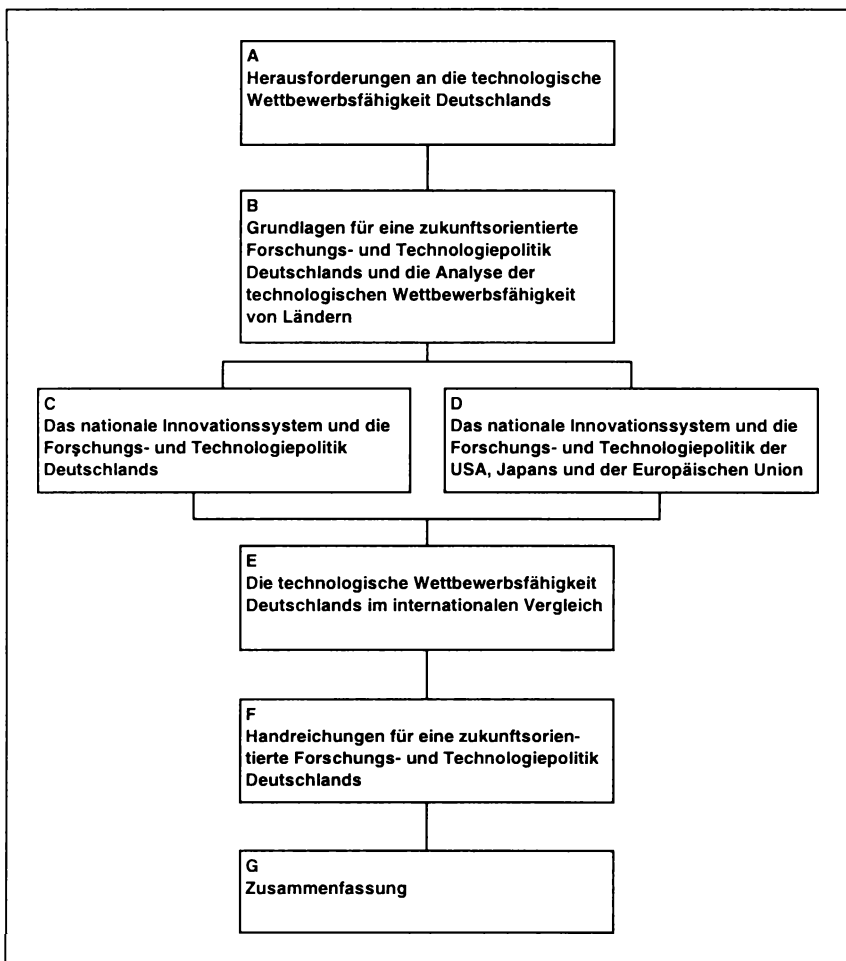


Abbildung 1: Gedankenflussplan der Arbeit

Zunächst sollen die *Grundlagen für eine zukunftsorientierte F&T-Politik* und für die *Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit* Gegenstand der Untersuchung sein (Kapitel B). Von zentraler Bedeutung ist dabei der Wirkungsverband von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum. Dieser spiegelt sich in makroökonomischen und innovationsökonomischen Ansätzen – insbesondere in denen der sog. nationalen Innovationssysteme – sowie in den Außenhandelstheorien wider.

Das *nationale Innovationssystem* und die *F&T-Politik* haben einen maßgeblichen Einfluss auf den technischen Fortschritt und das wirtschaftliche Wachstum in *Deutschland* (Kapitel C). Auf Basis der Grundlagen der F&T-Politik werden die Entwicklungen des nationalen Innovationssystems und der F&T-Politik nachgezeichnet. Die Schwerpunkte der F&T-Politik und das Instrumentarium der direkten und indirekten Förderung werden detailliert für die 1990er Jahre diskutiert.

Mit der Analyse der *nationalen Innovationssysteme* und *F&T-Politik der USA und Japans* sollen die wichtigsten Wettbewerberländer Deutschland gegenübergestellt werden (Kapitel D). Aufgrund ihrer Bedeutung wird auch die F&T-Politik der *Europäischen Union* (EU) in die Betrachtung eingeschlossen. Die spezifischen Schwerpunkte in der F&T-Politik der jeweiligen Länder und der EU werden dabei konkretisiert.

Die *technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands* wird im Vergleich zu den USA und Japan sowie auch zu Frankreich und Großbritannien analysiert (Kapitel E). Diese Positionsbestimmung umfasst zwei Betrachtungsweisen: Zum einen werden bedeutende Technologiestudien beleuchtet. Zum anderen wird eine statistische Analyse mittels input-, output- und marktorientierter Indikatoren vorgenommen.

Aufbauend auf den Analysen werden einige *Handreichungen für eine zukunftsorientierte F&T-Politik* abgeleitet (Kapitel F). Die vorgeschlagenen Maßnahmen zielen auf eine zukunftsorientierte F&T-Politik, die die Spezifika des nationalen Innovationssystems Deutschlands berücksichtigt.

Zum Abschluss werden die Ergebnisse *zusammengefasst* (Kapitel G.). Der nationalen F&T-Politik Deutschlands wird dabei eine bedeutende Rolle zur Sicherung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit zugeschrieben.

B. Grundlagen für eine zukunftsorientierte Forschungs- und Technologiepolitik und die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit von Ländern

Kompetenz in Schlüsseltechnologien ist eine wichtige Voraussetzung zur Sicherung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit eines Landes. Mit Bezug zu Adam Smith heben u. a. Ayres (1988), Rosenberg et al. (1992) sowie Foray und Freeman (1993) die zentrale Bedeutung von Technologien für den Wohlstand eines Landes hervor, indem sie ihre Publikationen „*Technology and the Wealth of Nations*“ nennen. Der Staat zielt mit seiner Forschungs- und Technologiepolitik auf die Schaffung von Kompetenz in Schlüsseltechnologien und auf die Stärkung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit. Die Forschungs- und Technologiepolitik und die technologische Wettbewerbsfähigkeit eines Landes lassen sich in vielerlei Punkten analysieren, u. a. anhand der Forschungsstruktur und -programme (Kapitel C und D) und anhand des wirtschaftlichen Erfolgs (Kapitel E). Für diese Analysen ist es von Bedeutung, die Grundlagen des Innovationsprozesses, den Wirkungsverbund von technischem Fortschritt, wirtschaftlichem Wachstum und gesellschaftlichem Wandel sowie die Ansätze der Außenhandelstheorie zu erläutern (Gedankenflussplan in Abb. 2).

Zentrale Grundlage ist der *Innovationsprozess*, der sowohl Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten als auch die Anwendung neuen technischen Wissens umfasst (Abschnitt B.I.). Möglichkeiten, den Innovationsprozess konkret zu beeinflussen, hat der Staat u. a. durch die Förderung von *Forschung und Entwicklung* (FuE). Die FuE-Aktivitäten werden im Allgemeinen vereinfacht in die drei Phasen der Grundlagenforschung, der angewandten Forschung und der Entwicklung eingeteilt (Abschnitt B.I.1.). In der Forschung und Entwicklung geht es um die Generierung und technische Umsetzung neuen technischen Wissens, das aus Forschungsanstrengungen in alten oder neuen Technologien erwächst. Dieses technische Wissen wird für die Erstellung und wirtschaftliche Verwertung neuer bzw. verbesserter Produkte oder Verfahren verwendet, d. h., es entstehen *Innovationen* (Abschnitt B.I.2.). Für erfolgreiche Innovationsaktivitäten von Unternehmen und für die Sicherung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit eines Landes kommt es auf die Kompetenz in den wettbewerbsrelevanten Schlüsseltechnologien an. Mit der Förderung von Technologien nimmt der Staat Einfluss auf die Forschungsaktivitäten der Unternehmen, wobei es für die Gestaltung der Förderprogramme der Kenntnis über die unterschiedlichen Merkmale von *Technologien* bedarf (Abschnitt B.I.3.).

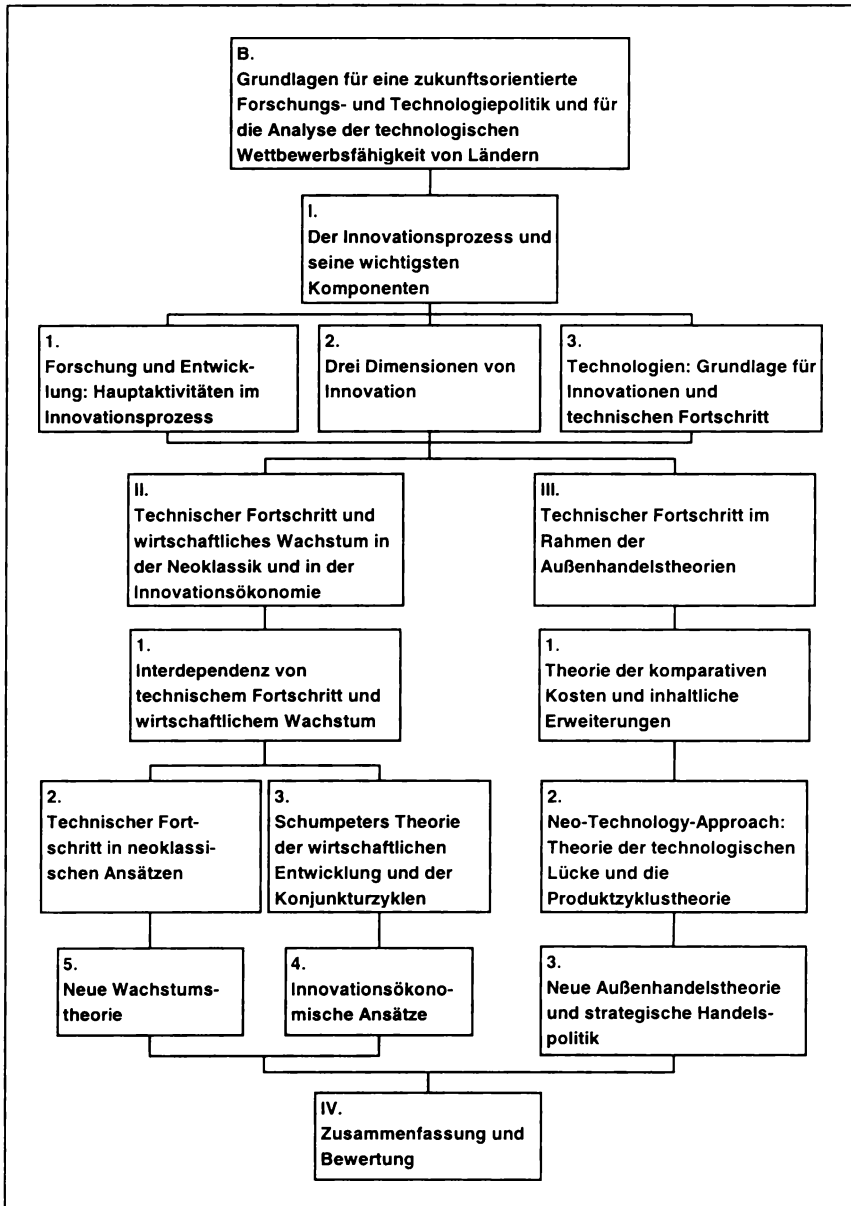


Abbildung 2: Gedankenflussplan von Kapitel B.

Im Innovationsprozess treffen wirtschaftliche und technische Sichtweisen zusammen. Ein neues bzw. verbessertes Produkt oder Verfahren basiert einerseits auf technischem Wissen, andererseits muss es aber auch den Bedürfnissen des

Marktes gerecht werden. Dieser Wirkungsverbund steht im Mittelpunkt vieler ökonomischer Arbeiten, denn *technischer Fortschritt* und *wirtschaftliches Wachstum* beeinflussen sich gegenseitig (Abschnitt B.II.), wie es u. a. bereits von Gottl-Ottlilienfeld (1923) hervorgehoben wurde. Die *Interdependenz von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum* wird daran anknüpfend näher untersucht (Abschnitt B.II.1.). Erste systematische Analysen dieses Wirkungsverbundes erstellten die *Neoklassiker* (Abschnitt B.II.2.). Ihren Modellen widersprach zu Beginn dieses Jahrhunderts vor allem *Schumpeter* mit seiner „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ (Abschnitt B.II.3.). In der sog. *Innovationsökonomie* werden Schumpeters Ideen aufgegriffen und in behavioristischen Innovationsmodellen sowie in institutionell-historischen Modellen ausgeweitet (Abschnitt B.II.4.). In der Tradition der Neoklassiker, aber stark beeinflusst von den Innovationsökonomern, steht die *neue Wachstumstheorie* (Abschnitt B.II.5.).

Neben dem Wirkungsverbund ist auch die Beziehung zwischen Technologie bzw. technologischen Gütern und Außenhandel von Bedeutung. Inwieweit beeinflussen aber Schlüsseltechnologien den Außenhandelserfolg und damit den Wohlstand eines Landes? Diese Frage ist Gegenstand der *Außenhandelstheorien* (Abschnitt B.III.). Die auf komparativen Kosten aufbauenden Theorien von Ricardo und deren Erweiterung zum Faktorproportionentheorem nach Heckscher und Ohlin (Abschnitt B.III.1.), die Theorie der technologischen Lücke und die Produktzyklustheorie (Abschnitt B.III.2.) sowie die neue Außenhandelstheorie mit der strategischen Handelspolitik (Abschnitt B.III.3.) werden näher betrachtet.

Die Inhalte und Ergebnisse werden abschließend zusammengefasst und bewertet (Abschnitt B.IV.).

I. Der Innovationsprozess und seine wichtigsten Komponenten

Der Innovationsprozess kann aus verschiedenen Sichtweisen betrachtet werden, aus einer ökonomischen, einer technischen oder einer soziologischen. Dabei können unterschiedliche Fragestellungen im Vordergrund stehen, derweil im Folgenden die ökonomische Sichtweise mit der Frage nach Ursache und ökonomischer Bedeutung von Innovationen näher betrachtet sei. Der Innovationsprozess lässt sich sowohl *grob* als auch *fein* abstufen, wobei aus den einzelnen Aktivitäten unterschiedliche *Ergebnisse* hervorgehen (Tab. 1). Grundlage für das Entstehen von Innovationen sind im Besonderen *Technologien*.

Der Innovationsprozess wird häufig in die drei Phasen der *Invention*, *Innovation* und *Diffusion* gegliedert (Gliederung z. B. von Hemmersbach 1993, S. 13; Brockhoff 1994, S. 30):

Tabelle 1
Einteilungen und Ergebnisarten des Innovationsprozesses

Innovationsprozess					
Grobe Einteilung	Invention		Innovation	Diffusion	
	Forschung		Entwicklung	Anwendung	
Feine Einteilung	Grundlagenforschung	Angewandte Forschung	Industrielle Entwicklung	Produktion	Diffusion (Adaption o. Imitation)
Ergebnisart	Neue wissenschaftliche Erkenntnisse	Neue entwicklungsreife Erkenntnisse	Technischer, anwendungsreifer Prototyp	Technische Änderung bzw. Umstellung	

Quelle: Greferman et al. (1974, S. 5), Uhlmann (1978, S. 45), Brose (1982, S. 44), Gerjets (1982, S. 16–17), Hemmersbach (1993, S. 12)

- *Invention* umfasst alle Aktivitäten der Forschung und der Entwicklung. Zur Forschung zählen zum einen alle Aktivitäten der *Grundlagenforschung* mit der Generierung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse und zum anderen alle Aktivitäten der *angewandten Forschung* mit der Gewinnung neuer entwicklungsreifer Erkenntnisse (Abschnitt B.I.1.). Gemäß Uhlmann (1978, S. 43) handelt es sich in dieser Phase um einen Zuwachs an neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen, d. h., es entstehen neues Wissen über naturwissenschaftliche Zusammenhänge sowie neue entwicklungsreife Erkenntnisse. Dabei können entwicklungsreife Erkenntnisse auch ohne Wissen über sämtliche wissenschaftliche Grundlagen gewonnen werden, denn die Kenntnis, „*dass etwas geht*“, kann wichtiger sein als das Wissen darüber, „*warum etwas geht*“. In der Phase der industriellen Entwicklung werden nach Uhlmann (1978, S. 43–44) technische bzw. anwendungsreife Prototypen entwickelt. Der *technische Prototyp* ist ein eventuell verkleinertes Grundmodell, das die wesentlichen Merkmale des geplanten Produktes bzw. der Versuchsproduktion nach einem neuen Produktionsverfahren aufweist. Der *anwendungsreife Prototyp* erfordert im Vergleich zum technischen Prototyp zusätzlich auch ein an den Anwenderbedürfnissen orientiertes Design. In ähnlicher Weise definiert Freeman (1982a, S. 7): „*Invention is an idea, a sketch or model for a new or improved device, product, process or system.*“
- In der Phase der *Innovation* – nach Gerjets (1982, S. 16–17) und Brockhoff (1994, S. 30) handelt es sich um Innovation im engeren Sinne – werden Produkte oder Verfahren erneuert, d. h., es kommt zur Anwendung neuen technischen Wissens, das sowohl auf alten als auch auf neuen Technologien basieren kann (Abschnitt B.I.2.). Mit den technischen Änderungen und Umstellungen kommt es dann zu technischem Fortschritt (vgl. Abschnitt B.II.1).
- Der technische Fortschritt wird unterstützt durch die *Diffusion* als dritte Phase, in der die Neuerungen adaptiert bzw. imitiert werden. Freeman (1982a, S. 7) formuliert es vereinfacht:

„*An innovation in the economic sense is accomplished only with the first commercial transaction involving the new product, process, system, or device, although the word is used also to describe the whole process.*“

Innovationen entstehen vor allem aufgrund von Forschungsaktivitäten in neuen und alten *Technologien*. Technologien haben zahlreiche verschiedene Merkmale: Sie können z. B. eine strategische Bedeutung sowohl für ein Land als auch für einzelne Unternehmen haben, sie haben entweder eine kleine oder große Anwendungsbreite sowie ein kleines oder großes Einsatzgebiet, und sie gibt es auf unterschiedlichen Hierarchiestufen (Abschnitt B.I.3.).

1. Forschung und Entwicklung: Hauptaktivitäten im Innovationsprozess

Eine der wesentlichen Grundlagen für den technischen Fortschritt sind Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE) in Unternehmen, staatlichen Forschungseinrichtungen und Hochschulen. In der staatlichen Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) wird daher u. a. ein Schwerpunkt auf die gezielte Förderung von FuE-Aktivitäten (vgl. Abschnitt C.I.) gelegt. Für eine differenzierte Förderung durch staatliche Ministerien sowie eine Beurteilung der FuE-Aktivitäten einzelner Länder bieten sich zahlreiche Klassifikationen von Forschung und Entwicklung an. In einigen Klassifikationen – vor allem im allgemeinen Sprachgebrauch – werden die beiden Begriffe Forschung und Entwicklung *nicht von einander unterschieden*, in anderen hingegen werden sie anhand verschiedener Kriterien *einzelndefiniert*. Beide Typen von Klassifikationen sind sowohl für die staatliche F&T-Politik als auch die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit von Ländern relevant.

Nicht unterschieden werden Forschung und Entwicklung insbesondere in der betriebswirtschaftlichen Literatur. FuE wird z. B. verstanden als „eine Kombination von Produktionsfaktoren, die die Gewinnung neuen Wissens ermöglichen soll“ (Brockhoff 1994, S. 35), oder als „alle geplanten und systematischen Tätigkeiten, die mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden den Erwerb neuer Kenntnisse ... und /oder die erstmalige Anwendung dieser Kenntnisse anstreben“ (Kern und Schröder 1977, S. 16). Aufgrund der schwierigen Unterscheidung der einzelnen Aktivitäten auf Unternehmensebene ist eine derartige Auffassung von FuE für die betriebliche Praxis sinnvoll.

Forschung und Entwicklung werden in Anlehnung an die international übliche Klassifikation der OECD auch als zwei *eigenständige Begriffe* verwendet. Im Allgemeinen unterscheidet die OECD (1994, S. 29) zwischen *Grundlagenforschung* – oftmals noch untergliedert in *reine* und in *anwendungsorientierte Grundlagenforschung* –, *angewandter Forschung* sowie *Entwicklung*:

- „Basic research is experimental or theoretical work undertaken primarily to acquire new knowledge of the underlying foundation of phenomena and observable facts, without any particular application or use in view.“

- „*Applied research is also original investigation undertaken in order to acquire new knowledge. It is, however, directed primarily towards a specific practical aim or objective.*“
- „*Experimental development is systematic work, drawing on existing knowledge gained from research and/or practical experience, that is directed to producing new materials, products or devices, to installing new processes, systems and services, or to improving substantially those already produced or installed.*“

Diese Klassifikation der OECD weist für Brockhoff (1994, S. 37) die Schwierigkeiten der uneinheitlichen Begriffsverwendung, der unscharfen Abgrenzung und des fließenden Übergangs zwischen den einzelnen Teilbereichen auf. Zum einen sei die Grundlagenforschung oftmals *zweckfreie* Forschung, und der Begriff der Entwicklung werde ohne den Zusatz „experimentell“ verwendet. Zum anderen sei der Übergang zwischen der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung meist fließend. Daher unterteilt man die Grundlagenforschung weiter, so die OECD (1994, S. 69), in reine Grundlagenforschung und anwendungsorientierte Grundlagenforschung; Mittelstraß (1992) spricht nicht von angewandter Forschung, sondern produktorientierter Anwendungsforschung:

- „*Pure basic research which is carried out of the advancement of knowledge, without working for long-term economic or social benefits and with no positive efforts being made to apply the results to practical problems or to transfer the results to sectors responsible for its application.*“
- „*Oriented basic research which is carried out with the expectation that it will produce a broad base of knowledge likely to form the background to the solution of recognised or expected current or future problems or possibilities.*“

Mittelstraß (1992, S. 61–66, 160–162) und der Wissenschaftsrat (1994, S. 5–6) übernehmen diese feinere Einteilung und verwenden ferner zur Abgrenzung der *angewandten Forschung* von der anwendungsorientierten Grundlagenforschung den Begriff der *produktorientierten Anwendungsforschung*. Diese Art von Forschung richtet sich auf besondere Anwendungen bzw. auf solche Anwendungen, die kurzfristig erwartet werden, z. B. auf dem Gebiet der Materialforschung, der Umweltforschung und der Medizinforschung.

Diese Erweiterung scheint zwar vorteilhaft zu sein, hat jedoch in den meisten amtlichen Statistiken, auch denen der OECD, noch keinen Eingang gefunden. Daher wird hier die OECD-Klassifikation verwendet und zudem eine Verwendung mehrerer Klassifikationen nebeneinander vermieden, um eine Vergleichbarkeit der F&T-Politik und der FuE-Aktivitäten zu ermöglichen. Schwierigkeiten mit unterschiedlichen Taxonomien gibt es laut Averch (1991, S. 179–194) beispielsweise in den USA: Die als „*Standard*“ bezeichnete fünfgliedrige Klassifikation entspricht der dreigliedrigen OECD-Klassifikation, erweitert um die Phasen „*Test*“ und „*Evaluation*“. Alle *Federal Agencies* berichten in dieser

fünfgliedrigen Klassifikation an die *National Science Foundation*. Daneben werden aber auch das amerikanische Verteidigungsministerium, das *Department of Defense*, und der amerikanische Rechnungshof, das *General Accounting Office*, intern eigene Klassifikationen.

2. Drei Dimensionen von Innovation

Eng verknüpft mit Forschung und Entwicklung ist der Begriff der *Innovation*, der in vielfältiger Weise verwendet wird. Innovation hat zahlreiche Ausprägungen, von denen die wichtigsten Abgrenzungen für die F&T-Politik sowie die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit von Ländern hier angeführt werden.

Aufbauend auf *Schumpeters erster Definition* von Innovation wird hier in Anlehnung an Corsten (1989, S. 3) und Hauschildt (1993, S. 7) zwischen *drei Dimensionen* von Innovation unterschieden:

- einer *inhaltlichen Dimension mit Innovation als Ergebnis*,
- einer *prozessualen Dimension mit Innovation als Prozess* sowie
- einer *subjektiven Dimension von Innovation*.

Schumpeters Definition von Innovation

Die erste grundlegende Definition von Innovation lieferte 1912 Schumpeter (1964, S. 100–101) – er selbst sprach von „*Durchsetzung neuer Kombinationen*“ – mit seiner Unterscheidung zwischen den fünf Innovationsarten „*Herstellung eines neuen Produktes bzw. einer neuen Qualität eines Produktes*“, „*Einführung einer neuen Produktionsmethode*“, „*Erschließung eines neuen Absatzmarktes*“, „*Eroberung einer neuen Bezugsquelle von Rohstoffen und Halbfabrikaten*“ sowie „*Durchführung einer Neuorganisation*“ (im Sinne von *Trustbildung*). In erster Linie haben gemäß Arndt (1992, S. 31) die beiden ersten Innovationsarten „*Herstellung eines neuen Produktes bzw. einer neuen Qualität eines Produktes*“, d. h. Produktinnovation, und die „*Einführung einer neuen Produktionsmethode*“, d. h. Prozessinnovation, eine große Bedeutung für die gegenwärtigen Innovationsaktivitäten.

Daher werden hier Produkt- und Prozessinnovation näher betrachtet. Beide Innovationsarten sind nach Hauschildt (1993, S. 11) durch *Unstetigkeit*, d. h. ihr diskontinuierliches Auftreten, und durch ihr *Ausmaß*, d. h. ihre technische, soziale und ökologische Wirkung, charakterisiert.

In Anlehnung an Corsten (1989, S. 3) und Hauschildt (1993, S. 7) wird Innovation im Folgenden weiter differenziert in Innovation als *Ergebnis* und als *Prozess* sowie in eine *subjektive Dimension* (Tab. 2).

Tabelle 2
Übersicht über drei Dimensionen von Innovation

Dimension	1. Gliederungsebene	2. Gliederungsebene	Ausprägung
Inhaltlich	Innovation als Ergebnis	• Innovation der Tatsache nach	• Radikale Innovation • Inkrementale Innovation
		• Innovation dem Grade nach	• Basisinnovation • Verbesserungsinnovation • Routineinnovation
Prozessual	Innovation als Prozess	–	• Invention • Innovation • Diffusion
Subjektiv	–	–	• Volkswirtschaft • Wirtschaftszweig • Unternehmen • Individuum

Inhaltliche Dimension: Innovation als Ergebnis

Innovationen können gemäß Hauschildt (1993, S. 7) das *Ergebnis* eines Entwicklungsprozesses sein und entweder der Tatsache nach oder dem Grade nach neu sein:

- Sind Innovationen der *Tatsache nach neu*, so können sie einerseits als *radikale* Innovationen vorkommen, so Hauschildt (1993, S. 7–9). In diesem Fall werden neue Mittel zur Erfüllung neuer Zwecke eingesetzt. Andererseits sind bei *inkrementalen* Innovationen zwar Zweck und Mittel unverändert, doch werden Zweck und Mittel neuartig kombiniert. Im Allgemeinen wird dabei zwischen *Produktinnovationen* mit direkter Marktwirkung und innerbetrieblich bedeutenden *Prozessinnovationen* unterschieden. Bei den Prozessinnovationen seien hier ausschließlich technische Prozessinnovationen berücksichtigt, soziale bzw. administrative Innovationen bleiben außen vor.
- Neben der Tatsache, dass es Innovationen gibt, können nach Hauschildt (1993, S. 11–13) Innovationen auch anhand des *Neuheitsgrades* unterschieden werden. Das deutsche Patentamt z. B. verwendet zur Bestimmung des Neuheitsgrades einer Erfindung den absoluten Neuheitsbegriff, d. h., eine Erfindung darf nicht zum Stand der Technik gehören (Fahse 1994, S. 18). Hieran angelehnt unterscheidet Brose (1982, S. 25–26; ähnlich auch Mensch 1975, S. 54–58) zwischen drei Arten von Innovationen:
 - *Basisinnovationen*, d. h. grundsätzlich neuartige Produkte oder Verfahren,
 - *Verbesserungsinnovationen*, d. h. Produkte oder Verfahren mit verbesserten Eigenschaften, sowie
 - *Routineinnovationen* mit geänderten, aber nicht bedeutend verbesserten Eigenschaften.

Prozessuale Dimension: Innovation als Prozess

Neben der Auffassung von Innovation als Ergebnis versteht Corsten (1989, S. 3) unter Innovation verschiedene *Phasen* eines Neuerungsprozesses, d. h. Innovation als Prozess gemäß Hauschildt (1993, S. 11). In einer von zahlreichen Abgrenzungen auf volkswirtschaftlicher Ebene differenziert Brockhoff (1994, S. 30) zwischen drei für den Innovationsprozess charakteristischen Phasen:

- In der *Inventionsphase* wird durch Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten neues technisches Wissen generiert.
- In der *Innovationsphase* als *pars pro toto*, d. h. in der *Phase der Innovation im engeren Sinne*, werden in Unternehmen neue bzw. verbesserte Produkte am Markt eingeführt oder ein neues bzw. verbessertes Produktionsverfahren erstmalig angewendet.
- In der *Diffusionsphase* finden die Neuerungen ihre Verbreitung auf volkswirtschaftlicher Ebene (Näheres z. B. bei Rogers 1962). Andere Unternehmen übernehmen diese Neuerungen (Adoption) bzw. ahmen sie nach (Näheres zu Imitation u. a. bei Schewe 1992). Technologien verbreiten sich z. B. durch Technologietransferprozesse von Anbietern zu Nachfragern einer Technologie.

Subjektive Dimension

Innovationen haben für Hauschildt (1993, S. 11) neben einer inhaltlichen und einer prozessualen Dimension ferner auch eine *subjektive* Dimension, d. h., sie werden unterschiedlich wahrgenommen und beurteilt, und zwar

- auf volkswirtschaftlicher Ebene,
- auf Wirtschaftszweigebene,
- auf Unternehmensebene und
- auf individueller Ebene.

Innovationen werden auf *volkswirtschaftlicher* Ebene in einem Land z. B. mit Hilfe des Patentsystems dokumentiert. Auf *Wirtschaftszweige*bene gilt das gleiche; einige Innovationen stellen für bestimmte Wirtschaftszweige etwas Neues dar, während sie für andere Wirtschaftszweige schon länger bekannt sind. In analoger Weise gilt dies für einzelne *Unternehmen* und *Personen*.

Fazit

Die zahlreichen Abgrenzungen von Innovation werden in verschiedenen Zusammenhängen verwendet, von denen hier vor allem die prozessuale Dimension von Bedeutung ist. Die prozessuale Dimension liegt u. a. der Gestaltung der

F&T-Politik und vielen Analysen der technologischen Wettbewerbsfähigkeit zugrunde. Bei der Analyse langfristiger wirtschaftlicher Entwicklungen (vgl. Abschnitt B.II.3.a)) beispielsweise ist die Grundlage eine inhaltliche Dimension von Innovation, und zwar dem Grade nach.

3. Technologien: Grundlage für Innovationen und technischen Fortschritt

Für den Wohlstand von Industrienationen und ihre technologische Wettbewerbsfähigkeit kommt es in hohem Maße auf die Kompetenz in wettbewerbsrelevanten Technologien an. Denn vor allem neue Technologien eröffnen Unternehmen und Forschungseinrichtungen Möglichkeiten zu Innovationen und sind Voraussetzung für die Entstehung von technischem Fortschritt. Unter Technologie wird hier *„angewandtes naturwissenschaftlich-technisches Wissen zur Herstellung neuer oder modifizierter Produkte und Verfahren“* (Becker 1993, S. 45) verstanden. Mit Abgrenzbarkeit, Wert und Übertragbarkeit nennt Becker (1993, S. 45–46) drei grundlegende Eigenschaften von Technologien:

- Technologien sind *abgrenzbar*, d. h., sie können auf einzel- und gesamtwirtschaftlicher Ebene geplant, entwickelt und angewendet werden.
- Technologie hat einen bestimmten *Wert*, denn sie ist ein „knappes Gut“ und in der Regel kein „frei verfügbares Wissen“. Der Wert kann juristisch in Form von Lizenzen, praktisch durch Geheimhaltung und durch die immanente Komplexität vorliegen.
- Technologie ist in dreifacher Hinsicht *übertragbar*: erstens *technisch* durch Produkte und Verfahren, zweitens *juristisch* durch Schutzrechte und Lizenzen sowie drittens durch *Personen*, die z. B. das Unternehmen wechseln.

Der hier verwendete Technologiebegriff wird im Folgenden von einer „engen“ und „weiten“ Definition abgegrenzt und mit fünf typischen Merkmalen näher charakterisiert.

„Weiter“ und „enger“ Technologiebegriff

Der hier verwendete Technologiebegriff grenzt sich von zwei Extremdefinitionen von Technologie ab: zum einen vom „weiten“ Technologiebegriff und zum anderen vom „engen“ Technologiebegriff, der an der etymologischen Bedeutung von Technologie angelehnt ist:

- Beim „weiten“ Technologiebegriff ist Technologie definiert als *„alle materiellen und immateriellen Ergebnisse technischen Wissens, und zwar in Form technischer Verfahren und Produkte“* (Corsten 1992, S. 844).
- Beim „engen“ Technologiebegriff wird Technologie als die *„Wissenschaft von der Technik“* verstanden und von der Technik als konkreter Anwendung

von Wissen unterschieden. Dieses Begriffsverständnis lehnt sich an den griechischen Ursprung „*techné*“ (Kunst oder Handwerk) und „*logos*“ (Lehre bzw. Wissenschaft) an. Freeman (1982a, S. 15) nennt Technologie auch „*simply a body of knowledge about techniques*“, wobei „techniques“ im Deutschen im Allgemeinen mit dem Wort Technik gleichgesetzt wird.

Mit der hier verwendeten Definition von Technologie als „*angewandtes naturwissenschaftlich-technisches Wissen zur Herstellung neuer oder modifizierter Produkte und Verfahren*“ hebt sich der Begriff in zweifacher Hinsicht von den anderen Definitionen ab: zum einen durch die Einschränkung auf naturwissenschaftlich-technisches Wissen vom weiten Begriff, zum anderen durch die Einbeziehung der Herstellung neuer oder modifizierter Verfahren und Produkte vom engen Begriff.

Vier Merkmale von Technologien

Neben der Abgrenzung des Begriffes „Technologie“ ist für die Gestaltung und Analyse der F&T-Politik die Kenntnis der wichtigsten Merkmale von Technologien notwendig. Becker (1993, S. 48–54) und Perillieux (1987, S. 12–13) stellen im Einzelnen vier Merkmale von Technologien heraus:

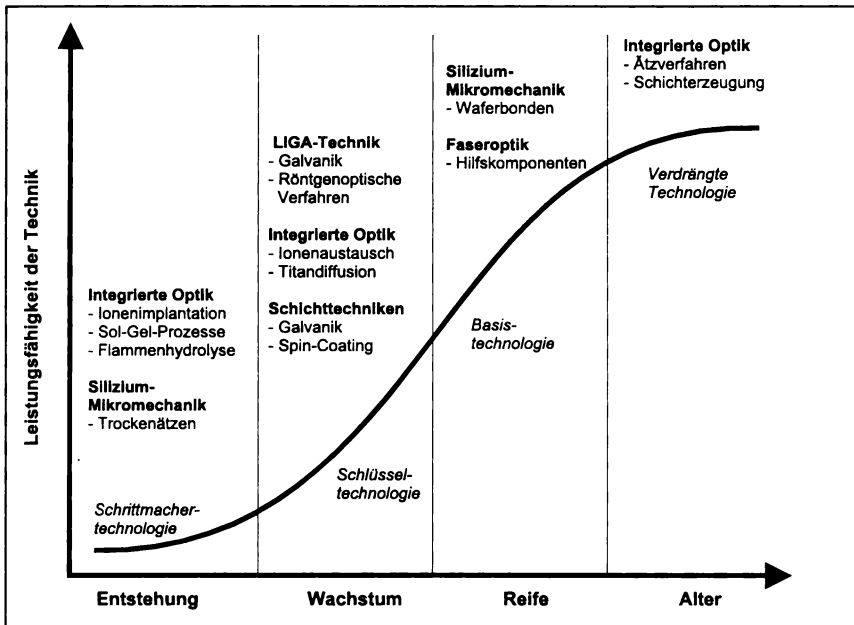
- Lebenszyklusphase,
- Beziehungen zwischen Technologien,
- Hierarchieebenen von Technologien und
- Einsatzgebiete.

Erstes Merkmal: Lebenszyklusphase

Technologien durchlaufen ähnlich wie Produkte im Zeitablauf mehrere Entwicklungsstadien und haben dadurch eine unterschiedliche strategische Bedeutung für ein Land, einen Wirtschaftszweig oder ein Unternehmen (Produktlebenszykluskonzept bei Kotler und Bliemel 1995, S. 559).

Der Lebenszyklus von Technologien wird üblicherweise wie z. B. von Servatius (1985, S. 116–119) in die vier Phasen *Entstehung*, *Wachstum*, *Reife* und *Alter* unterteilt, erweitert um zwei Phasen im Modell von Ford und Ryan (1981, S. 120). Den Phasen wird dann z. B. der Grad des ausgeschöpften Wettbewerbspotenzials oder der Grad der erreichten Leistungsfähigkeit gegenübergestellt (Beispiel eines Technologielebenszyklusmodells mit einzelnen Technologiegebieten der Mikrosystemtechnik in Abb. 3):

- Technologien in der *Entstehungsphase* werden als *Schrittmachertechnologien* bezeichnet. Sie erfordern mittelhohe Investitionen in der Grundlagenforschung, ihre Einsatzgebiete sind weitgehend noch unbekannt. Sie haben



Quelle: Hafkesbrink und Krause (1993, S. XCIV) sowie Gronau et al. (1992, S. 28).

Abbildung 3: Technologielebenszyklus, verdeutlicht am Beispiel einzelner Technologiegebiete der Mikrosystemtechnik

ein erkennbares, aber dem Grad nach nicht determinierbares Wettbewerbspotenzial.

- In der *Wachstumsphase* befinden sich die *Schlüsseltechnologien*. Sie erfordern hohe Investitionen in die anwendungsorientierte Forschung mit dem Ziel, eine wachsende Anzahl an Einsatzgebieten zu realisieren. Sie verfügen über ein großes Potenzial an Wettbewerbsdifferenzierung.
- Technologien in der *Reifephase* sind die *Basistechnologien*. Sie sind weitgehend erforscht, weshalb kaum noch in sie investiert wird. Ferner ist die Anzahl ihrer Einsatzgebiete stabil, da sie von allen Wettbewerbern gleichermaßen beherrscht werden.
- *Verdrängte Technologien* gehören der *Alterphase* an. Sie werden durch neue Technologien substituiert. Die Anzahl ihrer Einsatzgebiete nimmt ab.

Stärker auf die Entstehung von Technologien fokussieren sich Ford und Ryan (1981, S. 120) mit ihrem sechshebigen Technologielebenszyklusmodell. Mit den ersten zwei Phasen *Technologieentwicklung* und *Entwicklung der Anwendungsreife* legen sie einen Schwerpunkt auf den Zeitraum vor der dritten Phase der *ersten Anwendung von Technologie*. Die letzten drei Phasen der *zunehmenden Anwendung*, der *Technologiereife* und des *Technologieabschwungs*

stimmen wieder mit dem allgemeinen Technologielebenszyklusmodell überein. Dieses erweiterte Modell findet sich auch bei der Aufteilung der Teilbereiche von Forschung und Entwicklung (vgl. Abschnitt B.I.1.). Die erste Phase entspricht der Grundlagenforschung mit der Gewinnung von neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen ohne praktische Anwendbarkeit; die zweite und dritte Phase entsprechen der angewandten Forschung mit der Gewinnung von neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen mit praktischer Anwendbarkeit.

Das vierphasige Modell ist im Allgemeinen weiter verbreitet und bekannter, weshalb es hier verwendet wird. Zudem haben die Technologiebegriffe von der Basis- bis zur verdrängten Technologie Eingang in die F&T-Politik (Kapitel C und D) und die Analysen der technologischen Wettbewerbsfähigkeit gefunden (Kapitel E).

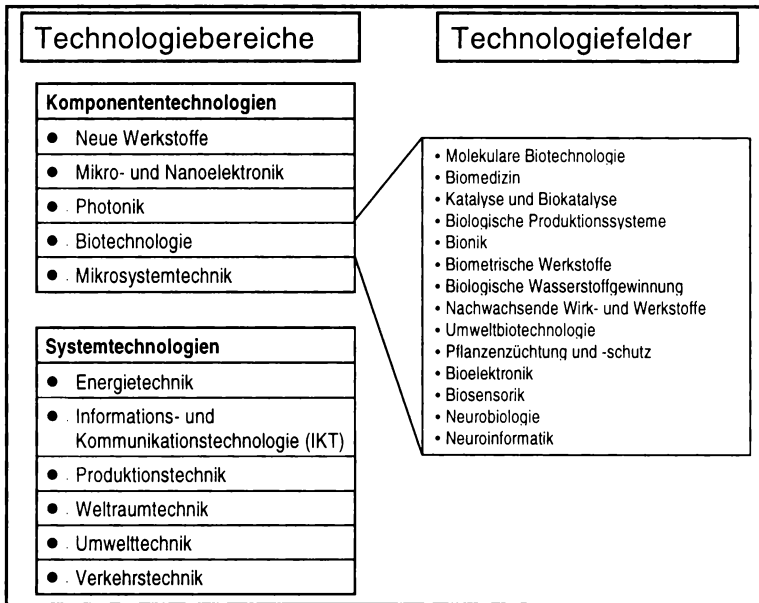
Zweites Merkmal: Beziehungen zwischen Technologien

Technologien durchlaufen verschiedene Entwicklungsphasen im Rahmen ihres „Lebens“, in dem sie meist auch Verflechtungen zu anderen Technologien aufweisen. Perillieux (1987, S. 13) unterscheidet zwischen drei Arten von Beziehungen, in denen Technologien zueinander stehen können:

- *Komplementärtechnologien* ergänzen einander.
- *Konkurrenztechnologien* hingegen erfüllen die gleichen Funktionen, bzw. sie werden für die Herstellung der gleichen Produkte oder Verfahren eingesetzt. Die stärkere Technologie substituiert in diesem Fall dann die schwächere Technologie (Modell der S-Kurve ausführlich bei Foster 1986, S. 111).
- Ferner können Technologien auch eine *neutrale* Beziehung zueinander aufweisen.

Drittes Merkmal: Hierarchieebenen von Technologien

Nach Becker (1993, S. 271) lassen sich Technologien, insbesondere Schlüsseltechnologien, auch in drei Hierarchieebenen einteilen. Auf der obersten Ebene liegen die *Technologiebereiche*. Sie setzen sich auf der zweiten Ebene aus mehreren *Technologiefeldern* zusammen. Die Technologiefelder wiederum bestehen aus einzelnen *Technologiegebieten*. Beispielsweise zählen zum Technologiebereich der Biotechnologie insgesamt 14 Technologiefelder (Müller-Merbach et al. 1995, S. 26–27; Abb. 4).



Exemplarisch sind für die Biotechnologie 14 Technologiefelder aufgeführt.

Quelle: Müller-Merbach et al. (1995, S. 26–27)

Abbildung 4: Gliederung von Schlüsseltechnologien in fünf Komponententechnologiebereiche und sechs Systemtechnologiebereiche

Viertes Merkmal: Einsatzgebiete

Ein viertes Differenzierungsmerkmal sind die *Einsatzgebiete* von Technologien. Hier gibt es zwei maßgebliche Ansätze:

- Einerseits spricht Perillieux (1987, S. 13) von *Produkt- bzw. Prozesstechnologien*, je nachdem, ob Technologien in Produkten oder in Prozessen verwendet werden.
- Becker (1993, S. 50) differenziert andererseits zwischen Komponententechnologien und Systemtechnologien. *Komponententechnologien* gehen überwiegend als Komponenten in Produkte und Verfahren ein, z. B. mikroelektronische Bauelemente. *Systemtechnologien* betreffen indes die Gestaltung technischer Systeme, z. B. die Telekommunikation (Müller-Merbach et al. 1995, S. 21–22).

Fazit

Technologie hat weitreichende Facetten, von denen im Folgenden insbesondere die vier erläuterten Merkmale aufgegriffen werden. So findet sich z. B. die

Einteilung nach der Lebenszyklusphase bei der F&T-Politik wieder, die sich schwerpunktmäßig im Rahmen der Technologieförderung auf Schrittmacher- und Schlüsseltechnologien konzentriert. Ferner dienen die Hierarchieebenen von Technologien zur differenzierten Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit (Kapitel E.I.6.).

II. Technischer Fortschritt und wirtschaftliches Wachstum in der Neoklassik und in der Innovationsökonomie

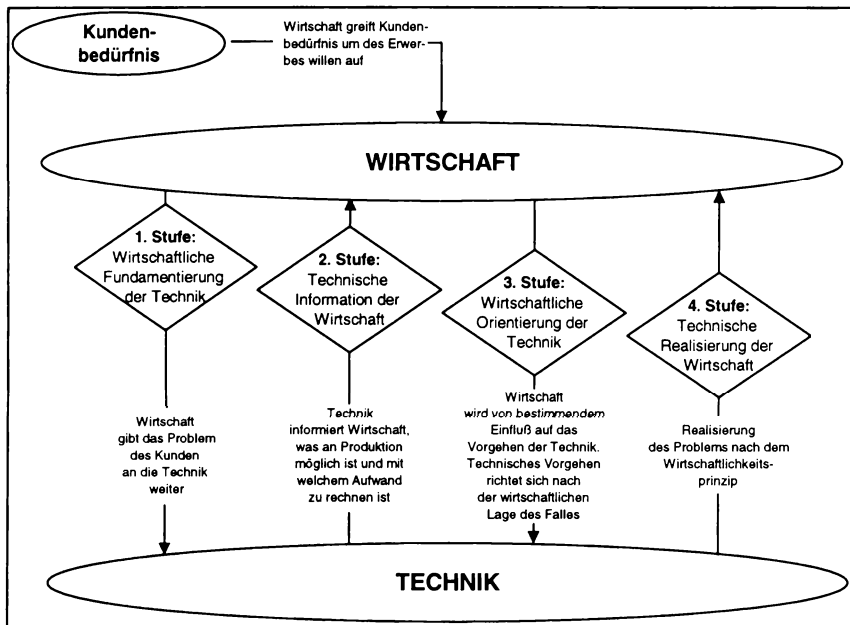
Für den Wohlstand einer Nation sind sowohl der technische Fortschritt als auch wirtschaftliches Wachstum sowie gesellschaftlicher Wandel entscheidende Faktoren. So prägt der Wirkungsverbund von technischem Fortschritt, wirtschaftlichem Wachstum und gesellschaftlichem Wandel laut Müller-Merbach (1988a, S. 6) die Entwicklung moderner Industrienationen. Die drei Begriffe des Wirkungsverbundes sind als Einheit zu verstehen, denn sie stehen in gegenseitiger Wechselwirkung.

Im Folgenden soll schwerpunktmäßig auf den Wirkungsverbund von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum eingegangen werden, während der gesellschaftliche Wandel und seine Wechselwirkung mit den beiden anderen Größen nicht näher betrachtet wird (Arbeiten dazu von van Roon (1991) und Bornschier (1988)). Der Zusammenhang von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum ist Gegenstand verschiedener Richtungen in der wirtschaftswissenschaftlichen Theorie, für die u. a. Gottl-Ottlilienfeld (1923) eine bedeutende Grundlage legt. Auf dessen Einteilung aufbauend werden hier die Interdependenz der zwei Größen sowie die verschiedenen Ansätze der Neoklassik und der Innovationsökonomie dargestellt.

Der Ansatz von Gottl-Ottlilienfeld

Gottl-Ottlilienfeld (1923, S. 17–20) lieferte eine erste Klassifizierung mit der Erläuterung der *Interdependenz* von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum anhand einer Einteilung des *Wechselverhältnisses von Wirtschaft und Technik in vier Stufen* (Abb. 5):

- Stufe 1: Grundsätzlich stellt die Wirtschaft immer der Technik die Probleme, an denen die letztere heranwächst. So greift die Wirtschaft z. B. ein bestimmtes Bedürfnis der Kunden auf, das es mit Hilfe der Technik zu befriedigen gilt, oder sie hat Produktideen, welche Bedürfnisse bei Kunden wecken sollen. Es kommt zur *wirtschaftlichen Fundamentierung der Technik*.
- Stufe 2: Die erste Rückkopplung von der Technik zur Wirtschaft findet in Form der *technischen Information der Wirtschaft* statt. Die Technik kann das technisch Machbare bestimmen und ungefähr den Aufwand abschätzen.



Quelle: Gottl-Ottlilienfeld (1923, S. 17–20)

Abbildung 5: Wechselverhältnis von Wirtschaft und Technik

- Stufe 3: Die *wirtschaftliche Orientierung der Technik* hat eine doppelte Bedeutung: Zum einen wird die Wirtschaft zum bestimmenden Einfluss auf das Vorgehen der Technik. Zum anderen richtet sich das technische Vorgehen nach der wirtschaftlichen Lage. Hierin spiegelt sich insbesondere der Zwang der Technik wider, sich z. B. bei einer Maschine nicht nur auf die Verbesserung des Wirkungsgrades zu konzentrieren, sondern auch den Energieaufwand zu berücksichtigen.
- Stufe 4: Die wirtschaftlich orientierte Technik gestaltet auf der letzten Stufe die Vorgänge der Produktion, die sich auf die Wirtschaft auswirken. Es kommt zur *technischen Realisierung der Wirtschaft* nach dem Wirtschaftlichkeitsprinzip, denn so wie die Wirtschaft ohne Produktion nicht denkbar ist, ist sie ohne Technik auch nicht durchführbar.

Das Wechselverhältnis von Wirtschaft und Technik wurde von Gottl-Ottlilienfeld grundlegend aufbereitet und findet sich auch in verschiedenen aktuellen Ansätzen wieder. Technischer Fortschritt und wirtschaftliches Wachstum haben ein *interdependentes Verhältnis*, d. h., sie beeinflussen sich gegenseitig. Für den Wohlstand und die technologische Wettbewerbsfähigkeit eines Landes haben sie eine entscheidende Bedeutung (Abschnitt B.II.1.).

Der gegenseitige Wirkungsverbund von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum prägt in hohem Maße auch die ökonomischen Theorien (Übersicht in Abb. 6). Zu diesem Thema gibt es u. a. zwei grundlegende Ansätze und – quasi als Weiterentwicklung – einige neue, aktuelle Ansätze:

- Grundlegende Ansätze stammen u. a. von den *Neoklassikern*, die den technischen Fortschritt als exogene Größe in ihren Erklärungsmodellen des wirtschaftlichen Wachstums ansehen (Abschnitt B.II.2.).
- *Schumpeter* hat die Bedeutung von technischem Fortschritt, respektive Innovationen, für den Wohlstand eines Landes in zentraler Weise hervorgehoben (Abschnitt B.II.3.).
- Unter den aktuellen Ansätzen greifen zum einen die *Innovationsökonom*en die Ideen Schumpeters auf und erweitern diese (Abschnitt B.II.4.).

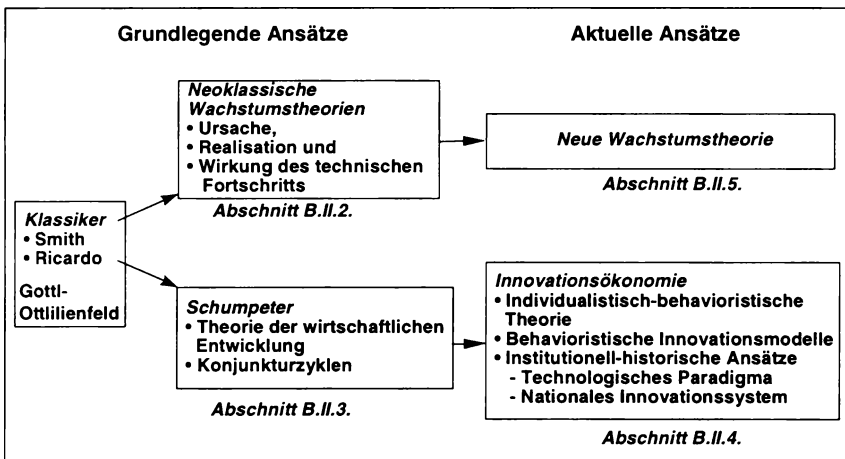


Abbildung 6: Grundlegende und aktuelle Ansätze der ökonomischen Theorien, die sich mit dem Wirkungsverbund von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum beschäftigen

- Zum anderen – den Neoklassikern verbunden – integrieren die Vertreter der sog. *neuen Wachstumstheorie* den technischen Fortschritt in ihre Erklärungsmodelle des wirtschaftlichen Wachstums (Abschnitt B.II.5.).

1. Interdependenz von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum

Technischer Fortschritt und wirtschaftliches Wachstum bilden einen engen Wirkungsverbund und weisen starke Interdependenzen auf. Beide Begriffe werden in zahlreichen Ansätzen sowohl einzeln als auch innerhalb ihres Wirkungs-

verbundes aufgegriffen. Für Penzkofer und Schmalholz (1990, S. 14) ist beispielsweise *„technischer Fortschritt .. die bedeutsamste Ursache für Produktivitätssteigerungen sowie strukturelle Veränderungen in der Wirtschaft“*, ferner Voraussetzung für Einkommenswachstum und Wohlstandssteigerung. Die Begriffe „technischer Fortschritt“ und „wirtschaftliches“ Wachstum werden im Folgenden definiert und mit ihren jeweiligen Stärken und Schwächen vorgestellt.

Technischer Fortschritt

Technischer Fortschritt ist die umfassendste Fortschrittsart im Innovationsprozess. Ott (1959, S. 302) versteht unter technischem Fortschritt zweierlei:

- *„Die Schaffung neuer, d. h. bis zu der betreffenden Zeit unbekannter Produkte,*
- *den Übergang zu neuen Produktionsverfahren, die es gestatten, eine gegebene Menge von Produkten mit geringeren Kosten bzw. mit den gleichen Kosten eine größere Produktmenge herzustellen.“*

Fortschritt bedeutet dabei eine Zunahme an technischem Wissen, an technischem Können, an Beherrschung der Naturkräfte. Vielfach wird anstelle von technischem Fortschritt auch von technischem bzw. technologischem Wandel gesprochen, da Fortschritt stets eine Bewertung beinhaltet – so z. B. Gerybadze (1982, S. 32). Hier sei im Weiteren die Zunahme an technischem Wissen und Können *wertfrei* als Fortschritt bezeichnet. Diese Verwendung entspricht einer Definition von Gerybadze (1982, S. 33), der vom relativen technischen Fortschritt spricht. Beim relativen technischen Fortschritt verbessern sich einige Merkmale einer Technologie und andere verschlechtern sich, während sich im Gegensatz dazu beim absoluten technischen Fortschritt alle Merkmale verbessern.

Wirtschaftliches Wachstum

Die zweite Größe des Wirkungsverbundes neben dem technischen Fortschritt ist das *wirtschaftliche Wachstum*, hier im Sinne des Stabilitätsgesetzes von 1967 (BGBL 1963, S. 685) als *„stetiges und angemessenes Wirtschaftswachstum“* verstanden (Oppenländer 1988, S. 184–188). Stetiges Wirtschaftswachstum bedeutet nach Ahrens und Feser (1991, S. 126) am Wachstumstrend orientiert und langfristig von konjunkturellen Schwankungen befreit. Angemessenheit des wirtschaftlichen Wachstums ist ein unbestimmter Begriff und wird in der Zielvorlage der Bundesregierung festgelegt. Im Folgenden wird zunächst eine Klassifizierung von wirtschaftlichem Wachstum in quantitatives und qualitatives Wachstum vorgenommen, bevor die positiven und negativen Effekte von wirtschaftlichem Wachstum gegenübergestellt werden.

Wirtschaftliches Wachstum unterteilen Ahrens und Feser (1991, S. 128) in quantitatives Wachstum mit den zwei Ausprägungen extensiv und intensiv sowie in qualitatives Wachstum:

- *Quantitatives extensives Wachstum* ist z. B. das Wachstum des realen Brutto sozialproduktes oder des Einkommens.
- *Quantitatives intensives Wachstum* entspricht z. B. dem Zuwachs des realen Pro-Kopf-Brutto sozialproduktes bzw. -Brutto inlandsproduktes.
- *Qualitatives Wachstum* kam durch den Bericht des „Club of Rome“ (Meadows et al. 1972) im Jahre 1972 in die ökonomische Diskussion. In diesem Bericht wurden in einem Modell die Grenzen der Rohstoff- und Energievorräte auf der Erde berechnet. Ökologische Kriterien sind laut Ahrens und Feser (1991, S. 156–157) maßgebliche Bestimmungsfaktoren eines qualitativen Wachstums. Ihrer Meinung nach bilden Wirtschaftswachstum und Umweltschutz keinen Zielkonflikt, da nämlich ein realer Anstieg des Wirtschaftswachstums bei konstanter bzw. abnehmender Umweltbelastung und Energie- und Rohstoffverbrauch angestrebt wird.

Mit dem Wort Wachstum hat man überwiegend positive Assoziationen. Hier sei Wachstum auch ausschließlich für Wachstumsraten mit positivem Vorzeichen im mathematischen Sinne verwendet. Für Wachstumsraten mit negativem Vorzeichen bieten sich eher – wie im allgemeinen Sprachgebrauch üblich – die Worte „Schrumpfung“ oder „Rückgang“ an.

Im Allgemeinen gilt laut Wicke (1993, S. 545) für die Höhe des wirtschaftlichen Wachstums folgende Faustregel: Ein etwa ein- bis dreiprozentiger arbeitsplatzsparender Produktivitätszuwachs muss durch ein mindestens ein- bis dreiprozentiges Wirtschaftswachstum kompensiert werden. Mit Wirtschaftswachstum gehen sowohl positive als auch negative Effekte einher. Wicke (1993, S. 543–550) führt vier *positive Effekte* und zwei negative Effekte auf:

- Erhöhung des materiellen Lebensstandards,
- Sicherung bzw. Steigerung des Arbeitsplatzangebots,
- Erhöhung des verfügbaren realen Einkommens, leichtere politische Durchsetzbarkeit einer gerechteren Verteilung von Einkommen und Vermögen, sowie
- ein steigendes Steueraufkommen.

Den positiven Effekten des Wirtschaftswachstums stehen *negative Effekte* gegenüber, u. a. nach Wicke (1993, S. 550–557) folgende zwei Effekte:

- Die Wachstumsrate des Brutto sozialproduktes beispielsweise kann eine materielle Erhöhung des Wohlstands anzeigen, obwohl tatsächlich *keine Erhöhung oder eine Abnahme* des Wohlstandsniveaus vorliegt.

- *Umweltbezogene Kritik* des Wirtschaftswachstums bezieht sich nach Wicke (1993, S. 555–557) u. a. auf Folgewirkungen von wirtschaftlichem Wachstum. So könne z. B. ein kurzfristig hohes Wirtschaftswachstum mit Umweltschäden verbunden sein, für deren Beseitigung erst zu einem späteren Zeitpunkt Kosten anfallen.

Quantitatives Wirtschaftswachstum – gemessen als Zunahme des absoluten oder realen Bruttosozial- bzw. -inlandsprodukts – ist zwar hinsichtlich seiner Wirkungen auf den Wohlstand eines Landes differenziert zu bewerten, gleichwohl ist es als Maß für die Analyse der gesamtwirtschaftlichen Tätigkeit und Entwicklung ein geeignetes Kriterium.

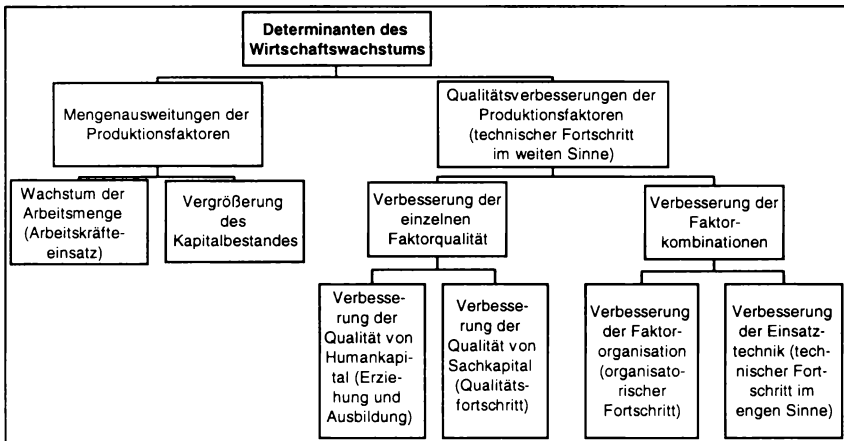
2. Technischer Fortschritt in neoklassischen Ansätzen

Wirtschaftliches Wachstum wird in der Makroökonomie laut Freeman (1982a, S. 3) meist als Indikator für die Wohlstandssteigerung eines Landes verwendet. Auf die Bedeutung des technischen Fortschritts für wirtschaftliches Wachstum haben schon die Klassiker wie Adam Smith, David Ricardo und Karl Marx hingewiesen, und zwar mit dem Schwerpunkt auf die Arbeitsteilung. Beispielsweise schrieb 1776 Adam Smith (1723–1790) am Beginn seines berühmten Werkes *„An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations“* hinsichtlich der Arbeitsteilung (Smith 1986, S. 109): *„The greatest improvement in the productive powers of labour, and the greater part of the skill, dexterity, and judgement with which it is anywhere directed, or applied, seem to have been the effects of labour“*. Smith nannte mit der Erhöhung der Geschicklichkeit der Arbeiter, der Zeitersparnis und der Möglichkeit des Einsatzes ständig verbesserter Maschinen drei Gründe für eine Effizienzverbesserung im Produktionsprozess (Rothschild 1986, S. 27; zu Ausführungen über David Ricardo und Karl Marx S. 28–34). Die Neoklassiker greifen in ihren Modellen die Einteilung von Smith auf, erweitern sie und gehen näher auf Ursachen, Realisation und Wirkungen des technischen Fortschritts ein.

Technischer Fortschritt in Modellen der Neoklassik

In Anlehnung an Adam Smith werden in der Neoklassik nach Woll (1993, S. 406–407) die Determinanten wirtschaftlichen Wachstums (Abb. 7) in zwei Richtungen weiterentwickelt:

- Einerseits wird technischer Fortschritt – im klassischen Verständnis – als *Mengenausweitung* der Produktionsfaktoren Arbeit oder Kapital verstanden, d. h. als Erhöhung des Inputs.
- Andererseits kann es durch den technischen Fortschritt in doppelter Hinsicht zu *Qualitätsverbesserungen* der Produktionsfaktoren kommen: Erstens kann



Quelle: Woll (1993, S. 407)

Abbildung 7: Determinanten des Wirtschaftswachstums in der Neoklassik

jeder einzelne Produktionsfaktor ausgeprägt werden, entweder z. B. durch Erziehung und Ausbildung nur der Faktor Humankapital oder durch Qualitätsfortschritte nur der Faktor Sachkapital. Zweitens können die Faktorkombinationen verbessert werden: Entweder wird durch organisatorischen Fortschritt die Faktororganisation verbessert, oder aber durch technischen Fortschritt im engeren Sinne werden die Einsatztechniken verbessert.

- Andererseits kann es durch den technischen Fortschritt in doppelter Hinsicht zu *Qualitätsverbesserungen* der Produktionsfaktoren kommen: Erstens kann jeder einzelne Produktionsfaktor ausgeprägt werden, entweder z. B. durch Erziehung und Ausbildung nur der Faktor Humankapital oder durch Qualitätsfortschritte nur der Faktor Sachkapital. Zweitens können die Faktorkombinationen verbessert werden: Entweder wird durch organisatorischen Fortschritt die Faktororganisation verbessert, oder aber durch technischen Fortschritt im engeren Sinne werden die Einsatztechniken verbessert.

In der Neoklassik erhielt der technische Fortschritt eine maßgebliche Bedeutung in vielen Arbeiten. Als Gründer der neoklassischen Wachstumstheorie sieht Bollmann (1990, S. 17) in erster Linie Solow. Die zwei Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital ergänzte Solow (1957, S. 312) in seinem Modell um einen dritten Produktionsfaktor, den technischen Fortschritt. Angewendet auf die neoklassische Produktionstheorie definierte er den technischen Fortschritt als „a short hand expression for any kind of shift of the productions function“ (Solow 1957, S. 312). Damit geht eine Einschränkung des technischen Fortschritts auf das Ergebnis besserer Produktionsverfahren einher, ein produkttechnischer Fortschritt ist hingegen in den neoklassischen Modellen ausge-

schlossen. Rosenberg (1982, S. 4) kritisiert im Einzelnen das, was auch für die Modelle mit zwei Produktionsfaktoren gilt:

„To exclude product innovation from technical progress, especially when we considering long historical periods, is to play Hamlet without the prince.“

In den verschiedenen *neoklassischen* Ansätzen werden nach Rose (1973, S. 147) die ökonomischen Wirkungen des technischen Fortschritts zu erklären versucht, ferner auch sein Zustandekommen oder der Weg, wie er wirtschaftliches Wachstum beeinflusst. Technischer Fortschritt wird in den meisten Modellen als gegeben betrachtet, d. h., er ist eine modellexterne Größe oder eine Restgröße – „*technological change as residual Neutrino*“ (Nelson und Winter 1982, S. 197). Walter (1979a und 1979b) und Haß (1983, S. 16) unterscheiden bei den neoklassischen Ansätzen zur Erklärung von technischem Fortschritt zwischen

- Ansätzen zur Erklärung der *Ursachen* des technischen Fortschritts,
- Ansätzen zur Erklärung der *Realisation* des technischen Fortschritts und
- Ansätzen zur Erklärung der *Wirkungen* des technischen Fortschritts.

Ursachen des technischen Fortschritts

Viele Ansätze zur Erklärung der *Ursachen des technischen Fortschritts* gehen laut Walter (1979a, S. 421) auf die Arbeiten von Hicks zum faktorpreis-induzierten technischen Fortschritt zurück. Haß (1983, S. 16) unterscheidet zwischen modellexogenem (autonomen) und modellendogenem (induziertem) technischen Fortschritt. Wird nach Rose (1973, S. 147) der technische Fortschritt als *autonom* angesehen, so fallen er bzw. das neue technische Wissen auf die anderen Produktionsfaktoren wie „*manna from heaven*“ (Hahn und Matthews 1964, S. 836). Technischer Fortschritt wird dabei vereinfacht auf die Zunahme technischen Wissens im Zeitablauf zurückgeführt.

In den Modellen mit *induziertem* technischen Fortschritt hängt das neue technische Wissen von anderen ökonomischen Variablen ab. Haß (1983, S. 19) unterscheidet nach der Induzierungsart zwischen dem faktorpreis- und faktoreinkommen-induzierten, dem investitions-induzierten sowie dem forschungs-induzierten technischen Fortschritt:

- Bei den Modellen des *faktorpreis-induzierten* technischen Fortschritts werden gemäß Hicks (1968) und Walter (1969, S. 178–192) durch Veränderungen der relativen Faktorpreise sog. Substitutionsvorgänge induziert, und durch letztere wiederum neue, effizientere Produktionsverfahren. Beim *faktoreinkommen-induzierten* technischen Fortschritt werden Substitutionsvorgänge hingegen aufgrund der relativen Faktorkosten (Einkommensanteile) an der Produktion induziert. Insgesamt spielen Modelle des faktorpreis-

induzierten und des faktoreinkommen-induzierten technischen Fortschritts bei der Erklärung der Ursachen des technischen Fortschritts eine eher untergeordnete Rolle.

- Bei den Modellen des *investitions-induzierten* technischen Fortschritts wird die *Kapitalakkumulation* als ursächlich für den technischen Fortschritt angesehen. Durch Investitionen erhöht sich der Stand des angewandten technischen Wissens, und zwar einerseits durch *Einführung* neuer Technologien in den Produktionsprozess sowie andererseits durch die dadurch hervorgerufenen *Weiterentwicklungen* und *Lerneffekte*. Von Bedeutung ist für Bollmann (1990, S. 29–33) hierbei der „*Learning by doing*“-Ansatz von Arrow (1962). Arrow entwickelte aufgrund zahlreicher empirischer Studien, in denen die Wechselwirkungen zwischen technischem Fortschritt und Lerneffekten untersucht wurden, den „*Learning by doing*“-Ansatz. Er analysierte, ob und wie Lerneffekte auf die Entstehung neuen technischen Wissens wirken. Dabei legte er die Annahme eines Jahrgangskapitalmodells zugrunde, d. h., infolge des technischen Fortschritts kann eine Maschine bei gleichem Arbeitseinsatz eine größere Produktmenge erzeugen, bzw. eine Maschine benötigt weniger Arbeiter zur Erzeugung der gleichen Produktmenge. Durch den Vorsprung des investierenden Unternehmens werden Konkurrenten zu Investitionen angeregt, wobei diese die Erfahrungen des ersten Investors schon nutzen können. Mit der Berücksichtigung von Lerneffekten in seinem Modell hat Arrow auf die Notwendigkeit der mikroökonomischen Analyse des technischen Fortschritts hingewiesen und zudem einen wichtigen Beitrag bei der Endogenisierung des technischen Fortschritts geschaffen. Für Elßer (1993, S. 38) bleibt jedoch unklar, wie in Arrows Modell der durch Lerneffekte ausgelöste Innovationsprozess abläuft.
- Technischer Fortschritt entsteht nicht nur allein durch Investitionen oder ist das Ergebnis des Zeitablaufs oder des Zufalls, sondern resultiert nach Walter (1979a, S. 423) häufig aus FuE-Aktivitäten. Der *forschungs-induzierte* technische Fortschritt wird daher auf die FuE-Aktivitäten zurückgeführt. In den Modellen wird die Produktionsfunktion um den Faktor „FuE-Aufwendungen“ erweitert (eine Übersicht bei Brockhoff 1977). Dabei wird eher ein direkter Zusammenhang zwischen FuE-Aktivitäten und Wachstum des Bruttoinlandsproduktes (BIP) impliziert, wie es Walter (1979a, S. 423–425) anhand von Beispielen zeigt. Zwar werden mit diesem Ansatz mit den FuE-Aktivitäten eine der wichtigsten Ursachen für technischen Fortschritt erfasst, dennoch ist der Zusammenhang von FuE-Aktivitäten und BIP-Wachstum empirisch nur schwer nachweisbar. Denn nach Gerybadze (1982, S. 46–47) wirken sich Forschung und Entwicklung – wenn überhaupt – erst mit großen Verzögerungen auf das Wirtschaftswachstum aus.

Realisation des technischen Fortschritts

Neben den Ansätzen zur Erklärung der Ursachen von technischem Fortschritt gibt es auch einige Ansätze zur Erklärung der *Realisation von technischem Fortschritt*. Die in diesem Zusammenhang entwickelten Modelle mit endogenem technischen Fortschritt teilt Haß (1983, S. 27–32) in Modelle mit gebundenem und in Modelle mit ungebundenem technischen Fortschritt ein:

- Beim *gebundenen bzw. verkörperten* technischen Fortschritt (embodied technical progress) ist der technische Fortschritt in die Modelle integriert, d. h. modellendogen. Für Bollmann (1990, S. 24–25) liegen den Modellen u. a. zwei Annahmen zugrunde: Erstens sind zur Einführung neuen technischen Wissens in den Produktionsprozess Investitionen notwendig, die in den Kapitalstock fließen. Zweitens verkörpert jede Investition nur bei der Einführung in den Produktionsprozess den neuesten Stand des technischen Wissens, danach veraltet sie. Der technische Fortschritt wirkt sich also nur auf einen Teil des Faktorbestandes aus, z. B. auf den Produktionsfaktor Kapital durch die Einführung neuer Maschinen.
- Beim *ungebundenen bzw. unverkörpernten* technischen Fortschritt (unembodied technical progress) hingegen wird die stetige Integration von Weiterentwicklungen in den Produktionsprozess berücksichtigt. Der vorhandene Kapitalstock wird also gleichermaßen beeinflusst, und eine Unterscheidung zwischen neuen und älteren Kapitaljahrgängen ist nicht notwendig. Technischer Fortschritt, d. h. eine effizientere Nutzung des gesamten Faktorbestandes, kann z. B. durch eine verbesserte betriebliche Organisation erreicht werden.

Wirkungen des technischen Fortschritts

Neben den Ursachen und der Realisation werden auch die *Wirkungen des technischen Fortschritts* in neoklassischen, endogenen Modellen zu erklären versucht. Nach Haß (1983, S. 32) handelt es sich beim technischen Fortschritt nach Solow (1957) um eine Verschiebung der Produktionsfunktion, in der zu den Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital ein zeitabhängiger Technikindex kommt, welcher den technischen Fortschritt verkörpert. Die Wirkungen des so verstandenen technischen Fortschritts werden laut Majer (1992, S. 152) daher auch fast ausschließlich am produktionstechnischen, d. h. input-bezogenen technischen Fortschritt betrachtet. Die Wirkungen des technischen Fortschritts gehen in zwei Richtungen:

- Zum einen – die Produktionsfunktion selbst betreffend – wird infolge des technischen Fortschritts immer die Grenz- oder Durchschnittsproduktivität zumindest eines Faktors erhöht.

- Zum anderen werden nach Ott (1959, S. 304) die Beziehungen zwischen den endogenen Faktoren im Modell von Hicks (1968) in drei verschiedenen Formen berührt:
 - Der technische Fortschritt, respektive der Faktor Zeit, kann die Beziehungen zwischen den modellendogenen Variablen gar nicht oder beide gleichermaßen tangieren; dann wirkt er *neutral*.
 - Der technische Fortschritt kann *arbeitssparende* Wirkungen haben, d. h., die Grenzproduktivität der Arbeit erhöht sich weniger als die des Kapitals.
 - Der technische Fortschritt kann *kapitalsparende* Wirkungen haben, d. h., die Grenzproduktivität des Kapitals erhöht sich weniger als die der Arbeit.
 - Neben dem Modell von Hicks gibt es weitere zentrale Modelle von Harrod und Solow (zusammenfassende Darstellungen von Rose 1973, S. 147–159; Walter 1979b; Majer 1992, S. 50–78; Eisen 1971, S. 39–82).

Die neoklassischen Modelle lassen – trotz ihrer Erklärungsansätze in Richtung Ursachen, Realisation und Wirkungen des technischen Fortschritts – das ursächliche Entstehen von technischem Fortschritt außer Acht und nehmen ihn als etwas Gegebenes an. Das Entstehen von technischem Fortschritt aus dem Innovationsprozess heraus wird hingegen nicht berücksichtigt. Bollmann (1990, S. 33–39) übt *Kritik* an den in den neoklassischen Modellen getroffenen Annahmen, z. B. hinsichtlich des Ziels der Gewinnmaximierung und der vollständigen Konkurrenz:

- Die Annahme eines *gewinnmaximierenden Unternehmerverhaltens* ist aus zahlreichen Gründen unrealistisch: So sind Innovationsprozesse bzw. technische Neuerungen für Gerybadze (1982, S. 44) z. B. mit hoher Unsicherheit verbunden und somit Erträge bzw. Kosten nicht im voraus kalkulierbar. Ferner gibt es außer der Gewinnmaximierung zahlreiche weitere Ziele, z. B. nach Kirsch (1969) Ziele für das Unternehmen aus Sicht des Unternehmers oder Ziele des Unternehmens als Ganzes. Weitere Ziele können ökonomische Ziele, z. B. Umsatz, Marktanteil, Rentabilität, Liquidität etc., und nichtökonomische Ziele, z. B. Macht, Prestige, Umweltverträglichkeit etc., sein.
- Die Konzeption stabiler Gleichgewichtszustände beanstandet Bollmann (1990, S. 38) auch hinsichtlich der Annahmen der *vollständigen Konkurrenz*, d. h. vollständiger Information und gegebener Preise. So gäbe es in den Modellen nur Konsumenten und Produzenten, aber innerhalb dieser zwei Wirtschaftseinheiten sei Wettbewerb ausgeschlossen. Ferner ist beispielsweise auch die Annahme eines gleichzeitigen Handelns, z. B. von Produktion und Verkauf, der Wirtschaftssubjekte unrealistisch.

Fazit

In der Neoklassik wird dem technischen Fortschritt ein breiter Raum zugestanden. Mit der Betrachtung von Ursachen, Realisation und Wirkung des technischen Fortschritts sind maßgebliche Richtungen in den Modellen enthalten. Hierin und in der explizit ausgedrückten hohen Bedeutung des technischen Fortschritts für wirtschaftliches Wachstum liegt ein zentraler Verdienst der neoklassischen Modelle. Gleichwohl sind die Modelle und die ihnen zugrunde liegenden Annahmen von einigen Schwächen geprägt, welche die Aussagekraft einschränken.

3. Schumpeters Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung und der Konjunkturzyklen

Im Gegensatz zu den neoklassischen Modellen stellte der österreichische Ökonom Joseph A. Schumpeter (1883–1950) laut Straßberger (1995, S. 204) vor allem die Mikrofundierung von Wachstumsprozessen in den Mittelpunkt seiner Arbeiten. Mit seinem frühen Werk *„Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“* aus dem Jahr 1911 zielte Schumpeter auf eine Erklärung des Phänomens der Konjunkturzyklen.

In dem von ihm entwickelten sog. dynamischen System haben dynamische Unternehmer eine entscheidende Rolle, denn sie zerstören „schöpferisch“ mit der Durchsetzung von Innovationen das – von den Neoklassikern angenommene – ökonomische Gleichgewicht (Abschnitt B.II.3.a)).

Die dynamische Wirtschaftsentwicklung untersuchte Schumpeter auch in seinem umfangreichen Werk *„Business Cycles“* (*Konjunkturzyklen*) aus dem Jahr 1939, in dem er die konjunkturellen Auf- und Abbewegungen unter Bezugnahme auf die *„Theorie der langen Wellen der Konjunktur“* des russischen Ökonomen Nikolai D. Kondratieff (1892–1938) aufgriff (Abschnitt B.II.3.b)).

a) Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung

Mit seiner *„Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“* (1911) setzte sich Schumpeter gezielt mit drei zentralen Besonderheiten von der neoklassischen Denkweise ab und legte damit eine bis heute für die Innovationsökonomie bedeutende Grundlage. Die zentralen Bestandteile seiner Theorie sind

- die Analyse der *dynamischen Wirtschaftsentwicklung* sowie
- das *sporadische und diskontinuierliche Auftreten von Innovationen*,
- die von *dynamischen Unternehmern* hervorgebracht werden.

Aufgrund der inhaltlichen Divergenzen in den frühen und späten Arbeiten Schumpeters wurden *zwei Schumpeter-Hypothesen* aufgestellt: Die erste stellt eine positive Korrelation zwischen Unternehmensgröße und technischem Fortschritt heraus, die zweite die Auswirkungen der Marktstärke und Unternehmensgröße auf die Innovationsstärke der Unternehmen.

Dynamische Wirtschaftsentwicklung

Ähnlich wie die Neoklassiker rückte auch Schumpeter den technischen Fortschritt in den Mittelpunkt seiner Theorie. Er begnügte sich aber nicht mit einer statischen Analyse des Wirtschaftssystems, sondern analysierte vor allem Ursachen und Verlauf der *dynamischen Wirtschaftsentwicklung*. Gegenüber den Neoklassikern sah Schumpeter (1964, S. 96) wirtschaftliches Wachstum nicht allein in vermehrtem Kapital- oder Arbeitseinsatz – von ihm selbst als Datenänderungen bezeichnet – begründet, sondern als qualitative Veränderung einer Volkswirtschaft.

„Unter ‘Entwicklung’ sollen also nur solche Veränderungen des Kreislaufs des Wirtschaftslebens verstanden werden, die die Wirtschaft aus sich selbst heraus zeugt, nur eventuelle Veränderungen der ‘sich selbst überlassenen’, nicht von äußerem Anstoße (z. B. Krieg, Anm. d. Verf.) getriebenen Volkswirtschaft“ (Schumpeter 1964, S. 95).

Schumpeters Definition entspricht dem sog. „Selbstorganisationsprozess“ in der Systemtheorie. Evolutionär sind dabei *„die Veränderungen im wirtschaftlichen Prozess, die durch Innovationen hervorgerufen werden, zusammen mit all ihren Wirkungen und der Reaktion dieses Systems auf diese Veränderungen“* (Schumpeter 1964, S. 94).

Sporadisches und diskontinuierliches Auftreten von Innovationen

Die Innovationen bzw. die sich durch sie ergebende dynamische Wirtschaftsentwicklung sind für konjunkturelle Auf- und Abbewegungen verantwortlich. Innovationen rufen für Schumpeter (1964, S. 98) *spontan und diskontinuierlich* eine Veränderung des Gleichgewichtszustandes hervor. Innovationen treten für ihn in fünf Arten auf (Definition von Innovationen nach Schumpeter in Abschnitt B.I) und verursachen einen sog. *„Prozess der schöpferischen Zerstörung“*, der *„unaufhörlich die Wirtschaftsstruktur von innen heraus revolutioniert, unaufhörlich die alte Struktur zerstört und unaufhörlich eine neue schafft. Dieser Prozess der ‘schöpferischen Zerstörung’ ist das für den Kapitalismus wesentliche Faktum“* Schumpeter (1993, S. 137–138).

Dynamische Unternehmer

Verantwortlich für diesen Prozess der schöpferischen Zerstörung sind für Schumpeter (1961, S. 91–92) die sog. *dynamischen Unternehmer*. Sie haben sowohl den Mut als auch die Bereitschaft zur Risikoubernahme und zur Durchsetzung von neuartigen Kombinationen von Produktionsmitteln, d. h. von Innovationen. Inventionen schloss er jedoch aus. Die Durchsetzung von Innovationen ermöglicht einem Pionierunternehmer die Realisierung von Pioniergewinnen. Durch sein Auftreten und das Hinwegräumen von Markteintrittshindernissen können Nachfolger oft leichter in den Markt nachstoßen. In dem dadurch entstehenden *scharenweisen Auftreten von Unternehmern bzw. Innovationen* sah Schumpeter (1964, S. 339–340) die Ursache für wirtschaftlichen Aufschwung.

Zwei Schumpeter-Hypothesen

Schumpeter selbst widersprach in seinem Werk „*Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie*“ (Schumpeter 1993) einigen seiner ursprünglichen Aussagen und reagierte damit auf allgemeine Entwicklungen in der betrieblichen Organisation. So seien nicht mehr der einzelne Unternehmer, sondern spezialisierte FuE-Abteilungen vornehmlich für Innovationen verantwortlich. Der Anreiz für Unternehmen, zu innovieren, läge u. a. in der Aussicht auf Pioniergewinne. Hieran anknüpfend wurden – so Schmidt und Elßer (1990, S. 556) – zwei sog. Schumpeter-Hypothesen aufgestellt:

- *Erste Schumpeter-Hypothese*: Die absolute Betriebs- bzw. Unternehmensgröße hat positive Auswirkungen auf den technischen Fortschritt. Schumpeter reagierte auf die Etablierung von FuE-Abteilungen in Unternehmen, denen er in „*Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie*“ das größte Innovationspotenzial zugesteht. Mit dieser Hypothese wird auf die veränderte Wirtschaftsstruktur eingegangen (Näheres dazu bei Galbraith 1956, S. 101; auch Haagedorn 1994, S. 10–13). Ob nun große oder kleinere Unternehmen innovativer sind, lässt sich jedoch empirisch nicht eindeutig erklären (Kamien und Schwartz 1982, S. 76–77; eine Übersicht über empirische Studien bei Elßer 1993, S. 66–74).
- *Zweite Neo-Schumpeter-Hypothese*: Die Marktstärke und die relative Größe eines Unternehmens haben u. a. zwei positive Auswirkungen auf die Innovationsaktivitäten eines Unternehmens. Zum einen wird ein Unternehmen innovieren, wenn es ein zeitlich begrenztes Monopol für Pioniergewinne realisieren kann. Zum anderen wird ein Unternehmen laut Witt (1987, S. 48) nur bei vorherigem Vorliegen einer oligopolistischen bzw. monopolistischen Marktstruktur zu Innovationen bereit sein. Zu dieser Hypothese gibt es so-

wohl bestätigende als auch widerrufende empirische Ergebnisse (Übersicht über empirische Studien bei Elßer 1993, S. 76).

Insgesamt zeigen sich bei den zwei Schumpeter-Hypothesen die starken Verflechtungen zwischen Unternehmensgröße, Marktstruktur und Innovationsaktivitäten. Eine eindeutige Korrelation zwischen den Größen besteht nicht, dennoch gibt es bestimmte Innovationsmuster in unterschiedlichen Wirtschaftszweigen, wie es Pavitt (1984) bei seiner Industriegruppeneinteilung herausfand (Abschnitt B.I.4.b)).

Fazit

Mit seiner „*Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*“ lieferte Schumpeter neue Erkenntnisse bezüglich des Entstehens von wirtschaftlichen Veränderungen und der Bedeutung des technischen Fortschritts für wirtschaftliches Wachstum. Er hat die Volkswirtschaftslehre um viele Aspekte erweitert und damit u. a. die Innovationsökonomie maßgeblich beeinflusst (Abschnitt B.II.4.). Schumpeter ist in der Literatur für seine Theorien auch kritisiert worden, im Wesentlichen nach Elßer (1993, S. 53–56) in vier Punkten:

- Erstens behandle Schumpeter, so Witt (1987, S. 18; auch Rosenberg 1976, S. 192; Clark et al. 1984; Jewkes et al. 1969), Inventionen zu kurz, da bei ihm Pionierunternehmer stets auf einen exogen bestimmten Fundus an Inventionen zugreifen können. Eine Rückkopplung zwischen der Innovations- und Inventionsphase sei jedoch ausgeschlossen, obwohl in Unternehmen Investitionsentscheidungen und FuE-Aktivitäten stark miteinander verknüpft sind.
- Zweitens bleibe bei Schumpeter unklar, warum ein stationäres Gleichgewicht der notwendige Ausgangspunkt für innovative Unternehmer sein soll. Dies bedeute auch, dass Unternehmer in der Diffusionsphase keine weiteren Innovationen hervorbringen können: eine unrealistische Annahme gemäß der empirischen Ergebnisse von Gold (1981; vgl. ferner auch ähnliche Ausführungen von Witt 1987, S. 14–16 Dopfer 1994, S. 139–141; Freeman 1990, S. 27–28).
- Drittens vollziehe Schumpeter, so Leder (1989, S. 20–21) und Freeman (1990, S. 23), zwar die Endogenisierung der Innovationen über den Pionierunternehmer, der aufgrund seiner exogen vorgegebenen Charaktereigenschaften vorhandene Inventionen aufgreift und am Markt durchsetzt. Die Motive für dieses Handeln und die Bedeutung des Gewinnmotivs für den einzelnen Unternehmer habe Schumpeter aber nur bedingt herausgearbeitet.
- Viertens konzentriere sich Schumpeter laut Bollmann (1990, S. 48) und Freeman (1990, S. 23) zu sehr auf die Rolle des Pionierunternehmers, der für die Veränderungen des Konsumentengeschmacks und für die Änderun-

gen von Gebrauchsgütern verantwortlich sei. Dabei betone er die Basisinnovationen als Auslöser eines Konjunkturzyklusses, schätze aber die Bedeutung von kleinen, inkrementalen Innovationen wie auch die der nachahmenden Unternehmer als gering ein.

Diese Kritikpunkte wiegen im Vergleich zu den neuen Ideen in Schumpeters Theorie vergleichsweise gering. Gemäß Freeman (1982b, S. 7; ähnlich auch Schmietow 1988, S. 66–67) zeichnet sich Schumpeter im Wesentlichen durch drei unabdingbare Verdienste bzw. Erkenntnisse aus:

- Der wirtschaftliche Aufschwung wird maßgeblich von Innovationen bzw. technischem Fortschritt bestimmt.
- Phasen mit schnellerem und Phasen mit langsamerem Wirtschaftswachstum wechseln sich ab.
- Wirtschaftszweige mit hohem technischen Fortschritt weisen eine höhere Wachstumsrate auf als solche mit einem geringen technischen Fortschritt.

b) Konjunkturzyklen

Innovationen und das scharenweise Auftreten dynamischer Unternehmer sorgen laut Schumpeter für Wachstumsschwankungen in der wirtschaftlichen Entwicklung (Abschnitt B.II.3.a)). Das Auf und Ab in der wirtschaftlichen Entwicklung gibt es sowohl für kurze als auch für mittlere und lange Zeiträume. Die ersten systematischen Analysen langfristiger wirtschaftlicher Schwankungen in Zeiträumen von etwa 40 bis 60 Jahren gehen auf *Kondratieff* (1926) zurück (ähnlich auch van Gelderen 1913). Im Folgenden wird das Konzept der Kondratieff-Wellen, so wie es von Schumpeter verbreitet wurde, in drei Punkten erläutert:

- Das *Grundmodell* einer Kondratieff-Welle basiert auf den vier Phasen der Prosperität, Rezession, Depression und Erholung.
- Die Dauer einer Kondratieff-Welle liegt zwischen 40 und 60 Jahren. Seit der industriellen Revolution ab 1787 gab es insgesamt *vier Kondratieff-Zyklen*.
- Das Konzept der Kondratieff-Wellen wurde nach Schumpeter u. a. von Mensch (1975) mit seinem „*Metamorphose-Modell*“ und von Freeman et al. (1982) mit den „*New Technology Systems*“ weiterentwickelt.

Grundmodell

Der Verlauf der wirtschaftlichen Entwicklung in langen, zyklischen Wellen – Schumpeter bezeichnete sie in Anlehnung an den russischen Ökonomen Kondratieff als Kondratieff-Wellen – umfasst nach Schumpeter (1961, S. 139–167, insbesondere S. 158–159) vier Phasen (Kroy 1995, S. 61; Tab. 3):

Tabelle 3
Die vier Phasen einer Kondratieff-Welle und ihre Charakteristika

Bereiche	Phase I Prosperität	Phase II Rezession	Phase III Depression	Phase IV Erholung
Neue Ideen	hohe Innovationsrate, Technologiedruck	geringe Innovationsrate, kein Wunsch nach Neuem	neue Erfindungen	hohe Erfindungsrate
Märkte	neue Märkte	Marktsog	gesättigt	Umbruch, Unsicherheit
Wirtschaft	Investitionen, Wachstum	Beginnende Stagnation	Unternehmensschließungen, „Minus-Wachstum“	instabil
Zukunft	stetige Tendenz, Prognose einfach	stabil, wenig Änderung	Wandel des Denkens	kleine Einflüsse können Zukunft prägen
Erfolgsrezept	to do the right things	to do things right	to stop the wrong things	to choose the right things

Quelle: Kroy (1995, S. 61)

- In der ersten Phase der *Prosperität* sind die Innovationsraten hoch, und neue Märkte werden erschlossen. Bei Vorherrschen einer Technologiedruck-Strategie kommt es zu steigenden Investitionen und zu wirtschaftlichem Wachstum.
- In der zweiten Phase der *Rezession* geht die Innovationsrate zurück. Es kommt zu einer Marktsog-Orientierung. In dieser Phase nimmt das Wirtschaftswachstum ab. Die Stagnation beginnt.
- In der dritten Phase der *Depression* folgt der Abschwung. Bei gesättigten Märkten und negativem Wachstum der Wirtschaft kommt es zu vermehrten Unternehmensschließungen. Kennzeichnend für diese Phase ist sowohl die Zunahme an neuen Erfindungen als auch der einsetzende Wandel im Denken.
- Mit der vierten Phase der *Erholung* endet eine Kondratieff-Welle. Hohe Erfindungsraten, Umbruch und Unsicherheit der Märkte bei instabiler Wirtschaft sind die Kennzeichen dieser Phase. Dabei können schon kleine Einflüsse die Zukunft nachhaltig prägen.

Die Dauer einer Welle liegt gemäß den Beobachtungen von Kondratieff, Kuznets (1953) sowie vor allem von Schumpeter (1961) bei ca. 40–60 Jahren. Die wirtschaftliche Entwicklung in langen Wellen wurde u. a. mit dem „scharnweisen Auftreten von Innovationen“ erklärt. Schumpeter (1961, S. 108–109) stellte bei seinen empirischen Untersuchungen der Kondratieff-Wellen drei auch heute geltende Charakteristika heraus:

- Erstens sind *Innovationen* nicht gleichmäßig über die Zeit verteilt und bleiben nicht isolierte Ereignisse, sondern treten *stoßweise* und *geballt* auf.

- Zweitens sind *Innovationen* niemals über das gesamte Wirtschaftssystem gleichmäßig verteilt, sondern *konzentriert auf bestimmte Sektoren* und deren Umgebung.
- Drittens reichen die ersten zwei Charakteristika des Innovationsprozesses aus, um das *bestehende Wirtschaftssystem* zu *zerreißen* und einen besonderen *Anpassungsprozess* zu *erzwingen*, der nicht in jedem Zeitreihenmaterial sichtbar werden muss.

Vier Kondratieff-Wellen

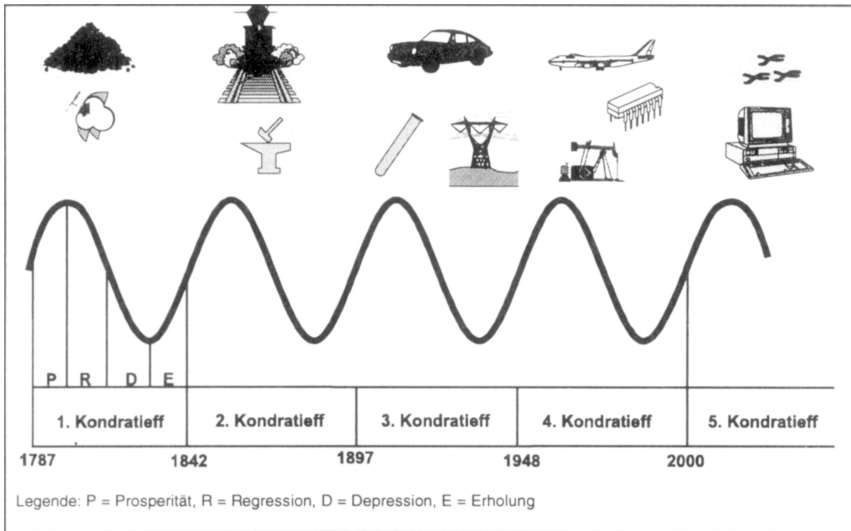
Ursache für die einschneidenden Veränderungen sind sog. Basisinnovationen, auf die dann weitere Innovationen folgen, d. h., es kommt zum sog. „*bandwagon-Effekt*“. Seit der industriellen Revolution gab es laut Schmietow (1988, S. 65) insgesamt vier größere Einschnitte in der langfristigen wirtschaftlichen Entwicklung, d. h. vier Kondratieff-Wellen, wobei einige wie z. B. Nefiodow (1991, S. 37–40) für die Gegenwart bereits den Beginn einer fünften Kondratieff-Welle sehen (Tab. 4, Abb. 8).

Tabelle 4
Die vier Kondratieff-Wellen, ergänzt um eine spekulative fünfte Welle

	Prosperität	Rezession	Depression	Erholung
Kondratieff-Welle der industriellen Revolution	1787–1800	1801–1813	1814–1827	1828–1842
Bürgerliche Kondratieff-Welle	1843–1857	1858–1869	1870–1884/5	1886–1897
Neomerkantilistische Kondratieff-Welle	1898–1911	1912–1924/5	1925/6–1939	1940–1948
Nachkriegs-Kondratieff-Welle	1949–1966	1967–1973	1974–1991 ?	1992–?
Informations-Kondratieff-Welle	2001– ?	?	?	?

Quelle: Nefiodow (1991, S. 31), Schmietow 1988 (S. 65), Kleinknecht (1987), van Duijn (1983), Schumpeter (1961), Kuznets (1953, S. 109). Die Werte der vierten und fünften Kondratieff-Welle sind Spekulationen gemäß Freeman und Perez (1988, S. 50–57) sowie Nefiodow (1991).

Schumpeter selbst erklärte nur die ersten drei von vier Kondratieff-Wellen, die erste von 1787 bis 1842, die zweite von 1843 bis 1897 und die dritte von 1898 bis 1948. Die vierte Welle wurde z. B. von Kleinknecht (1987) und van Duijn (1983) hinzugefügt, während Freeman und Perez (1988, S. 50–57) sowie Nefiodow (1991) sogar den Anfang einer fünften Kondratieff-Welle für die 1990er Jahre postulierten. Empirisch sind die langen Wellen nur schwer nachweisbar. Es werden z. B. Zeitreihenanalysen zur Entwicklung des Bruttosozialprodukts, der Preise, der landwirtschaftlichen und industriellen Produktion oder der Zinsen vorgenommen. Anhand der Ergebnisse dieser Analysen lassen sich für die vier ersten Wellen sowohl ein Wechsel der Führungsrolle unter den Industrienationen als auch Unterschiede in den jeweiligen Wachstumsindustrien ausmachen (Übersichten über die ersten vier Wellen bei van Duijn 1983,



Quelle: Nefiodow (1991, S. 31), Daten aus Tab. 4

Abbildung 8: Die vier Kondratieff-Wellen, ergänzt um eine fiktive fünfte Welle

S. 163; Schmietow 1988, S. 80–109; Kuznets 1953, S. 109; Freeman und Perez 1988, S. 50–57):

- Die erste Kondratieff-Welle der industriellen Revolution (1787–1842) prägten vor allem die Bergbau-, Eisen-, Baumwoll- und Dampfmaschinen-industrie. Energiegewinnung aus Steinkohle, neue Verfahren zur Eisenherstellung, die Nutzung der Dampfmaschinen als Antrieb und mechanisierte Baumwollspinnerei sind typische Technologien dieser Zeit. Die führende Industrienation war Großbritannien.
- Während der zweiten, der bürgerlichen Kondratieff-Welle (1843–1897) rückte der Stahl- und Maschinenbau in den Vordergrund. Typisch waren in den meisten Ländern der Ausbau der Eisenbahnnetze, aber auch z. B. die Entwicklung neuer Verfahren der Stahlherstellung, die Vergrößerung der Produktionsanlagen und die Integration von Eisen-, Stahl- und Walzwerken. Nach wie vor lag Großbritannien an der Spitze, aber die USA und Deutschland holten in der Industrialisierung stark auf.
- Die dritte, sog. neomerkantilistische Kondratieff-Welle (1898–1948) stand im Zeichen der elektrotechnischen, der Automobil- und der chemischen Industrie. Der Aufbau der Grundversorgung aller Haushalte und der Industrie mit Elektrizität, die Entwicklung von Verbrennungsmotoren und deren Einsatz in Kraftfahrzeugen sowie die organische Chemie standen im Zentrum des Zeitalters der beginnenden Massenproduktion. Die USA und Deutschland waren die führenden Industrienationen.

- Die *Nachkriegs-Kondratieff-Welle* begann 1949 und stellt die vierte, bis in die Gegenwart noch andauernde Welle dar. Die Wachstumsindustrien sind die elektronische bzw. elektrotechnische Industrie, die Kunststoffindustrie, die pharmazeutische sowie die Luft- und Raumfahrtindustrie. Als typische Produktfelder bzw. Technologien gelten die Nachrichtentechnik, Kunststoffe und Petrochemie, Flugzeuge und Raketen sowie vor allem die Computertechnologie und die Mikroelektronik. Die Führungsrolle haben die USA und Japan inne.

Aufgrund der starken Fortschritte in der Computer- und Softwaretechnologie sowie der starken Verbreitung der Personal Computer kommt es zu vielen neuen Anwendungsfeldern und neuen Technologien. Nefiodow (1991) sieht aufgrund dieser, vor allem in den 1990er Jahren schnellen Fortschritte den Beginn einer *fünften Kondratieff-Welle*, die im Zeichen der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) stehen soll. Neben den IKT sind es aber auch die *Umwelttechnologien* und die auf der Gentechnik basierende *neue Biotechnologie* (Vogel 1995a), die eine fünfte Kondratieff-Welle nachhaltig prägen könnten, wobei aber alle Aussagen über den Beginn einer neuen Welle laut Freeman und Perez (1988, S. 53) spekulativ sind.

Das Metamorphose-Modell und die New Technology Systems

Neben den Analysen der langfristigen wirtschaftlichen Entwicklung mit den Kondratieff-Wellen gibt es zahlreiche weitere Analysen (Übersicht bei Debelke 1984), wobei u. a. die Kapitalgüterproduktion, Arbeitskräftknappheit oder die Nahrungsmittel- und Rohstoffknappheit untersucht werden. Im Folgenden werden mit dem *Metamorphose-Modell* von Mensch (1975) und den „*New Technology Systems*“ von Freeman et al. (1982) zwei Ansätze in der Schumpeterischen Tradition vorgestellt.

Der Hauptunterschied zwischen dem *Metamorphose-Modell* von Mensch und dem Modell der Kondratieff-Wellen liegt in der Annahme des zeitlichen Auftretens von Basisinnovationen. Für Mensch (1975, S. 18 u. 145) kommt es zu Basisinnovationen nicht in der Prosperitätsphase, sondern in der Depressionsphase der „*langen Wellen*“. Lange Wellen entstehen bei ihm aus einer Abfolge von Branchenzyklen, an deren Ende die Strukturkrise der Wirtschaft steht. Etablierte Branchen lösen diese Krise aus und bewirken ein sog. „*technologisches Patt*“, das den Durchbruch neuer Industrie- und Dienstleistungssektoren mit neuen Basisinnovationen sowie einen erneuten wirtschaftlichen Aufschwung ermöglicht.

Das Metamorphose-Modell ähnelt in vielem der „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ von Schumpeter. Daher ist bei der Theorie von Mensch weitgehend unstrittig, dass Unternehmer in Aufschwungsphasen eher auf Ver-

besserungsinnovationen denn auf Basisinnovationen setzen. In der Literatur wurde das Modell von Mensch u. a. in folgenden drei Punkten scharf kritisiert:

- Erstens gibt es keine empirische Validierung für die Annahme von Mensch, Basisinnovationen häuften sich in Rezessionsphasen (diesbezügliche empirische Ergebnisse und Argumentation bei Albach 1986, S. 60).
- Zweitens unterscheidet Mensch laut Brockhoff (1972, S. 283–284) nicht zwischen Inventions- und Innovationszeitpunkt, weshalb die zeitliche Differenz zwischen Invention und Innovation nicht berücksichtigt ist.
- Drittens halten Freeman et al. (1982, S. 45–57) die empirische Basis für unzureichend. Ein Zusammenhang zwischen Basisinnovation und deren wirtschaftliche Auswirkung wird laut Schmietow (1988, S. 73) als gering eingeschätzt.

Freeman et al. (1982, S. 64–81) entwarfen nach ihrer Kritik an dem Metamorphose-Modell von Mensch in Anlehnung an die „Theorie der langen Wellen“ von Schumpeter den Ansatz der „*New Technology Systems*“. Ihre „*New Technology Systems*“ verstehen Freeman et al. (1982, S. 64) als eine Theorie, die „*emphasis in the role of scientific discoveries, on the technical and social inter-relatedness of 'families' of innovations and on the many follow-up innovations made during the diffusion period.*“ Sie zählen neben der allgemeinen Wirtschaftssituation auch neue Entwicklungen in der Grundlagenforschung, Durchbrüche in Technologien, Kriege und Kriegsvorbereitungen, organisatorische Entwicklungen in der Produktion und im Vertrieb sowie „*natürliche Trajektorien von Technologien*“ (Näheres in Abschnitt B.II.4.b)) als Einflussfaktoren für das gehäufte Auftreten von Innovationen hinzu.

Freeman et al. unterscheiden Innovationen mit begrenzter Anwendbarkeit und Innovationen mit breiter Anwendbarkeit, d. h. mit Einsatzmöglichkeiten in zahlreichen technischen und wirtschaftlichen Bereichen. Durch die Anwendung der Innovationen entsteht im Zeitablauf ein *Netz von Innovationen*, deren einzelne Komponenten technische, ökonomische und gesellschaftliche Zusammenhänge aufweisen. Innovationen breiten sich über Wachstumsindustrien auf die gesamte Industrie aus, rufen Nachahmer hervor und induzieren dadurch einen Diffusionsprozess. Im Zuge der Diffusion kommt es zu Anschluss-, Verbesserungs- und Erweiterungsinnovationen, das Wirtschaftswachstum beschleunigt sich, und eine Vielzahl an Industrien widmet sich der Prozessinnovation im Gegensatz zu den in der Anfangsphase vorherrschenden Produktinnovationen (Unterscheidung zwischen der Neigung zu Prozess- bzw. Produktinnovationen je Innovationszyklusphase im Branchenlebenszyklusmodell von Abernathy und Utterback 1975). Die in der Diffusionsphase allgemein vorhandenen „*natürlichen Entwicklungslinien von Technologien*“ bzw. Trajektorien (Nelson und Winter 1977, S. 56–60) greifen die Unternehmen auf und unterstützen dadurch zusätzlich das Wachstum.

Dieser Ansatz ist aufgrund seines polykausalen Erklärungsversuchs zwar genauer als das monokausale Metamorphose-Modell von Mensch einzustufen, ist aber gleichzeitig auch ungenau in seiner Aussage. Empirisch bestätigt wird dieser Ansatz unter anderem durch Ergebnisse der industriellen Diffusionsforschung wie z. B. von Chesnais (1982) und der Technikgeschichte wie z. B. von Rosenberg (1982, S. 58–59).

Fazit

Ähnlich wie Mensch und Freeman et al. sind weitere Ökonomen der Gegenwart durch Schumpeter in hohem Maße inspiriert worden. Unterstützt durch empirische Ergebnisse wird einerseits vieles in der Literatur als *unstrittig* angesehen (Zusammenfassung bei Schmietow 1988, S. 66–67). Andererseits gibt es zwei zentrale *Kritikpunkte*:

- Erstens wird das *Auftreten von Innovationen in Schwärmen*, die einen wirtschaftlichen Aufschwung auslösen, als hypothetisch abgelehnt, z. B. von van Duijn (1983, S. 103–105). Zugestimmt wird der Annahme, dass in der Rezessionsphase eine Innovation von einem dynamischen Unternehmer durchgesetzt wird, der dann später weitere Unternehmer folgen und diesen nachahmen. Schumpeter erläutert aber nicht, wie es nach einem durch Innovationen hervorgerufenen Aufschwung zu einem Abschwung kommt und warum der Widerstand gegenüber Innovationen in Unternehmen abnimmt.
- Zweitens lehnt Chesnais (1982, S. 52) eine mechanistische bzw. quasimechanistische Annahme einer festen *Periodenlänge* der Kondratieff-Welle von 40 bis 60 Jahren ab. Als Prognoseinstrument wie auch bei historischer Betrachtung kann man nur mit hoher Unsicherheit einen sinusförmigen Verlauf der wirtschaftlichen Entwicklung unterstellen. Dieser Verlauf ist aber oftmals nur mit zahlreichen mathematischen Verfahren herstellbar, wobei die Zyklusdauer in Richtung Gegenwart zunehmend kürzer wird (z. B. Ludwig 1989, S. 29 mit dem Verweis auf den sog. Slutsky-Effekt von Slutsky (1937)).

Insgesamt bedeuten die Ansätze zur Erklärung der langfristigen wirtschaftlichen Entwicklung einen großen Fortschritt zur Erklärung von großen Trendbrüchen. Schumpeters Theorie eignet sich vor allem zur Analyse historischer Entwicklungen, obwohl eine klare und genau abgrenzbare empirische Analyse noch kaum durchführbar ist. Prognosen über die zukünftigen wirtschaftlichen Entwicklungen auf Basis von Ansätzen, die auf vergangenheitsbezogenen Daten beruhen, sind hingegen aufgrund der Unvorhersagbarkeit technologischer Entwicklungen nicht durchführbar.

4. Innovationsökonomische Ansätze

Schumpeters Ideen haben die Wirtschaftswissenschaften des 20. Jahrhunderts nachhaltig beeinflusst, was sich u. a. an der Vielzahl der an seinen Ideen anknüpfenden innovationsökonomischen Ansätze zeigt (Definitionen des Begriffes der Innovationsökonomie u. a. von Freeman et al. 1982, Schwitalla 1993, Meyer-Krahmer 1993). In innovationsökonomischen Ansätzen werden neben den quantitativen Produktionsfaktoren wie Arbeit und Kapital insbesondere qualitative Produktionsfaktoren wie z. B. Technologien, Führungsstrategien und gesellschaftliche Faktoren berücksichtigt. Die Innovationsökonomie hebt sich damit von den neoklassischen Ansätzen ab, in denen diese qualitativen Produktionsfaktoren laut Müller-Merbach (1990a) meist vernachlässigt sind. Schwitalla (1993, S. 40–41) sieht u. a. zwei Richtungen der innovationsökonomischen Ansätze mit mikroökonomischer Fundierung als bedeutend an:

- Erstens gibt es die *behavioristischen Ansätze*, in denen das Organisationsverhalten von Unternehmen im Mittelpunkt steht. Ein zentraler Ansatz der behavioristischen Ansätze ist der *evolutionstheoretische Ansatz von Nelson und Winter* (1982), die das Organisationsverhalten von Unternehmen in Verbindung mit der biologischen Evolutionstheorie aufgreifen (Abschnitt B.II.4.a)).
- Zweitens gibt es die *institutionell-historischen Ansätze*. In ihnen werden die technisch-ökonomischen Zusammenhänge und deren historische Entwicklung aus mikroökonomischer Sichtweise erläutert – häufig mit qualitativen Analysen. Vier Hauptpunkte der *institutionell-historischen Ansätze* führt Freeman (1988, S. 2) als Zusammenfassung aus einem zentralen Werk zur Theorie des technischen Fortschritts und wirtschaftlichen Wachstums von Dosi et al. (1988) an:
 - „*Technical change is a fundamental force in shaping the patterns of transformation of the economy.*“
 - „*There are some mechanisms of dynamic adjustment which are radically different in nature from those allocative mechanisms postulated by traditional theory.*“
 - „*The mechanisms have to do both with technical change and institutional change or the lack of it. As regard the former, we suggest it is both disequilibrating – and a source of order for the directions of change in the 'dynamic adjustment processes', as new technologies diffuse through the national and international economies. Paradoxically, despite its fluctuations and crises the world is actually more stable and better ordered than could be deduced from prevailing economic theory.*“
 - „*The socio-institutional framework always influences and may sometimes facilitate and sometimes retard processes of technical and structural change, coordination and dynamic adjustment. Such acceleration and retardation effects*

relate not simply to market 'imperfections', but to the nature of the markets themselves, and to the behaviour of agents (that is, institutions are an inseparable part of the way markets work).“

Die *institutionell-historischen Ansätze* heben sich damit von denen der Neoklassiker ab. Zwei der bedeutendsten Ansätze sind die „*Technologischen Paradigmen*“ sowie die „*Nationalen Innovationssysteme*“ (Zusammenfassung der innovationsökonomischen Literatur bei Freeman 1994):

- *Technologische Paradigmen* gelten im mikroökonomischen Ansatz von Dosi (1982, 1988) als Triebfeder des wirtschaftlichen Wachstums. Inter- und intrasektorale Einflussgrößen wirken auf das technologische Paradigma und die technologischen Trajektorien (Abschnitt B.II.4.b)).
- Der Schwerpunkt wird in den Ansätzen zu „*nationalen Innovationssystemen*“ auf Institutionen und deren Zusammenwirken innerhalb einer Nation gelegt (Abschnitt B.II.4.c)). Diese Ansätze sind vom „Nationalen System der politischen Ökonomie“ von Friedrich List beeinflusst. Von den aktuellen Ansätzen wird u. a. das System der nationalen Wettbewerbsvorteile von Porter (1991) erläutert.

a) Der evolutionstheoretische Ansatz von Nelson und Winter

In ihrer sog. Evolutionstheorie verknüpfen Nelson und Winter (1982) die behavioristische Unternehmenstheorie in evolutorischer Sicht – Basis ist der Beitrag von Alchian (1950) – mit den Schumpeterschen Entwicklungs- und Wettbewerbsprozessen. In ihrem evolutionstheoretischen Ansatz passen Unternehmen ihr Verhalten unternehmensinternen und unternehmensexternen Veränderungen an. Das Verhalten der Unternehmen ist dabei „*anspruchsniveauorientiert*“ („*satisfying behavior*“) im Gegensatz zur Annahme gewinnmaximierenden Verhaltens bei den Neoklassikern.

Zunächst seien kurz der Ursprung und die Charakteristika der Evolutionstheorie in den Wirtschaftswissenschaften skizziert. Anschließend steht der Ansatz von Nelson und Winter mit den sog. Routinen, die vom Markt und der Unternehmensumwelt beeinflusst werden, im Mittelpunkt.

Ursprung von Evolutionstheorien in den Wirtschaftswissenschaften

Eingang in die Wirtschaftswissenschaften haben *evolutionstheoretische Ansätze* u. a. durch Hayek (1969, S. 142) gefunden, der die Beeinflussung der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften durch die darwinistische Evolutionstheorie hervorhebt. Die Evolutionstheoretiker bilden in ihren Theorien nicht notwendi-

gerweise Analogien zur Biologie, sondern eine Vielfalt an speziellen Formen. Nach Witt (1987, S. 88) kennzeichnen *drei Merkmale* eine Evolutionstheorie:

- „Die Theorie ist dynamisch, d. h., sie hat eine in der Zeit ablaufende Entwicklung zum Gegenstand.“
- „Der Theorie liegt das Konzept der irreversiblen, historischen Zeit zugrunde, d. h., sie bezieht sich auf Entwicklungen, die eine zeitlich nicht umkehrbare Richtung aufweisen.“
- „Die Theorie erklärt, wie es zu Neuerungen in den untersuchten Entwicklungen kommt und welche allgemeinen Einflüsse sie haben, d. h. sie formuliert Hypothesen über das zeitliche Verhalten von Systemen, in denen Neuerungen auftreten und sich ausbreiten.“

Der Ansatz von Nelson und Winter

Einer der zentralen evolutionstheoretischen Ansätze stammt von Nelson und Winter (1982). Sie unterscheiden zwischen *drei Arten des Unternehmensverhaltens* bzw. sog. „Routinen“, welche laut Nelson und Winter (1982, S. 14; vgl. auch die ausführlichen Darstellungen bei Behrens 1988, S. 93–135; Schwitalla 1993, S. 42–59; Gerybadze 1982, S. 115–155, Elßer 1993, S. 103–107; Bollmann 1990, S. 62–65) auch für *Innovationen* sorgen und drei *Kernursachen* haben. Routinen werden zudem durch den *Markt* und durch die *Unternehmensumwelt* beeinflusst.

Routinen

„Routinen“ sind nach Nelson und Winter (1982, S. 14–15) regelmäßige Verhaltensmuster von Unternehmen und umfassen sowohl die technischen Gegebenheiten als auch die Managementpraktiken und sozialen Eigenschaften. Routinen entsprechen den Genen in der biologischen Entwicklungstheorie. In gleichem Maße wie Gene den Organismus und das Verhalten von Lebewesen beeinflussen, so prägen Routinen die Organisationsstruktur eines Unternehmens. Sie sind Resultat der historischen Unternehmensentwicklung und unterliegen einem ständigen Anpassungsdruck aufgrund sich ändernder Umweltbedingungen. Nelson und Winter (1982, S. 16–18) differenzieren in ihrer Theorie zwischen drei unterschiedlichen Ebenen von *Routinen*, die auch zu *Innovation* führen und auf drei *Gründen* beruhen.

- Auf der untersten Ebene bestimmen sog. „operative Charakteristiken“ das kurzfristige Verhalten von Unternehmen. Diese legen bei gegebener Kapital- und Faktorausstattung die kurzfristig greifenden Regeln fest, d. h. die Erweiterung oder Verkleinerung des Produktionsapparates.

- Die Routinen der mittleren Ebene, die sog. „*Investitionsregeln*“, legen von Periode zu Periode aufgrund der Beurteilung des Gewinns bzw. des Verlustes fest, ob der Kapitalstock eines Unternehmens, d. h. die kurzfristig fixen Produktionsfaktoren, wachsen oder schrumpfen. Typische Entscheidungen betreffen z. B. den Bau einer neuen Anlage oder die Aufnahme eines großen FuE-Programms.
- Auf der obersten Ebene gibt es die sog. „*Such- und Änderungsroutinen*“. Diese Routinen werden einerseits kontinuierlich durchgeführt, wenn ein Unternehmen an den ständigen Wandel gewöhnt ist. Andererseits wird systematisch nach Erkenntnissen über Routinen anderer Unternehmen oder über Neuheiten gesucht, wenn das Anspruchsniveau bezüglich der Gewinnhöhe bei einem Unternehmen unterschritten ist. Die gefundenen Alternativen anderer Unternehmen werden bewertet, und die eigenen, bisher existierenden Routinen werden dann durch Innovation oder Imitation geändert.

Innovationen sind demnach für Nelson und Winter das Ergebnis eines Suchprozesses und unterliegen mehr oder weniger dem Zufallsprinzip. Innovationen – bzw. Suchergebnisse im Allgemeinen – entsprechen gemäß Behrens (1988, S. 113–119) im Ansatz von Nelson und Winter den Mutationen in der biologischen Entwicklungstheorie. Hierzu zählen auch die sog. Innovationsroutinen, bei denen ein Unternehmen nach einem bestimmten Muster nach Verbesserungen sucht. Der Suchprozess nach Innovationen selbst ist ein irreversibles Verfahren, das zu neuer Information und zu neuem Wissen führt. Sog. Innovationsroutinen gibt es beispielsweise in den großen FuE-Abteilungen in Unternehmen, in denen systematisch nach Neuerungen gesucht wird.

Für dieses routinegeleitete Unternehmensverhalten gibt es laut Nelson und Winter (1982, S. 99–124) drei Gründe:

- Erstens gibt es die *Wissensbewahrung*, d. h. routinegeleitetes Verhalten. Sie stellt in Unternehmen – vergleichbar mit „*tacit knowledge*“ bei Individuen (Unterscheidung zwischen „*skill*“ und „*tacit knowledge*“ bei Nelson und Winter 1982, S. 76–77) – das Gedächtnis für nicht genau fixierbares Wissen dar (Nelson und Winter 1982, S. 99–107; Behrens 1988, 105–106).
- Zweitens dient routinegeleitetes Unternehmensverhalten der *Mitarbeitermotivation*, der *Konfliktvermeidung* und führt zu einer *Orientierung* des Verhaltens der Unternehmensmitglieder *an den Unternehmenszielen* (Nelson und Winter 1982, S. 110–112; Behrens 1988, 107–109).
- Drittens gewährleistet routinegeleitetes Unternehmensverhalten eine gewisse *Konstanz* bisher erfolgreichen Verhaltens, und somit ist das stetige Funktionieren bestehender Routinen selbst ein Ziel des Unternehmens (Nelson und Winter 1982, S. 112–124; Behrens 1988, S. 109–110).

Markt

Unternehmen und ihre Routinen sind nicht isoliert von der Umwelt, sondern müssen sich ständig den wechselnden Anforderungen des Marktes anpassen. Der *Markt* selektiert wettbewerbsfähige von nicht-wettbewerbsfähigen Unternehmen, analog zum Prozess der natürlichen Auslese in der biologischen Entwicklungstheorie. Infolge des Profitmechanismus im Marktwettbewerb werden laut Bollmann (1990, S. 64) diejenigen Unternehmen am Markt bleiben bzw. auftreten, die sich mit ihren Verhaltensregeln der sich verändernden Umwelt besser als andere Unternehmen anpassen. Der Selektionsmechanismus des Marktes hat laut Witt (1987, S. 99) somit eine doppelte Funktion: Einerseits selektiert er die einzelnen Unternehmensroutinen, indem er den Unternehmen unterschiedliche Expansionsmöglichkeiten einräumt. Andererseits korrigieren die Unternehmen diesen Selektionsprozess selbst, indem sie ihr Verhalten den veränderten Umweltbedingungen anpassen.

Unternehmensumwelt

Die Veränderung des Marktes und des routinegeleiteten Unternehmensverhaltens wird außerdem durch Faktoren der *Unternehmensumwelt* bestimmt. Nelson und Winter (1982, S. 18) stellen diese Faktoren anhand sog. industriebezogener Faktoren dar, wobei sie eine „*Industrie*“ verstehen als „*situations, in which a number of broadly similar firms interact with one another in a market context characterized by product demand and input supply curves.*“ Es handelt sich dabei sowohl um industrieexogene Faktoren wie natürliche Ressourcen als auch um industrieendogene Faktoren, d. h. um die anderen Unternehmen eines Wirtschaftszweiges.

Ihren evolutionstheoretischen Ansatz fassen Nelson und Winter (1982, S. 160–161) wie folgt zusammen: Die Routinen eines Unternehmens und die Umweltfaktoren bestimmen auch sein Verhalten. Durch Veränderungen der Umweltfaktoren erhöht sich der Anpassungsdruck auf die Unternehmen, und sie reagieren soweit wie möglich mit ihrem Routinevorrat. Über aus dem Suchprozess resultierende Mutationen versuchen sie, sich aber gleichzeitig den Umweltveränderungen anzupassen. Daraus resultierende Verhaltensänderungen eines Unternehmens induzieren weitere, endogene Umweltveränderungen für die anderen Unternehmen.

Fazit

Der evolutionstheoretische Ansatz von Nelson und Winter enthält zahlreiche neue Aspekte gegenüber den neoklassischen Ansätzen. Insbesondere durch die Einbeziehung des Unternehmensverhaltens und der damit einhergehenden Mi-

krofundierung heben sie sich von den Neoklassikern ab. Wie jedes Modell, so hat auch der Ansatz von Nelson und Winter einige Schwächen. Die Schwächen betreffen die Vorgabe des technischen Fortschritts, die Modellannahmen sowie das Verständnis des Unternehmensverhaltens:

- Für Gerybadze (1982, S. 150–152) ist die Vorgabe einer Wahrscheinlichkeitsverteilung für den technischen Fortschritt bzw. einer *fest vorgegebenen Menge an Möglichkeiten*, aus der Unternehmen neue Techniken zufällig erhalten, nicht befriedigend. Durch diese Annahmen hätten Nelson und Winter nicht das Zustandekommen von technischem Fortschritt erklärt, sondern hätten nur gezeigt, wie sich Unternehmen unter bestimmten Bedingungen an eine exogene Entwicklung anpassen. Sie vernachlässigen nach Gerybadze (1982, S. 146) dabei zweierlei: zum einen sind technologische Entwicklungen im Allgemeinen nicht voraussagbar, und zum zweiten fehlt eine tiefgreifende analytische Vorgehensweise.
- Hinsichtlich der *Annahmen des Modells* führt Gerybadze (1982, S. 153–154) drei Kritikpunkte an: Die *ausschließliche Fixierung auf Prozessinnovationen* schließe Produktinnovationen aus. Der technische Fortschritt vollziehe sich „*unembodied*“, d. h., eine Berücksichtigung von neuartigen Inputs in industrielle Verfahren werde außer Acht gelassen. Ferner würden die *Wechselbeziehungen zwischen Herstellern und Anwendern* neuer Güter *nicht berücksichtigt*, obwohl gerade diese die Innovationsprozesse stark beeinflussen.
- Die Beschränkung auf die Theorie des Unternehmensverhaltens im Sinne Schumpeters wird von Witt (1987, S. 98–88) kritisiert. Die *ausnahmslose Konzentration auf die Angebotsseite* von Märkten vernachlässige das Typische an der behavioristischen Theorie, das allgemeine, individualistische Modell „*beschränkt rationalen*“ Verhaltens (Simon 1955).

Trotz der angeführten Einschränkungen liefern Nelson und Winter mit ihrem dynamischen evolutorischen Ansatz einen insgesamt wertvollen Beitrag zum Verständnis von Innovations- und Wettbewerbsprozessen (Urteil von Schwitalla 1993, S. 56). Auch als Gegentheorie zu den vorherrschenden neoklassischen Ansätzen, im Verzicht auf die Gewinnmaximierungshypothese und in dem Versuch, über einen evolutorischen Ansatz den technischen Fortschritt erklären zu wollen, liegen gemäß Schwitalla (1993, S. 59) weitere gewichtige Stärken dieses Erklärungsansatzes.

b) Technologische Paradigmen als Triebfeder des wirtschaftlichen Wachstums

In einem umfassenden mikroökonomisch orientierten Ansatz stellt Dosi (1982, S. 147–148) in Anlehnung an Kuhn (1973) die Idee des *technologischen Paradigmas* in den Mittelpunkt. In Dosis Modell handelt es sich bei den tech-

nologischen Paradigmen um radikale Neuerungen. Innerhalb eines technologischen Paradigmas gibt es inkrementale Erneuerungen, welche auch als technologische Entwicklungspfade (trajectories) bezeichnet werden. Technologische Paradigmen und Entwicklungspfade bestimmen zusammen Ausmaß und Richtung des technischen Fortschritts.

Im Folgenden werden zunächst die Grundlagen von Kuhn erläutert. Danach wird der Ansatz Dosis mit dem technologischen Paradigma inklusive technologischen Trajektorien sowie den intersektoralen und intrasektoralen Bestimmungsgrößen dargestellt.

Paradigma nach Kuhn

Der Paradigma-Begriff wurde in der Literatur in vielfältiger Weise verwendet und interpretiert. Hier seien zum besseren Verständnis von Kuhns Paradigma-Begriff zwei Definitionen angeführt:

Zum einen liefert Stegmüller (1987, S. 293) eine prägnante Definition des Paradigma-Begriffes von Kuhn:

„Zu einem Paradigma gehört eine gemeinsame intuitive Grundeinstellung gegenüber einem Bereich von Phänomenen; es bestimmt darüber hinaus, was für Fragen unter den Forschern als wichtige und relevante Probleme anerkannt sind und welche Lösungsmethoden als zulässig erachtet werden. Ja noch mehr: Das gemeinsame Paradigma reicht über das rein Theoretische hinaus und ist mitbestimmend für das, als was etwas wahrgenommen oder beobachtet wird.“

Zum anderen konkretisiert Kuhn (1988, S. 389–390) den Begriff selbst nach zahlreichen unterschiedlichen Interpretationen anderer:

„Ein Paradigma ist das, was den Mitgliedern einer wissenschaftlichen Gemeinschaft, und nur ihnen, gemein ist. Umgekehrt macht der Besitz eines gemeinsamen Paradigmas aus einer Gruppe sonst unverbundener Menschen eine wissenschaftliche Gemeinschaft.“

Aufgrund der zahlreichen Interpretationen wird hier im Folgenden nur der transferierte Begriff des technologischen Paradigmas betrachtet.

Technologische Paradigmen

Dosi führt in seinem Modell dann den Begriff des technologischen Paradigmas ein. In Analogie zu Kuhns Definition eines wissenschaftlichen Paradigmas versteht Dosi (1982, S. 152) ein technologisches Paradigma in enger Sichtweise als *„model' and a 'pattern' of solution of selected principles derived from natural sciences and on selected material technologies“* und – etwas weiter gefasst

– als „*'outlook', a set of procedures, a definition of the 'relevant' problems and of the specific knowledge related to their solution.*“

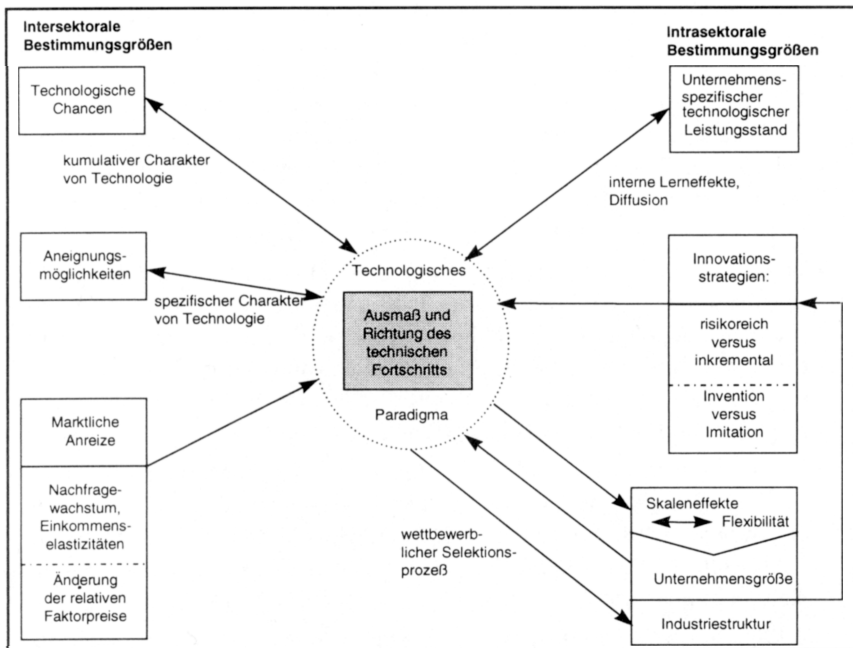
In seinem Verständnis handelt es sich bei einem technologischen Paradigma um *radikale Neuerungen*, die aus wissenschaftlicher Forschung oder kreativer Erfindertätigkeit eher zufällig entstehen und eine große Breitenwirkung haben. Beispiele für derartig *radikale Neuerungen* sind die Kunststoffchemie, die Kernenergie, die Mikroelektronik und die Biotechnologie (Beispiele aus Cantner 1990, S. 11). Die bahnbrechenden, richtunggebenden technologischen Paradigmen liegen auch der Theorie der langen Wellen zugrunde, wobei die Richtung des technischen Fortschritts entlang sog. Entwicklungspfade bzw. Trajektorien verläuft (Abschnitt B.II.3.).

Die *Richtung* des technischen Fortschritts ist im Allgemeinen kontrolliert und verläuft entlang der Bahn eines Paradigmas. Diese Bahn bzw. der *technologische Entwicklungspfad*, sog. *technological trajectory*, ist im Sinne Dosis (1982, S. 152) „*the pattern of 'normal' problem solving activity (i.e. 'progress') on the ground of a technological paradigm.*“ Die Suche innerhalb des Entwicklungspfades selbst ist geordnet, d. h., sie orientiert sich an engen Gegebenheiten im Rahmen des technologischen Paradigmas. Bei den technologischen Entwicklungspfaden geht es um *inkrementale Innovationen* – es wird z. B. nach einer Lösung für das Problem einer Erweiterung der Speicherkapazität von Mikrochips im Rahmen des technologischen Paradigmas der Mikroelektronik gesucht.

Mit seinem Ansatz greift Dosi zahlreiche Ideen der Innovationsökonomie auf und führt die Ansätze zu „technology push“ und „demand pull“ synthesierend zusammen. In seinem Ansatz entstehen Innovationen bzw. technischer Fortschritt und wirtschaftliches Wachstum nicht allein durch „technology push“ bzw. allein durch „demand pull“ (technology push-Ansätze in einer Übersicht bei Mowery und Rosenberg 1979, demand pull-Ansätze bei Schmookler 1976), sondern fallweise und im gegenseitigen Wechselspiel. Vereinfacht differenziert Schwitalla (1993, S. 64–68) bei den Bestimmungsgrößen des technischen Fortschritts zwischen *intersektoralen* Bestimmungsgrößen, d. h. Größen, die vom Wirtschaftszweig abhängig sind, und *intrasektoralen* Bestimmungsgrößen, d. h. Größen innerhalb eines Wirtschaftszweiges. Diese Unterscheidung ist idealtypisch, denn die Größen beider Teilbereiche sind in der Realität eng miteinander verwoben (Abb. 9).

Intersektorale Bestimmungsgrößen

Unternehmen verschiedener Wirtschaftszweige unterscheiden sich im Allgemeinen in ihrem Innovationsverhalten. *Intersektorale* Bestimmungsgrößen und ihre Wirkung auf Ausmaß und Richtung des technischen Fortschritts erklä-



Quelle: Dosi (1988), übernommen aus Schmitalla (1993, S. 65)

Abbildung 9: Bestimmungsgrößen inter- und intrasektoraler Innovationsmuster

ren in Dosis Ansatz dieses unterschiedliche Innovationsverhalten. Das Innovationsverhalten von Unternehmen einzelner Wirtschaftszweige hängt nach Schmitalla (1993, S. 65) in Dosis Ansatz sowohl von *technologischen Chancen* und den *Aneignungsmöglichkeiten* einer Technologie als auch von *marktlichen Anreizen* ab. Daran anknüpfend werden Unternehmen nach Pavitt (1984) in vier Industriegruppen eingeteilt.

- Einzelne Technologiefelder eröffnen laut Dosi (1988, S. 1135–1139) aufgrund des technischen Fortschritts *technologische Chancen* für Unternehmen verschiedener Wirtschaftszweige. So bieten einerseits Schlüsseltechnologien für einige Unternehmen ein großes Anwendungsfeld mit teilweise hohen Gewinnchancen. Andererseits mögen ältere Schlüssel- und Basistechnologien eine nur geringe Bedeutung haben. Technologische Chancen variieren also je nach Wirtschaftszweig und vorherrschendem Paradigma, denn Technologien bzw. technisches Wissen haben sowohl einen spezifischen als auch einen kumulativen Charakter. Hieraus erklären sich z. B. auch die unterschiedlichen Investitionsraten von Unternehmen verschiedener Wirtschaftszweige.

- Inwieweit Unternehmen technologische Innovationen hervorbringen, hängt von ihrer Fähigkeit zur Aneignung neuen technischen Wissens ab. Unter *Aneignungsmöglichkeiten* versteht Dosi (1988, S. 1139–1140) die Eigenschaften von technischem Wissen, von Märkten und vom gesetzlichen Umfeld, welche Innovationen fördern. Die Aneignungsmöglichkeiten sind sowohl von der Technologie als auch vom Wirtschaftszweig selbst bestimmt. Für Unternehmen bzw. Wirtschaftszweige ist es entscheidend, auf welche von zwei Arten sie sich eine neue Technologie aneignen:
 - Zum einen gibt es gemäß Hess (1985, S. 14–15) Unternehmen bzw. Wirtschaftszweige mit Schwerpunkten in sog. „*Schlüsseltechnologien*“, welche die Technologie originär für die Erzielung von Wettbewerbsvorteilen benötigen. In der Schlüsseltechnologie der Mikroelektronik ist dies z. B. die Telekommunikations-, Halbleiter- oder Computerindustrie, welche Produkte mit Elektronik als Hauptfunktion herstellen.
 - Demgegenüber unterscheiden sich die Muster der Aneignung bei denjenigen Technologien, bei denen das zugrundeliegende technische Wissen nur angewendet wird. So stellen z. B. laut Hess (1985, S. 14–15) bei der Schlüsseltechnologie der Mikroelektronik die Werkzeugmaschinen- und Automobilindustrie Produkte mit Elektronik als Nebenfunktion her.
- Wichtig ist vor allem, inwieweit sich Unternehmen ihr intern entwickeltes technisches Wissen vollständig aneignen können und damit andere Unternehmen von der Nutzung ihrer Forschungsergebnisse ausschließen können. Dies gilt insbesondere für diejenigen Unternehmen, bei denen die Verwendung einer Technologie eine Hauptfunktion ist. Einfluss auf die Verwendung und den Ausschluss der Wettbewerber von der Nutzung haben sowohl die Technologie selbst als auch die Imitationsfähigkeit der konkurrierenden Unternehmen. Die Aneignungsmöglichkeiten für die konkurrierenden Unternehmen können vom innovierenden Unternehmen z. B. durch Patentschutz, Geheimhaltung und frühe Vermarktung eingeschränkt werden.
- Neben den technologischen Chancen und den Aneignungsmöglichkeiten als technologieorientierte Bestimmungsgrößen stehen für Dosi (1988, S. 1140–1142) die *marktlichen Anreize* als dritte Bestimmungsgröße. Marktliche Anreize wie z. B. das Nachfragewachstum, Einkommenselastizitäten und Änderungen der Faktorpreise rufen unterschiedliches Innovationsverhalten von Unternehmen je nach Wirtschaftszweig hervor. Die marktlichen Anreize bestimmen ebenfalls Richtung und Ausmaß des technischen Fortschritts innerhalb eines technologischen Paradigmas.

Industriegruppeneinteilung von Pavitt

Zwar sind einzelne Bestimmungsgrößen nun bekannt, aber wie lassen sich einzelne Wirtschaftszweige bzw. Sektoren voneinander abgrenzen? Bei der Ty-

pologisierung der Wirtschaftszweige nach ihrem spezifischen Innovationsverhalten greift Dosi (1988, S. 1148–1150) die Industriegruppeneinteilung von Pavitt auf (1984). Als Ergebnis einer Untersuchung von über 2.000 Innovationen in Großbritannien unterscheidet Pavitt (1984, S. 353–364) zwischen vier Sektoren (Tab. 5):

Tabelle 5
Industriegruppeneinteilung nach speziellen Innovationsmustern

Industriegruppe	Zugeordnete Sektoren
Zulieferer-dominierte Sektoren	Landwirtschaft, Bauwesen, Textil, Bekleidung, Leder, Haushaltswaren, Holz, Papier, Druck und Verlage
Skalenintensive Sektoren	Nahrungsmittel, Metallverarbeitung, Schiffsbau, Fahrzeugbau, Glas und Zement
Spezialanbieter	Instrumentenbau, Feinmechanische Industrie
Wissensbasierte Sektoren	Elektronik, Organische Chemie, Pharmazie, Biotechnologie, Raumfahrt, Rüstung

Quelle: Pavitt (1984, S. 353–364)

- In *Zulieferer-dominierten Sektoren*, z. B. der Textil-, Bekleidungs-, Leder-, Holz-, Druck- und Verlagsindustrie, gibt es vornehmlich Prozessinnovationen. Die technologischen Chancen für Unternehmen dieses Sektors werden im Allgemeinen von den Lieferanten, d. h. den Herstellern und Entwicklern von Kapitalgütern, Einsatzfaktoren und Zwischenprodukten, eröffnet.
- In *skalenintensiven Sektoren*, z. B. Fahrzeug-, Zement- und Nahrungsmittelindustrie, kommen sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen vor. Charakteristisch für Unternehmen dieses Sektors sind die Produktion komplexer Produkte und verschiedene Arten von „economies of scale“, z. B. in Produktion oder FuE. In der Regel handelt es sich hierbei um Großunternehmen, die einen relativ hohen Anteil ihrer Ressourcen für Innovationen einsetzen und über vertikale Integration die notwendigen Kapitalgüter selbst entwickeln und herstellen.
- Die Innovationsaktivitäten der *Spezialanbieter*, z. B. die feinmechanische und Instrumentenindustrie, konzentrieren sich auf Produktinnovationen, die als Kapitalgüter in anderen Sektoren weiterverwendet werden. Vornehmlich kleine Unternehmen entwickeln Produkte in enger Kooperation mit ihren Kunden und benötigen dazu Spezialwissen bezüglich Design und Gehäusebau.

- Innovationen in den *wissensbasierten Sektoren*, z. B. in der Chemischen Industrie und fast in der gesamten Elektronikindustrie, sind meist direkt mit neuen technologischen Paradigmen verbunden. Hohe technologische Chancen und eine Konzentration der FuE-Aktivitäten in Forschungslabors sind typisch für diesen Sektor, in dem vor allem Großunternehmen mit hohen FuE-Aufwendungen zu finden sind.

Intrasektorale Bestimmungsgrößen

Nicht nur das Innovationsverhalten einzelner Wirtschaftszweige unterscheidet sich, sondern auch das von Unternehmen innerhalb eines Wirtschaftszweiges. Die *intrasektoralen Bestimmungsgrößen* beeinflussen den technischen Fortschritt und werden von diesem beeinflusst (ausführliche Diskussion bei Scherer 1986; Kamien und Schwarz 1982). Als *intrasektorale Bestimmungsgrößen* gelten für Dosi (1988, S. 1157) u. a. der unternehmensspezifische technologische Leistungsstand, die Innovationsstrategie sowie die Unternehmensgröße verbunden mit dem Einfluss von Skaleneffekten, Flexibilitätsvorteilen und der Industriestruktur (Abb. 9):

- Der *spezifische technologische Leistungsstand* eines Unternehmens ist maßgeblich von seinen Lernfähigkeiten abhängig. Lernen bedeutet dabei zum einen das innovative Lernen aus dem bisher akkumulierten Wissen im Unternehmen, zum anderen die Fähigkeit, an der Diffusion neuen technischen Wissens, neuer Produkte und Prozesse teilzuhaben. Für die Wissensakkumulation im Unternehmen ist beim Lernen aus internen Quellen die Kombination von formalen Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen (Marsden 1993, S. 374–376) von großer Bedeutung sowie im Produktionsbereich durch „*learning by doing*“ (Arrow 1962), „*learning by using*“ (Rosenberg 1982, S. 120–140) und „*learning by interacting*“ (Lundvall 1988).
- Ausmaß und Richtung des technischen Fortschritts werden auch durch das Unternehmensverhalten geprägt. Die Unterschiede im Unternehmensverhalten, sog. „*behavioral diversity*“ (Dosi 1988, S. 1157), finden ihre Ausprägung u. a. in den *Innovationsstrategien* der Unternehmen. Typische Entscheidungen über Innovationsstrategien betreffen die FuE-Investitionen, die Rolle als Inventor oder Imitator sowie die Höhe der FuE-Ausgaben etc.
- Die *Unternehmensgröße* und ihr Einfluss auf den technischen Fortschritt werden in Anlehnung an die Schumpeter-Hypothese in empirischen Arbeiten der Innovationsökonomie häufig untersucht (Übersichten bei Schmitz 1993, S. 77–85, auch Abschnitt B.II.3.a)). Die Unternehmensgröße allein bedeutet aber noch keinen Vorteil bei Innovationen, denn sowohl Skaleneffekte bei großen Unternehmen als auch Flexibilitätsvorteile kleiner Unternehmen bzw. die Industriestruktur beeinflussen Ausmaß und Richtung des technischen Fortschritts.

Exkurs: Unternehmensgröße und Innovation

Die technologischen Chancen wirken auch auf die Unternehmensgrößenverteilung in einem bestimmten Wirtschaftszweig. Großunternehmen dominieren häufig in *wissensbasierten Wirtschaftszweigen* mit großen technologischen Chancen, z. B. in der Chemie und in der Elektronik, während bei den sog. „Spezialanbietern“, z. B. im Maschinenbau und in der feinmechanischen Industrie, eher kleinere Unternehmen führend sind (Dosi 1988, S. 1152). Demzufolge gibt es auch in der Literatur konträre Meinungen: die einen sehen einen Vorteil bei Großunternehmen, die anderen hingegen bei den kleineren Unternehmen:

- Einige Autoren sehen – ganz in der Tradition des späten Schumpeter (1964, S. 174–175) – für *große Unternehmen* das stärkste Potenzial für technologische Innovationen und den technischen Fortschritt. Sie begründen dies u. a. mit den hohen Fixkosten des Innovationsprozesses, weshalb nur Großunternehmen die Forschung finanzieren können, oder dem hohen Risiko der Investitionen in FuE-Projekte, die bei einem Fehlschlag kleinen Unternehmen die Existenz kosten würden. Ferner werden auch Synergieeffekte in FuE durch Größenvorteile in der Produktion oder Größenvorteile im Vertrieb gesehen.
- Die Bedeutung *kleinerer Unternehmen* für den technischen Fortschritt wurde hingegen von den Neoklassikern herausgestellt und erhält z. B. von Scherer (1980) sowie Acs und Audretsch (1992) aufgrund ihrer empirischen Ergebnisse einen starken Aufschwung. Vorteile kleiner Unternehmen gegenüber Großunternehmen liegen u. a. in den weniger bürokratischen Organisationsstrukturen, welche die Entscheidungsprozesse vereinfachen und somit leichter die Realisierung risikoreicher Projekte ermöglichen.

Nach Dosi (1988, S. 1153) bewirken technologische Paradigmen sowohl bei kleinen als auch bei Großunternehmen Trade-offs zwischen *Flexibilität* der Produktion und *Skaleneffekten*, beispielsweise durch den Übergang vom Paradigma der elektromechanischen Automation zum Paradigma einer elektronikbasierten Automation. Durch NC-Maschinen, flexible Fertigungssysteme und Roboter wurde die Flexibilität erhöht, die anlagenbedingten „economies of scale“ aber auch verringert.

Neben der Unternehmensgröße, den Skaleneffekten und der Flexibilität spielt auch die *Industriestruktur* eine Rolle. Auch sie wird wie die anderen Bestimmungsgrößen durch die vorherrschenden Technologien mitbestimmt. Die Industriestruktur und der technologische Leistungsstand eines Unternehmens sind im evolutorischen Sinne u. a. abhängig von der Nachfragestruktur, der Chance für technologische Vorteile sowie der Fähigkeit von Unternehmen, sich Gewinne von FuE-Investitionen anzueignen (Levin et al. 1984, S. 1). Diese Erkenntnis wird durch zahlreiche Fallstudien bestätigt, und zwar sowohl hinsichtlich der endogenen Natur von Industriestrukturen als auch hinsichtlich der Verbindung

von technologischem Erfolg zu Veränderungen in der Unternehmensgröße und der Marktkonzentration. Eine generelle Favorisierung einzelner Marktformen als innovationsfördernde Struktur – meist wird das Oligopol befürwortet – unabhängig vom betroffenen Wirtschaftszweig, von dessen Entwicklung und von den relevanten Technologien ist aufgrund der empirischen Ergebnisse nicht haltbar (Übersicht über empirische Studien bei Freeman 1994, S. 478). Zusammen mit der Unternehmensgröße beeinflusst die Industriestruktur im Allgemeinen die Innovationsstrategie eines Unternehmens.

Fazit

Mit seinem Ansatz hat Dosi nicht nur einzelne Ansätze in einen gelungenen Gesamtansatz integriert, sondern auch durch die zentrale Stellung technologischer Paradigmen, durch die Mikrofundierung seines Ansatzes und durch die Unterscheidung inter- und intrasektoraler Bestimmungsgrößen wichtige Akzente gesetzt. Ein derartig umfassend integrativer Gesamtansatz ist in der Innovationsökonomie einzigartig, so Freeman (1994) und Leder (1989). Außer der Einschränkung auf technologische Paradigmen (Diskussion bei Freeman und Perez 1988, S. 47) wird von Schwitalla (1993, S. 68–69) ferner das Fehlen der wichtigen Determinanten „Institutionen“ und deren Bedeutung für den technischen Fortschritt angemahnt. Hier setzen die Ansätze der „nationalen Innovationssysteme“ an.

c) Nationale Innovationssysteme: Ursprung und aktuelle Ansätze

Im gegenseitigen Wirkungsverbund von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum spielen die beteiligten Institutionen eine wichtige Rolle, denn sie beeinflussen und bestimmen in hohem Maße sowohl die Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung (FuE) als auch die Vermarktung der FuE-Ergebnisse. Das Zusammenspiel der beteiligten Institutionen sowie deren Bedeutung für die technologische Wettbewerbsfähigkeit eines Landes werden in den Ansätzen zu nationalen Innovationssystemen herausgestellt. Im Allgemeinen gibt es mit dem Staat, der Wirtschaft und der Wissenschaft drei Hauptgruppen:

- Der *Staat* bzw. die Politik beeinflusst z. B. über die Gesetzgebung oder die Forschungs- und Technologiepolitik das Handeln der Wirtschaftssubjekte direkt oder indirekt.
- Die *Wirtschaft* mit ihren Unternehmen finanziert und betreibt FuE und setzt neues technisches Wissen in neue bzw. verbesserte Produkte und Prozesse um, um diese dann zu vermarkten.

- Die *Wissenschaft* sorgt mit ihren öffentlichen und privaten Einrichtungen für technischen Fortschritt, indem sie in verschiedenen Technologiebereichen Forschung und Entwicklung betreibt.

Auf das Zusammenspiel und die gegenseitige Verflechtung dieser drei Hauptakteure richten sich die Ansätze zu den „*nationalen Innovationssystemen*“, die in drei Abschnitten erläutert werden:

- Die Idee der nationalen Innovationssysteme wurde erstmalig 1841 von Friedrich List mit seinem „*nationalen System der politischen Ökonomie*“ geboren (Abschnitt B.II.4.c.aa)).
- Als Mittelpunkt der *aktuellen Ansätze zu den nationalen Innovationssystemen* wird die Bedeutung von Institutionen für den technischen Fortschritt thematisiert. Dies findet sich vor allem in den Ansätzen von Lundvall (1988, 1992b), Nelson (1993) und Freeman (1987, 1995) wider (Abschnitt B.II.4.c.bb)).
- Ferner gehört laut Lundvall (1992a, S. 17) auch Porters (1991) mikroökonomische Analyse der nationalen Wettbewerbsvorteile von zehn Ländern in die Gruppe der Ansätze zu nationalen Innovationssystemen (Abschnitt B.II.4.c.cc)).

(aa) Ursprung: Das nationale System der politischen Ökonomie von List

Einer der Ursprünge zu den nationalen Innovationssystemen ist „*Das nationale System der politischen Ökonomie*“ (List 1971) von *Friedrich List* (1789–1846) aus dem Jahre 1841. Freeman (1995, S. 5) bezeichnet das nationale System von List als ein erstes „nationales Innovationssystem“. Gegenüber dem Postulat des weltweiten Freihandels und der Betonung der universalen Ökonomie von Adam Smith setzte List gezielt seine auf Deutschland gerichtete „*Theorie der produktiven Kräfte*“. Mit dieser Theorie differenzierte er sich gegenüber Adam Smith. List kritisierte laut Werner und Mauch (1989, S. 533) darin zum einen die Unterteilung von Smith in produktive und unproduktive Arbeit, zum anderen dessen Postulat des uneingeschränkten Freihandels in der Wirtschaftspolitik. Im Einzelnen lässt sich die Arbeit von List anhand von drei Aspekten beschreiben:

- Erstens sah er im Gegensatz zu Adam Smith ein Bündel an *Ursachen für den Wohlstand einer Nation*.
- Zweitens nahm er mit seinen Ideen prägenden *Einfluss auf die Wirtschaftspolitik, Ordnungspolitik und Bildungspolitik*.
- Drittens wurden Lists Ideen u. a. schon in *Preußens Bildungs- und Wirtschaftspolitik* Anfang des 19. Jahrhunderts praktisch umgesetzt.

Ursachen für den Wohlstand einer Nation

In seiner Theorie widmete sich List den verschiedenen *Ursachen für den Wohlstand einer Nation* und grenzte sich damit bewusst von Adam Smith ab. Ihm warf er vor, den Produktionsfaktor Arbeit als einzigen dominierenden Produktionsfaktor anzusehen, wohingegen er als eine der wichtigsten Ursachen der produktiven Kräfte den Zustand einer Nation ansah (List 1971, S. 179):

„Der jetzige Zustand der Nationen ist eine Folge der Anhäufung aller Entdeckungen, Erfindungen, Verbesserungen, Vervollkommnungen und Anstrengungen aller Generationen, die vor uns gelebt haben; sie bilden das geistige Kapital der lebenden Menschheit; und jede Nation ist nur produktiv in dem Verhältnis, in welchem sie diese Errungenschaft früherer Generationen in sich aufzunehmen und sie durch eigene Erwerbungen zu vermehren gewußt hat.“

Ferner nannte er auch die Einführung des freien Grundeigentums und die Transportmittel als Quellen der produktiven Kraft, zudem auch die Rechtsordnung, die Gerichtsbarkeit und die parlamentarische Gesetzgebung.

List (1971, S. 180) berücksichtigte die Rolle der Politik und der politischen Macht, betrachtete den *Staat in seiner Gesamtheit* und widersprach der Gleichsetzung von Ackerbau und Industrie in der klassischen Theorie:

„Sie (Die klassische Schule, Anm. d. Verf.) begeht den Irrtum, die Manufakturkraft mit der Agrikulturkanft in die gleiche Kategorie zu stellen und von Arbeit, Naturkraft, Kapital usw. im allgemeinen zu sprechen, ohne die zwischen ihnen bestehenden Unterschiede zu berücksichtigen.“

Die Ursache für diesen Irrtum sah er in der Konzentration der Klassiker auf den materiellen Reichtum bzw. Tauschwert und die ausschließliche Betrachtung der Körperkraft als produktive Kraft. An der klassischen Schule äußerte er seine Kritik mit seinem berühmten Beispiel von Bildungs- und Dienstleistungen (List 1971, S. 181):

„Wer Schweine erzieht, ist nach ihr ein produktives, wer Menschen erzieht, ein unproduktives Mitglied der Gesellschaft. ... Der Arzt, welcher seine Patienten rettet, gehört nicht in die produktive Klasse, wohl aber der Apothekerjunge, obgleich die Tauschwerte oder die Pillen, die er produziert, nur wenige Minuten existieren mögen, bevor sie ins Wertlose übergehen.“

Einfluss auf die Politik

Mit seinen Ausführungen legte er die theoretische Grundlage für seine politischen Ideen und Programme. Er konzentrierte sich in ihnen auf Deutschland, obwohl er England sehr gut kannte (List's Position gegenüber England bei Henderson 1987). Er widmete sich vor allem dem Aufbau der Eisenbahnnetze und

der Förderung der Industrie durch die Erhebung von Schutzzöllen. Bei letzterem war er beeinflusst vom Amerikaner Alexander Hamilton und dessen Report on Manufactures von 1791. Eine nachhaltige Wirkung auf die Politik haben u. a. Lists Ideen zur Wirtschaftspolitik, Ordnungspolitik und Bildungspolitik:

- Um die eigene Wirtschaft zu stärken, schlug List in der *Wirtschaftspolitik* die Erhebung von Schutzzöllen auf ausländische Güter vor (ausführlich im 26. Kapitel in List 1971, S. 322–336) und legte damit den Grundstein für die heute praktizierte Erhebung von *Erziehungs-* bzw. *Schutzzöllen* (List 1971, S. 183):

„Wird daher durch die Schutzzölle ein Opfer an Werten gebracht, so wird dasselbe durch die Erwerbung einer Produktivkraft vergütet, die der Nation nicht allein für die Zukunft eine unendlich größere Summe von materiellen Gütern, sondern auch industrielle Independenz für den Fall des Krieges sichert. Durch die industrielle Independenz erwirbt die Nation die Mittel zum auswärtigen Handel, zur Erweiterung ihrer Schifffahrt, vermehrt sie ihre Zivilisation, vervollkommenet sie ihre Institutionen im Innern, stärkt sich ihre Macht nach außen.“

- Im Rahmen der *Ordnungspolitik* hob List (1971, S. 178) die Bedeutung von Gesetzen und Normen sowie staatlichen Institutionen hervor:

„Kaum ist ein Gesetz oder eine öffentliche Einrichtung denkbar, wodurch nicht auf die Vermehrung oder Verminderung der produktiven Kraft ein größerer oder kleinerer Einfluß ausgeübt würde.“

- Die geistigen Kräfte einer Nation zu fördern, war laut Werner und Mauch (1989, S. 542) eines der Hauptanliegen von List. Für die systematische Erschließung der im Menschen vorhandenen geistigen Möglichkeiten seien Aufwendungen zu erbringen, um sie für die wirtschaftliche Entwicklung nutzbar zu machen. List (1971, S. 183) legte damit ein Fundament für die *Bildungspolitik*:

„Der auswärtige Handel der Nation darf nicht wie der des einzelnen Kaufmanns einzig und allein nach der Theorie der Werte, d. h. mit alleiniger Rücksicht auf den augenblicklichen Gewinn materieller Güter beurteilt werden; die Nation muss dabei alle jene Verhältnisse ins Auge fassen, wodurch ihre jetzige und künftige Existenz, Prosperität und Macht bedingt sind. Die Nation muss materielle Güter aufopfern und entbehren, um geistige oder gesellschaftliche Kräfte zu erwerben, sie muss gegenwärtig Vorteile aufopfern, um sich zukünftige zu sichern.“

Preußens Bildungs- und Wirtschaftspolitik unter dem Einfluss von List

Preußen setzte Anfang des 19. Jahrhunderts einige der Ideen von List in seine Politik um und entwickelte laut Paulinyi (1982) und Freeman (1995, S. 7) eines der weltbesten technischen Bildungssysteme. So gründete man z. B. ein Gewerbeinstitut mit Werkstätten, und die technische Deputation importierte

britische Werkzeugmaschinen sowie auch die zur Konstruktion und Bedienung der Maschinen notwendigen Ingenieure. An den Maschinen wurden die eigenen Handwerker in den Lehrwerkstätten ausgebildet. Mittels „*Reverse Engineering*“ erlangte man das Know-how über die Maschinen (Paulinyi 1982, S. 108). Man schickte Beamte und Lehrlinge des Gewerbeinstituts ins Ausland und förderte die Verbreitung von Kenntnissen über den neuesten Stand im Werkzeugmaschinenbau über Ausstellungen und Publikationen. Preußen erfuhr dadurch zwischen 1800 und 1850 einen enormen Aufschwung. Deutschland gewann wirtschaftlich und technologisch den Anschluss an England und überholte es später.

Fazit

Das wissenschaftliche Werk Lists hat seinerzeit aufgrund der Dominanz von Adam Smith nur bedingt Eingang in die Wissenschaft gefunden, doch insgesamt hat sein Werk eine „*weit größere politische Wirkung gehabt als jedes andere Werk eines nicht-sozialistischen Ökonomen Deutscher Zunge*“ (Häuser 1989, S. 244). Mit seiner Betonung der verschiedenen Ursachen für den Wohlstand eines Landes und der Einbeziehung des Staates in die politische Ökonomie hob er sich von Adam Smith ab. Seine betont nationalen Maßnahmen schlug er vor, damit Deutschland den Anschluss an die damals führende Industrienation England gewinnen sollte.

Als Politiker konnte sich List trotz einiger erfolgreicher Eisenbahnprojekte und die Einführung von Schutzzöllen ebenso wie als Wissenschaftler gegenüber den Anhängern des Freihandels nicht durchsetzen. Seine Ideen waren insgesamt nur auf die Mehrung des Wohlstandes eines einzelnen Landes – Deutschland – ausgerichtet, wobei er negative Wirkungen für die anderen Länder in Kauf nahm. Seine Ideen haben Eingang nicht nur in die preußische Bildungs- und Wirtschaftspolitik gefunden, sondern auch in die gegenwärtigen Ansätze zu den nationalen Innovationssystemen.

Freeman (1995, S. 7) fasst die Leistung von List zusammen:

„Not only did List analyse many features of the national system of innovation which are at the heart of the contemporary studies (education and training institutions, science, technical institutes, user-producer-interactive learning, knowledge accumulation, adapting imported technology, promotion of strategic industries, etc.) he also put great emphasis on the role of the state in co-ordinating and carrying through long-term policies for industry and the economy.“

(bb) Aktuelle Ansätze zu nationalen Innovationssystemen

Die Bedeutung von Institutionen für technischen Fortschritt, wirtschaftliches Wachstum und Wohlstand eines Landes steht im Mittelpunkt der aktuellen Ansätze zu nationalen Innovationssystemen (NIS). Dabei spielen private und staatliche Forschungseinrichtungen, die Unternehmen, der Staat mit seiner Forschungs- und Technologiepolitik und die Universitäten eine wichtige Rolle. Im Gegensatz zu den neoklassischen Ansätzen werden die realen institutionellen Gegebenheiten und ihr Zusammenspiel in den Ansätzen der nationalen Innovationssysteme analysiert. So wird beispielsweise eine begrenzte Rationalität beim individuellen Verhalten der einzelnen Marktteilnehmer angenommen. Ferner werden auch die Lernprozesse sowohl von Einzelpersonen als auch von Institutionen sowie Strategien von Unternehmen und vom Staat betrachtet.

In den Ansätzen zu den nationalen Innovationssystemen werden Ideen der Evolutionstheorie von Nelson und Winter (1982; Abschnitt B.II.4.a)) sowie des Ansatzes des technologischen Paradigmas von Dosi (1988, Abschnitt B.II.4.b)) aufgegriffen. In der vorwiegend englischen Literatur wird im Allgemeinen von „*National System of Innovation*“ (z. B. Freeman 1987, S. 1; OECD 1992a, S. 80; Lundvall 1992b) oder „*National Innovation System*“ (Nelson 1993a) gesprochen. Im Folgenden wird der Begriff des nationalen Innovationssystems verwendet. Eine der *ersten Definitionen* von nationalen Innovationssystemen lieferte Freeman (1987), und in neueren Arbeiten werden NIS in einem *engeren* und in einem *weiteren* Sinne definiert. Von den aktuellen Ansätzen sind – neben Porters Ansatz (Abschnitt B.II.4.c)cc)) – insbesondere die von Lundvall (1992b) und von Nelson (1993a; 1993b) hervorhebenswert.

NIS-Definitionen

Bei einer Analyse der Technologiepolitik Japans untersuchte Freeman (1987) schwerpunktmäßig die Netzwerke der am Innovationsprozess direkt und indirekt beteiligten Institutionen. Er definiert bei seiner Analyse ein NIS als „*the network of institutions in the public and private sectors whose activities and interactions initiate, import, modify and diffuse new technologies*“ (Freeman 1987, S. 1). In NIS geht es um das Zusammenspiel der wichtigsten am Innovationsprozess beteiligten Institutionen. NIS können für Lundvall (1992a, S. 12) in einem engeren Sinn und in einem weiteren Sinn betrachtet werden:

- Im *engeren* Sinn umfasst ein NIS „*organizations and institutions involved in searching and exploring – such as R&D department, technological institutes and universities*“ (Lundvall 1992a, S. 12).
- Im *weiteren* Sinn bedeutet ein NIS: It „*includes all parts and aspects of the economic structure and institutional set-up affecting learning as well as searching and exploring – the production system, the marketing system and*

the system of finance present themselves as sub-systems in which learning takes place“ (Lundvall 1992a, S. 12).

Niosi et al. (1993, S. 207–208) fassen die beiden Sichtweisen integrativ zusammen:

„A national system of innovation is the system of interacting private and public firms (either large or small), universities and government agencies, aiming at the production of science and technology within national borders. Interaction among those units may be technical, commercial, legal, social and financial, inasmuch as the goal of the interaction is the development, protection, financing and regulation of new sciences and technology.“

Neben dem Verständnis von nationalen Innovationssystemen als Ganzes definieren Nelson und Rosenberg (1993, S. 4–5) u. a. „Innovationen“, „System“ und „national“:

- *Innovationen* umfassen alle Prozesse *„by which firms master and get into practice product designs and manufacturing processes that are new to them“* (Nelson und Rosenberg 1993, S. 4). Zwei Gründe bedingen die weite Fassung: Erstens seien die Aktivitäten und Investitionen für das Erreichen einer technologischen Führerschaft nicht von so großer Bedeutung wie allgemein angenommen. In vielen Fällen schöpfe nicht der schumpeterianische Unternehmer, der als erster mit einem neuen Produkt auf dem Markt kommt, die höchsten ökonomischen Renten ab. Zweitens solle eine Analyse nicht beschränkt sein auf Unternehmen, die technologisch weltweit vorn liegen, oder auf Institutionen, welche die am weitesten fortgeschrittene Wissenschaft betreiben. Vielmehr sollten alle die Innovationsfähigkeit beeinflussenden Faktoren betrachtet werden.
- *„System“* sehen Nelson und Rosenberg (1993, S. 4–5) vereinfacht – wie bei NIS im engeren Sinne – als *„a set of institutions whose interactions determine the innovative performance ... of national firms. ... Rather, the ‘systems’ concept is that of a set of institutional actors that, together, plays the major role in influencing innovative performance.“*
- Während Innovation und System noch einigermaßen gut zu definieren sind, bereitet die Fokussierung in der Analyse auf *„nationale“* Aktivitäten Schwierigkeiten, und zwar nach Nelson und Rosenberg (1993, S. 5) in zweierlei Hinsicht: Einerseits mögen Institutionen, die technische Innovationen wie z. B. in der Pharmazeutikindustrie fördern, wenig zu tun haben mit Institutionen, die technische Innovationen in anderen Wirtschaftszweigen wie z. B. in der Luftfahrtindustrie fördern. Andererseits arbeiten in vielen Technologiefeldern die Institutionen international.

„One of the key interests was in exploring whether, and if so in what ways, the concept of a ‘national’ system made any sense today. National governments act as if it

did. However, that presumption, and the reality, may not be aligned." (Nelson und Rosenberg 1993, S. 5)

Der Ansatz von Lundvall

Lundvall (1988; 1992a, 1992b) hebt in seinen Arbeiten zu nationalen Innovationssystemen zentral die Rolle von „*user-producer interactions*“ (Anwender-Hersteller Interaktionen) hervor. Die verschiedenen Interaktionen zwischen Anwendern und Herstellern treten vor allem innerhalb eines Landes auf. Internationale Interaktionen betrachtet man dagegen vergleichsweise selten (empirische Ergebnisse von Håkansson 1989, S. 110). Die Art der Beziehung kann sowohl direkt als auch indirekt sein:

- Forschungseinrichtungen als Anbieter von technischem Wissen arbeiten z. B. eng mit inländischen Unternehmen bei der Entwicklung neuer Produkte zusammen. Diese Beziehung ist *direkter* Art, denn Anwender und Hersteller arbeiten gemeinsam an einer Sache.
- Demgegenüber steht bei einer *indirekten* Beziehung der Austausch qualitativer Information im Vordergrund: Die Hersteller erhalten in diesem Fall von den Anwendern qualitative Information über ihre Bedürfnisse, während die Hersteller die Anwender über neue technologische Möglichkeiten informieren.

Für Lundvall (1992b) ist ein nationales Innovationssystem eingebettet in ein nationales Produktionssystem, d. h., ein NIS ist nicht nur auf die Forschung und Entwicklung beschränkt, sondern integriert auch die produktionstechnischen Bereiche und das Finanzierungssystem. Dabei stellt Lundvall (1992a, S. 1) zwei wichtige Annahmen an und führt fünf Elemente eines NIS auf:

- „*First, it is assumed that the fundamental resource in the modern economy is knowledge and, accordingly, that the most important process is learning.*“
- „*Second, it is assumed that learning is predominantly an interactive and, therefore, a socially embedded process which cannot be understood without taking into consideration its institutional and cultural context.*“

Darauf aufbauend sieht Lundvall (1992a, S. 13–14) fünf Elemente als wichtige Bestandteile eines NIS an, ergänzt um zwei weitere Faktoren:

- Die *interne Organisation* von Unternehmen ist beispielsweise für den Informationsfluss, den Lernprozess und die Zusammenarbeit zwischen Abteilungen verantwortlich und übt starken Einfluss auf die Innovationsaktivitäten aus.
- Die *Beziehungen zwischen Unternehmen* drücken sich u. a. in der Wettbewerbsstruktur und im Marktverhalten aus, ferner aber auch in Kooperationen

zwischen Unternehmen, die insbesondere in wissensbasierten Sektoren zunehmen.

- Der *öffentliche Sektor* beeinflusst den Innovationsprozess sowohl durch direkte Förderung als auch indirekt über Regulierungen, Normen etc.
- Das *Finanzierungssystem* hat für den Innovationsprozess eine große Bedeutung, da es für die Verfügbarkeit und Bereitstellung von privatem Kapital verantwortlich ist.
- Selbstverständlich ist das *Forschungs- und Entwicklungssystem* im engeren Sinne mit seinen Ressourcen, Kompetenzen und Organisation von großer Wichtigkeit, wobei es die historische Entwicklung zu berücksichtigen gilt.

Außerdem gehören für Lundvall noch zwei weitere Faktoren zu einer Analyse des NIS, da sie es in hohem Maße mitprägen: die *nationalen Bildungs- und Ausbildungssysteme* sowie die *transnationalen Unternehmen*.

Der Ansatz von Nelson

Nelson (1993a) stellt die Analyse der institutionellen, sozialen und kulturellen Gegebenheiten in den Vordergrund, und zwar sowohl theoretisch als auch anhand von 14 Länderanalysen. Dabei legt er einen eher engen NIS-Begriff zugrunde (s.o.).

Die Analysen stellen insgesamt einen Fundus an guten Länderbeschreibungen einzelner Länder dar, wobei ein Vorzug in der Beschränkung auf einen engen NIS-Begriff zu sehen ist. Durch diese Beschränkung können zumindest Aussagen über die Institutionenstruktur eines NIS getroffen werden. Die enge Verwendung eines NIS wird beispielsweise auch hier in den Kapiteln C und D aufgegriffen. Im Einzelnen fasst Nelson (1993b) die Ergebnisse der Länderanalysen zusammen, von denen hier vier zentrale Ergebnisse herausgegriffen werden:

- Die *Rolle des Staates* ist in fast allen Ländern sehr aktiv im Bereich der Förderung der Grundlagenforschung und der Ausbildung: „*In all of the countries in our set, the bulk of education, including university education, is conducted in public institutions. In all, the government is presumed to have major responsibility for the funding of basic research*“ (Nelson 1993b, S. 506).
- Eine *Einteilung* der analysierten Länder in „large high-income industrial nations“, „small high-income industrial nations“ und in „low-income countries“ hat sich für Nelson (1993b, S. 507) als sinnvoll erwiesen. So sind beispielsweise „large high-income industrial nations“ deutlich stärker in fuE-intensiven Wirtschaftszweigen wie z. B. Luftfahrt, Elektronik und Chemie vertreten als Länder der anderen beiden Gruppen.

- Einen großen Einfluss auf die nationalen Innovationssysteme übt für Nelson (1993b, S. 508) die *Verteidigungspolitik* aus. Insbesondere die Förderung der industriellen FuE wird über staatliche Militärprogramme in Ländern wie den USA, Großbritannien und Frankreich stark beeinflusst. Hinzu kommt in diesen Ländern die staatlich garantierte Abnahme der FuE-Ergebnisse.
- Die *institutionelle Struktur* hat sich laut Nelson (1993b, S. 509) aufgrund der Kontinuität nationaler Ziele z. B. in Deutschland, Frankreich und Japan seit Anfang des Jahrhunderts kaum verändert, und in Ländern wie Israel, Taiwan und Korea sowie auch in den USA wurden die Strukturen bereits in den 1950er aufgebaut.

Nach Nelson ist es für die Nationen schwierig, sowohl die nationalen Eigenheiten als auch die Veränderung durch die verstärkte Internationalisierung in der Politik umzusetzen.

Auf der einen Seite bleiben laut Nelson (1993b, S. 518–519) nationale Eigenheiten wie z. B. Ausbildungssysteme, Universitätsforschung, staatliche Forschungseinrichtungen, öffentliche Infrastruktur, Gesetze, Finanzinstitute, Geld-, Finanz- und Verteidigungspolitik bestehen. Auf der anderen Seite müssen sich Nationen auf die Internationalisierung der Unternehmen einstellen, denn *„the attempts of national governments to define and support a national industry will be frustrated because of internationalization“* (Nelson 1993b, S. 519).

Für Nelson sind dies die Herausforderungen für die Politik, obwohl jede Nation ihre spezifischen Schwerpunkte sowohl in der allgemeinen Politik als auch in der Förderung bestimmter Wirtschaftszweige aufgrund der vorhandenen Wirtschaftsstruktur und Historie beibehalten wird.

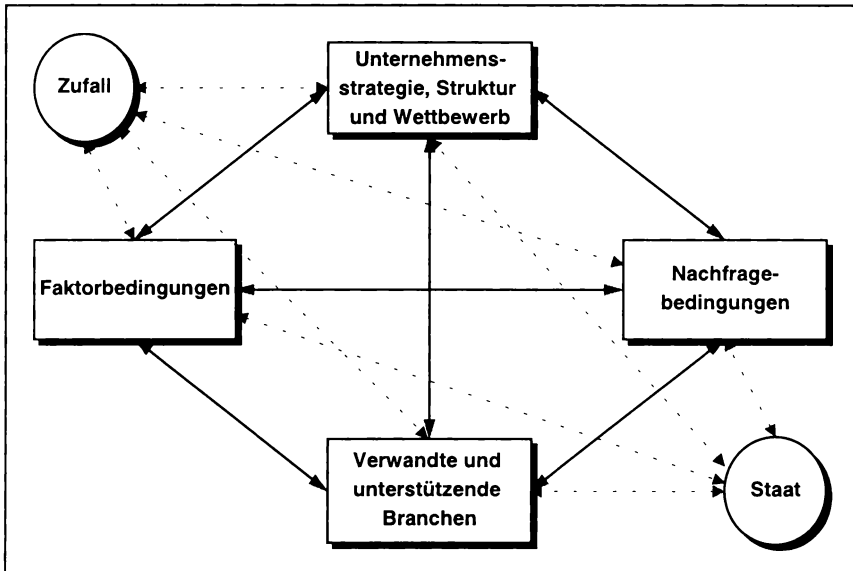
Fazit

Insgesamt stellen die Ansätze zu den nationalen Innovationssystemen eine wichtige Weiterentwicklung der Innovationsökonomie durch die explizite Berücksichtigung von Institutionen und der Rolle des Staates dar. Die verschiedenen Ansätze von Lundvall (1992a, 1992b), Nelson (1993) und Porters (Abschnitt B.II.4.c) geben laut Lundvall (1992a, S. 18) *„a good starting point for future work on national systems of innovation.“* Dabei bildet Dosis Ansatz des technologischen Paradigmas eine gute Basis, die in den Ansätzen zum NIS um die Betrachtung der wichtigsten Institutionen samt ihrer historischen Entwicklung und aktuellen Bedeutung ergänzt wird.

(cc) Analyse nationaler Wettbewerbsvorteile von Porter

Ein etwas weiter gefasster Ansatz der nationalen Innovationssysteme stammt von Porter (1991) mit seiner mikroökonomischen Analyse nationaler Wettbewerbsvorteile (ausführliche Beschreibung des Modells bei o.V. 1991, S. 35–41). Porter untersuchte anhand eines einheitlichen Schemas die Wettbewerbsfähigkeit von acht Ländern am Beispiel ausgewählter Wirtschaftszweige.

Eine Nation hat für Porter (1991, S. 168) dort Erfolg und Vorteile im internationalen Wettbewerb, wo sie Vorteile bei den sog. vier Einflussfaktoren des nationalen Wettbewerbsvorteils besitzt. Diese vier Einflussfaktoren bilden ein sich wechselseitig beeinflussendes dynamisches System, das Porter (1991, S. 95–96) in Form eines Trapezes bzw. „Diamanten“ darstellt (Abb. 10). Er ergänzt die vier Einflussfaktoren um den *Zufall* und den *Staat* als zwei weitere bedeutende Größen.



Quelle: Porter (1991, S. 151).

Abbildung 10: Porters Trapez bzw. „Diamant“ mit den vier Einflussfaktoren des nationalen Wettbewerbsvorteils, ergänzt zum Gesamtsystem um den „Zufall“ und den „Staat“

Erster Einflussfaktor: Faktorbedingungen

Der erste Einflussfaktor sind die „*Faktorbedingungen*“, d. h. die Produktionsfaktoren eines Landes, die gemäß Porter (1991, S. 97–109) vier Aspekte umfassen:

- Erstens geht es um die *Ausstattung* an Produktionsfaktoren. Hierzu zählen z. B. Menge und Qualifikation der Arbeitskräfte und die natürlichen Gegebenheiten wie z. B. geographische Lage, Klima und Rohstoffvorkommen. Ferner gehören dazu der Fundus an wissenschaftlichem, technischem und marktmäßigem Wissen, z. B. verkörpert in Universitäten und Forschungsinstituten, und die Kapitalverfügbarkeit, z. B. von Risiko- und Aktienkapital, sowie die Infrastruktur, z. B. das Telekommunikationsnetz und das Gesundheitswesen.
- Zweitens kommt es aber auch auf die *Rangordnung* unter den Faktoren an, d. h., *fortschrittliche* Faktoren wie z. B. hochqualifizierte Arbeitskräfte und exzellente Bildungs- und Forschungseinrichtungen sind für den Wettbewerbsvorteil von großer Bedeutung. Grundfaktoren wie z. B. natürliche Ressourcen, Klima und Lage sind zwar Voraussetzung für fortschrittliche Faktoren, spielen jedoch bis auf wenige Bereiche der Landwirtschaft keine entscheidende Rolle.
- Drittens bieten auch eher *spezielle* Faktoren, z. B. Personen mit einer Spezialausbildung und wissenschaftliche Institute mit Spezialwissen, eine wichtigere und länger anhaltende Grundlage für den Wettbewerbsvorteil als *allgemeine* Faktoren, wie z. B. das Autobahnnetz und die Versorgung mit Fremdkapital. Die Faktoren können einerseits wie die elementaren Faktoren bereits vorhanden sein, andererseits müssen die fortschrittlichen und speziellen Faktoren gebildet werden. Investitionen von Einzelpersonen, Unternehmen und von der Öffentlichen Hand dienen der *Faktorbildung*, z. B. bei der Errichtung einer neuen Forschungseinrichtung.
- Viertens können *selektive Faktornachteile* auch zu einem nationalen Wettbewerbsvorteil führen, da sie z. B. durch Innovationen ausgeglichen werden können.

Zweiter Einflussfaktor: Nachfragebedingungen

Große Bedeutung kommt laut Porter (1991, S. 109–123) dem zweiten Einflussfaktor zu, d. h. den *Nachfragebedingungen* im Inland nach Produkten und Dienstleistungen. Ein wichtiger Aspekt hierbei ist die Zusammensetzung der Inlandsnachfrage. Die Nachfrage ist in einer Branche in der Regel segmentiert. Anspruchsvolle und schwierige Käufer stellen gemeinhin hohe Anforderungen und können antizipatorische Käuferbedürfnisse haben. Verstärkt werden können die Wettbewerbsvorteile ferner durch die Größe und die Wachstumsmuster der inländischen Nachfrage, wie z. B. die Wachstumsrate der Nachfrage oder der frühe Eintritts- und Sättigungszeitpunkt. Zusätzlich ist auch die Internationalisierung der Inlandsnachfrage wichtig, denn die Nachfrage soll sich vom inländischen Markt auf internationale Märkte ausdehnen.

Dritter Einflussfaktor: Verwandte und unterstützende Branchen

Als dritten Einflussfaktor nennt Porter (1991, S. 124–131) „*verwandte und unterstützende Branchen*“, d. h. die international wettbewerbsfähigen Zulieferer- und verwandten Branchen in einem Land. *Verwandte* Branchen haben ähnliche Aktivitäten in der Wertschöpfungskette oder stellen komplementäre Produkte her. Sie können in einer Region den Informationsaustausch unterstützen und durch einen verschärften Wettbewerb die Entwicklung einer Branche forcieren. *Unterstützende* Branchen sind die Zulieferindustrien. Diese verschaffen den nachgelagerten Branchen einen schnellen, kostengünstigen und effizienten Zugang zu Produktionsfaktoren und beeinflussen dadurch die nationalen Wettbewerbsvorteile.

Vierter Einflussfaktor: Unternehmensstrategie, Struktur und Wettbewerb

Der vierte Einflussfaktor „*Unternehmensstrategie, Struktur und Wettbewerb*“ umfasst die Bedingungen, welche das Entstehen, die Organisation und Führung sowie die Art der inländischen Konkurrenz bestimmen. Laut Porter 1991 (S. 131–148) müssen für den Erfolg im internationalen Wettbewerb einerseits die Strategie eines Unternehmens und die Struktur der Branche zueinander passen. Andererseits bedarf es aber auch einer Rivalität und eines harten Wettbewerbs, denn sie fördern die Innovationsaktivitäten und den Anpassungsdruck auf die Unternehmen.

Neben den vier Einflussfaktoren haben ferner noch der „Zufall“ und der „Staat“ Einfluss auf den nationalen Wettbewerbsvorteil:

- *Zufällig* können laut Porter (1991, S. 148–150) wissenschaftliche Entdeckungen, radikale technologische Innovationen, Schwankungen bei den Produktionsmittelkosten, Kriege und Veränderungen auf den Weltfinanzmärkten auftreten. Derartige Zufälle rufen Veränderungen in der Wettbewerbsposition des Landes und der einzelnen Branche hervor.
- Der *Staat* kann vor allem durch seine Politik den nationalen Wettbewerbsvorteil sowohl positiv als auch negativ beeinflussen, so Porter (1991, S. 150–152; ausführlich auch S. 635–701). Der Staat nimmt im Allgemeinen in vielfältiger Weise Einfluss auf jeden der vier Einflussfaktoren, sei es durch Normen, sei es als Anbieter und Nachfrager von Produkten und Dienstleistungen, oder sei es durch gezielte Fördermaßnahmen.

Die vier Einflussfaktoren und die zwei weiteren Größen sind nicht unabhängig voneinander, sondern wirken gegenseitig aufeinander und bilden ein dynamisches, komplexes System. Aufgrund der vielfältigen Veränderungen der Einflussfaktoren ändert sich auch das System als Ganzes. Wettbewerbsvorteile haben daher auch nicht lange Bestand, sondern ändern sich laufend. Die nationale

wirtschaftliche Entwicklung durchläuft nach Porter (1991, S. 563–564) vier Stadien: Angetrieben wird die wirtschaftliche Entwicklung zunächst durch Produktionsfaktoren, dann durch Investitionen, danach durch Innovation und letztendlich durch den Wohlstand. Bei letzterem kommt es dann zum Niedergang einer Branche.

Deduktiv hat Porter sein theoretisches Modell am Beispiel von acht Nationen analysiert. Dabei geht er auf spezifische Stärken und Schwächen einzelner Länder im Allgemeinen als auch im speziellen anhand einzelner Branchen ein. Hier verwendet Porter (1991, S. 97) einen umfassenden Ansatz:

„Die Grundeinheit für die Untersuchung des nationalen Vorteils ist die Branche. Die Länder haben allerdings nicht in einzelnen Branchen Erfolg, sondern in Branchenanhäufungen oder Clustern, die durch vertikale und horizontale Beziehungen verknüpft sind. Die Volkswirtschaft eines Landes enthält eine Mischung aus Clustern, deren Zusammensetzung und Ursprünge des Wettbewerbsvorteils (oder -nachteils) den Zustand der wirtschaftlichen Entwicklung widerspiegeln.“

Fazit

Insgesamt stellt Porters Ansatz ein umfassendes und in sich geschlossenes Fundament für Analysen nationaler Wettbewerbsvorteile dar. Durch die Mikrofundierung und die Ausrichtung auf Wirtschaftszweige lässt sich Porters Ansatz für empirische Untersuchungen anwenden. Das generelle Verdienst Porters wird in einer Rezension und von Dalum (1992) treffend hervorgehoben:

„Alles, was Porter entwickelt hat, ist einleuchtend; zahlreiche Aspekte sind neuartig. Das Trapez der Diamanten (Einflussfaktorbündel) nationaler Wettbewerbsvorteile überzeugt Doch beeindruckt nicht nur die in dem Trapez zusammenfließende Theorie, sondern auch der detaillierte Sachverstand, mit dem jede der acht Nationen auf Wettbewerbsvorteile hin analysiert wird.“ (o.V. 1991, S. 38)

Dalum (1992, S. 198) weist auf die Schwäche des Resümees von Porter hin, sieht jedoch ebenfalls einen großen Nutzen in seinem Vorgehen:

Das „aggregation principle (the mix of clusters) is not followed by Porter in the final chapter of his book. The analysis of ‘how entire national economies progress in competitive terms’ .. by means of his Rostowian concept of stages of competitive development of nations .. actually tries to answer some of the same wrong questions, that he initially warns us about. This lack of consistency in aggregation principle raises problems about Porter’s conclusions on the salient features of the economic development of the analysed nations. However, Porter’s ‘diamond’ brings important conceptual and empirical insights to the analysis of the dynamic development of clusters of industries.“

5. Neue Wachstumstheorie

Neben den mikroökonomischen Ansätzen von Nelson und Winter, dem Ansatz von Dosi und den Ansätzen zu den nationalen Innovationssystemen hat sich in der modellorientierten Makroökonomie mit der neuen Wachstumstheorie ein neuer Ansatz zur Beschreibung des Wirkungsverbundes zwischen technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum herausgebildet. Im Rahmen der volkswirtschaftlichen Wachstumstheorien berücksichtigen die Begründer der *neuen Wachstumstheorie*, Paul Romer (1986) und Robert Lucas (1988), sowohl Erkenntnisse der evolutionstheoretischen Ansätze als auch der innovationsökonomischen Ansätze (Abschnitte B.II.4.a) – B.II.4.c)). Die neue Wachstumstheorie grenzt sich laut Straßberger (1995, S. 27) durch eine stärkere Mikrofundierung der Wachstumsprozesse von den neoklassischen Ansätzen ab.

Das Neue an der neuen Wachstumstheorie

Das Neue an der neuen Wachstumstheorie ist laut Kösters (1994, S. 118) die Integration von Externalitäten in die Modelle, die auf dem „Learning by doing“-Ansatz von Arrow (1961) aufbauen. Technischer Fortschritt wird nun nicht mehr allein als von der Zeit abhängig gesehen, d. h. als exogene Größe im Modell berücksichtigt, sondern er gilt als beeinflussbar durch das Handeln der Wirtschaftssubjekte, d. h., er ist ins Modell endogenisiert. Damit werden die Modelle gegenüber denen der Neoklassik realitätsnäher (Übersichten zu den einzelnen Modellen bei Klodt 1993; Ramser 1993, Stolpe 1992, Kösters 1994). Romer (1994) fasst die neue Wachstumstheorie zu fünf „stylized facts“ zusammen (hier zitiert nach Straßberger 1995, S. 217):

- „In einer Marktwirtschaft gibt es eine Vielzahl miteinander konkurrierender Anbieter.“
- „(Technisches) Wissen ist ein nicht-rivalisierendes Gut, d. h., es kann gleichzeitig von mehreren Akteuren genutzt werden, ohne aufgebraucht zu werden.“
- „Eine Erhöhung der rivalisierenden Produktionsfaktoren (Arbeit, physisches Kapital) erhöht den Output genau proportional (lineare Homogenität), d. h., es gibt keine steigenden Skalenerträge.“
- „Technischer Fortschritt entsteht durch bewußte Aktivitäten von Wirtschaftssubjekten. Hiermit soll das Zustandekommen von technischem Fortschritt aufgrund privater Aktivitäten berücksichtigt werden.“
- „Innovationen schaffen Marktmacht und führen dazu, dass Individuen oder Unternehmen (vorübergehende) Monopolrenten abschöpfen können. Technisches Wissen ist demnach zwar nicht-rivalisierend in seiner Nutzung und

hat somit den Charakter eines öffentlichen Gutes, kann aber in Teilen anderen Wirtschaftssubjekten zeitweise vorenthalten werden.“

Insbesondere die „facts“ vier und fünf stellen für Straßberger (1995, S. 208) eine bedeutende Erweiterung gegenüber den bisherigen neoklassischen Wachstumstheorien dar. Zum einen werden mikroökonomische Aktivitäten integriert, zum anderen wird der öffentliche Gutcharakter technischen Wissens zum Teil aufgegeben. Hieran zeigt sich der Unterschied zu den Neoklassikern, bei denen technisches Wissen stets ein öffentliches und frei verfügbares Gut ist.

Modell von Romer

Das Neue der neuen Wachstumstheorie findet sich natürlich auch in den Modellen wieder. In einem seiner grundlegenden Modelle unterstellt Romer (1990) das Entstehen von endogenem Wachstum durch einen industriellen Innovationsprozess. Nach Kösters (1994, S. 118) wird dabei in einem sog. *Forschungssektor* neues Wissen durch den Einsatz von Humankapital, das in qualifizierte Arbeit und ungelernte Arbeit unterteilt wird, sowie durch den Zugriff auf existierendes Wissen erzeugt. Die Erzeuger des neu entstandenen Wissens können sich dieses nicht vollständig aneignen, so dass der allgemein verfügbare Wissensstand zunimmt. Die zahlreichen Unternehmen im sog. *Kapitalgütersektor* erwerben daher z. B. über Patente oder von ihrer eigenen, als Profitcenter arbeitenden FuE-Abteilung das neue Wissen und schaffen sich durch innovatives Verhalten die Möglichkeiten zum Abschöpfen vorübergehender Monopolrenten. Eine hohe Relevanz für den dadurch entstehenden Wachstumsprozess haben, so Kösters (1994, S. 118), dabei das Humankapital und die externen Erträge bei einer individuellen Akkumulation.

Es kommt bei dem skizzierten Modell bei Annahme gewinnmaximierenden Unternehmensverhaltens aufgrund der entstehenden positiven externen Effekte zu einem gesamtwirtschaftlich suboptimalen Niveau. Bletschacher und Klodt (1991, S. 12) sehen hierin einen Ansatzpunkt für ein staatliches Eingreifen. Bei den externen Effekten gibt es ein Potenzial für eine staatliche Förderung der Produktion neuen technischen Wissens und der Humankapitalakkumulation. Durch die Förderung werden laut Kösters (1994, S. 118) die externen Erträge kompensiert. Dadurch erreicht der technische Fortschritt dann ein gesamtwirtschaftliches Optimum.

Fazit

Die neue Wachstumstheorie hat ihren Verdienst laut Klodt (1993, S. 211) vor allem in der verstärkten Berücksichtigung des Humankapitaleinsatzes aus der Mikroökonomie in der makroökonomischen Produktionsfunktion. Insbe-

sondere die Berücksichtigung unternehmerischer Innovationsprozesse und die Annahme positiver externer Effekte bedeuten einen zusätzlichen Nutzen.

Demgegenüber stehen u. a. drei Einschränkungen: Für Klodt (1993, S. 210–211) ist erstens die empirische Basis noch gering. Zweitens liefern die verschiedenen Modelle konträre Politikempfehlungen, d. h. sowohl Förderung und Nichtförderung durch den Staat. Aufgrund der ersten drei „stylized facts“ kann drittens die Annahme der vollständigen Konkurrenz nur eingeschränkt gelten.

Insgesamt stellt die neue Wachstumstheorie einen realitätsnäheren Ansatz als die älteren neoklassischen Ansätze dar. Die Einbeziehung von Spillover-Effekten und des suboptimalen Niveaus des technischen Fortschritts dienen Politikern nach Kösters (1994, S. 118) als Ansatzpunkte für staatliche Subventionen und deren Legitimation.

III. Technischer Fortschritt im Rahmen der Außenhandelstheorien

Der Wohlstand Deutschlands wird maßgeblich durch Ausfuhrüberschüsse bei Hochtechnologieprodukten bestimmt, wofür eine hohe Kompetenz in Schlüsseltechnologien eine grundlegende Voraussetzung ist. Das wirtschaftspolitische Ziel Deutschlands eines „außenwirtschaftlichen Gleichgewichts“ – eines von vier Zielen im Stabilitätsgesetz von 1967 – spielt auch in anderen Industrienationen eine bedeutende Rolle. Technischer Fortschritt ist also nicht nur für das wirtschaftliche Wachstum (vgl. Abschnitt B.II.1.), sondern auch für die Handelsstärke von Industrienationen von großer Bedeutung. Bei den Außenhandelstheorien lässt sich im Allgemeinen zwischen nachfrage- und angebotsorientierten Ansätzen differenzieren:

Ein *nachfrageorientierter* Ansatz, der auf Verfügbarkeitsvorteile zielt, ist die sog. *Präferenzstrukturhypothese* von Linder (1961). Handel zwischen reichen Industrieländern resultiert bei Linder aus ähnlichen Nachfragestrukturen, die – wie auch der Differenzierungsgrad – durch das Pro-Kopf-Einkommen bestimmt werden. Mit spezifischen Produkten versuchen die Hersteller die Kundenbedürfnisse zu befriedigen. Diesem auf eine Differenzierungsstrategie zielenden Ansatz stehen die angebotsorientierten Ansätze gegenüber, die in der Außenhandelstheorie eine weitaus größere Bedeutung erlangt haben.

In den *angebotsorientierten* Außenhandelstheorien werden Erklärungsansätze über die Ursachen von Außenhandel geliefert, die hier in Anlehnung an Legler (1982, S. 10) nach drei Arten des Entstehens unterteilt sind:

- *Kostenunterschiede* sind die maßgebliche Ursache für das Entstehen von Außenhandel in der *Theorie der komparativen Kosten* von Ricardo (1959), beim *Faktorproportionentheorem* nach Heckscher (1919) und Ohlin (1957)

sowie beim *Neo-Faktorproportionentheorem* nach Leontief (1956) (Abschnitt B.III.1.).

- Um *Verfügbarkeitsvorteile* an Produktionsfaktoren wurde Ricardos klassischer Ansatz im sog. *Neo-Technology-Approach* (Oppenländer 1969), in der *Theorie der technologischen Lücke* von Posner (1961) und in der *Produktzyklustheorie* von Vernon (1966) erweitert (Abschnitt B.III.2.).
- Bei der *neuen Außenhandelstheorie* nach Krugman (1987) bzw. bei der *strategischen Handelspolitik* nach Brander und Spencer (1982) werden auch Marktunvollkommenheiten als weitere Außenhandelsursache angeführt. Staatliches Eingreifen wird nicht mehr generell abgelehnt (Abschnitt B.III.3.).

1. Theorie der komparativen Kosten und inhaltliche Erweiterungen

Der Ursprung der reinen Theorie des Außenhandels liegt in der 1817 von David Ricardo (1772–1823) begründeten Theorie der komparativen Kosten (Ricardo 1959). Relative Preisvorteile eines Landes resultieren für ihn aus komparativen Kostenvorteilen. Seine Theorie ist Basis für viele inhaltliche Erweiterungen geworden. Im Folgenden wird zunächst das Grundmodell von Ricardo erläutert. Anschließend werden zwei Weiterentwicklungen betrachtet, zum einen das von Heckscher und Ohlin entwickelte *Faktorproportionentheorem* und zum zweiten das *Neo-Faktorproportionentheorem* von Leontief.

Ricardos Theorie der komparativen Kosten

Nach Ricardo (1959, S. 121–129) entsteht Handel zwischen Ländern aufgrund von Unterschieden in der Arbeitsproduktivität. Die Unterschiede resultieren nach Ricardo aus der Ausstattung mit natürlichen Ressourcen oder sind auf das Klima eines Landes zurückzuführen. Er erläutert seine Theorie anhand eines Beispiels (Bender 1992, S. 427): England und Portugal stellen jeweils Tuch und Wein her und verfügen über den homogenen Produktionsfaktor Arbeit im Sinne der klassischen Arbeitswertlehre. Trotz der günstigeren Herstellungskosten, d. h. geringerem Arbeitsaufwand, beider Produkte in Portugal kommt es zum Handel zwischen England und Portugal. England führt Tuch und Portugal dagegen Wein aus, da Portugal bei Wein im Vergleich zu Tuch gegenüber England den größten Produktivitätsvorsprung besitzt.

Das Faktorproportionentheorem von Heckscher und Ohlin

Heckscher (1919) und Ohlin (1957) erweiterten das ricardianische Modell um den Faktor Kapital zum sog. Heckscher-Ohlin-Theorem bzw. Faktorpropor-

tionentheorem. Beim Faktorproportionentheorem ist die *Faktorausstattung* von entscheidender Bedeutung für die Ausföhrfähigkeit eines Landes, wobei beide Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital als immobil angenommen werden. Ein Land föhrt demnach vor allem die Güter aus, für deren Produktion der relativ reichlich vorhandene Faktor (Faktorproportion) intensiv genutzt wird.

Gemäß dem Heckscher-Ohlin-Theorem entsteht Außenhandel vor allem zwischen Ländern mit unterschiedlichen Entwicklungsniveaus und unterschiedlicher Faktorausstattung, die zudem komplementäre Güter herstellen. Ein Land föhrt demzufolge die Güter aus, bei denen es einen komparativen Vorteil hat, und importiert diejenigen, bei denen es einen komparativen Nachteil hat. Aufgrund komparativer Ausstattungs- bzw. Kosten- und Preisvorteile bei den Arbeitskräften hat laut Porter (1991, S. 31) z. B. Südkorea in der Vergangenheit vornehmlich arbeitsintensive Produkte ausgeführt. Schweden föhrte wegen seiner reichlich vorhandenen Eisenerzlager insbesondere Stahlerzeugnisse aus.

Das Neo-Faktorproportionentheorem von Leontief

Das Faktorproportionentheorem wurde empirisch u. a. von Leontief (1956) untersucht, der aufgrund seiner Ergebnisse, die auch als Leontief-Paradoxon bezeichnet werden, das sog. Neo-Faktorproportionentheorem entwickelte. In einer Input-Output-Untersuchung betrachtete er die Ausföhren der USA im Jahr 1947 und stellte fest, dass die kapitalreichen USA zumeist arbeitsintensive Güter ausföhrten. Er unterteilte den Faktor Humankapital in hochqualifizierte und in ungelernete Arbeitskräfte. Diese Unterteilung wird als Neo-Faktorproportionentheorem bezeichnet.

Die wissenschaftliche Diskussion um das Leontief-Paradoxon dauerte bis Mitte der 1980er Jahre: Es wurde zum einen Kritik an der Methodik geäußert (z. B. von Horn 1976, S. 18–19; Siebert 1994, S. 79–80), zum anderen lieferten weitere empirische Untersuchungen zwar ähnliche, d. h. das Paradoxon bestätigende Ergebnisse, meist wurde aber das Neo-Faktorproportionentheorem widerlegt. Insgesamt bestätigt laut Rose und Sauernheimer (1992, S. 390) das Neo-Faktorproportionentheorem auch die Ergebnisse von Leontief.

Stärken und Schwächen

Nach dem Heckscher-Ohlin-Theorem föhrt Freihandel sowohl für ein einzelnes Land als auch für die gesamte Welt zu Wohlstandssteigerung, so Siebert und Rauscher (1991, S. 503). Freihandel gilt daher als das oberste Ziel der Handelspolitik im neoklassischen Sinne nach Heckscher und Ohlin, wobei Erziehungs- und Optimalzölle auch, aber nur als „second-best“-Lösung der Wirtschaftspolitik akzeptiert werden. Das Heckscher-Ohlin-Theorem und das Neo-

Faktorproportionentheorem wurden in mehreren Punkten kritisiert, von denen hier die drei wichtigsten aufgeführt seien:

- Ein Großteil des Handels – etwa 60 % in den Industrieländern (Busch 1987, S. 9) – ist sog. *intraindustrieller* Handel, d. h., Industrienationen mit ähnlicher Faktorausstattung exportieren und importieren Güter des gleichen Wirtschaftszweiges. Intraindustrieller Handel wird aber mit dem Faktorproportionentheorem wegen der Annahme unterschiedlicher Faktorausstattung nicht erklärt.
- Einige *Annahmen* der Ansätze der komparativen Faktorvorteile sind *unrealistisch*, z. B. Identität der Technologie in allen Ländern, vollständige Konkurrenz, identische Nachfragestrukturen in den einzelnen Ländern, Ausgleich der Faktorpreise im Zeitverlauf sowie Immobilität der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital (Helpman und Krugman 1985; Dosi et al. 1990, S. 17–25; Porter 1991, S. 32). Ferner ist auch das kategorische Ausschließen der staatlichen Politik nicht realitätsnah, denn der Staat nimmt über die Steuergesetzgebung, Fördermaßnahmen und Subventionen Einfluss auf die Faktorkostenvorteile (ausführlich diskutiert im Sammelband von Zysman und Tyson 1983).
- In den Heckscher-Ohlin-Modellen ist die internationale Spezialisierung laut Siebert (1994, S. 89–90) nur ein rein *statisches* Problem, während bei einer *dynamischen* Betrachtung zahlreiche weitere Aspekte wie z. B. Veränderungen der Ausstattung durch Kapitalbewegungen oder neue Organisationsformen berücksichtigt werden müssten.

Fazit

Die Außenhandelstheorien, die auf Ricardos Ansatz der komparativen Kostenvorteile zurückgehen, erklären zu einem Großteil den Außenhandel zwischen Ländern mit unterschiedlichen Entwicklungsniveaus und den Außenhandel mit unterschiedlichen Produktgruppen. Hierin liegt ein Verdienst dieser Theorien. Als zentrale Empfehlung leitet sich hieraus nach Siebert und Rauscher (1991, S. 504) eine auf Freihandel setzende Handelspolitik ab. Aufgrund der breiten empirischen Basis gilt vor allem das Heckscher-Ohlin-Theorem als robust, gleichwohl der intraindustrielle Handel nicht erklärt wird.

2. Neo-Technology-Approach: Theorie der technologischen Lücke und die Produktzyklustheorie

Während in den Faktorproportionen-Ansätzen (Abschnitt B.III.1.) technisches Wissen im neoklassischen Sinne als frei verfügbar gilt, wird es bei den Ansätzen des sog. Neo-Technology-Approach (Zusammenfassung bei Oppen-

länder 1969) voll integriert. Zum Neo-Technology-Approach zählen die *Theorie der technologischen Lücke* und die darauf aufbauende *Produktzyklustheorie*, die im Folgenden mit ihren Charakteristika dargestellt werden.

Theorie der technologischen Lücke

Die von Posner (1961) entwickelte und von Freeman (1963) sowie Hufbauer (1966) erweiterte „*Theorie der technologischen Lücke*“ will erklären, wie Innovationen Handelsströme hervorrufen und diese sich im Zeitablauf verändern. Sie basiert nach Schmietow (1988, S. 48) auf zwei grundsätzlichen Annahmen:

- Zum einen können technologische Produkte oder Produkte, die mit neuen Produktionsverfahren hergestellt werden, *erst nach einer bestimmten Zeit* von Unternehmen aus dem In- und Ausland *imitiert* werden.
- Zum anderen kann sich ein Unternehmen durch Einführung neuer Produkte oder Produktionsverfahren eine *zeitweilige Monopolsituation* verschaffen und *Pioniergewinne* einfahren.

Entscheidend für das Entstehen von Handel ist das technische Wissen in einem Land, das sowohl die Entwicklung eines neuen Produktes als auch die Einführung neuer Produktionsverfahren bestimmt. Cantner (1990, S. 50–55) und Horn (1976, S. 30–31) leiten daraus zwei Kerninhalte der Theorie der technologischen Lücke ab:

- Zum einen kommt es zu einem relativen *technischen Effizienzvorsprung* eines Landes bzw. seiner Unternehmen. Produktionstechniken unterscheiden sich international auch bei den Gütern, die in jedem Land hergestellt werden können.
- Zum anderen – weitaus wichtiger für die Theorie der technologischen Lücke – hat ein Land oder haben nur wenige Länder *absolute Verfügbarkeitsvorteile*, d. h. besseren Zugang zu derartigem Wissen, um neue Produkte oder Produkte besserer Qualität als andere herzustellen zu können. Von Bedeutung ist insbesondere die Verfügbarkeit von Rohstoffen, technologischen Produkten und differenzierten Produkten (vgl. den ergänzenden Ansatz bei Kravis 1956).

Technologisch bedingte Verfügbarkeitsvorteile sind zeitlich begrenzt, d. h., die technologische Lücke gibt den Zeitraum an, bis das rückständige Land den Vorsprung aufgeholt hat und die Innovation des technologisch führenden Landes selbst herstellen kann. Dieser zeitlich befristete Vorteil beeinflusst die Außenhandelsstruktur sowohl kurzfristig als auch langfristig:

Kurzfristig wird die technologische Lücke laut Posner (1961, S. 332–335; Zusammenfassungen bei Cantner 1990, S. 56; Horn 1976, S. 38; Busch 1987, S. 20–21) von vier Komponenten determiniert:

- erstens von der *Auslandsreaktionslücke*, d. h. dem Zeitraum, bis sich Ausländer des neuen Wettbewerbs bewusst werden;
- zweitens von der *Inlandsreaktionslücke*, d. h. dem Zeitraum, bis ausländische Imitatoren dem Erstimitator folgen;
- drittens von der *Lernperiode*, d. h. dem Zeitraum, bis das Ausland die neue Technik beherrscht; und
- viertens von der *Nachfragelücke*, d. h. dem Zeitraum, solange ausländische Güter international nicht als Substitute anerkannt werden.

Langfristige Beeinflussungen verdeutlichte Posner (1961, S. 337) rein deskriptiv: Sind Imitationen auf lange Sicht ein kontinuierlicher Prozess, so zeigt sich die relative Dynamik an der Veränderung des Nettoaußenhandelsüberschusses der betrachteten Länder. Ferner führen gemäß Cantner (1990, S. 57) dauerhafte Handelsbilanzüberschüsse zur Abwertung der ausländischen Währung und dadurch zu einer Veränderung der Preisverhältnisse zwischen den „alten“ und den neuen Gütern des In- und Auslandes: es kommt dadurch zum Handel mit diesen Gütern.

In *empirischen Untersuchungen* zur Theorie der technologischen Lücke konzentrierte man sich sowohl auf einzelne Länder als auch auf einzelne Produktgruppen (Übersicht empirischer Untersuchungen bei Schmietow 1988, S. 50–51; auch Majer 1973). Bei den länder- wie bei den produktgruppenbezogenen Untersuchungen gibt es die Theorie bestätigende wie auch die Theorie widerlegende Ergebnisse. Insgesamt wird der Erklärungswert von zahlreichen Autoren als gut bezeichnet. Diesen Aussagen stehen aber ebenso kritische Stimmen gegenüber.

Als *positive* Aspekte der Theorie der technologischen Lücke stellt Lieschke (1985, S. 181, ähnlich auch Schmietow 1988, S. 51) zwei Punkte in den Vordergrund: Die Theorie der technologischen Lücke eignet sich zum einen zur Erklärung des Handels von Industriegütern zwischen Ländern unterschiedlichen technologischen Niveaus. Zum anderen erklärt sie auch den Handel zwischen Ländern gleichen technologischen Niveaus, aber mit zeitlich begrenzten technologischen Vorteilen in einem Land bzw. bei der Produktion in einem Wirtschaftszweig.

Den positiven Aspekten setzen Lieschke (1985, S. 182–183), Porter (1991, S. 37) und Horn (1976, S. 39) einige *Kritikpunkte* entgegen: Die Theorie der technologischen Lücke erklärt nicht, wie und durch welche fördernden oder hindernden Faktoren es zu unterschiedlichen Ausprägungen des technologischen Niveaus einzelner Länder bzw. Unternehmen kommt. Ebenso fehlt eine Präzisierung der Dauer des technologischen Vorsprungs und der daraus resultierenden Wettbewerbsfähigkeit.

Insgesamt erklärt Posner mit seiner Theorie einen Großteil der Handelsströme entwickelter Länder, insbesondere des Handels von Industrieprodukten. Posner ergänzt damit bereits bestehende Ansätze auf sinnvolle Weise, ohne einen allgemeingültigen Ansatz zu schaffen.

Produktzyklustheorie

An der Kritik der Theorie der technologischen Lücke setzt die mikroökonomisch orientierte *Produktzyklustheorie* von Vernon (1966) und Hirsch (1967) an. Sie erklärt, wie ein innovatives Land trotz Diffusion der Technologie seinen komparativen Vorteil behalten kann. Der Produktzyklustheorie liegen nach Horn (1976, S. 40) zwei *Annahmen* zugrunde:

- Zum einen kann Information über neues technisches Wissen nur in begrenztem Umfang nationale Grenzen passieren.
- Zum anderen durchlaufen Produkte einen vorhersagbaren Lebenszyklus, bei dem die Produktionsverfahren im Zeitablauf standardisiert werden.

Unternehmen eines Landes richten daher ihre FuE-Aktivitäten vor allem an den Bedingungen des inländischen Marktes aus, da sie diesen Markt besser kennen als den ausländischen Markt. Zudem werden in den Ländern mit potenziell starker Nachfrage auch mehr FuE-Anstrengungen unternommen als in denen mit geringer Nachfrage. Gemäß der Produktzyklustheorie durchläuft ein Produkt die *drei Phasen* der *Innovation*, *Ausreifung* und *Standardisierung*, in denen sich die Nachfrage, die Produktion und der Grad eingesetzter Technik unterscheiden (Zusammenfassungen bei Ohr 1985, S. 27, Cantner 1990, S. 59–60, Lieschke 1985, S. 188–199; Bender 1992, S. 454–455):

- In der *Innovationsphase* ist ein Unternehmen aufgrund großer Unsicherheit auf eine enge Kommunikation mit Zulieferern und Kunden angewiesen, um die Wünsche letzterer mit einem neuen Produkt erfüllen zu können. Gleichzeitig wird auch eine effizientere und verbesserte Produktion zu realisieren gesucht. Vorwiegend werden qualifizierte Arbeitskräfte beschäftigt. Bei noch relativ geringer Nachfrage gibt es einerseits hohe Personal- und Vertriebskosten. Andererseits – wie bei der Theorie der technologischen Lücke – gibt es eine temporäre Monopolstellung und damit die Möglichkeit, aufgrund eines Nicht-Preiswettbewerbs über hohe Stückkosten Pioniergewinne abzuschöpfen.
- In der *Ausreifungsphase* wird die Produktinnovation von den Kunden zunehmend akzeptiert, die Nachfrage steigt stark an, und erste Konkurrenten treten auf. Eine Standardisierung des Produktes geht mit der Ausweitung der Produktion und den damit verbundenen steigenden Skalenerträgen einher. Der Grad der Technologiefokussierung nimmt ab, und vermehrt werden niedriger qualifizierte Arbeitskräfte beschäftigt. An die Stelle des Qualitäts-

wettbewerbs tritt zunehmend ein Preiswettbewerb, auf den die Unternehmen mit Differenzierungsstrategien reagieren.

- In der *Standardisierungsphase* ist das Produkt schließlich vollständig entwickelt. Produktion und Nachfrage steigen an, wobei der Produktionsprozess und der Differenzierungsgrad festgelegt sind. Beim vorherrschenden Preiswettbewerb ist der Markt gesättigt. Es werden nur geringfügig technische Veränderungen am Produkt vorgenommen und kaum noch qualifizierte Arbeitskräfte benötigt.

Wie werden nun das Zustandekommen von Außenhandel und die unterschiedlichen Erfolge von Ländern erklärt? Hirsch (1967, S. 38) nennt hinsichtlich der Produktionsseite die Produktzyklustheorie eine Erweiterung des Heckscher-Ohlin-Theorems. Die Erweiterung besteht in dynamischen Aspekten, denn fünf Größen wie Kapital, ungeschulte Arbeitskräfte, qualifizierte Arbeitskräfte bzw. Management, wissenschaftliches und technisches Wissen sowie externe Ersparnisse ändern sich in den einzelnen Phasen des Produktzyklusses und damit gleichzeitig die relative Ausstattung der Länder, so Busch (1987, S. 16) und Schmietow (1988, S. 56).

Nach der Produktzyklustheorie unterscheiden sich einzelne Länder sowohl hinsichtlich der Verfügbarkeit der Produktionsfaktoren als auch hinsichtlich ihrer Produktions- und Absatzbedingungen. Bei Annahme einer Immobilität der Produktionsfaktoren Arbeit und natürliche Ressourcen sowie bei Annahme einer Mobilität des Produktionsfaktors Kapital (Bender 1992, S. 454) erklären Cantner (1990, S. 61–62), Vernon (1966, auch Schmietow 1988, S. 56–57) den Außenhandel anhand einer Einteilung in *hochentwickelte Länder*, *entwickelte Länder* und *Entwicklungsländer*:

- Ein *hochentwickeltes* Land hat aufgrund seiner Faktorausstattung und Nachfragestruktur sowie seiner hohen FuE-Investitionen einen komparativen Vorteil gegenüber den weniger entwickelten Ländern. Reichliche Ausstattung mit Kapital und qualifizierten wissenschaftlichen Arbeitskräften ermöglicht es diesem Land, ständig Innovationen hervorzubringen. Das hochentwickelte und innovative Land verschafft sich in der *Innovationsphase* – wie bei der Theorie der technologischen Lücke – durch eine Produktinnovation eine temporäre Monopolstellung. Aufgrund ausländischer Nachfrage kommt es dann zur Ausfuhr des neu entwickelten Produktes.
- In *entwickelten Ländern*, d. h. Ländern mit etwas niedrigerem technologischen Niveau als dem des hochentwickelten Landes, beginnen Unternehmen schon am Ende der Innovationsphase mit der Errichtung von Produktionsstätten für die Produktion des neu entwickelten Produktes, d. h., sie werden zu Erstimitatoren. Später, wenn das neue Produkt in die Ausreifungsphase kommt, imitieren sie das Produkt und bedienen ihre einheimischen Märkte. Das innovative, hochentwickelte Land hingegen liefert schon vorwiegend an

Drittländer, während die imitierenden Länder erst am Ende der Ausreifungsphase damit anfangen.

- Die *Entwicklungsländer*, d. h. Länder mit geringem technologischen Potenzial wie die Least Developed Countries, fangen nach den Erstimitatoren ebenfalls an, das mittlerweile standardisierte Produkt herzustellen. Es kommt zum Reimport des Produktes in das innovative hochentwickelte Land, zunächst von den Erstimitatoren und dann auch aus den Entwicklungsländern, die aufgrund von Kapitalzufluss aus den anderen zwei Ländergruppen zu komparativen Vorteilen gelangen.

Fazit der Produktzyklustheorie

Insgesamt stellt die Produktzyklustheorie mit dieser Einteilung eine *Erweiterung* der Theorie der technologischen Lücke dar. Die Einbeziehung der Inlandsmärkte und der dynamischen Entwicklung als Einflussfaktoren auf Innovationen und Außenhandel ist das Hauptverdienst der Produktzyklustheorie, die Cantner (1990, S. 63) in drei Punkten zusammenfasst: Erstens determiniert der *absolute Verfügbarkeitsvorteil* den Außenhandel. Zweitens kann ein innovatives Land auch nach dem Auftreten von *Imitatoren* einen komparativen Wettbewerbsvorteil haben. Drittens kann es bei zunehmender Standardisierung auch zum Verlust des komparativen Wettbewerbsvorteils und zum *Reimport* des Gutes kommen.

Gleichwohl ist die Produktzyklustheorie z. B. aufgrund ihrer unterschiedlichen empirischen Ergebnisse nicht unumstritten: So untersuchte Vernon laut Schmietow (1988, S. 57–58) ausschließlich Handelsstrukturen der USA, während übertragbare und allgemeingültige empirische Ergebnisse nicht vorliegen. Für Busch (1987, S. 17) erklärt die Theorie zwar den Handel zwischen Ländern mit unterschiedlichen Entwicklungsständen, nicht aber den Handel mit technologisch ähnlichen Produkten, d. h. bei Produktdifferenzierung, bzw. den intraindustriellen Handel.

Gesamtfazit

Insgesamt liefern sowohl die Theorie der technologischen Lücke als auch die Produktzyklustheorie zahlreiche wichtige, den Außenhandel erklärende Erkenntnisse. Gleichwohl bleiben sie – auch aufgrund der Ähnlichkeit mit der Theorie der komparativen Kosten und dem Heckscher-Ohlin-Theorem – unvollständig, denn Eingriffe des Staates, Markunvollkommenheiten und Handelshemmnisse werden ebenfalls nicht betrachtet. Auch bei ihnen wird der Freihandel präferiert.

3. Neue Außenhandelstheorie und strategische Handelspolitik

In den Außenhandelstheorien wurde bis Mitte der 1970er Jahre das Entstehen von Außenhandel vor allem mit der Existenz internationaler Ausstattungsunterschiede erklärt, die zu interindustriellem Handel führten. Kaum beachtet wurde intraindustrieller Handel bis zur Studie von Grubel und Lloyd (1975), die empirisch nachwiesen, dass mehr als 50 % des Warenaustausches zwischen den Industrieländern intraindustrieller Handel ist (neuere Ergebnisse von Markusen et al. 1995, S. 232–236).

Zunächst sei die *neue Außenhandelstheorie* erläutert. Anschließend wird die auf sie aufbauende Theorie der *strategischen Handelspolitik* vorgestellt, ergänzt um einen, mit Ideen der *neuen Wachstumstheorie erweiterten Ansatz*.

Neue Außenhandelstheorie

Die *neue Außenhandelstheorie* stellt gegenüber der traditionellen Außenhandelstheorien von Ricardo sowie Heckscher und Ohlin vor allem den Handel mit hochdifferenzierten Produkten in den Mittelpunkt der Betrachtung. Hauptvertreter der neuen Außenhandelstheorie ist neben Dixit und Norman (1980) sowie Lancaster (1980) vor allem Krugman (1987, S. 131–132):

„The main new insight from these models was that to the extent that trade driven by economies of scale is important in the world economy, imperfect competition is important as well.“

Gegenüber der traditionellen Außenhandelstheorie *unterscheidet* sich die neue Außenhandelstheorie laut Siebert (1994, S. 96–108) sowie Landmann und Pflüger (1992, S. 495) im Wesentlichen in vier Punkten (Tab. 6), die zusammen die Abkehr von der Annahme der vollkommenen Konkurrenz hin zur unvollkommenen Konkurrenz bedeuten:

- Die *Motivation zu Außenhandel* wird nicht allein durch Ausstattung oder komparative Vorteile begründet, sondern vor allem durch *Produktdifferenzierung* und durch *Skalenerträge*. Die Annahme *steigender Skalenerträge* – erstmals von Frank Graham (1923) erwähnt – erwächst laut Bletschacher und Klodt (1991, S. 7; auch Siebert 1994, S. 97) aus der mikroökonomischen Erkenntnis, dass sog. Lernkurveneffekte oder die bessere Ausschöpfung der Produktionskapazitäten zu sinkenden Durchschnittskosten der Produktion bei steigender kumulierter Produktionsmenge führen. Aus steigenden Skalenerträgen resultieren u. a. Spezialisierungstendenzen und der Einfluss der Größe eines Landes auf den Außenhandel.
- Bedingt durch steigende Skaleneffekte wird die in der traditionellen Außenhandelstheorie vorherrschende Marktstruktur des atomistischen Wettbewerbs aufgegeben. Es entsteht laut Siebert (1994, S. 97) ein *monopolisti-*

Tabelle 6

**Unterschiede zwischen der traditionellen Handelstheorie und
der neuen Außenhandelstheorie**

	Traditionelle Theorie	'Neue' Außenhandelstheorie
Motivation des Außenhandels	• komparative Vorteile	• Skalenerträge • Produktdifferenzierung
Vorherrschende Marktstruktur	• atomistischer Wettbewerb • homogene Güter	• monopolistischer und oligopolistischer Wettbewerb • heterogene Güter
Spezialisierungsmuster	• definiert durch Unterschiede in Technologie, Präferenzen der Nachfrager, Faktorausstattung	• indeterminiert, bzw. abhängig von historischen Anfangsbedingungen
Wirkungen der Protektion	• kleines Land: reiner Effizienzverlust • großes Land: terms-of-trade-Effekt (Optimalzollargument) • Importbeschränkung schädigt Exportwirtschaft	• Änderung der Wettbewerbsintensität und u.U. der Marktstruktur • Skaleneffekte, strategische Effekte (Rentenumlenkung) • Importbeschränkung kann Exportförderung bedeuten

Quelle: Landmann und Pflüger (1992, S. 495)

scher bzw. *oligopolistischer Wettbewerb*. Aufgrund der Wünsche der Nachfrager nach Produktvielfalt (Dixit und Norman 1980, S. 281–294) und wegen der unterschiedlichen Präferenzen der Nachfrager (Krugman 1979) werden heterogene bzw. *differenzierte* statt homogene Produkte hergestellt. Dabei unterscheiden sich die Produkte einzelner Länder laut Siebert (1994, S. 103) sowohl objektiv hinsichtlich Qualität, Zuverlässigkeit und Vertriebssystem als auch subjektiv. Aufgrund steigender Skalenerträge wachsen Unternehmen so lange, bis sie sich auch der ausländischen Absatzmärkte bedienen haben. Es kommt zu „unvollkommenem“ Wettbewerb, bzw. die Annahme der vollständigen Konkurrenz durch endogenes Unternehmenswachstum schwindet.

- Die *Spezialisierungsmuster* im Handel eines Landes werden nicht mehr allein durch die Unterschiede in der Technologie, durch die Präferenzen der Nachfrager oder durch die Faktorausstattung definiert. Diese sind laut Krugman (1987, S. 133) indeterminiert und abhängig von historischen Anfangsbedingungen. Historische Anfangsbedingungen, etwa traditionelle Standortvorteile wie z. B. Rohstoffvorkommen, sorgen für das Herausbilden sog. „industrieller Kerne“, in denen bestimmte Unternehmen einer Branche oder eines Technologiebereichs konzentriert sind (ausführlich bei Krugman 1992). Marginale Veränderungen von Einflussfaktoren, z. B. starke Zu- oder Abwanderung von Facharbeitern, können das Absterben alter industrieller Kerne hervorrufen wie auch das Entstehen neuer industrieller Kerne fördern.
- *Protektionistische Maßnahmen* können gemäß Landmann und Pflüger (1992, S. 495) – vor allem in Form der strategischen Handelspolitik (s.u.) – die Wettbewerbsintensität und auch teilweise die Marktstruktur ändern. Da-

bei kann es aufgrund von Skaleneffekten zur Rentenumlenkung kommen, und ferner können Importbeschränkungen auch zu einer Stärkung der Exportsituation führen.

Die wesentlichen *Verdienste* der neuen Außenhandelstheorie liegen laut Krugman (1992, S. 425–428) in der Einbindung der „industrial organization“ in die Außenhandelstheorie und damit die Betrachtung von unvollkommenem Wettbewerb bzw. Oligopolmärkten. Zudem liegt eine positive Leistung in der Analyse der Ursachen des intraindustriellen Handels und in der Berücksichtigung externer Effekte.

Strategische Handelspolitik

Aufbauend auf der neuen Außenhandelstheorie stellt die *strategische Handelspolitik* vor allem handelspolitische Maßnahmen und deren Begründung in den Mittelpunkt. Den Ursprung hat die strategische Handelspolitik im Ansatz von Brander und Spencer (1983; 1985), auf dessen Basis Erweiterungen vorgenommen wurden.

Das grundlegende Modell von Brander und Spencer (1983, 1985) ist einfach: Ein bestimmtes Produkt kann nur von einem inländischen und einem ausländischen Unternehmen produziert werden, die beide nur für den Markt eines Drittlandes produzieren (Zusammenfassung bei Bletschacher und Klodt 1991, S. 6–7; Siebert 1994, S. 111–116; Krugman 1992, S. 432–433). Es wird Cournot-Verhalten der Unternehmen unterstellt, d. h. die Produktionsentscheidung eines Unternehmens hat keine Auswirkungen auf die Herstellungsmenge des Konkurrenten. Die Produktionsmengen können die Unternehmen dann so festsetzen, dass der Marktpreis die Durchschnittskosten der Produktion übersteigt. Durch Subvention des Exportes oder der Forschung kann der Versuch unternommen werden, den inländischen Unternehmen auf Kosten des Auslands eine bessere Marktposition zu verschaffen. Ein typisches Beispiel ist die staatliche Förderung der europäischen Flugzeugindustrie für den Bau des Airbus (Übersicht 1).

Im Modell der strategischen Handelspolitik scheinen in bestimmten Fällen Subventionen der Forschung laut Brander und Spencer (1983) und Subventionen des Exports laut Krugman (1987) ein sinnvolles handelspolitisches Instrument zur Steigerung des nationalen Wohlstands zu sein. Auch mögen bei einigen ausgewählten Gütern, die über einen bedeutenden inländischen Markt verfügen, protektionistische Maßnahmen des Inlandsmarktes gegenüber ausländischen Wettbewerbern unter bestimmten Bedingungen den nationalen Wohlstand erhöhen. Diese Argumentation ist – wie Kösters (1994, S. 120) feststellt – äußerst attraktiv für Politiker (z. B. Seitz 1992) und einige Ökonomen, die schon immer protektionistische Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit verfolgten. Liefert aber die strategische Handelspolitik

Beispiel eines Modells der strategischen Handelspolitik von Krugman (1987): Airbus und Boeing

Ein Beispiel eines Modells der strategischen Handelspolitik liefert Krugman (1987, S. 75–76; Zusammenfassung bei Klodt 1995, S. 75–76), der ein *natürliches Monopol* annimmt, d. h., nur ein einziges Unternehmen kann auf Dauer überleben:

Boeing und Airbus stellen ein Passagierflugzeug mit 150 Sitzen unter gleichen technologischen Voraussetzungen ausschließlich für den Export her. Aufgrund hoher Skalenerträge ist eine Produktion beider Unternehmen mit Gewinn nicht möglich. Je nachdem, ob Europa subventioniert oder nicht, unterscheiden sich die Gewinne der beiden Unternehmen.

- Im Fall *ohne europäische Subventionen* gibt es zwei Möglichkeiten: Wenn Boeing und Airbus Flugzeuge produzieren (Fall P/p), weist die Auszahlungsmatrix für beide Unternehmen einen Verlust von 5 aus. Wenn hingegen nur ein einziges Unternehmen produziert (Fälle P/n bzw. p/N) kann es einen Gewinn von 100 realisieren; es kommt zum „*first mover advantage*“.
- *Subventioniert* hingegen Europa den Airbus in Höhe von 10, dann kann Airbus einen Monopolgewinn von 110 erzielen, von dem 10 vom Steuerzahler finanziert sind, während der Betrag von 100 aus der Rentenumlenkung aus den USA nach Europa resultiert. Somit hat eine Subvention Europas in Höhe von 10 einen Anstieg des Gewinns von 0 auf 110 ermöglicht, und zwar auf Kosten der USA bzw. Boeing.

		Hypothetische Auszahlungsmatrix ohne europäische Subventionen			
		Airbus			
		p	n		
Boeing	P	-5	-5	100	0
	N	0	100	0	0

		Hypothetische Auszahlungsmatrix nach europäischen Subventionen			
		Airbus			
		p	n		
Boeing	P	-5	5	100	0
	N	0	110	0	0

Legende: P/p: produziert; N/n = nicht produziert. Die linken Zahlen in einem Feld geben den Gewinn von Boeing an, die rechten Zahlen denjenigen von Airbus.

Quelle: Krugman (1987, S. 136)

Übersicht 1: Hypothetische Auszahlungsmatrix für Boeing und Airbus ohne und mit europäischen Subventionen

ausreichende Begründungen für ein interventionistisches Eingreifen des Staates? *Kritik* wird an der strategischen Handelspolitik vor allem von den Neoklassikern in fünf Punkten geäußert:

- Für Siebert und Rauscher (1991, S. 505) sowie Landmann und Pflüger (1992, S. 500) handelt es sich nur um ein Partialmodell, d. h., die Unterstützung eines Sektors entzieht Ressourcen aus anderen Bereichen. Die dabei entstehenden *Opportunitätskosten* werden jedoch nicht berücksichtigt.
- Auch die *Annahme des Cournot-Verhaltens* wird kritisiert. Nimmt man hingegen einen Wettbewerb nach Bertrand-Verhalten an, bedeutet dies, eigene Preisentscheidungen haben keinen Einfluss auf die Preisentscheidungen des

Konkurrenten (Eaton und Großman 1986). In diesem Fall führt nicht eine Unterstützung, sondern eine Besteuerung zur gewünschten Wirkung.

- Kösters (1994, S. 119) und Bender (1992, S. 476) beispielsweise sehen als Ziel der praktizierten Wirtschaftspolitik einen gegenseitigen Subventionsabbau zwischen den Ländern und kritisieren das Fehlen von Vergeltungsmaßnahmen des Auslands im Modell. Denn eine strategisch bedingte Förderung der Forschung im Inland fordert das Ausland zu Subventionen heraus, wodurch es zu einem Subventionswettlauf kommt.
- Ferner beklagt Klodt (1995, S. 90) die geringe Beachtung multinationaler Unternehmen, da es sich kaum kontrollieren lässt, welche Oligopolrenten aus einheimischer Produktion auch wirklich im Inland verbleiben.
- Bisher liegen erst wenige *empirische* Studien vor, jedoch negieren Bletschacher und Klodt (1991, S. 21–30) die Wirkung einer strategischen Handelspolitik z. B. für die Halbleiter- oder die Automobilindustrie.

Verknüpfung der neuen Außenhandelstheorie mit der neuen Wachstumstheorie

Eine Verknüpfung der neuen Außenhandelstheorie mit der neuen Wachstumstheorie (Abschnitt B.II.5.) nehmen Grossman und Helpman (1991) vor (Zusammenfassung bei Bletschacher und Klodt 1991, S. 14). Im Gegensatz zu den Ansätzen der „reinen“ strategischen Handelspolitik kommt es im Modell von Grossman und Helpman (1991, S. 177–205) zur internationalen Rentenumlenkung aufgrund der *Erhöhung der Wachstumsrate*.

Im Modell von Grossman und Helpman (1991) ist der technische Fortschritt endogenisiert. Siebert (1994, S. 116–118) erläutert es mittels drei Sektoren:

Für die drei Produktionsfaktoren „Sachkapital“, „Humankapital“ und „ungelernte Arbeitskräfte“ gibt es einen FuE-Sektor, einen Hochtechnologie-Sektor und einen Niedrigtechnologie-Sektor. Im FuE-Sektor wird technisches Wissen produziert, das frei verfügbar ist. Dieses wird von den Unternehmen des Hochtechnologie-Sektors unter Einsatz von Humankapital aufgenommen und eingesetzt. Dadurch ist die oligopolistische Marktstruktur des Hochtechnologie-Sektors bereits bestimmt. Weitere FuE-Ausgaben werden aufgrund der erwarteten Gewinne getätigt. Insgesamt kommt es dann zu vier Arten von Außenhandel:

- *Internationaler Handel mit technischem Wissen* im FuE-Sektor,
- *intraindustrieller Handel* aufgrund der oligopolistischen Marktstruktur im Hochtechnologie-Sektor,
- *interindustrieller Handel*, der auf den relativen Ausstattungsvorteilen nach dem Heckscher-Ohlin-Theorem zwischen den Ländern mit ausgeprägter traditioneller Industrie basiert, sowie

- *intertemporaler Handel*, d. h. interindustrieller Handel mit dynamischer Veränderung.

Grossman und Helpman sehen hierin – wie auch Krugman in der neuen Außenhandelstheorie – das Entstehen dynamischer komparativer Vorteile (Klodt 1993, S. 210). Grossman und Helpman unterstellen externe Effekte, d. h. das in einem Wirtschaftszweig entwickelte technische Wissen kann auch zur Erhöhung der Produktivität in anderen Wirtschaftszweigen führen, ohne dass der Urheber dafür entgolten wird. Mit staatlichen Forschungssubventionen kann ein Unternehmen in diesem Fall die externen Erträge kompensieren. Dadurch werden Anreize zu weiteren Forschungsaktivitäten gegeben. Es kommt langfristig zu höheren Wachstumsraten. Ein Außenhandelsschutz für Hochtechnologieprodukte als wirtschaftspolitische Maßnahme wäre in diesem Fall aber keine gute Lösung, sondern es sollte beim Freihandel bleiben. Ferner scheint auch eine sektorale Forschungsförderung aufgrund der schwierigen Messbarkeit externer Erträge in einem Wirtschaftszweig nicht angemessen zu sein.

Fazit

Insgesamt haben die neue Außenhandelstheorie und die strategische Handelspolitik zwar die Schwächen der traditionellen Außenhandelstheorie offengelegt, sie tun sich aber schwer, eigene stichhaltige und fundierte Empfehlungen vorzuschlagen. Insgesamt bedeuten sie in zweifacher Hinsicht einen großen Fortschritt: Zum einen rücken sie von der alleinigen Präferenzierung des Freihandels „um jeden Preis“ ab. Zum anderen werden die Modelle mit der Berücksichtigung staatlicher Maßnahmen zwar typischerweise unschärfer, aber auch realitätsnäher.

IV. Zusammenfassung und Bewertung

Die F&T-Politik sowie die technologische Wettbewerbsfähigkeit einer Nation lassen sich auf Basis eines begrifflichen Rahmens analysieren, der stark durch den Wirkungsverbund von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum geprägt ist. Dabei spielen sowohl das Verständnis von den wichtigsten Aktivitäten eine Rolle als auch die Grundlagen aus der Makro- bzw. Mikroökonomie und der Außenhandelstheorie.

Bestandteil des Wirkungsverbundes ist der *Innovationsprozess* mit der idealtypischen Einteilung der Phasen in Invention, Innovation und Diffusion. Innerhalb des Innovationsprozesses entsteht neues technisches Wissen, das u. a. durch gezielte FuE-Aktivitäten generiert wird. Die FuE-Aktivitäten selbst können in der Grundlagenforschung, der angewandten Forschung und in der Entwicklung liegen. Ansatzpunkte zur Analyse und F&T-Förderung bieten u. a.

Technologien, die man oft in Schrittmacher-, Schlüssel- und Basistechnologien unterteilt.

Der *Wirkungsverbund zwischen technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum* ist sowohl Bestandteil zahlreicher ökonomischer Ansätze der modellorientierten Neoklassik als auch der auf Schumpeters „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ zurückgehenden Innovationsökonomie:

In der *Neoklassik* wird die generelle Bedeutung von Technologien bzw. technischem Fortschritt für den Wohlstand einer Nation durch die Einbeziehung des Faktors „Technologie“ in die Modelle abgebildet. Im Allgemeinen halten die Neoklassiker ein Eingreifen des Staates zur Förderung von Forschung und Technologie nicht für sinnvoll. Dies liegt u. a. an der fehlenden Differenzierung zwischen Technologien sowie an der geringen Berücksichtigung der Rolle des Staates.

Schumpeter setzte mit seiner „Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung“ eine wichtige Grundlage zur Erklärung des Entstehens von technischem Fortschritt und wirtschaftlichem Wachstum. Für ihn und insbesondere für die auf seinen Ideen aufbauenden Innovationsökonomien gibt es ein Bündel an Erklärungen für den Wirkungsverbund.

Die wirtschaftliche Entwicklung selbst ist *dynamisch* und wird von dynamischen Unternehmern geprägt, die sporadisch und diskontinuierlich Innovationen hervorbringen. Einige radikale Innovationen – von Dosi (Abschnitt B.II.4.b)) auch als technologische Paradigmen bezeichnet – prägen dabei Kondratieff-Wellen mit Zeiträumen von 40 bis 60 Jahren.

Unterschiede im technischen Fortschritt und wirtschaftlichen Wachstum gibt es zwischen verschiedenen Wirtschaftszweigen, aber auch innerhalb von Wirtschaftszweigen. Inter- sowie intrasektorale Einflussgrößen wie die Unternehmensgröße, die Marktstruktur, die Wettbewerbsstruktur oder die Spezifität einer Technologie erklären die komplexen Wirkungszusammenhänge. Ferner sind es nach Porter (1991) auch die Strategie der Unternehmen, die Nachfragebedingungen, die verwandten und unterstützenden Branchen sowie Faktorbedingungen, die zusammen mit dem Staat und dem Zufall den Wettbewerbsvorteil eines Wirtschaftszweiges bestimmen.

Die verschiedenen Akteure in einem *nationalen Innovationssystem* finanzieren Forschung und Entwicklung und führen sie durch. Dadurch haben sie für den Wirkungsverbund eine große Bedeutung. Eine besondere Funktion übernimmt vor allem der Staat als Verantwortlicher für forschungsrelevante Rahmenbedingungen.

Bei den Außenhandelstheorien heben sich die *neue Außenhandelstheorie* und die *strategische Handelspolitik* gegenüber den älteren Außenhandelstheorien sowohl durch die Berücksichtigung des Staates als auch durch die Fokussierung

auf intraindustriellen Handel ab. In einigen wenigen Fällen kann ihren Aussagen zufolge eine Förderung bestimmter Technologien und Sektoren sinnvoll sein.

Insgesamt zeigt sich deutlich, dass es nicht genügt, allein mit Modellen den Wirkungsverbund zu erklären, sondern deskriptive und erweiterte Erklärungsansätze notwendig sind, um die Komplexität zu erfassen. Sowohl für die Gestaltung und Lenkung der F&T-Politik als auch für die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit bedarf es aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge einer situativen Verwendung der dargelegten Grundlagen.

C. Das nationale Innovationssystem und die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands

Deutschland gehört neben Japan und den USA zu den drei führenden Industrienationen der Welt. Aufgrund der großen Geschwindigkeit des technischen Fortschritts und dessen Wirkungsverbundes mit dem wirtschaftlichen Wachstum (Abschnitt B.II.) gibt es in jeder Industrienation eine speziell darauf ausgerichtete staatliche Politik. Dabei spielen die spezifischen Strukturen und Abläufe im nationalen Innovationssystem (NIS) eine wichtige Rolle. Im Folgenden werden das NIS sowie die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands in den Mittelpunkt gerückt (Gedankenflussplan in Abb. 11).

- Die allgemeinen *Grundlagen der F&T-Politik* (Abschnitt C.I.) umfassen die Historie des Interesses des Staates an Forschung und Technologie (Abschnitt C.I.1.). Aufgrund des allgemein großen Interesses an Wissenschaft und Technik Anfang des 20. Jahrhunderts etablierte sich die F&T-Politik, die sowohl als eigenständiger Politikbereich als auch als Teil der Wirtschaftspolitik verstanden werden kann (Abschnitt C.I.2.). Der Staat beeinflusst seitdem den technischen Fortschritt, wobei es für und gegen dieses Verhalten Gründe gibt (Abschnitt C.I.3.). Bei seiner F&T-Politik verfügt der Staat über direkte und indirekte Fördermaßnahmen (Abschnitt C.I.4.).
- Die Struktur des nationalen Innovationssystems Deutschlands wurde maßgeblich im 18. und 19. Jahrhundert ausgeprägt, begleitet seit Beginn des 20. Jahrhunderts von einer gezielten staatlichen F&T-Politik (Abschnitt C.II.). Die historische *Entwicklung des nationalen Innovationssystems* ist durch die drei Phasen des Aufbaus, des Ausbaus und Wiederaufbaus gekennzeichnet (Abschnitt C.II.1.). Die F&T-Politik selbst prägen seit 1945 sechs Phasen (Abschnitt C.II.2.): Laissez-faire-Phase (1945–1954), Imitations- und Aufholphase (1955–1966), Nachhol- und Innovationsphase (1967–1972), Effizienzsteigerungsphase (1973–1982), konservative Modernisierungsphase (1983–1990) sowie Aufbau-Ost-Phase (seit 1991).
- Die *F&T-Politik Deutschlands in den 1980er und 1990er Jahren* wird von zahlreichen Institutionen wie z. B. den Ministerien von Bund und Ländern, den Forschungseinrichtungen und den Unternehmen maßgeblich bestimmt (Abschnitt C.III.1.). Die F&T-Politik des Bundes seit 1982 hat viele Facetten (Abschnitt C.III.2.): Bei Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung dominieren in hohem Maße die Unternehmen. Neben verschiedenen Schwerpunkten unterscheiden sich die staatlichen Fördermaß-

nahmen nach der konkreten Förderart, nach der Ausrichtung der Maßnahmen auf kleine und mittlere Unternehmen sowie auf die neuen Bundesländer und nach Gestaltung der forschungsrelevanten Rahmenbedingungen.

Abschließend werden die Stärken und Schwächen des deutschen NIS und der deutschen F&T-Politik *zusammengefasst* und *beurteilt* (Abschnitt C.IV.).

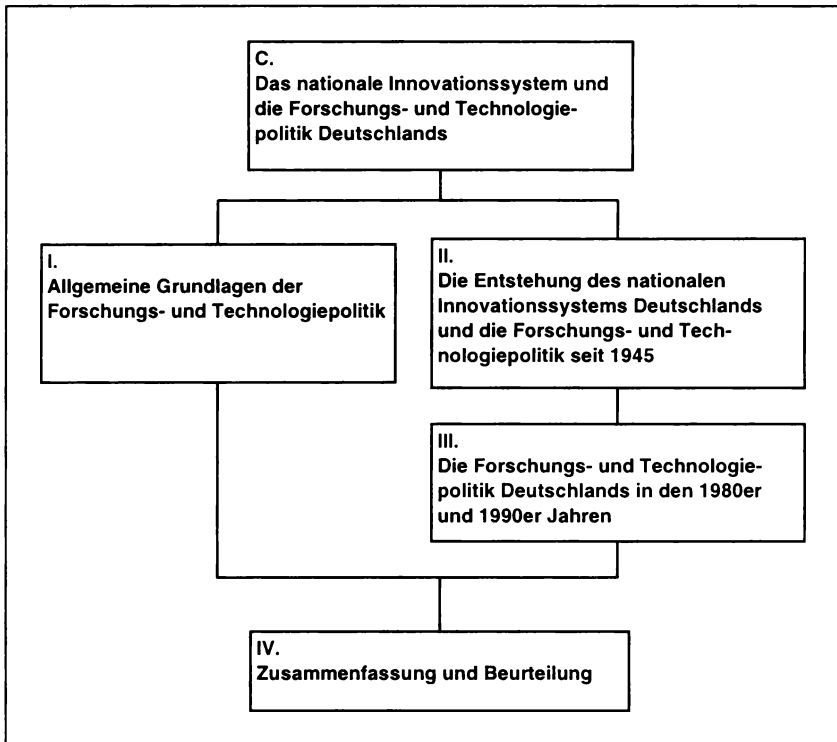


Abbildung 11: Gedankenflussplan von Kapitel C.

I. Allgemeine Grundlagen der Forschungs- und Technologiepolitik

In allen Industrieländern gibt es eine Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik), wenn auch in unterschiedlicher Form und mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Der Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) an den gesamten Staatsausgaben der Regierungen liegt in den größten Industrienationen zwischen 3 % und 6 % (OECD 1995a, S. 18). Aufgrund der Verwendung der Ausgaben für die Erhaltung und Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit des Landes ist die F&T-Politik im Allgemeinen unumstritten. Im Folgenden wird zunächst der staatliche Interessenwandel an Forschung, Technologie und Wissenschaft nachgezeichnet. Die F&T-Politik wird gegenüber an-

deren Politikbereichen mit ihren Aufgaben präzisiert. Eine Diskussion der Argumente für und gegen die F&T-Politik sowie ihrer Maßnahmen folgt:

- Seit der industriellen Revolution, insbesondere seit Beginn des 20. Jahrhunderts, hat sich das *Interesse des Staates an Forschung, Technologie und Wissenschaft im Wandel der Zeit* intensiviert (Abschnitt C.I.1.).
- Die gezielte Förderung von Forschung, Technologie und Wissenschaft durch den Staat hat seit Anfang des 20. Jahrhunderts deutlich zugenommen. Die F&T-Politik wird oftmals als ein *Teil der Wirtschaftspolitik* angesehen, ist aber heutzutage in vielen Industrieländern ein *eigener Politikbereich* (Abschnitt C.I.2.).
- Ein staatliches Eingreifen in die technologische Entwicklung wird z. B. von einigen Autoren mit dem Auftreten von externen Effekten begründet, während andere ein aktives Eingreifen ablehnen (Abschnitt C.I.3.).
- *Direkte und indirekte Fördermaßnahmen* sowie forschungsrelevante *Rahmenbedingungen* haben vielfache Ausprägungen und weisen aus theoretischer Sicht Stärken und Schwächen auf (Abschnitt C.I.4.).

1. Das Interesse des Staates an Forschung, Technologie und Wissenschaft im Wandel der Zeit

Das Interesse des Staates an Forschung und Technologie bzw. allgemein an der Wissenschaft änderte sich in den vergangenen Jahrhunderten von einer starken Verknüpfung im alten Ägypten über eine geringe Bindung im Mittelalter bis hin zu einer engen Kooperation seit Anfang des 20. Jahrhunderts. Im groben unterscheidet Reuhl (1994, S. 11–33) zwischen sieben Epochen: das altägyptische Reich, das römische Reich, das Mittelalter, die Renaissance, das 17. und 18. Jahrhundert der Physiokraten und Merkantilisten, die Zeit der Industrialisierung ab Mitte des 18. Jahrhunderts sowie die Moderne im 20. Jahrhundert (Tab. 7).

Im *altägyptischen Reich* während des Pharaonentums gab es laut Reuhl (1994, S. 12) eine enge Verknüpfung des Staates mit Forschung, Technologie und Wissenschaft. Dominierend waren in allen Bereichen gut ausgebildete Beamte. Aufgrund der einzigartigen Symbiose von Staatskunst, Gelehrsamkeit, Kult und Technik konnten bedeutende Leistungen wie z. B. die Erfindung des Kalenders, Bewässerungstechniken und der Bau von Sakralanlagen mit Pyramiden und Tempeln vollbracht werden (Beispiele aus Reineke 1984, S. 377–394).

Die Leistungen im *römischen Reich* waren gemäß Reuhl (1994, S. 12–13) mit dem Bau von Fernstraßen, dem Städtebau, dem Bau imperialer Gebäude oder der Trockenlegung großer Sümpfe vergleichbar imposant wie die im altägyptischen Reich. Im Gegensatz zum altägyptischen Reich gab es im rö-

Tabelle 7

**Das Verhältnis von Staat, Forschung, Technologie und Wissenschaft
im geschichtlichen Überblick mit einigen Beispielen für
technische Leistungen und bedeutende Gruppen und Personen**

Epoche	Beziehung zwischen Staat, Forschung und Technologie sowie Wissenschaft	Einige bedeutende technische Leistungen	Einige bedeutende Gruppen und Personen
Altägyptisches Reich	Enge Kooperation des Staates mit Forschung und Technologie sowie der Wissenschaft	Sakralbauten, Astronomie, Kalender, Landvermessung, Bewässerung	Beamte
Römisches Reich	Kein geschlossener Staatenverbund Vermischung von Geistesbewegungen aus Vorderasien mit griechischer Philosophie und mit dem Christentum	Straßenbau, Städtebau, imperiale Gebäude, Trockenlegung großer Sümpfe	Patrizier, Händler, Militär
Mittelalter	Kaum Kooperation infolge der Dualität von Kirche und Kaisertum	Hagia Sophia	Kaisertum und Klerus
Renaissance	Größere Bedeutung von Wissenschaft, Kunst und Technologie, vor allem durch Einzelpersonen Städte als Förderer	Seefahrt, Rüstungen, Projekte der Zünfte, Geldwesen, Kommunikationswesen	Leonardo da Vinci, Galileo Galilei, Medici
17./18. Jahrhundert	Bedeutungszuwachs von Forschung und Technologie sowie der Wissenschaft Erhöhung der Steuereinnahmen durch Produktivitätssteigerung zur Finanzierung der Armeen	Manufakturen, Kultivierung, Dreifelderwirtschaft, Bergbau, Fachschulen	Physiokraten, Merkantilisten, Isaac Newton, Jean-Baptiste Colbert, Gottfried Wilhelm Leibniz
Industrialisierung ab 1750	Hoher Stellenwert von Forschung und Technologie sowie der Wissenschaft sowohl bei der Wirtschaft als auch bei den Regierungen	Dampfmaschine, Dynamo, Elektrizität, Infrastrukturprojekte	James Watt, Royal Society, Thomas Edison, Immanuel Kant
Moderne des 20. Jahrhunderts	Etablierung der Förderung von Forschung und Technologie sowie der Wissenschaft in den meisten Industrieländern	Kernspaltung, Raumfahrt, Flugzeugbau, Kraftfahrzeugbau, Medizintechnik	Albert Einstein, Otto Hahn, Niels Bohr

Quelle: Eigene Zusammenstellung in starker Anlehnung an Reuhl (1994, S. 11–33)

mischen Reich zwar ein Konglomerat aus Patriziat, Handel und Militär, jedoch keinen geschlossenen Staatenverbund (Mommsen 1943, S. 575–582). Ein Staatskult wie in Ägypten konnte aufgrund der unterschiedlichen Einflüsse nicht entstehen, da z. B. Geistesbewegungen aus Vorderasien, die griechische Philosophie sowie später auch das Christentum nicht auf ein eternalisiertes Staatsziel ausgerichtet waren. Wissenschaft, Technologie und Staatsorganisation waren daher auch nicht mehr wie in Ägypten eine Einheit.

Das *Mittelalter* war geprägt von der Dualität von Kirche und Kaisertum und einem nur geringen Interesse des Staates an Forschung, Technologie und Wissenschaft, so Reuhl (1994, S. 13–15). Wissenschaft war vornehmlich Philosophie, während der Bau der Hagia Sophia – in Anknüpfung an die schon existierende Baukunst – eine der wenigen technisch imposanten Leistungen war. Die Universitäten waren nicht zur Verbesserung der realen Lebensverhältnisse und zur Erforschung neuer Sachverhalte da, sondern hatten sich dem vorherrschenden

den Weltbild unterzuordnen. Einige Ausnahmen gab es: So gründete z. B. Kaiser Friedrich II. (1194–1250) 1224 die Staatsuniversität Neapel und die Hochschule für Medizin in Salerno; und Heinrich der Seefahrer (1394–1460) errichtete die Seefahrtsschule in Sagres, ein – nach heutigem Verständnis – auf die Verbesserung der Seefahrt ausgerichtetes Risikounternehmen, da man es zur besseren Entdeckung neuer Länder gründete (Beispiele aus Diwald 1975, S. 247–248).

In der *Renaissance* fanden Forschung, Technologie und Wissenschaft gemäß Reuhl (1994, S. 159) wieder größere Aufmerksamkeit, vor allem durch Einzelpersonen wie Leonardo da Vinci (1452–1519) und Galileo Galilei (1564–1642), die beide die Mathematik für technische Projekte und neue Theorien anwendeten (ähnlich bei Mittelstraß 1992, der den Begriff der Leonardo-Welt prägte). Gefördert wurde die technische Entwicklung weniger vom Staat als vielmehr von den Städten im Zuge ihrer starken Ausdehnung, u. a. von den Medici. Die Universitäten öffneten sich nach der Scholastik zwar den Naturwissenschaften, aber die Zünfte und das Handwerk in den Städten erbrachten vor allem die technischen Leistungen. Große Verkehrssysteme sowie eine weite Organisation der Produktion, des Transportes und der Warenverteilung gab es zwar nicht, aber das Kommunikationswesen erreichte einen relativ hohen Stand. Das Geldwesen wurde national und international massiv ausgebaut.

Im 17. und 18. Jahrhundert änderte sich laut Reuhl (1994, S. 16–18) das Verhältnis von Staat zu Forschung, Technologie und Wissenschaft in den meisten Ländern unter dem Einfluss der Physiokraten und Merkantilisten. Eines ihrer generellen politischen Ziele war die Erhöhung der Steuereinnahmen, um das Militär sowie die militärische Forschung finanzieren zu können. Während die *Physiokraten* insbesondere die Landwirtschaft vorantrieben und die adlige Grundherrschaft durch Familienbetriebe ersetzten, kümmerten sich die *Merkantilisten* um die Verbesserung des Bergbaus und die Errichtung von Manufakturen wie z. B. Tuchfabriken, Meiereien und Ziegeleien. Zudem wurden Fachschulen gegründet, die Spezialisten zur Unterstützung des Staates bei den vielfältigen Aufgaben ausbildeten. Für diese Entwicklung war in Frankreich u. a. Jean-Baptiste Colbert (1619–1683) verantwortlich, dessen Ideen später von Napoleon vor allem zu militärischen Zwecken aufgegriffen wurden. Colbert sorgte mit Unterstützung von König Ludwig XIV u. a. für die Gründung der „Académie Royale des Sciences“ und versammelte dort die wichtigsten Wissenschaftler. Die Académie lag damals laut Reuhl (1994, S. 20) in ihrer Bedeutung weit hinter der 1662 in England gegründeten „*Royal Society for the Promotion of Natural Knowledge*“ zurück, welche sich ausschließlich um die Naturwissenschaften kümmerte und u. a. von Isaac Newton (1643–1727) geleitet wurde.

Mit Beginn der *Industrialisierung Mitte des 18. Jahrhunderts* wurde, so Reuhl (1994, S. 18–26), Technologie von den Unternehmen verstärkt entwickelt und angewendet und damit zum Motor des technischen Fortschritts und

wirtschaftlichen Wachstums Englands (Abschnitt B.III.2. mit Kondratieff-Wellen). Die einsetzende Industrieforschung richtete sich u. a. auf die Verbesserung der Maschinen, auf die Grundlagenforschung – beginnend in der chemischen Industrie – sowie auf die Erforschung von komplexen Systemen und Hochtechnologieverfahren. Die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft wurde zunehmend enger. Der Staat förderte den technischen Fortschritt durch große Infrastrukturprojekte und den Ausbau wissenschaftlicher Einrichtungen. So trug z. B. die „Royal Society“ maßgeblich zum industriellen Vorsprung Englands zwischen 1750 und 1850 bei. Darauf reagierend gründeten die Regierungen der deutschen Territorialstaaten u. a. die technischen Hochschulen und die französische Regierung die polytechnischen Hochschulen. Die dadurch entstandene Partnerschaft mit der Wirtschaft führte rasch zu technischen Verbesserungen in Kontinentaleuropa. Die Universitäten waren bis Ende des 19. Jahrhunderts zurückhaltend gegenüber den Ingenieurwissenschaften und in erster Linie für die Ausbildung – in Deutschland nach Wilhelm von Humboldt seit 1810 – auch für die Forschung in der Medizin, Physik und Chemie zuständig. Einige der zahlreichen Erfindungen waren z. B. 1792 die einsatzfähige Dampfmaschine von James Watt (1736–1819) – eine Schlüsseltechnologie im heutigen Verständnis –, 1876 das Telefon durch Alexander Graham Bell (1847–1922), ebenfalls 1876 der Viertaktmotor von Nikolaus August Otto (1832–1891) und 1882 die Elektrifizierung durch Thomas Alva Edison (1847–1931).

Im 20. Jahrhundert hat das Interesse des Staates an Forschung, Technologie und Wissenschaft laut Reuhl (1994, S. 26–33) weiter zugenommen. In Frankreich und Deutschland wurden zahlreiche neue Forschungseinrichtungen errichtet. In den USA gründeten Industrielle wie Andrew Carnegie (1835–1919) und John D. Rockefeller (1839–1937) Stiftungen zur Förderung der Wissenschaft, während z. B. in Deutschland der Staat eigene Förderorganisationen errichtete. Insgesamt nahm die staatliche Förderung von Forschung, Technologie und Wissenschaft deutlich zu, insbesondere mit dem Ziel der Anwendung neuer Erkenntnisse für militärische Zwecke zu Zeiten vor und während des Zweiten Weltkrieges. Einige Innovationen wie z. B. die Kernspaltung, der Raketenantrieb sowie die Nachrichten- und Ortungstechnik waren Ergebnisse militärischer Forschungsprojekte.

Die enge Verflechtung zwischen Staat, Forschung, Technologie und Wissenschaft blieb nach dem Zweiten Weltkrieg erhalten. In der F&T-Förderung hatten die führenden Industrienationen jedoch unterschiedliche Prioritäten. So setzten die USA, Frankreich und Großbritannien eher auf die militärische Forschung, während Japan und Deutschland stärker zivile Technologien förderten.

2. Forschungs- und Technologiepolitik als Teil der Wirtschaftspolitik und als eigener Politikbereich

Seit dem Zweiten Weltkrieg nimmt der Staat laut Busch (1987, S. 60) in den meisten Nationen gezielt Einfluss auf Forschung und Technologie (F&T). Dieser Einfluss, oftmals in Form konkreter F&T-Politik vom Staat ausgeübt, ist in den meisten Industrienationen etabliert. In der vielfältigen Literatur werden intensiv die F&T-Politik, ihre Charakteristika und ihre Auswirkungen analysiert, gleichwohl hat sich bis dato kein einheitliches Verständnis des Begriffes der F&T-Politik herausgebildet.

- Einerseits wird *nur von Forschungspolitik* wie z. B. bei Gerjets (1982) und Ronge (1977) oder *nur von Technologiepolitik* wie z. B. bei Meyer-Krahmer (1989) und Martinsen und Simonis (1995) gesprochen.
- Andererseits wird F&T-Politik kaum differenziert betrachtet und anderen Begriffen *zu- bzw. untergeordnet*, so z. B.
 - der *Industriepolitik* bei Seidenfus (1972, S. 206), Voigt und Melcher (1980, S. 521), Wescott (1984, S. 8), OECD (1978, S. 33) sowie Leone und Bradley (1981, S. 92),
 - der *Wissenschafts- und Technologiepolitik*, z. B. bei Rothwell und Zegveld (1981, S. 1), und
 - der *Innovationspolitik* bei Meyer-Krahmer (1981, S. 1).

Hier wird – in Anlehnung an die politische Praxis in Deutschland – der Begriff der F&T-Politik gewählt. Unter staatlicher F&T-Politik wird der Entscheidungsbereich verstanden, in dem nach Rothwell und Zegveld (1981, S. 1) *Wissenschaftspolitik, Technologiepolitik und Industriepolitik zusammenlaufen* und fast nicht mehr zu unterscheiden sind. Staatliche F&T-Politik ist damit *mehr* als nur alle „*finanziellen, organisatorischen, inhaltlich-zielsetzenden und normsetzenden Aktivitäten zur Schaffung, Stimulierung und Regulierung der Produktion von Forschungsergebnissen und Technologien*“ (Bräunling und Harmsen 1975, S. 5).

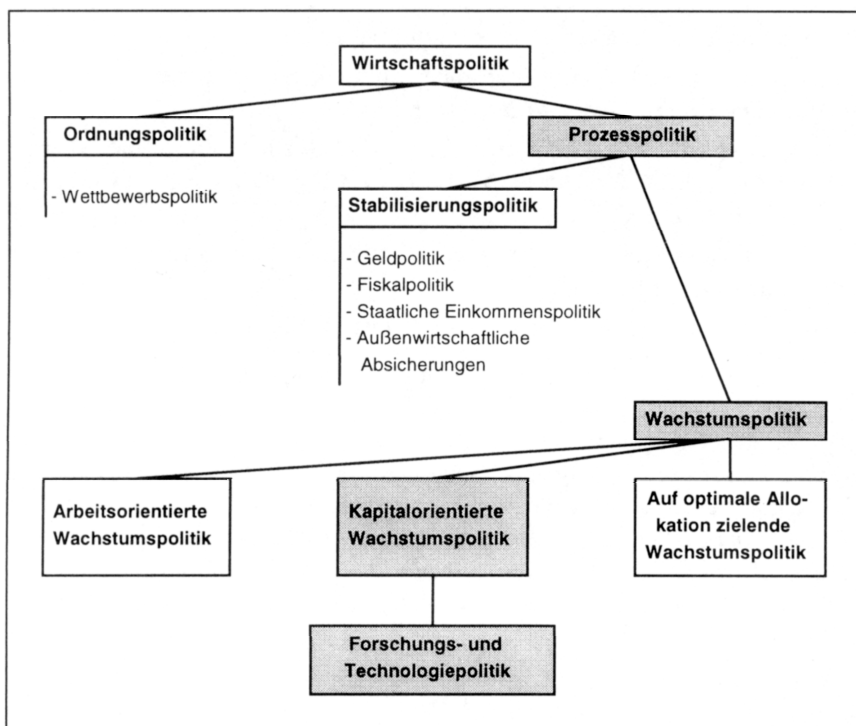
Die F&T-Politik kann im Allgemeinen nach zwei unterschiedlichen Betrachtungsweisen eingeordnet werden.

- Zum einen kann die F&T-Politik als ein *Teilbereich der Wirtschaftspolitik* verstanden werden, und zwar eingeordnet unter eine *kapitalorientierte Wachstumspolitik* oder unter eine *sektorale Strukturpolitik*.
- Zum anderen kann die F&T-Politik auch als ein *eigenständiger Politikbereich* verstanden werden.

F&T-Politik als Teilbereich der kapitalorientierten Wachstumspolitik

Die F&T-Politik wird in der Literatur oftmals definiert als ein Teilbereich der Wirtschaftspolitik, d. h. einer *kapitalorientierten Wachstumspolitik* oder der *sektoralen Strukturpolitik* bzw. Industriepolitik.

In Anlehnung an Eucken (1952, S. 3008) umfasst die *Wirtschaftspolitik* sämtliche Entscheidungen der politischen Träger, die sich auf die Ordnung (Ordnungspolitik) und die Beeinflussung der Prozesse (Prozesspolitik) des Wirtschaftslebens zur Erreichung bestimmter Ziele richten (Abb. 12; Teichmann 1993a, S. 2379). Im Rahmen der *Ordnungspolitik* ist die Wettbewerbspolitik, die in Deutschland durch das „Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen“ von 1957 ihre Ausprägung findet, von zentraler Relevanz.



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Teichmann (1993a, S. 2379), Ahrens und Feser (1987, S. 87–121)

Abbildung 12: Einordnung der F&T-Politik unter die Wirtschaftspolitik

Die *Prozesspolitik* kann z. B. in Anlehnung an existierende Gesetze unterteilt werden. In Anlehnung an das „Gesetz zur Förderung der Stabilität und des Wachstums der Wirtschaft“ (das sog. „Stabilitätsgesetz“ von 1967) haben sich mit der Stabilisierungspolitik und der Wachstumspolitik zwei Politikbereiche

der Wirtschaftspolitik herausgebildet (Ahrns und Feser 1987, S. 90). Die *Stabilisierungspolitik* zielt auf die globale oder strukturelle Steuerung der Konjunkturentwicklung – insbesondere Anregung der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage – mit der *Geldpolitik*, *Fiskalpolitik*, *staatlichen Einkommenspolitik* sowie *außenwirtschaftlichen Absicherungen* (ausführliche Darstellungen bei Ahrns und Feser 1987, S. 87–121; Teichmann 1993b, S. 217–262).

Die *Wachstumspolitik* ist – im Gegensatz zur Stabilisierungspolitik – langfristig orientiert und strebt die Ausweitung des Produktionspotenzials an, um ein angemessenes und stetiges Wachstum zu erreichen. Wachstumspolitische Maßnahmen richten sich im Allgemeinen nach Teichmann (1993b, S. 263–293) auf die Beeinflussung der Quantität und der Qualität der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital sowie der Angebots- bzw. nachfragebezogenen Allokation:

- Auf den Faktor *Arbeit* ausgerichtet sind z. B. die Steigerung des Angebots an Teilzeitarbeitsplätzen oder Steueranreize zur Erhöhung der Quantität sowie Ausbildungs-, Bildungs- oder Fortbildungsmaßnahmen zur Qualitätsverbesserung der Arbeitskräfte.
- Auf die Ausweitung des *Kapitalbestandes* zielen staatliche Spar- oder Investitionsprämien oder die Einführung von Investivlöhnen, um den Kapitalbildungsprozess zu beeinflussen. Bei der Qualitätsverbesserung des Produktionsfaktors Kapital setzt die *F&T-Politik* mit der Förderung von Forschung, Technologie und Wissenschaft an.
- Auf eine *optimale Allokation* richten sich neben konsumbezogenen Maßnahmen insbesondere strukturpolitische Maßnahmen zur Behebung von Marktversagenssituationen.

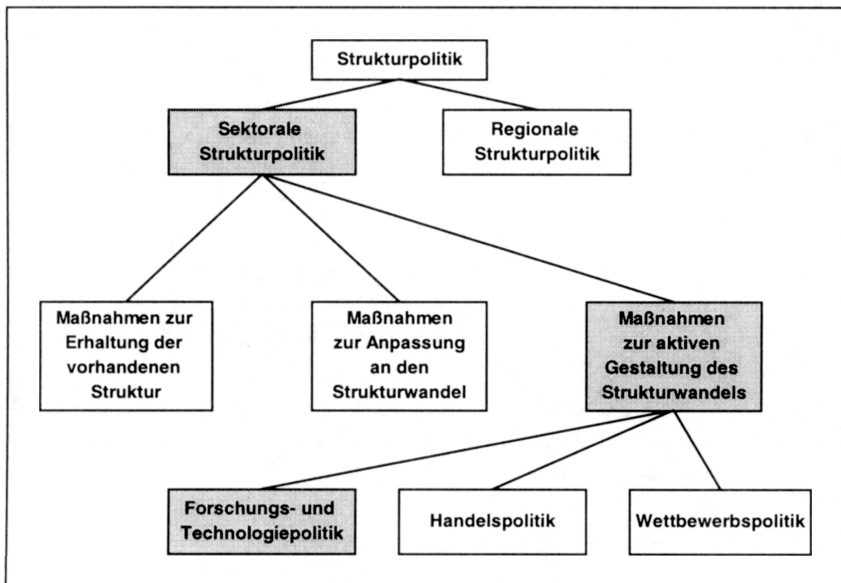
F&T-Politik als Teilbereich der sektoralen Strukturpolitik

Neben der Einordnung der F&T-Politik unter die kapitalorientierte Wachstumspolitik kann die F&T-Politik auch unter die Strukturpolitik eingeordnet werden. Die *Strukturpolitik* wird nicht nur als eine wichtige Aufgabe im Zusammenhang mit der Wachstumspolitik gesehen, sondern sie wird z. B. von der Kommission für wirtschaftlichen und sozialen Wandel (1977, S. 119), von Neumann und Utterwede (1986, S. 96) sowie von Tuchtfeldt (1983, Sp. 2302) neben der Ordnungs- und Prozesspolitik als eigenständiger dritter Aufgabenbereich der Wirtschaftspolitik aufgeführt. Mit der Berücksichtigung der Strukturpolitik wird dem mit wirtschaftlichem Wachstum einhergehenden Strukturwandel (nähere Ausführungen bei Meißner und Fassing 1989, S. 49–59) Rechnung getragen.

Strukturpolitik dient dem Ziel der Sicherung und Förderung künftigen Wachstums. Sie teilt sich zum einen in die *regionale Strukturpolitik*, bei der einzelne, i.d.R. strukturschwache Regionen zur Behebung interregionaler Un-

terschiede gefördert werden, auf, und zum anderen – hier von größerer Bedeutung – in die sektorale Strukturpolitik, bei der gezielt einzelne Sektoren unterstützt werden.

Sektorale Strukturpolitik ist nach Ahrns und Feser (1987, S. 130) vor allem eine investitionsorientierte und überwiegend angebotsorientierte Politik. Ihr primäres Ziel ist die Beeinflussung der Branchenzusammensetzung einer Volkswirtschaft. Sektorspezifische Maßnahmen beziehen sich laut Gahlen (1979, S. 19–24; ähnlich auch für Industriepolitik bei Oberender und Daumann 1995, S. 5–6; Conrad 1987, S. 24–26) auf drei Felder (Abb. 13):



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Tuchtfeldt (1983, Sp. 2302), Ahrns und Feser (1987, S. 130), Oberender und Daumann (1995, S. 5–6)

Abbildung 13: Einordnung der F&T-Politik unter die sektorale Strukturpolitik

- Auf die *Erhaltung* nicht mehr selbständig wettbewerbsfähiger Sektoren, z. B. Subventionierung des deutschen Steinkohlebergbaus,
- auf die *Anpassung* von Sektoren an den Prozess des Strukturwandels, d. h. Maßnahmen zur Beschleunigung oder zur Verlangsamung der Anpassung der betroffenen Sektoren an den Strukturwandel, sowie
- auf die aktive, vorausschauende *Gestaltung des Strukturwandels*, d. h. eine gezielte Förderung einiger vom Staat ausgewählter Sektoren bzw. Förderung der für die Sektoren relevanten Technologien im Rahmen der F&T-Politik.

F&T-Politik wird also zum einen als ein Teil derjenigen Wachstumspolitik verstanden, die auf die Qualitätsverbesserung des Produktionsfaktors Kapital

zielt. Dazu zählt vor allem die Förderung der Grundlagenforschung. Zum anderen wird die F&T-Politik aber auch mit einer vorausschauenden sektoralen Strukturpolitik gleichgesetzt. Hier setzt vor allem die reine Technologiepolitik an, bei der nach Meyer-Krahmer (1989, S. 1) die angewandte Forschung und die technologische Entwicklung schwerpunktmäßig gefördert werden.

Die sektorale Strukturpolitik – oftmals wie z. B. von Einem (1991, S. 14), Streit (1987, S. 131) und Meißner (1987, S. 154) mit Industriepolitik gleichgesetzt – wurde in den 1970er und 1980er Jahren aus ordnungspolitischer Sicht stark kritisiert; dabei insbesondere die strukturerhaltenden und strukturanpassenden Maßnahmen (Zusammenfassung der Kritikpunkte bei Streit 1987). Um sich gegen den in Deutschland negativ belegten Begriff der Struktur- bzw. Industriepolitik abzugrenzen, wird die aktive, gestaltende, sektorale Strukturpolitik im Sinne der F&T-Politik meist mit dem Begriff der „Neuen Industriepolitik“ gleichgesetzt, zu der für Einem (1991, S. 19) und Meißner (1987, S. 154–159) u. a. die Wettbewerbspolitik sowie die Handelspolitik zählen.

F&T-Politik als eigenständiger Politikbereich

Neben der Einordnung der F&T-Politik unter die kapitalorientierte Wachstumspolitik bzw. sektorale Strukturpolitik kann man die F&T-Politik auch als einen *eigenständigen Politikbereich* ansehen. Aufgrund der Abgrenzungsschwierigkeiten und vielfältiger Überschneidungen mit anderen Politikbereichen wird in dieser Arbeit in Anlehnung an Sternberg (1994, S. 11–19) und Einem (1991, S. 17–19) die F&T-Politik in den Mittelpunkt gerückt und als eigenständiger Politikbereich verstanden. Speziell für die F&T-Politik gab es z. B. in Deutschland von 1972 bis 1994 ein eigenes Bundesministerium.

Neben der F&T-Politik sind in Deutschland auch drei weitere Politikbereiche für die F&T-Förderung relevant, außer der bereits erwähnten Wirtschaftspolitik zum einen die *Bildungs- und Wissenschaftspolitik* sowie zum anderen die *Verteidigungs- bzw. Rüstungspolitik*, wie es sich zwischen 1972 und 1994 auch in den Bundesministerien widerspiegelte.

Eng mit der F&T-Politik verbunden ist die *Bildungs- und Wissenschaftspolitik*. Aufgabe der *Bildungspolitik* ist die Förderung der allgemeinen und der beruflichen Bildung, insbesondere der Hochschulausbildung und -lehre. Die *Wissenschaftspolitik* zielt nach Fuchs (1992, S. 6) in erster Linie auf die Unterstützung der Hochschulen und der Grundlagenforschung. In Deutschland sind die Bildungs- und Wissenschaftspolitik und die F&T-Politik seit dem 17.11.1994 im Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) zusammengeführt (BMBF 1995a, S. 43).

Die *Verteidigungs- bzw. Rüstungspolitik* hat ebenfalls einen großen Einfluss auf die Forschung und technologische Entwicklung. Mit Aufträgen zur Ent-

wicklung neuer Waffen, Materialien, Waffensysteme oder auch Antriebstechniken spielt die militärische Forschung in allen Industrieländern eine bedeutende Rolle. In den USA beispielsweise spielt vor allem auch die öffentliche Beschaffung des Verteidigungsministeriums eine große Rolle für den technischen Fortschritt. In Deutschland ist das Verteidigungsministerium allein für die militärische Forschung verantwortlich.

Fazit

Die F&T-Politik wird hier als eigenständiger Politikbereich verstanden. Dieses Verständnis spiegelt für die Jahre 1972 bis 1994 die Bezeichnung und Aufgaben des zuständigen Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) wider. Dabei sind für das generelle Verständnis von F&T-Politik auch die beiden anderen Einordnungen relevant. Zum einen gibt es, aus der Wachstumspolitik kommend, die Auffassung, F&T-Politik ziele u. a. auf die Qualitätsverbesserung des Produktionsfaktors Kapital. Zum anderen gibt es, aus der sektoralen Strukturpolitik kommend, die Auffassung, F&T-Politik sei eine aktive, vorausschauende, sektorale Strukturpolitik. Mit beiden Auffassungen zusammen lässt sich das weite Spektrum F&T-politischer Maßnahmen (Abschnitt C.I.4.) von der Förderung der Grundlagenforschung bis hin zur Förderung von Innovationsprojekten erfassen.

3. Gründe für und gegen staatliche Forschungs- und Technologiepolitik

Die Industrieländer stehen nach Krupp (1982, S. 53) vor materiellen, wirtschaftlichen politischen und gesellschaftlichen Herausforderungen. Als Reaktion auf diese Herausforderungen haben die staatlichen Aktivitäten zur Förderung von Forschung und Technologie mit dem Ziel der Stärkung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit zugenommen.

Generell wird bei einer marktwirtschaftlichen Ordnung wie in den meisten Industrieländern der Marktmechanismus bevorzugt. Staatliche Eingriffe sind laut Ahrns und Feser (1991, S. 12; ähnlich auch Gerjets 1982, S. 57) nur unter dem Subsidiaritätsprinzip und mit zeitlicher Begrenzung erlaubt. Die einzelnen Begründungen für staatliche Eingriffe basieren für Holzkämper (1995, S. 115; ähnlich auch bei Klodt 1995, S. 5–21 und 57–108; Meyer 1995, S. 36–85) auf der einen Seite auf ordnungstheoretischen Grundlagen, auf der anderen Seite auf außenhandels- und wachstumstheoretischen Aussagen:

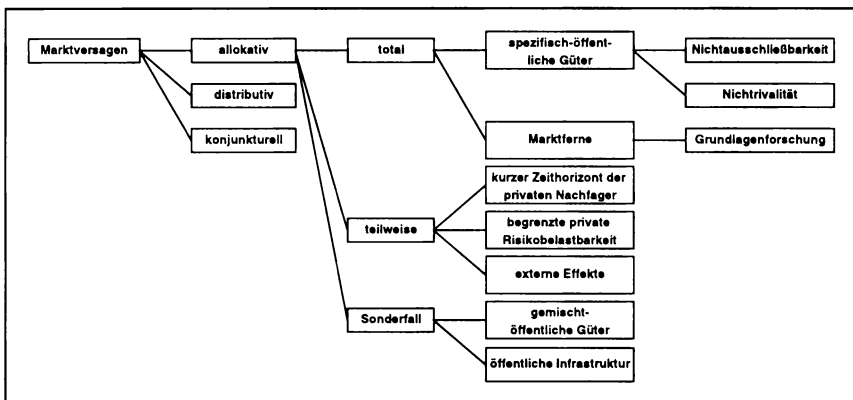
- Auf Grundlage der *Ordnungstheorie* (Abschnitt C.I.3.a)) wird die staatliche F&T-Politik in erster Linie mit allokativem Marktversagen bzw. dem Auftreten von externen Effekten begründet.

- In der *Außenhandels- und Wachstumstheorie* (Abschnitt C.I.3.b)) wird das proaktive Eingreifen des Staates mit der Verbesserung der Handelsposition und des einheimischen Wachstums begründet.

Den Begründungen stehen vor allem ordnungspolitische Bedenken gegenüber, wonach ein Eingreifen des Staates die wirtschaftliche und technologische Entwicklung eher hemmt als fördert (Abschnitt C.I.3.c)).

a) *Ordnungstheoretische Begründungen staatlicher Forschungs- und Technologiepolitik*

Im Mittelpunkt *ordnungstheoretischer Begründungen* staatlicher Forschungs- und Technologiepolitik stehen die spezifischen Eigenschaften technischen Wissens. Diese verhindern eine optimale Allokation, verursachen Marktversagen und sollen mit der F&T-Politik behoben werden (Abb. 14).



Quelle: Eigene Darstellung mit Daten aus Ahrens und Feser (1987, S. 12–28); Gerjets (1982, S. 68)

Abbildung 14: Übersicht über verschiedene Arten von Marktversagen und deren Eigenschaften

In der Finanzwissenschaft werden als Ausnahmebereiche für staatliche Eingriffe neben allokativem Marktversagen zudem distributives und konjunkturelles Marktversagen genannt (Abb. 14; Einteilung von Musgrave 1974, S. 6–19; ferner Ahrens und Feser 1991, S. 12–28). Die F&T-Politik zielt nicht auf die Behebung distributiven, d. h. verteilungsbedingten Marktversagens sowie konjunkturell bedingten Marktversagens infolge zeitweiliger wirtschaftlicher Schwächeperioden, sondern nur auf die Behebung allokativen Marktversagens. Für dieses allokative Marktversagen sind auch die spezifischen Eigenschaften technischen Wissens verantwortlich, welches nach Bräunling und Harmsen (1975, S. 41–43) drei Hauptcharakteristika hat:

- *Unteilbarkeit* technischen Wissens: nur der Eigentümer des technischen Wissens kann dieses auch nutzen.
- *Keine oder nur begrenzte Aneigenbarkeit* technischen Wissens: die Kosten für die Produktion neuen technischen Wissens sind um ein Vielfaches höher als dessen Reproduktion.
- *Hohes Risiko* technischen Wissens: potenzielle Konsumenten des technischen Wissens kennen die Forschungsergebnisse und neuen Technologien noch nicht und zahlen daher auch keinen Preis dafür.

Die spezifischen Eigenschaften technischen Wissens lassen nicht immer ein Funktionieren des Marktes zu, so dass eine optimale Allokation be- bzw. verhindert wird. *Marktversagen* ist nach Meyer (1995, S. 15) dabei ein Zustand, in dem der Markt nicht zu einer optimalen Allokation führt, wobei Markt verstanden sei als „ökonomischer Ort des Zusammentreffens von Angebot und Nachfrage und des durch den Preis vermittelten Tausches“ (Teichmann 1993b, S. 340).

Allokatives Marktversagen

Im Einzelnen unterscheidet Gerjets (1982, S. 68) beim *allokativen Marktversagen* idealtypisch zwischen dem totalen und dem zeitweisen Versagen des Marktmechanismus sowie einem Sonderfall des außer Kraft gesetzten Marktmechanismus. Alle drei Fälle führen zu unterschiedlichen Rechtfertigungen F&T-politischer Maßnahmen (Tab. 8).

Totales Versagen des Marktmechanismus

Im ersten Fall des totalen Versagens des Marktmechanismus funktioniert die Ressourcenallokation des Marktes überhaupt nicht. In diesem Fall hat technisches Wissen gemäß Gerjets (1982, S. 61; ähnlich auch bei Brockhoff 1994, S. 85–86; Klodt 1995, S. 5–17) entweder die Eigenschaften eines spezifisch-öffentlichen Gutes, oder das Risiko der Forschung ist aufgrund der Marktferne des neuen technischen Wissens zu hoch.

Zu den *spezifisch-öffentlichen Gütern* zählen in liberaler Tradition die *äußere und innere Sicherheit für ein Gemeinwesen* – man spricht hier laut Teichmann (1993b, S. 7) aufgrund der Beschränkung des Staates auf reine Sicherheitsmaßnahmen in Anlehnung an Ferdinand Lassalle (1825–1864) auch vom Laissez-faire- oder Nachtwächterstaat. Als *öffentliches Gut* wird technisches Wissen im Allgemeinen nach Hanusch und Cantner (1993, S. 13–14) bei Vorliegen von Nichtausschließbarkeit und Nichtrivalität bezeichnet. Bei *Nichtausschließbarkeit* können die Nutzer des technischen Wissens andere vom gleichzeitigen Gebrauch nicht ausschließen. Im Falle von *Nichtrivalität*

Tabelle 8

**Drei Arten von Marktversagen im Bereich der Allokation
als Rechtfertigungsgründe für F&T-politische Eingriffe des Staates**

Arten des Marktversagens	Beispiel	Rechtfertigungsgrund Nutzenkategorie
Totales Versagen des Marktmechanismus • Nichtausschließbarkeit Nichtrivalität • Marktferne	• (Spezifisch-)öffentliche Güter (äußere und innere Sicherheit) • Grundlagenforschung	• Versorgung mit solchen spezifisch-öffentlichen Gütern • Wissenserweiterung • „Spitzenforschung“ • Potenzialschaffung
Teilweises Versagen des Marktmechanismus • Kurzer Zeithorizont der privaten Nachfrager • Begrenzte private Risikobelastbarkeit • Externe Effekte	• „Schlüsselprodukte“ (Energie, Rohstoffe) • Großprojekte • Positiv: technisches Wissen • negativ: Lärmbelästigung	• Sicherung von Wachstumschancen • Versorgungssicherheit • Minderung der politischen und wirtschaftlichen Abhängigkeit • Sicherung von Wachstumschancen • Erweiterung der gesamtwirtschaftlichen Effizienz
Sonderfall: Marktmechanismus funktionsfähig, aber außer Kraft gesetzt	• Gemischt-öffentliche Güter • Infrastruktur (Schulen, Straßen)	• Ressourcenschonendere Produktion (Effizienz)

Quelle: Eigene Darstellung in starker Anlehnung an Gerjets (1982, S. 68)

schränkt die Nutzung technischen Wissens durch eine Person oder durch ein Unternehmen die Nutzung des gleichen technischen Wissens durch andere nicht ein. Für *spezifisch*-öffentliche Güter gelten – im Gegensatz zu rein öffentlichen Gütern wie z. B. Straßen – keine Eigentumsrechte an Dingen, so Gerjets (1982, S. 61; ähnlich auch Stolpe 1992, S. 23–24). Daher wird ein Individuum auch keinen Preis für diese Güter bezahlen, wenn andere aufgrund der Nichtausschließbarkeit an der Nutzung kostenlos partizipieren können. Wenn aber diese spezifisch-öffentlichen Güter angeboten werden sollen, ohne dass es einen funktionierenden Markt gibt, so muss der Staat für die Forschung und Produktion dieser Güter sorgen. Hier setzt z. B. die Förderung der militärischen Forschung an, wie sie in den USA auf das Ziel der Gewährleistung der nationalen Sicherheit ausgerichtet ist. Oder der Staat tritt als alleiniger Nachfrager wie z. B. beim Küstenschutz auf und übernimmt die Finanzierung der Forschung, bei der zudem nach Brockhoff (1994, S. 86) auch externe Effekte auftreten können.

Neben den spezifisch-öffentlichen Gütern ist nach Gerjets (1982, S. 61–63) eine zu große *Marktferne* des technischen Wissens der zweite Fall für das Versagen des Marktmechanismus. Dies gilt insbesondere für wissenschaftliche Fragestellungen der *Grundlagenforschung* (Abgrenzung des Begriffes in Abschnitt C.I.). Die Ergebnisse der Grundlagenforschung lassen sich im Allgemeinen für

die Entwicklung von neuen Produkten und Verfahren – wenn überhaupt – erst nach vielen Jahren nutzen. Aufgrund des fehlenden Marktanreizes werden daher Unternehmen nicht oder nur sehr selten Grundlagenforschung betreiben. Der Staat füllt diese Lücke, um dreierlei zu erreichen: Erstens dient Grundlagenforschung der allgemeinen *Wissenserweiterung* in einer Gesellschaft. Zweitens unterstützt die Grundlagenforschung den *Aufbau einer „Spitzenforschung“* zur Sicherung der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit, verhindert damit den Fortgang hochqualifizierter Wissenschaftler und sorgt für einen Prestigezuwachs im Ausland. Drittens bilden die wissenschaftlichen Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung eine unerlässliche *Basis* für die angewandte Forschung und die Entwicklung. Der Staat schafft mit der Förderung der Grundlagenforschung zudem ein *Potenzial* an hochqualifizierten Wissenschaftlern.

Teilweises Versagen des Marktmechanismus

Beim teilweisen Versagen des Marktmechanismus ist die Ressourcenallokation über den Markt laut Gerjets (1982, S. 63–67; ähnlich auch bei Brockhoff 1994, S. 86) zwar generell möglich, wird aber durch verschiedene Einflüsse zeitweilig gestört. Zu den Einflussfaktoren auf das Marktgeschehen zählen der zu kurze Zeithorizont der privaten Nachfrager, die begrenzte private Risikobelastbarkeit und die externen Effekte.

Private Nachfrager unterschätzen laut Gerjets (1982, S. 63) bei einigen Gütern deren langfristige Bedeutung sowie auch die Zukunftsbedürfnisse, z. B. bei Gütern aus dem Umweltbereich. Ein zu *kurzer Zeithorizont* der privaten Nachfrager verhindert eine optimale Allokation über den Markt, da für einige „*Schlüsselprodukte*“ einer Volkswirtschaft wie z. B. Rohstoffe oder Energie die gegenwärtig verlangten Preise nicht die zukünftige Knappheit widerspiegeln. Zur Überbrückung der Diskrepanz zwischen den öffentlichen und den privaten Präferenzen hinsichtlich des Zeithorizonts subventioniert der Staat diese Güter und auch die diesbezügliche Forschung, um die *Versorgung* der Volkswirtschaft und die generellen *Wachstumschancen* zu *sichern* sowie die *politische* und *wirtschaftliche Abhängigkeit* von anderen Ländern zu *mindern*.

- Wenn die *private Risikobelastbarkeit* zu *gering* ist, kann eine optimale Allokation über den Markt ebenfalls nicht stattfinden. Dies tritt, so Gerjets (1982, S. 64–65), u. a. bei *Großprojekten* in der Luft- und Raumfahrt oder bei der Beschaffung von Geräten für die physikalische Grundlagenforschung auf. Bei Großprojekten ist das betriebswirtschaftliche Risiko auch für Großunternehmen oder Unternehmenskonsortien allein zu groß, wie z. B. beim Bau und Betrieb der Magnetschwebbahn, da es gemäß Meyer (1995, S. 62) eine Unsicherheit sowohl über das Ergebnis des FuE-Projektes als auch über die zu erzielenden Erlöse gibt. Durch eine teilweise Minderung oder eine gesamte Übernahme des Risikos gewährleistet der Staat die Realisierung

derartiger Projekte (Walter 1985, S. 81). Der Staat liefert damit einen Beitrag zur Sicherung der Wachstumschancen einer Volkswirtschaft sowie zur Wahrung der politischen und wirtschaftlichen Unabhängigkeit. Ein Beispiel hierzu ist die Förderung der Mikroelektronik als Schlüsseltechnologie in den meisten Industrienationen oder die Förderung kleiner und mittlerer Unternehmen, die meist nach Meyer (1995, S. 68–70) keine ausreichende Finanzbasis für größere FuE-Projekte haben.

- Als „klassische“ Rechtfertigung staatlicher Forschungs- und Technologieförderung gelten *externe Effekte*. *„Externe Effekte sind unmittelbare Auswirkungen der ökonomischen Aktivitäten eines Wirtschaftssubjektes auf die Produktions- und Konsummöglichkeiten anderer Wirtschaftssubjekte, die vom ‘Verursacher’ nicht berücksichtigt werden und ... zwischen den Beteiligten keine Rechte auf Entgelt oder Kompensation begründen.“* (Bössmann 1979, S. 95) Übertragen auf Forschung und Entwicklung unterscheidet Brockhoff (1994, S. 86) zwischen negativen und positiven externen Effekte (Holzkämper 1995, S. 118–120), die Klodt (1995, S. 11) um sog. Netzwerk-Externalitäten als Begründung ergänzt:
 - *Negative* externe Effekte treten auf, wenn sich durch die Anwendung technischen Wissens die Situation Dritter verschlechtert. Brockhoff (1994, S. 86) gibt dazu ein Beispiel: Wenn ein Unternehmen A mit neuem technischen Wissen Produkte herstellt und dabei u. a. Lärmbelastigungen verursacht, müsste ein anderes, benachbartes Unternehmen B für die Minderung der zusätzlichen Lärmbelastungen Investitionen aufbringen. Für das Unternehmen B hätte also die Anwendung des neuen technischen Wissen des Unternehmens A negative Effekte. Der Staat kann versuchen, durch gezielte Forschungsaufträge sowie Auflagen für die Nachfrager und Anbieter derartige negative Effekte auszugleichen.
 - Bei *positiven* externen Effekten ist nach Holzkämper (1995, S. 118) der volkswirtschaftliche Ertrag höher als der privatwirtschaftliche Ertrag, wodurch ein Anreizproblem für forschende Unternehmen entstehen kann. Das von einem Unternehmen durch eigene Forschung und Entwicklung geschaffene neue technische Wissen kann generell auch von anderen Unternehmen genutzt werden. Das neue technische Wissen kann ein Unternehmen z. B. auch durch Patentschutz nicht vollständig sichern, insbesondere bei Schlüssel- und Basistechnologien: *„Once such a theoretical base exists and becomes widely diffused, the mere knowledge that something can be done and has been done becomes itself a large positive effect.“* (Brooks 1982, S. 331) Um die externen Effekte – aus Sicht des forschenden Unternehmens – zu internalisieren, subventioniert der Staat laut Meyer (1995, S. 43; ähnlich Spence 1984) die Industrieforschung in Höhe der externen Grenzerträge. Ziel ist sowohl die Wahrung von Wachstumschancen als auch die Erweiterung der gesamtwirtschaftlichen Effizienz.

- Zusätzlich führt Klodt (1995, S. 11) bei den externen Effekten neben Wissen-Spillovers auch sog. *Netzwerk-Externalitäten* als Rechtfertigungsgrund an. Diese treten nicht bei der Entwicklung, sondern erst bei der Anwendung des neuen technischen Wissens auf. So hängt z. B. der Nutzen eines Kommunikationsnetzes für den einzelnen Nutzer von der Gesamt-nutzerzahl ab. Tritt ein neuer Teilnehmer in das Netz ein, so erhöht er auch den Grenznutzen der anderen Teilnehmer, ohne dass diese es bei ihrer eigenen Entscheidung berücksichtigen konnten. Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht werden sich zu wenige für einen Anschluss entscheiden, da sie für den sozialen Nutzen nicht entgolten werden. Außer bei Kommunikationsnetzen kommt es zu Netzwerk-Externalitäten u. a. auch im gesamten Bereich der Normen und Standards. Aus F&T-politischer Sicht wird damit z. B. die Förderung von Produktinnovationen bei der Markteinführung begründet, da deren Wert für den Käufer stark vom Verbreitungsgrad abhängt.

Marktmechanismus funktionsfähig, aber außer Kraft gesetzt

Im dritten, einem Sonderfall, ist nach Gerjets (1982, S. 67) der Marktmechanismus zwar generell funktionsfähig, aber aufgrund gesellschaftlichen Konsenses sorgt der Staat für die Ressourcenallokation in bestimmten Bereichen und setzt den Marktmechanismus außer Kraft. Mit der Übernahme dieser Aufgabe will der Staat z. B. eine ressourcenschonende Produktion für sog. gemischt-öffentliche Güter erzielen. Die F&T-Förderung ist dabei z. B. auf infrastrukturpolitische Bereiche wie Verkehr, Schulwesen, Gesundheit und Raumordnung ausgelegt.

Fazit

Mit der dargelegten dreigeteilten Systematik werden die wichtigsten ordnungstheoretischen Begründungen für eine F&T-Politik erfasst. Insbesondere das teilweise Marktversagen ist für die F&T-Politik Deutschlands relevant.

- Das *totale Versagen des Marktmechanismus* wie z. B. bei der äußeren Sicherheit ist aufgrund des nationalen Interesses ein gemeinhin akzeptierter Legitimationsgrund für militärische Forschung und Entwicklung. Gleiches gilt auch für die Grundlagenforschung aufgrund der zu großen Marktdistanz ihrer Arbeitsinhalte und -ergebnisse.
- Beim *teilweisen Versagen des Marktmechanismus* spielen vor allem der zu kurze Zeithorizont der privaten Nachfrager und die positiven externen Effekte für die Rechtfertigung staatlicher F&T-Politik eine große Rolle. Hiermit wird vor allem die Förderung von Schlüsseltechnologien (Abschnitt C.III.2.d)) begründet.

- In dem von Staatsseite *außer Kraft gesetzten Marktmechanismus* finden Fördermaßnahmen für gemischt-öffentliche Güter wie z. B. dem Straßenbau oder der Bildungspolitik ihre Begründung.

Insgesamt haben für die deutsche F&T-Politik vor allem die ordnungstheoretischen Begründungen zum teilweisen Versagen des Marktmechanismus eine große Bedeutung.

b) Außenhandels- und wachstumstheoretische Begründungen der Forschungs- und Technologiepolitik

Für eine staatliche Forschungs- und Technologiepolitik sprechen neben ordnungstheoretischen Begründungen auch Erkenntnisse der neuen Außenhandelstheorie und der strategischen Handelspolitik (vgl. Abschnitt B.III.3.) sowie der neuen Wachstumstheorie (vgl. Abschnitt B.II.5.). Derartigen Begründungen schließen sich laut Holzkämper (1995, S. 134) gerne auch Politiker an und rechtfertigen mit ihnen Subventionen an die einheimische Forschung. Damit soll der internationale Handel zugunsten des eigenen Landes beeinflusst und der Wohlstand gemehrt werden.

In der neuen *Außenhandelstheorie* und in der *strategischen Handelspolitik* wird nach Bletschacher und Klodt (1991, S. 14) die Förderung ausgewählter Wirtschaftszweige auf der Basis der angenommenen unvollkommenen Konkurrenz und steigender Skalenerträge begründet. Ein am Markt etabliertes Unternehmen hat die Möglichkeit, Preise über den Durchschnittskosten der Produktion zu verlangen und somit Skalenerträge zu realisieren. Aufgrund hoher Marktzutrittsschranken hat es eine bedeutende Marktposition. Mit Exportsubventionen für einheimische Wettbewerber und Importzöllen für Güter des dominierenden Unternehmens reagiert der Staat nach Holzkämper (1995, S. 143) auf die Marktdominanz. Unter Berücksichtigung der Annahmen kommt es durch die Maßnahmen zu einer Wohlfahrtssteigerung im Inland auf Kosten des Auslandes.

Mit diesem Modell wird in vielen Industrieländern sowie in der Europäischen Union ein Teil der wirtschaftspolitischen und F&T-politischen Maßnahmen gerechtfertigt. Die F&T-Politik vieler Industrieländer richtet sich beispielsweise auf die Förderung – meist von Politikern festgelegter – sog. „strategischer“ Industrien, denen eine besondere Bedeutung für die Wohlfahrtssteigerung beigemessen wird. Das Vorhandensein von Großunternehmen bzw. auch die Existenz eines nationalen Champions, wie sie z. B. in Frankreich (Chesnais 1993, S. 212) gefördert werden, sind in diesem Fall durchaus vorteilhaft.

Eine aktive Förderung von Forschung und Technologie durch den Staat wird laut Holzkämper (1995, S. 136–137) in der *neuen Wachstumstheorie* mit dem

Auftreten positiver externer Effekte und technischem Wissen als öffentlichem Gut begründet. Es kommt infolge einzelwirtschaftlicher Investitionen zu einer gesamtwirtschaftlichen Akkumulation technischen Wissens, welches somit die Eigenschaft eines öffentlichen Gutes aufweist. Unter der Annahme des Ziels der Gewinnmaximierung werden Unternehmen daher nicht genügend in die Forschung und Entwicklung investieren. Staatliche F&T-Förderung zielt daher auf ein gesamtwirtschaftliches Optimum an Wissensproduktion, um dauerhaft hohe reale Wachstumsraten zu erzielen.

Fazit

Sowohl in der neuen Außenhandelstheorie und der strategischen Handelspolitik als auch in der neuen Wachstumstheorie werden staatlichen F&T-Fördermaßnahmen nicht generell abgelehnt. Eine Förderung von strategischen Industrien, z. B. mittels handelspolitischer Maßnahmen, sowie von Forschung und Entwicklung kann unter Umständen durchaus vorteilhaft sein. Derartige Argumente fanden sich u. a. schon in den 1980er Jahren, als von der Europäischen Union Einfuhrbeschränkungen für japanische Produkte erhoben wurden.

c) Diskussion der Einwände gegen staatliche Forschungs- und Technologiepolitik

Den vielfältigen Begründungen für die staatliche Forschungs- und Technologiepolitik stehen vor allem ordnungspolitische Bedenken gegenüber. Die meist neoliberal und neoklassisch geprägten Argumente gegen eine staatliche F&T-Förderung sind sowohl genereller als auch spezieller Art. Als Synthese daraus bietet sich ein Mittelweg an.

Staatliche F&T-Förderung wurde – insbesondere zur Zeit der sozial-liberalen Koalition in Deutschland zwischen 1972 und 1982 – aus ordnungspolitischer Sicht von vielen Ökonomen *generell* abgelehnt; eine Zusammenfassung der Diskussion liefert z. B. Meyer (1995, S. 14). In Anlehnung an Hayek (1975) spricht beispielsweise Hamm (1979, S. 430–432) in Bezug auf staatliche F&T-Förderung von „*Anmaßung von Wissen*“. Der Staat setze gezielt das Lenkungs-system der Preise außer Kraft und beeinflusse die zukünftige Wirtschaftsstruktur trotz mangelnder Information über die Angebots- und Nachfrageentwicklung. Das Informationsdefizit wirke um so stärker, je projektspezifischer und je weniger allgemein gefördert werde, so Issing (1979/80, S. 45). Hamm führt weiter aus (1979, S. 431): „*Niemand kann heute die konkreten Forschungsvorhaben nennen, die morgen oder übermorgen zu international wettbewerbsfähigen Strukturen in den verschiedenen Branchen führen.*“

Neben den generellen Kritikpunkten fasst Brockhoff (1994, S. 89–90) im *speziellen* sechs Gründe gegen eine staatliche F&T-Förderung zusammen:

- Entscheidungsträger in der Politik haben, da sie marktfern operieren, nur *selten ausreichende Kenntnisse* über die Bedürfnisse der Forschungseinrichtungen und der Industrie.
- Durch staatliche F&T-Förderung wird ein sog. „*Subventionswettlauf*“ ausgelöst, so das Fazit eines Mehrländervergleichs von Klodt (1987, S. 109). Gerade die Förderung sog. zukunftssträchtiger Schlüsselindustrien bzw. -technologien führt dazu.
- Die staatlichen Entscheidungsträger tragen nicht unmittelbar zum Erfolg eines Förderprojektes bei, und falsche Entscheidungen können sich nach Brooks (1982, S. 340–341) negativ auf den eigenen beruflichen Werdegang der staatlichen Entscheidungsträger auswirken. Dadurch kann eine zunehmende *Risikoscheu bei den Entscheidungsträgern* entstehen. Die fehlende private Risikobereitschaft wird dann nicht kompensiert.
- Aufgrund der Beschränkung des staatlichen Budgets können durch die Begünstigungen eines F&T-Förderprogramms andere F&T-Förderprogramme finanziell *benachteiligt* werden.
- *Parallelforschung* kann aufgrund von Budgetrestriktionen und Ressortdenken sowohl in den volkswirtschaftlich notwendigen Feldern verhindert als auch in den nicht notwendigen Feldern gefördert werden.
- *Externe Effekte* sind in einer arbeitsteiligen Volkswirtschaft nach Holzkämper (1995, S. 119) *nicht zu verhindern* und im voraus *nicht prognostizierbar*. Eine Internalisierung externer Effekte ist daher auch meist nur partiell möglich, wobei generell das Problem der Abgrenzung hinsichtlich ihrer Bedeutung besteht. Ein Nichtzustandekommen der Internalisierung externer Effekte liegt – z. B. im Falle fehlender Eigentumsrechte – nicht im Marktversagen, sondern im Politikversagen begründet. Hier kommt es also nicht auf eine Förderung von FuE-Projekten, sondern auf die Ausgestaltung der Rechtsordnung an.

Die einzelnen ordnungstheoretischen sowie außenhandels- und wachstumspolitischen Begründungen werden durch die Gegenargumente nicht vollends entkräftet. So lässt sich eine Pauschalkritik wie „Anmaßung von Wissen“ nicht aufrecht erhalten, denn insbesondere für die Finanzierung der Grundlagenforschung bedarf es aufgrund der Marktferne der staatlichen Unterstützung. Um dem Informationsdefizit staatlicher Entscheidungsträger im politischen Entscheidungsprozess entgegenzuwirken, lassen diese sich von zahlreichen Fachleuten aus Wirtschaft und Wissenschaft beraten. Auch eine partielle Internalisierung externer Effekte kann volkswirtschaftlich von Nutzen sein, wenn es sich um Technologien mit großem Diffusionspotenzial handelt. Parallelentwicklun-

gen sind nicht nur hinderlich, sondern können die technologische Wettbewerbsfähigkeit der Beteiligten stärken.

Der staatlich limitierte Eingriff in den Marktprozess lässt sich somit unter Vorbehalten rechtfertigen, obwohl sich nach Meyer (1995, S. 87) konkrete Handlungsanweisungen aus den einzelnen Begründungen nicht ableiten lassen. Den Gestaltungsspielraum nutzen vor allem Politiker in den Industrieländern zu allgemeinen politischen Begründungen der staatlichen F&T-Politik. Diese meist in F&T-politischen Debatten von Politikern geäußerten Gründe fasst Klodt (1987, S. 3–4; Übersicht 2) zusammen.

**Sieben Begründungen von Politikern
für eine staatliche Forschungs- und Technologiepolitik**

- Wissenschaft und Technik seien die Grundlagen des Wohlstandes in den Industrieländern. Ihre staatliche Förderung sei daher der Garant für eine Steigerung des Lebensstandards.
- Die Unternehmen könnten sich gegenüber der internationalen Konkurrenz nur mit neuen Produkten und besseren Produktionsverfahren behaupten. Forschungssubventionen würden Innovationen voranbringen und damit die internationale Wettbewerbsfähigkeit stärken.
- Der technische Wandel werde zunehmend von sogenannten Schlüsseltechnologien geprägt. Wer diese nicht beherrsche, laufe Gefahr, auch in nachgelagerten Technologien den Anschluss zu verpassen.
- Die privat finanzierte Forschung reiche nicht aus, dem technischen Fortschritt auf breiter Front zum Durchbruch zu verhelfen. Durch gezielte Eingriffe der Technologiepolitik müßten Engpässe beseitigt werden.
- Die Risiken bei der Entwicklung neuer Technologien seien gesamtwirtschaftlich aufgrund der breiteren Streuung leichter zu tragen als einzelwirtschaftlich. Deshalb müsse der Staat eine Unterinvestition der Unternehmen in die Forschung kompensieren.
- Manche Produkte seien derart kostspielig, dass sie von einem oder mehreren Unternehmen allein nicht finanziert werden könnten. Auch hier müsse der Staat durch finanzielle Unterstützung einem Verzicht auf die Forschung begegnen.
- Die Subventionierung in anderen Ländern mache eigene Gegenmaßnahmen erforderlich. Wo der Staat bei staatlichen Forschungssubventionen Zurückhaltung übe, gerate die heimische Wirtschaft auf den Wachstumsmärkten ins Hintertreffen.

Quelle: Klodt (1987, S. 3–4).

Übersicht 2: Sieben Begründungen von Politikern für eine staatliche F&T-Politik

Ähnlich argumentiert auch Müller-Merbach (1993a, S. 54). Er plädiert aufgrund der japanischen Erfolge in den 1980er Jahren und der nachlassenden technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands für ein „*grundlegend neues Verständnis von organischer Marktwirtschaft, geprägt durch hierarchische Kooperation in Harmonie*“. Diese Harmonie versteht er quasi als Synthese zwischen der reinen Marktwirtschaft und einer Zentralverwaltungswirtschaft. Wichtige Komponenten sind in diesem Ansatz u. a. der Dialog zwischen allen gesellschaftlich relevanten Gruppen zur Entwicklung einer nationalen Technologiestrategie (Abschnitt G.II.) sowie die Verteilung der Entscheidungskompetenz über Hierarchieebenen hinweg.

4. Fördermaßnahmen und Rahmenbedingungen

Der Staat versucht mittels der Forschungs- und Technologiepolitik die technologische und wirtschaftliche Entwicklung im eigenen Land zu beeinflussen. Die der F&T-Politik zugrunde gelegten Förderprinzipien sowie die generellen Konzepte spiegeln sich nach Bräunling und Harmsen (1975, S. 102) in den vielfältig praktizierten unmittelbaren und mittelbaren Maßnahmen wider.

Bei der F&T-Förderung stehen dem Staat sowohl unmittelbare Maßnahmen als auch – in Verbindung mit anderen Politikbereichen wie der Wirtschafts- und Wissenschaftspolitik – mittelbare Maßnahmen über die Gestaltung und Lenkung von forschungsrelevanten Rahmenbedingungen zur Verfügung (Abb. 15; Einteilung aus Brockhoff 1994, S. 91; ähnlich auch bei Gerjets 1982, S. 123; Krupp 1982, S. 56; Bräunling und Harmsen 1975, S. 102; Bruder und Dose 1986, S. 46):

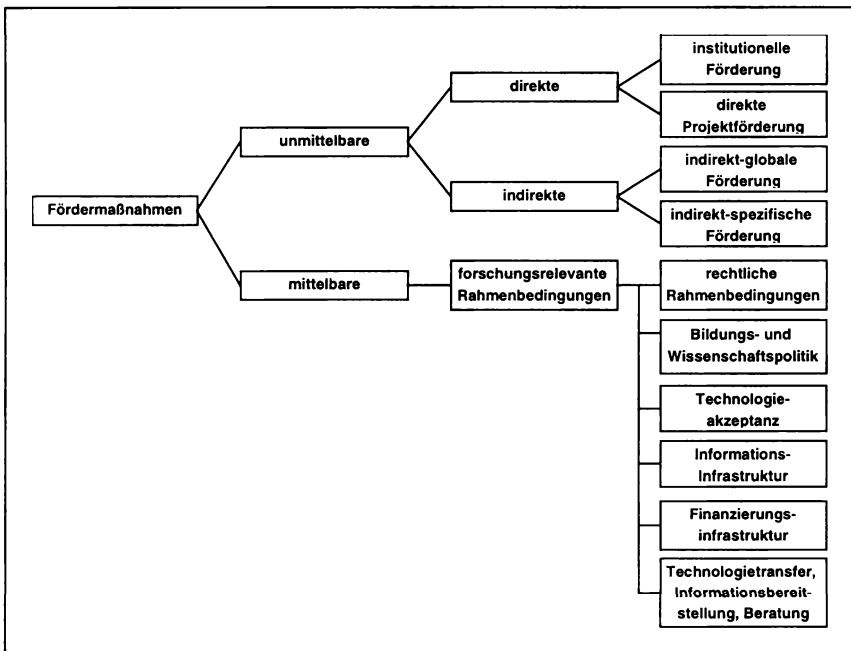


Abbildung 15: Einteilung von Fördermaßnahmen
in unmittelbare und mittelbare Maßnahmen

- *Unmittelbare Maßnahmen* bestehen aus der *direkten Förderung* in Form von Institutionen- und Projektförderung (Abschnitt C.I.4.a)) und aus der *indirekten Förderung* mit der indirekt-globalen und indirekt-spezifischen Förderung (Abschnitt C.I.4.b)).

- *Mittelbare Maßnahmen* zielen auf die optimale *Gestaltung der forschungsrelevanten Rahmenbedingungen*. Von Bedeutung sind aus mittelfristiger Perspektive u. a. die rechtlichen Rahmenbedingungen wie z. B. das Patentrecht, die Bildungs- und Wissenschaftspolitik, die Technologieakzeptanz, die Informations- und Finanzierungsinfrastruktur sowie der Technologietransfer (Abschnitt C.1.4.c)).

Die *unmittelbaren Maßnahmen* der F&T-Förderung lassen sich laut Gerjets (1982, S. 62) anhand acht verschiedener Kriterien voneinander abgrenzen (Tab. 9):

Tabelle 9

Übersicht über die acht Kriterien zur Einteilung staatlicher Fördermaßnahmen

Kriterium	Ausprägungen
Förderungsgeber	Bund (BMBF, BMWi), sonstige Bundesministerien, Länder, nichtstaatliche Institutionen (z. B. Stiftungen)
Förderungsempfänger	Unternehmen, Hochschulen, nichtuniversitäre Einrichtungen (z. B. Helmholtz-Zentren, Max-Planck-Institute, Fraunhofer-Institute)
Sachlicher Ansatzpunkt	Institution, Projekt, FuE-Aktivitäten als solche
Zeitlicher Ansatzpunkt	Invention, Innovation, Diffusion
Bezugspunkt im Innovationsprozess	Inputorientiert, outputorientiert
Art des Staatseinflusses	<i>direkt, indirekt</i>
Art der Staatsfunktion	Staat als Initiator, als Fachpromotor, als Integrator, als Stabilisator
Inhalt der Förderung	Finanzielle Hilfe (Zuschuss, Darlehen, steuerliche Vergünstigung), Informationshilfe, Managementhilfe

Quelle: Gerjets (1982, S. 123)

Im Rahmen der F&T-Förderung gibt es sowohl *Förderungsgeber*, z. B. Bundesministerien, als auch *Förderungsempfänger*, z. B. Hochschulen. Als *sachliche Ansatzpunkte* für die F&T-Förderung kommen u. a. Institutionen, Projekte, und FuE-Aktivitäten in Frage, die von den Förderungsgebern festgelegt werden. Als *zeitliche Ansatzpunkte* lassen sich die drei Phasen der Invention, Innovation und Diffusion (vgl. Abschnitt B.I.) zur Differenzierung heranziehen. *Bezugspunkte im Innovationsprozess* können sowohl die Inputseite, d. h. z. B. die Förderung des Produktionsfaktors Arbeit, als auch die Outputseite, d. h. die Förderung der Verwertung von Forschungsergebnissen sein.

Die *Art des Staatseinflusses* als Förderungsgeber kann direkt, z. B. über eigene Förderungsprogramme, oder indirekt, z. B. über die Bildungspolitik, Einfluss auf Forschung und Technologie nehmen. Die *Art der Staatsfunktion* kann in Form eines Initiators, Fachpromotors und Stabilisators ausgeprägt sein. Beim *Inhalt der Förderung* stehen neben finanziellen Hilfen auch Hilfen durch Informationsbereitstellung oder Managementunterstützung zur Auswahl.

Hier werden die Maßnahmen nach der Art der Staatsfunktion in die direkte und indirekte Förderung unterschieden. Diese Einteilung ist idealtypisch, da einige Maßnahmen sowohl direkten als auch indirekten Charakter haben.

a) Direkte Förderung

Bei der direkten Förderung übernimmt der Staat eine aktive Rolle, er definiert selbst einzelne Forschungsaufgaben und -ziele. Die Kommission für wirtschaftlichen und sozialen Wandel (1977, S. 269–270) sieht drei mögliche Ausprägungen dieser aktiven Rolle: Erstens legt der Staat selbst die Aufgaben der staatlich finanzierten Forschungsinstitute fest oder lässt sie zweitens über Selbstverwaltungsorgane festlegen. Drittens definiert er die Ziele und Inhalte von Forschungsprojekten, die er selbst in Auftrag gibt und bezuschusst. Daran anknüpfend unterscheiden Bräunling und Harmsen (1975, S. 103) die einzelnen Maßnahmen der direkten Förderung anhand des sachlichen Ansatzpunktes in zwei Gruppen (Tab. 10):

Tabelle 10
Das Instrumentarium direkter Maßnahmen

	Institutionelle Förderung	Projektbezogene Förderung
Art	• Strukturorientiert	• prozessorientiert
Rechtliche Basis einzelner Maßnahmen bei Ressortförderung	• Haushaltsgesetze	• Zuwendungsbedingungen • Verträge
Steuerungsmöglichkeiten	• Geringe zeitliche Flexibilität • Kontrolle über Weisungsbefugnis bei Ressortinstitutionen • Geringer Einfluss bei Hochschulen und Großforschungseinrichtungen	• Große zeitliche Flexibilität • Möglichkeit von Kosten- und Erfolgskontrolle
Implementationsproblem bei Orientierung am Prinzip der ...	• Mischförderung	• Subsidiären Förderung
Folgeproblem	• Geringe Vernetzung mit anderen FuE-Einrichtungen, privaten und öffentlichen Anwendern	• Unzureichende Diffusion der FuE-Ergebnisse
Einzelne Maßnahmen	• Grundfinanzierung von Hochschulen und Forschungseinrichtungen	• Aufträge (FuE, Beschaffung) • Zuwendungen (Zuschüsse, Darlehen)

Quelle: Bräunling und Harmsen (1975, S. 133)

- Zum einen ist die *institutionelle Förderung strukturorientiert*, d. h., Institutionen werden vom Staat über die Grundfinanzierung gefördert.
- Zum anderen ist die *projektbezogene Förderung prozessorientiert*, d. h., Projekte werden vom Staat direkt über Zuwendungen und Aufträge gefördert.

Direkte institutionelle Förderung

Mit der institutionellen Förderung strebt der Staat eine langfristige Sicherung der Grundlagenforschung und die Gewährleistung eines kontinuierlichen Forschungsprozesses an. Die Förderung wird in Haushaltsgesetzen festgelegt und ist ressortbezogen, d. h., die Verwaltung obliegt den Ressorts einzelner Ministerien. Im Rahmen der *direkten institutionellen Förderung* unterstützt der Staat in erster Linie die Forschungseinrichtungen der Grundlagenforschung, und zwar laut Bräunling und Harmsen (1975, S. 104–106) mittels dreier Steuerungsprinzipien:

- Die *globale* Förderung umfasst eine Grundfinanzierung von Hochschulen, Forschungsförderungsfonds wie z. B. der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie sonstiger kleinerer Forschungseinrichtungen.
- Nach dem Prinzip der *Programmförderung* werden Finanzmittel vor allem an die staatlichen Forschungseinrichtungen wie z. B. an die Großforschungseinrichtungen, die sog. „Helmholtz-Zentren“, zugewiesen.
- Die *Strukturförderung* umfasst die Grundfinanzierung der Institute der Max-Planck-Gesellschaft, der Institute der Fraunhofer-Gesellschaft, von F&T-relevanten Infrastruktureinrichtungen, z. B. der Dokumentationszentren oder der Technischen Informationsbibliothek (TIB), sowie von bedeutenden Hilfs-, Versorgungs- und Erprobungseinrichtungen, z. B. der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig.

Neben der Grundfinanzierung erhalten die Institutionen zusätzlich noch Finanzmittel aus der Projektförderung. Nachteilig wirkt sich laut Ellwein und Bruder (1982, S. 64) auf die institutionelle Förderung zweierlei aus: Zum einen erschweren die Mischfinanzierung mit der Projektförderung sowie die geringe zeitliche Flexibilität dem Staat die Steuerung der Institutionen. Zum anderen ist die Vergabe der Mittel aufgrund der gewachsenen und autonom wirkenden Strukturen manchmal nur schwer nachvollziehbar. Als Folge davon gibt es eine zum Teil nur geringe Vernetzung mit anderen Forschungseinrichtungen und Unternehmen.

Allgemein wird die Förderung der Grundlagenforschung mittels der institutionellen Förderung aus ordnungspolitischen Gesichtspunkten akzeptiert, da sie sowohl mit vollständigem Marktversagen als auch mit der Marktferne bzw. externen Effekten begründet wird (Abschnitt C.I.3.a)). Die institutionelle Förderung führt nach Bruder und Dose (1986, S. 47) generell zu einer Erhöhung des Standes an technischem Wissen sowie zur Qualifizierung der in diesem Bereich beschäftigten Wissenschaftler. Ferner haben die einzelnen Ministerien auch bei den Forschungseinrichtungen, die von ihnen verwaltet werden, über ihre Weisungsbefugnis eine gute Kontrollmöglichkeit.

Direkte Projektförderung

Primär verfolgtes Ziel der direkten Projektförderung ist die Stärkung von FuE in privaten Unternehmen in denjenigen Bereichen, in denen sie im Allgemeinen kaum eigene FuE betreiben und denen eine große gesamtwirtschaftliche Bedeutung beigemessen wird, so Röthlingshöfer (1975, S. 15). Der Staat verfügt insgesamt laut Ellwein und Bruder (1982, S. 64–65) mit diesem differenzierten Instrumentarium über einen relativ großen Handlungsspielraum. Zudem sind nach Bräunling und Harmsen (1975, S. 110) in den Haushaltsgesetzen nur wenige Förderungsempfänger spezifiziert: Durch die Gewährung von Zuschüssen, Darlehen sowie über FuE- und Beschaffungsaufträge haben die staatlichen Behörden, insbesondere die Ressorts der Ministerien, weitreichende Kompetenzen.

- Staatliche *Zuschüsse und Darlehen* werden nach Holzkämper (1995, S. 22–23) sowie Bräunling und Harmsen (1975, S. 111) für einzelne Projekte im Rahmen der vom Staat aufgelegten Förderprogrammen vergeben. Die Förderungsempfänger erhalten nur in den Fällen vom Staat die gewünschten Fördermittel, wenn die von ihnen formulierten Forschungsprojekte einem der existierenden Förderbereiche und den Zielen der staatlichen Förderprogramme entsprechen. Die Förderungsgeber, d. h. in der Regel die zuständigen Ministerien bzw. Selbstverwaltungsorganisationen, entscheiden dann über die Förderungswürdigkeit und -bedürftigkeit des jeweiligen FuE-Projektes. Für die Gewährleistung eines Mindestmaßes an Effizienz und Durchführung verwertbarer Projekte wird von staatlicher Seite von den Antragstellern meistens ein Eigenanteil an der Finanzierung von 50 % und mehr verlangt.
- Bei *staatlichen FuE-Aufträgen* tritt der Staat als ein Marktteilnehmer auf, der aufgrund der Vereinbarung mit dem Förderungsnehmer das FuE-Ergebnis nach der Förderung kauft, um es selbst zu nutzen (Bräunling und Harmsen 1975, S. 126). Staatliche FuE-Aufträge dienen zum einen der Beschaffung von Vorleistungen nicht marktgängiger Produkte durch die öffentliche Hand. Zum anderen mindern sie bei neuen Technologien die Unsicherheit der F&T-politischen Entscheidungen durch die gezielte Informationsbeschaffung. Dieses Förderungsinstrument wird vor allem für die Unterstützung des militärischen Bereiches, aber auch des kommunalen und infrastrukturellen Bereichs verwendet. FuE-Aufträge können bis zu 100 % vom Staat finanziert sein. Je nach Förderhöhe sind nach Bruder und Dose (1986, S. 38) die aus dem FuE-Projekt generierten Schutzrechte dem Staat für eigene Zwecke zu übertragen, oder sie sind – falls Unternehmen die Förderungsempfänger sind – dritten Unternehmen in Form von Lizenzen anzubieten.

Stärken und Schwächen der direkten Förderung

Neoklassische Ökonomen kritisieren die direkte Förderung in verschiedener Hinsicht; so fügt Dongses (1988, S. 150–151; ähnliche Argumente auch bei Hamm 1979, S. 430–436) den generellen Kritikpunkten an der F&T-Politik (Abschnitt C.I.3.c)) sechs weitere *Schwächen* hinzu, welche sich speziell auf die direkte Projektförderung beziehen. Ihnen lassen sich auch Stärken der direkten Projektförderung gegenüberstellen.

- Da „neue“ Technologien oder zukünftige Bedürfnisse im vorhinein nicht bekannt seien, könnten sie auch ex-ante nicht gefördert werden. Die *Auswahl* der Projekte sei daher zum Teil *willkürlich* und orientiere sich oftmals an dem, was andernorts bereits Erfolg hatte.
- Durch Subventionen würden personelle und finanzielle FuE-Kapazitäten in den begünstigten Bereichen gebunden. Der dadurch bedingte *Diskriminierungseffekt* anderer Bereiche könne Innovationen auf anderen Gebieten verhindern.
- *Großunternehmen* bewältigten das Antragsverfahren meist besser als kleine und mittlere Unternehmen und gelangten daher *eher in den Genuss der Förderung*. Zudem hätten sie aufgrund ihrer Größe eine stärkere Einflussmöglichkeit auf die Festlegung der F&T-politischen Ziele durch gezielte *Lobbyaktivitäten*.
- Bei den geförderten Unternehmen, insbesondere bei Großunternehmen, könnten *Mitnahmeeffekte* entstehen, da sie aufgrund des Fördermittelzuflusses eigene Finanzierungsmittel einsparen (Streit 1984, S. 49). Kleinere und mittlere Unternehmen könnten hingegen oft nicht genügend Eigenkapital aufbringen und betrieben keine Risikostreuung bei ihren FuE-Projekten.
- Die i.d.R. vorgegebenen *technischen Ziele* bei den direkt geförderten Projekten würden die Gefahr einer fehlenden Markteignung der Projektergebnisse bergen. Derartige Projekte kosteten oft mehr, als sie unter Wettbewerbsbedingungen kosten würden. Zudem sei auch das Erreichen einer Rentabilitätsschwelle häufig ungewiss.
- Aufgrund der *Mithaftung des Staates* im Misserfolgsfall bei bestimmten Projekten bräuchten die Unternehmen weniger genau zu planen und zu kalkulieren.

Die Kritik an der direkten Projektförderung bezieht sich vor allem auf die Förderung von Projekten mit Beteiligung der Wirtschaft. Viele Kritikpunkte stammen aus den 1970er Jahren, als in Deutschland die F&T-Politik als antizipative, den Wirtschaftsprozess lenkende Strukturpolitik – so z. B. Hauff und Scharpf (1975) und Matthöfer (1976) – verstanden wurde.

Stärken weist die direkte Förderung insbesondere dort auf, wo der Staat alleiniger Nachfrager ist, z. B. bei der Militärtechnik, bei kostspieligen Großpro-

jekten der Grundlagenforschung oder bei langfristigen Projekten mit hohem Risiko (vgl. auch die Ausführungen von Kritikern wie z. B. Hamm 1979, S. 429). Auch werden kleine und mittlere Unternehmen nur teilweise benachteiligt, zielen doch spezielle, auf sie zugeschnittene Programme auf die Kompensation dieser Defizite. Diskriminierungseffekte und Mitnahmeeffekte lassen sich zwar niemals mit Gewähr ausschließen, aber durch geeignete Verfahren bei der Programmgestaltung, z. B. begrenzte Laufzeit eines Programms, reduzieren.

Ferner kommt es bei der direkten Förderung von Projekten zu positiven indirekten Wirkungen. Aufgrund der Projektdurchführung wird laut Röthlingshöfer (1975, S. 13) z. B. Know-how aufgebaut, welches den begünstigten Institutionen auch für zukünftige Projekte zur Verfügung steht.

b) Indirekte Förderung

Neben der direkten Förderung gibt es für den Staat auch mit der indirekten Förderung die Möglichkeit, Einfluss auf Forschung und Technologie zu nehmen. Die indirekte Förderung ist ausschließlich auf die Wirtschaft gerichtet. Die Förderungsempfänger stehen nicht fest und erhalten technologieunspezifische sowie technologiebezogene Anstöße zur Verbesserung ihrer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. Nach Gerjets (1982, S. 128) und Hasenritter (1982, S. 95–96) hat die indirekte Förderung im Allgemeinen zwei Ausprägungen und weist verschiedene Stärken und Schwächen auf:

- Die *indirekt-globale* Förderung umfasst inputorientierte, meist technologieunspezifische Instrumente zur Bereitstellung der Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital sowie von Information.
- Die *indirekt-spezifische* Förderung richtet sich speziell an solche Förderungsempfänger, die bestimmte Voraussetzungen erfüllen, z. B. Nutzung einer bestimmten Technologie. Beschränkungen des Staates bezüglich der Verwendung der Forschungsergebnisse durch den Förderungsempfänger gibt es bei Inanspruchnahme der technologiebezogenen Instrumente keine.

Indirekt-globale Förderung

Mit der indirekt-globalen Förderung sollen die Forschungs- und Entwicklungspotenziale der Unternehmen, insbesondere kleiner und mittlerer Unternehmen, gestärkt sowie die Zusammenarbeit zwischen Staat, Wirtschaft und Wissenschaft verbessert werden. Die Förderinstrumente setzen dabei ausschließlich an der Anhebung der relativen Preise an, ohne dass die Zielrichtung der unternehmerischen FuE laut Bruder und Dose (1986, S. 44) beeinflusst wird. Sie sind zudem technologieunspezifisch und nicht an bestimmte Projekte gebunden. Damit soll die Entscheidungskompetenz der Unternehmen gewahrt

werden. Die Maßnahmen der indirekt-globalen Förderung sind potenzialorientiert und nach Gerjets (1982, S.130) auf drei Ziele ausgerichtet:

- Maßnahmen zur *Kostensenkung* unterstützen die FuE-Aktivitäten von kleinen und mittleren Unternehmen, z. B. in Form von Zuschüssen zu FuE-Personalkosten oder mit Sonderabschreibungen und Investitionszulagen, um deren Kosten für den Produktionsfaktor Arbeit zu reduzieren.
- Maßnahmen zur Beschaffung von *Kapital* umfassen z. B. die Förderung der Verwertung neuer Ideen, die Realisierung von Innovationen in Unternehmen sowie die Unterstützung von Unternehmensgründungen. Letztere sind eigentlich indirekt-spezifische Maßnahmen, werden aber aufgrund der Gliederung der F&T-Politik der Bundesregierung hier den indirekt-globalen Maßnahmen zugeordnet (Näheres zum Klassifizierungsproblem bei Bruder und Dose 1986, S. 55 und 68).
- Maßnahmen zur Beschaffung von *Information* richten sich sowohl auf die Kooperation zwischen Institutionen als auch auf den Technologietransfer und die gezielte Nutzung von Datenbanken. Derartige Maßnahmen sind z. B. die Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft durch Auftragsforschung und -entwicklung oder die Einrichtung von Technologietransferprogrammen.

Indirekt-spezifische Förderung

Im Gegensatz zu den indirekt-globalen Maßnahmen zielen die *indirekt-spezifischen* Maßnahmen auf die Gewinnung und Diffusion neuen technischen Wissens, so Bruder und Dose (1986, S. 55). Mit indirekt-spezifischen Maßnahmen wird im Allgemeinen eine bestimmte Technologie gefördert, wobei für jedes geförderte Projekt Zuschüsse oder Steuererleichterungen gewährt werden. Der Staat bestimmt bei dieser Art der Förderung zwar direkt die zu fördernden Technologien, greift selbst aber in die Projekte nicht ein.

Die spezifischen Förderkriterien beziehen sich auf die Begünstigung der zu fördernden Technologie, Branche, Unternehmensgröße und Region. Daher liegt die indirekt-spezifische Förderung eigentlich zwischen indirekter und direkter Förderung; Holzkämper (1995, S. 24) ordnet beispielsweise die indirekt-spezifische Förderung der direkten Förderung zu.

Stärken und Schwächen der indirekten Förderung

Die indirekten Maßnahmen weisen sowohl Stärken als auch Schwächen auf. Die indirekte Förderung zeichnet sich laut Bruder und Dose (1986, S. 45) und Gruhler (1981, S. 44) im Allgemeinen und im Vergleich zur direkten Förderung durch fünf *Stärken* aus:

- Der administrative Aufwand der Abwicklung ist laut Bräunling und Harmssen (1975, S. 208) eher gering.
- Die Schutzrechte bleiben laut Hasenritter (1982, S. 98) ausschließlich bei den geförderten Unternehmen.
- Gesamtwirtschaftliche Kapitalfehllenkungen können zum Teil vermieden werden.
- Die Wettbewerbsneutralität kann in hohem Maße gewährleistet werden.
- Aufgrund der dezentralisierten Entscheidung über die FuE-Ziele in den Unternehmen bleibt die Entscheidungskompetenz der Unternehmen unangestastet und die Steuerung durch Marktkräfte erhalten, so Röthlingshöfer (1975, S. 13).

Den Stärken der indirekten Förderung stehen mit dem Gießkannenprinzip, Mitnahmeeffekten, Gleichbehandlung aller Unternehmen, der schwierigen Erfolgskontrolle und der fehlenden Eignung zum Aufholen technologischer Rückstände fünf *Schwächen* gegenüber:

- Aufgrund der generellen Förderbedingungen ist eine Förderung volkswirtschaftlich unsinniger oder schädlicher Projekte möglich. Höhere Umweltbelastungen oder besondere energie- und rohstoffverschwendende Projekte lassen sich aufgrund der fehlenden Steuerbarkeit nicht ausschließen; Röthlingshöfer (1975, S. 13) spricht hier auch vom *Gießkannenprinzip*.
- Um *Mitnahmeeffekte* handelt es sich nach Meyer-Krahmer (1986, S. 117) bei der Inanspruchnahme staatlicher Fördermaßnahmen, ohne dass ein Unternehmen Art und Umfang seiner ursprünglich geplanten FuE-Aktivitäten verändert. Die Gefahr für Mitnahmeeffekte ist aufgrund der unspezifizierten Förderung besonders groß. Die Maßnahmen unterstützen auch laufende FuE-Projekte und stimulieren kaum neue Projekte in dem Sinne, dass es einen Anstoßeffekt gäbe, so Meyer (1995, S. 123). Gleichwohl sind die Mitnahmeeffekte nicht so gravierend, da nur ein sehr kleiner Teil der staatlichen FuE-Investitionen von diesen Fördermaßnahmen abgedeckt wird.
- Die *Gleichbehandlung* aller Wirtschaftszweige und der Großunternehmen mit den kleinen und mittleren Unternehmen sei durchaus *diskriminierend*, so Bruder und Dose (1986, S. 50–51). Zum einen variiert der Investitionsanteil an FuE-Aktivitäten in Abhängigkeit vom Wirtschaftszweig, z. B. ist der Anteil bei Feinmechanik und Optik gering, während er in der Textilindustrie sehr hoch ist. Zum anderen können vor allem Großunternehmen Anlageinvestitionen für FuE binden, um die teilweise geforderten Nutzungsanteile zu erfüllen.
- Eine nachträgliche *Erfolgskontrolle* der Förderung ist insbesondere bei den indirekt-globalen Maßnahmen zur Informationsbeschaffung *kaum möglich*, da die Wirkungen der Maßnahmen nach Donges (1988, S. 154) nur schwer ermittelt werden können.

- Mit der indirekten Förderung kann kaum ein technologischer Rückstand aufgeholt werden, und das spezielle *Risiko* bei langfristigen, marktfernen und aufwendigen Projekten ist laut Gruhler (1981, S. 44) schwierig zu minimieren.

Die indirekte Förderung ist insgesamt konform mit einem marktwirtschaftlichen System, da aufgrund der generellen Förderung von FuE die Nachfragepotenziale bzw. Gewinnchancen bei den Entscheidungen der Unternehmen nicht präzisiert werden, so Hasenritter (1982, S. 156). Die indirekt-globalen Maßnahmen werden insbesondere von Unternehmen und Verbänden (stellvertretend die Position des BDI 1995a, S. 8–19) bevorzugt, die darin eine wirksame Unterstützung der FuE-Aktivitäten sehen.

c) Gestaltung forschungsrelevanter Rahmenbedingungen

Neben den direkten und indirekten Maßnahmen beeinflussen in hohem Maße auch die *allgemeinen Rahmenbedingungen* die technologische Wettbewerbsfähigkeit eines Landes und seiner Unternehmen. Unter Rahmenbedingungen seien hier – in Erweiterung der Definition von Kurz et al. (1989, S. 8) – vereinfacht *alle forschungsrelevanten und vom Staat beeinflussbaren Rahmenbedingungen* verstanden, wobei diese weite Fassung die Innovationsaktivitäten mit umfasst. Explizit ausgeklammert seien hier unternehmensspezifische Faktoren wie z. B. Führung, Unternehmensstrategie, Kapitalausstattung etc. (Näheres zu diesen Faktoren bei OECD 1996a, S. 106; ferner auch Brockhoff 1994, Möhrle 1991).

Die einzelnen Rahmenbedingungen teilen beispielsweise Rothwell und Zegveld (1981, S. 61) in zwölf allgemeine Politikwerkzeuge ein. Gerjets (1982, S. 153–159) unterscheidet mit dem technischen Ordnungsrecht, der Steuergesetzgebung und dem Patentwesen drei Arten. Busch (1987, S. 181) ordnet – in Anlehnung an Bräunling und Harmsen (1975, S. 19) – zahlreiche Kriterien zu kulturellen, politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen.

Die einzelnen vom Staat gestaltbaren und beeinflussbaren forschungsrelevanten Rahmenbedingungen mit bedeutender Wirkung auf die FuE-Aktivitäten werden im Folgenden betrachtet (Abb. 16), und zwar

- die rechtlichen Rahmenbedingungen mit dem Patentrecht, den technischen Schutz- und Ordnungsrechten sowie dem Steuerrecht,
- die Bildungs- und Wissenschaftspolitik,
- die Technologieakzeptanz,
- die Informations-Infrastruktur,
- die Finanzierungsinfrastruktur sowie
- Technologietransfer, Informationsbereitstellung und Beratung.

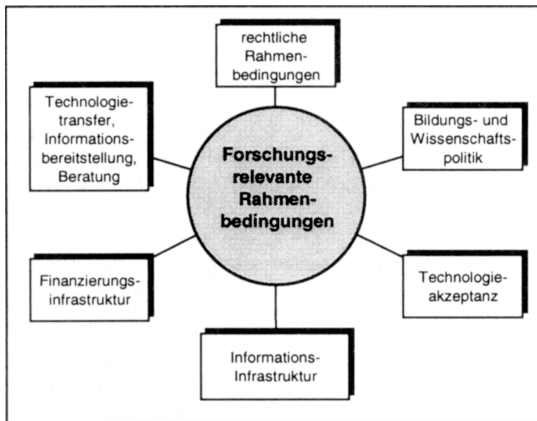


Abbildung 16: Sechs ausgewählte forschungsrelevante Rahmenbedingungen

Weitergehende Rahmenbedingungen, die nur *mittelbar* auf FuE-Aktivitäten wirken wie z. B. Geldpolitik oder Außenpolitik, und soziokulturelle Rahmenbedingungen wie z. B. die vorherrschende Werthaltung (Näheres bei Lodge und Vogel 1987) werden aufgrund der schwierigen Erfassung von Kausalstrukturen mit der F&T-Politik hier nicht betrachtet.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Unter den forschungsrelevanten Rahmenbedingungen bilden die rechtlichen Rahmenbedingungen die gesetzliche Basis für die FuE-Aktivitäten. Die rechtlichen Rahmenbedingungen haben einen direkten, vom Staat durch politische Maßnahmen gestaltbaren Einfluss auf die FuE-Aktivitäten. Drei der bedeutendsten rechtlichen Rahmenbedingungen sind nach Gerjets (1982, S. 154) vor allem das Patentrecht, ferner auch das technische Ordnungs- und Schutzrecht sowie das Steuerrecht.

Das *Patentrecht* ist eines der bedeutendsten gewerblichen Schutzrechte im Zusammenhang mit Forschung und Entwicklung, gewährt es doch den Schutz des Gebrauchs „geistigen Eigentums“ sowie den Schutz vor Missbrauch „geistigen Eigentums“ durch Dritte. Ein Patent wird laut Brändel (1995, S. 46–55; ähnlich Fahse 1994, S. 13) auf eine *Erfindung* erteilt, die *neu* ist, auf einer *erfinderischen Tätigkeit* beruht und *gewerblich nutzbar* ist.

Durch die Patenterteilung erhält der Patentinhaber ein zeitliches, räumliches und sachliches *Ausschließbarkeitsrecht* und sichert sich damit eine Monopolstellung für eine Dauer von 20 Jahren. Durch das Patentrecht wird geistiges Eigentum zu einem handelbaren Gut, das ge- und verkauft oder durch Lizenzvergabe Dritten zur Verwertung überlassen werden kann. Der Zwang zur Offenle-

gung – frühestens nach 18 Monaten – erhöht die Transparenz und dient der Verhinderung zu vieler, volkswirtschaftlich unsinniger Doppelinnovationen. Konkrete Ansatzpunkte für eine staatliche Einflussnahme bestehen u. a. in der Veränderung der Dauer zwischen Anmeldung und Erteilung eines Patents, in der Veränderung der Patentanmeldekosten, in der Information über angemeldete Patente und Anmeldeverfahren, in der Vereinfachung des Anmelde- und Erteilungsverfahrens oder in der Anpassung an internationale Standards.

Das Patentrecht liefert einen maßgeblichen *Anreiz* für Unternehmen zu innovieren, da es die Realisierung von *Pioniergewinnen* für den Innovator ermöglicht. Die Reaktionszeit der Imitatoren wird durch das Patentrecht künstlich verlängert. Gegen das Patentrecht werden aus ordnungspolitischer Sicht vier Argumente eingewendet (Zusammenfassung der Kritikpunkte bei Holzkämper 1995, S. 126–128; ferner auch Kaufer 1989, S. 41–48):

- Die Begründung des Patentschutzes basiere auf dem *Modell der vollkommenen Konkurrenz* und stehe daher nicht in Einklang mit der Realität eines evolutorischen Marktprozesses.
- Die Imitatoren von den Produkten hätten nur einen Kostenvorsprung bezüglich des Inventionsaufwands, müßten hingegen die Investitionen zur Umsetzung tätigen und zusätzlich Kosten für die Informationsbeschaffung tragen.
- Innovatoren könnten Skalenerträge auch ohne Patentschutz als erste realisieren und mit aggressiven Marktstrategien potenzielle Imitatoren abschrecken.
- Die gesamtwirtschaftliche Diffusion neuen technischen Wissens würde behindert und infolge der Lizenzvergabe durch den Innovator verteuert. Zudem könnte es zu einer steigenden Konzentration kommen, wenn Marktzutrittsschranken errichtet werden.

Diese Argumente können den Nutzen von Patenten nur bedingt abschwächen. So wird durch Patentschutz nicht der Wettbewerb verhindert, sondern der Patentschutz bewirkt eher das Gegenteil. Denn die Wettbewerber sind zur Suche nach einer besseren als der patentierten Lösung gezwungen. Ferner haben gerade auch kleine und mittlere Unternehmen durch den Patentschutz die Möglichkeit, neue Märkte mit neuen Produkten zu erschließen. Aufgrund des schnellen technischen Fortschritts und der bei einigen Technologien hohen Entwicklungskosten bietet ein wirksamer Patentschutz die Möglichkeit zur Amortisation der Entwicklungskosten. Zudem rufen nur wenige Patente eine wirkliche Monopolsituation hervor.

Neben dem Patentrecht gibt es nach Gerjets (1982, S. 154) mit dem technischen *Ordnungsrecht* und dem technischen *Schutzrecht* sowie mit dem Steuerrecht drei weitere Aspekte:

- Das technische Ordnungsrecht und das technische Schutzrecht enthalten Regelungen über Standards und Richtwerte. Im *technischen Ordnungsrecht*

werden Mess-, Regel- und Prüfvorschriften festgelegt, die von neuen Produkten und Verfahren einzuhalten sind. In zahlreichen *Schutzrechten* – z. B. Chemikaliengesetz – sind Höchst- und Mindestwerte festgelegt, die sowohl bei Forschung und Entwicklung als auch von neuen Produkten und Verfahren einzuhalten sind.

- Mit dem *Steuerrecht* werden die FuE-Aktivitäten in Unternehmen in vielfältiger Weise beeinflusst. So wirken sich beispielsweise Abschreibungsmöglichkeiten und ertragsunabhängige Steuern auf die prinzipielle Innovationsfähigkeit von Unternehmen aus.

Bildungs- und Wissenschaftspolitik

Ein weiterer Gestaltungsbereich von Rahmenbedingungen ist die *Bildungs- und Wissenschaftspolitik*. Mit der Bildungspolitik werden wichtige Grundlagen für die Qualität der in einem Land verfügbaren Arbeitskräfte gelegt (Porter 1991, S. 104–105). Dazu zählen neben der schulischen und universitären Ausbildung auch die berufliche Aus- und Weiterbildung. Eng damit verknüpft ist die Wissenschaftspolitik, die in erster Linie in Deutschland eine Hochschulpolitik ist. Zu den möglichen Maßnahmen zählen beispielsweise die Finanzierung der Hochschulen und ihres wissenschaftlichen Personals sowie die Finanzierung wissenschaftlicher Institute.

Technologieakzeptanz

Eine weitere bedeutende forschungsrelevante Rahmenbedingung ist die *Technologieakzeptanz*, d. h. die Einstellung der Bevölkerung gegenüber neuen Technologien. Durch gezielte Informationspolitik kann die Öffentlichkeit über Chancen und Risiken neuer Technologien vom Staat aufgeklärt werden. Durch vielfältige Initiativen kann der Staat den gesellschaftlichen Diskurs über neue Technologien gestalten und dadurch eine grundsätzlich positive und aufgeschlossene Einstellung gegenüber neuen Technologien bewirken. Ebenfalls gefordert sind bei der Aufklärung über neue Technologien neben den Politikern auch die Vertreter aus Wirtschaft und Wissenschaft. Ihre Kompetenz und Glaubwürdigkeit bezüglich Schlüsseltechnologien schätzt – laut Umfrageergebnissen von Röglin (1994, S. 25–27) – die deutsche Bevölkerung beispielsweise bedeutend höher ein als die der Fernsehanstalten.

Informations-Infrastruktur

Ferner zählt zu den forschungsrelevanten Rahmenbedingungen nach Busch (1987, S. 198–228) die *Informations-Infrastruktur*. Die Informations-Infrastruktur übernimmt wichtige Funktionen für die Wirtschaftszweige der In-

formations- und Kommunikationstechnologie. Bei der allgemeinen Infrastruktur spielen klassische Rahmenbedingungen wie das Straßennetz oder das Postwesen in den Industrieländern im Vergleich zur Informations-Infrastruktur eine geringere Rolle.

Gerade für Forschung und Wissenschaft sowie für technologieorientierte Unternehmen hat eine leistungsfähige Informations-Infrastruktur eine große Bedeutung, ermöglicht sie doch sowohl den Austausch, die Verarbeitung und die Verbreitung neuer Erkenntnisse und Daten als auch die gezielte Suche nach ihnen. Das weltumspannende Internet eröffnet hier vielfältige Möglichkeiten. Dabei kommt es neben der rein technischen Ausstattung mit Telefon- und Kabelnetzen sowie deren Vernetzung und Digitalisierung auch auf eine Durchdringung der Gesellschaft mit Endgeräten, vor allem PCs, sowie der dafür notwendigen Software und Ausbildung an (Näheres bei Hofmann und Saul 1996, S. 2–3). Insgesamt werden von der Multimedia-Technologie und dem Ausbau der Telekommunikationsinfrastruktur – insbesondere nach der Liberalisierung in Europa in 1998 – große Beschäftigungswirkungen beim Wandel von der Industrie- zur Informationsgesellschaft erwartet.

Finanzierungsinfrastruktur

Als zweite bedeutende Infrastruktur gibt es bei den forschungsrelevanten Rahmenbedingungen nach Busch (1987, S. 198–228) neben der Informations-Infrastruktur vor allem die *Finanzierungsinfrastruktur*. Die Finanzierungsinfrastruktur hat mit der Verfügbarkeit von Venture Capital für Unternehmensgründungen für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung eine hohe Bedeutung.

Die Finanzierungsinfrastruktur ist von hoher Relevanz für die Innovations- und Investitionstätigkeiten. Dabei sind sowohl der Staat als auch die Banken und andere Finanzinstitutionen für die Höhe von Kapitalangebot und -nachfrage verantwortlich. Der Staat beeinflusst nach Porter (1991, S. 656) mit verschiedenen politischen Maßnahmen das Kapitalangebot, z. B. über das Steuerrecht, die Höhe des Haushaltsüberschusses bzw. -defizits und über die Einflussnahme auf die ausländische Kapitalzufuhr. Neben dem Staat sind vor allem die Banken eine Quelle für die Kapitalbereitstellung, sowohl für die Finanzierung von Investitionen als auch insbesondere für die Bereitstellung von Risikokapital für Unternehmensgründungen und junge Unternehmen im Hochtechnologiebereich.

Technologietransfer, Informationsbereitstellung, Beratung

Ein weiteres Bündel an Rahmenbedingungen umfasst den Transfer von Wissen zwischen den forschenden Einrichtungen, die Bereitstellung von Information sowie die vielfältigen Beratungsangebote bzw. -dienstleistungen. Alle drei

Aktivitätenbündel richten sich auf die Unterstützung bei der Erzielung von Informations- und Wissensvorsprüngen:

- Der *Technologietransfer* umfasst den Transfer von materiellen und immateriellen Ergebnissen aus der Grundlagenforschung in die angewandte Forschung oder in die Entwicklung und ist gemäß Corsten (1982, S. 74) ein elementarer Faktor im gesamtwirtschaftlichen Innovationsprozess. Als *Technologiegeber* treten vor allem Hochschulen, Forschungseinrichtungen und FuE-orientierte Unternehmen auf. *Technologiennehmer* sind in erster Linie kleine und mittlere Unternehmen sowie Dienstleistungsunternehmen. Die Schnelligkeit der Diffusion neuen technischen Wissens bestimmt in hohem Maße die spätere Wettbewerbsposition sowohl eines Landes als auch eines Unternehmens. Beim Technologietransfer unterscheiden sich der *direkte* Transfer, bei dem der Technologiegeber und -nehmer in direktem Kontakt stehen, und der *indirekte* Technologietransfer, d. h. Transfer über Veröffentlichungen oder dritte Nutzer. Staatliche Förderprogramme setzen bei beiden an: Bei den Hochschulen fördert der Staat die Einrichtung von Technologietransferstellen und verlangt die Veröffentlichung der Ergebnisse bei staatlich geförderten Projekten. An Forschungseinrichtungen werden ebenfalls Technologietransferstellen finanziell unterstützt. Ferner gibt es auch sog. Technologievermittlungsagenturen bzw. -einrichtungen und Technologiezentren, meist in der Umgebung von Universitäten, in denen junge technologieorientierte Unternehmen von der Nähe zur Wissenschaft profitieren sollen. Im Allgemeinen schätzen die Unternehmen nach Sättler et al. (1987, S. 33) den direkten Technologietransfer und die Nähe zu Technologietransferereinrichtungen als positiv ein.
- Die *Bereitstellung von FuE-relevanter Information* über staatliche Förderprogramme, über Technologien, Patente, Gesetze und Vorschriften etc. ist ein wichtiger Eckpfeiler der forschungsrelevanten Rahmenbedingungen. Als Anbieter von FuE-relevanter Information gibt es nach Becker (1993, S. 146–152) neben der persönlichen Kommunikation (z. B. Gespräch, Beratung und Veranstaltungen) auch die Printmedien (z. B. Zeitschriften und Bücher) sowie mit zunehmender Bedeutung die elektronischen Medien (z. B. Online-Datenbanken und Off-Line-Medien wie z. B. CD-ROMs). Staatliche Fördermaßnahmen richten sich auf die einzelnen Angebotsarten und zielen meist auf die Verbesserung des Informationsangebotes. Eine Zusammenführung von Printmedien und elektronischen Medien schlägt in diesem Zusammenhang z. B. Becker (1993) mit seinem Entwurf eines volkswirtschaftlichen Technologie-Informationssystems vor.
- Ein weiterer Pfeiler der Rahmenbedingungen ist die *Beratung* – insbesondere von Existenzgründern. Dabei sind Hinweise zu Anwendungen von Technologien, zu Antragsverfahren bei staatlichen Programmen oder zu Patentanmeldungen von Bedeutung. Die Beratung wird vielfach von Technologie-

transfereinrichtungen angeboten, ferner aber auch von Verbänden und Vereinen, die eigens zu diesem Zweck Einrichtungen unterhalten.

d) Vergleich der Fördermaßnahmen

Die einzelnen Fördermaßnahmen haben verschiedene Ansatzpunkte und sind daher auch eher komplementäre als konträre Maßnahmen. Die Gestaltung forschungsrelevanter Rahmenbedingungen sind im Gegensatz zu den direkten und indirekten Maßnahmen zum Teil weniger reine F&T-politische Maßnahmen, da sie in die Aufgabenverantwortung anderer Politikbereiche wie z. B. der Wirtschaftspolitik fallen.

Die direkte und die indirekte Förderung unterscheiden sich bezüglich sechs Zielvorgaben (Tab. 11). Zum Aufholen von technologischen Rückständen, zur Minimierung des Risikos bei Großprojekten sowie zur Minimierung des Gießkannenprinzips eignen sich nach Gruhler (1981, S. 44) die direkten Fördermaßnahmen besser als die indirekten Fördermaßnahmen. Die indirekten Maßnahmen senken im Gegensatz zu den direkten Maßnahmen das Risiko einer gesamtwirtschaftlichen Kapitalfehllenkung, reduzieren eher den Verwaltungsaufwand und gewährleisten besser die Wettbewerbsneutralität.

Tabelle 11
Ziele der direkten und der indirekten Forschungsförderung sowie die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Zielerreichung

Zielvorgabe	Eintrittswahrscheinlichkeit bei Förderungsansatz			
	direkt		indirekt	
	groß	klein	groß	klein
Aufholen eines spezifischen technologischen Rückstandes	•			•
Minimierung des spezifischen Risikos bei langfristigen, marktfernen und aufwendigen Großprojekten	•			•
Minimierung des Gießkannenprinzips	•			•
Minimierung der gesamtwirtschaftlichen Kapitalfehl- lenkungen		•	•	
Minimierung des Verwaltungsaufwandes		•	•	
Gewährleistung der Wettbewerbsneutralität		•	•	

Quelle: Gruhler (1981, S. 44)

Bei den forschungsrelevanten Rahmenbedingungen lässt sich eine eindeutige Input-Output-Zuordnung aufgrund der eher mittel- bis langfristigen Wirksamkeit der Maßnahmen kaum vornehmen. Insgesamt haben alle sechs Bereiche der forschungsrelevanten Rahmenbedingungen einen großen Einfluss auf die technologische Wettbewerbsfähigkeit eines Landes. Sie sind daher auch im Katalog F&T-politischer bzw. allgemeiner politischer Maßnahmen neben den direkten und indirekten Maßnahmen meist integriert.

II. Die Entstehung des nationalen Innovationssystems Deutschlands und die Forschungs- und Technologiepolitik seit 1945

Zahlreiche Einrichtungen des Staates, der Wirtschaft und der Wissenschaft beeinflussen den technischen Fortschritt und das wirtschaftliche Wachstum in Deutschland. Die Aktivitäten dieser Akteure im sog. nationalen Innovationssystem (NIS) – hier verstanden als NIS im engeren Sinne (Abgrenzung in Abschnitt B.II.4.c)) – und ihr Zusammenwirken bedingen auch die Veränderung des Wohlstands eines Landes. Die Forschungslandschaft wird seit etwa Anfang des 20. Jahrhunderts vom Staat durch eine die Forschung und Wissenschaft beeinflussende Politik aktiv mitgestaltet. Sowohl das NIS als auch die Forschungs- und Technologiepolitik werden im Folgenden in den Mittelpunkt gerückt:

- Das *deutsche NIS* wurde in den drei Phasen des Aufbaus (ca. 1800 bis 1914), des Ausbaus (1914–1945) und des Wiederaufbaus (ab 1945) geprägt. Dabei haben auch heute noch die im 19. Jahrhundert geschaffenen Institutionen eine große Bedeutung (Abschnitt C.II.1.).
- Zwar gab es schon im 19. Jahrhundert vielfältige staatliche Maßnahmen zur Unterstützung von Forschung und Wissenschaft, aber insbesondere seit dem Ersten Weltkrieg wurden sie zielgerichtet eingesetzt. Die *F&T-Politik* der Bundesrepublik Deutschland wird für die Jahre ab 1945 mit ihren Schwerpunkten in sechs Phasen nachgezeichnet (Abschnitt C.II.2.).

1. Die Entwicklung des nationalen Innovationssystems Deutschlands

Im nationalen Innovationssystem (NIS) Deutschlands interagieren die Institutionen des Staates, der Wirtschaft und der Wissenschaft auf vielfältige Weise. Das Verhältnis zwischen Staat, Wirtschaft und Wissenschaft ist durch eine auf Konsens zielende Kooperation geprägt. In den drei Phasen des Aufbaus, des Ausbaus und des Wiederaufbaus sind u. a. zahlreiche Forschungseinrichtungen und Forschungsförderungseinrichtungen geschaffen worden (Tab. 12):

- *Phase des Aufbaus:* Von Beginn des 19. Jahrhunderts bis 1914 wurden zahlreiche Institutionen gegründet, die auch heute noch das deutsche NIS prägen.
- *Phase des Ausbaus:* Die Leistungskraft des NIS sank durch und während der zwei Weltkriege bis 1945 sehr stark, u. a. durch die Auswanderung und Tötung zahlreicher Wissenschaftler im Dritten Reich.
- *Phase des Wiederaufbaus:* Ab 1945 wurden die meisten Institutionen wieder aufgebaut und später um neue ergänzt.

Tabelle 12

Einige Ereignisse ab 1800 mit Bedeutung für das deutsche NIS**Übersicht über einige bedeutende Ereignisse
für das deutsche nationale Innovationssystem**

- 1810: Integration von Forschung und Lehre an Universitäten nach Wilhelm von Humboldt
- 1820: Gründung des Gewerbeinstituts in Berlin durch Peter Beuth
- 1825: Gründung der ersten Polytechnischen Hochschule in Karlsruhe
- 1856: Gründung des Vereins Deutscher Ingenieure
- 1863: Erstes industrielles Laboratorium bei Krupp und bei Chemieunternehmen
- 1870: Gründung der Königlichen Polytechnischen Schule in Aachen als erste Technische Hochschule
- 1877: Erstes deutsches Patentgesetz (vorher schon z. B. in Bayern 1791 oder Preußen 1815)
- 1887: Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
- 1898–Gleichstellung von Technischen Hochschulen und Universitäten
- 1901:
- 1911: Gründung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft (ab 1948 Max-Planck-Gesellschaft)
- 1920: Gründung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft
(ab 1951 Deutsche Forschungsgemeinschaft)
Gründung des Stifterverbandes der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft
(ab 1929 Stifterverband für die deutsche Wissenschaft)
- 1949: Gründung der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung
- 1955: Gründung der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“
- 1961: Gründung der Volkswagen-Stiftung

Quelle: Kellenbenz (1981, S. 24, 65, 199, 200, 326), Keck (1993)

- In der *Aufbauphase* von 1800 bis 1914 wurden laut Kellenbenz (1981, S. 64; ähnlich auch Keck 1993) im Zuge der Industrialisierung neben dem Aufbau der Infrastruktur – zunächst der Eisenbahnnetze und später der Telekommunikationsnetze – zahlreiche Maßnahmen ergriffen, um wirtschaftlich den Anschluss an England zu gewinnen und dabei die wissenschaftliche Situation zu verbessern. Dazu zählte nach Freeman (1995, S. 6–7) die Integration von Forschung und Lehre an den Universitäten nach einem Vorschlag von Wilhelm von Humboldt im Jahre 1810, die Gründung des Gewerbeinstituts in Berlin durch Beuth 1820 oder ab 1825 die Gründung von Polytechnischen Hochschulen, die sich auf die technische Ausbildung spezialisierten. In den Unternehmen – vor allem in der chemischen Industrie – wurden FuE-Abteilungen eingerichtet. Die staatliche Förderung von Wissenschaft und Forschung nahm nach der Reichsgründung 1871 zu. So wurde u. a. 1911 die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, die heutige Max-Planck-Gesellschaft, gegründet. In der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg wurde dabei im Besonderen die militärische Forschung unterstützt.
- In der Phase des *Ausbaus* von 1914 bis 1945 wurde das nationale Innovationssystem Deutschlands infolge der zwei Weltkriege stark geschwächt. Vor und während des Ersten Weltkrieges war die staatliche Unterstützung von

Wissenschaft und Forschung sehr stark an militärischen Zielen ausgerichtet und daher auf die Gebiete der Schifffahrt, Luftfahrt und Waffentechnik konzentriert. Nach dem Ersten Weltkrieg wurde die zivile Forschung wieder verstärkt aufgebaut. Behindert wurde dieser Aufbau jedoch gemäß Keck (1993, S. 131–132) durch die finanzielle Knappheit infolge der Reparationszahlungen. Zur Kompensation wurden 1920 zwei Institutionen gegründet, und zwar die „*Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft*“ zur Vergabe von Fördermitteln an einzelne Wissenschaftler sowie der „*Stifterverband der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft*“, der Geld aus der Industrie beschaffen sollte. Nach der Machtübernahme durch Hitler 1933 wurde die militärische Forschung wieder stark ausgebaut. Die Hochschulen wurden laut Braun (1992, S. 183) durch den starken Rückgang von Studenten sowie durch die Emigration und Tötung jüdischer Wissenschaftler und Ingenieure stark geschwächt. Allein 2.000 Hochschullehrer – etwa ein Drittel der gesamten Professorenschaft – haben Deutschland nach 1933 verlassen (o.V. 1966, S. 39). Insgesamt war diese Phase durch eine starke staatliche Einflussnahme und Schwerpunktsetzung auf die militärische Forschung geprägt, wobei Industrie und Wissenschaft auf staatliche Anordnung zusammenarbeiten mussten.

- Nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs galt es in der *Wiederaufbauphase* ab 1945, die Struktur des NIS in Westdeutschland mit Hilfe der westlichen Alliierten wiederherzustellen. Ostdeutschland stand hingegen unter dem Einfluss der Sowjetunion und wurde Schritt für Schritt in eine Zentralverwaltungswirtschaft überführt (Analyse des NIS der Deutschen Demokratischen Republik von Bentley 1984, im Besonderen S. 49–62). Die aufgrund des Krieges entstandenen Zerstörungen von Instituten und der Verlust von Wissenschaftlern sollten so schnell wie möglich ausgeglichen werden. Dabei stand die Rekonstruktion der Forschungsinfrastruktur, wie sie vor der nationalsozialistischen Machtergreifung bestanden hatte, im Vordergrund. Die Förderung der zivilen Forschung und der Wissenschaft an den Hochschulen wurde mit Nachdruck verfolgt, die *Fraunhofer-Gesellschaft* zur Förderung der angewandten Forschung wurde 1949 gegründet, und bereits existierende Institutionen erhielten neue Namen.

Insgesamt hat sich das nationale Innovationssystem Deutschlands sehr stark bis zum Zweiten Weltkrieg ausgeprägt und zu einem der führenden der Welt entwickelt. Der Anfang des 19. Jahrhunderts noch bestehende Rückstand zu England wurde durch gezielte politische Maßnahmen aufgeholt und in einen Vorsprung überführt. Ein Hoch erlebte die F&T-Förderung – insbesondere im militärischen Bereich – während der zwei Weltkriege. In jener Zeit beschleunigte sich der technische Fortschritt in hohem Maße. Die Zerstörungen im Zweiten Weltkrieg sowie die anschließende Teilung Deutschlands führten zu einer Verschlechterung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit.

2. Die generelle Entwicklung der Forschungs- und Technologiepolitik der Bundesrepublik Deutschland seit 1949

Deutschland stand nach Ende des Zweiten Weltkriegs vor dem Wiederaufbau der Städte, Wohnungen und Industrie. Dementsprechend dominierte die allgemeine Wirtschaftspolitik, während sich eine gezielte Forschungs- und Technologiepolitik erst in den 1960er Jahren herausbildete. Die Entwicklung der F&T-Politik ab 1949 teilen Bräunling und Harmsen (1975, S. 10–11; sowie Fleck 1990, S. 47–59; Bruder und Dose 1986, S. 12–16) in sechs Phasen ein, wobei ein Übergang zwischen zwei Phasen vereinfacht an die Zeitpunkte der Regierungswechsel angelehnt ist. Bei der idealtypischen Abgrenzung werden im Folgenden in Anlehnung an Fuchs (1992, S. 54) neben der allgemeinen Entwicklung die jeweils wichtigsten Veränderungen bezüglich Organisation (Tab. 13) und Instrumente sowie hinsichtlich der Kompetenzverteilung dargestellt (Übersicht über die relevanten Bundesministerien und Bundesminister in Tab. 14).

Laissez-faire-Phase (1945–1955)

Die erste Phase der F&T-Politik stand nach Bräunling und Harmsen (1975, S. 11, umfassende Darstellung von Stamm 1981) von Ende des Zweiten Weltkrieges bis Mitte der 1950er Jahre unter der wirtschaftspolitischen Zielsetzung des Wiederaufbaus der zerstörten Produktionsanlagen und der Herstellung der politischen Struktur im Sinne der Besatzungsmächte. Im Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland wurde 1949 in Artikel 5.3 die Freiheit von Wissenschaft, Forschung und Lehre verankert. Staatliche Aktivitäten wurden damit auf die Gestaltung rechtlicher und organisatorischer Rahmenbedingungen sowie die allgemeine Wissenschaftsförderung beschränkt, so Fuchs (1992, S. 55). Die staatliche F&T-Politik entsprach nach Gründung der Bundesrepublik Deutschland 1949 mit ihren Instrumenten und der Organisation einem sog. „*Laissez-faire-Verhalten*“, während die Kompetenz vor allem dezentral bei den Ländern lag:

- *Organisation und Instrumente*: F&T-Politik war laut Bräunling und Harmsen (1975, S. 11) in erster Linie gleichbedeutend mit Wissenschaftspolitik und wurde überwiegend von den Ländern finanziert. Der Anteil der FuE-Ausgaben am Bruttoinlandsprodukt (BIP) lag bei ca. 1 %, während z. B. die USA bereits mehr als 2 % aufwendeten. Gegründet wurden u. a. 1948 die Max-Planck-Gesellschaft – hervorgegangen aus der 1911 gegründeten Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft – und 1949 die Fraunhofer-Gesellschaft. Das vorherrschende Förderprinzip war die Globalförderung.
- *Kompetenzverteilung*: Aufgrund der Erfahrungen aus dem Dritten Reich lagen nach dem Willen der Alliierten die Kompetenzen bei der Wissenschaftspolitik dezentral bei den Ländern, was u. a. im Königsteiner Abkom-

Tabelle 13

Entwicklungsphasen der F&T-Politik in der Bundesrepublik Deutschland

Charakteristika Phase	Zentrale Zielsetzung	Schwerpunkte	Organisation	Vorherrschende Förderinstrumente	Kompetenzverteilung
I) Laissez-faire-Phase (1949–1955)	Wiederaufbau	Geringe Förderung, Gründung von Forschungseinrichtungen	Gründungen, u. a. der Fraunhofer-Gesellschaft	institutionelle Förderung	dezentral bei den Ländern
II) Imitations- und Aufholphase (1955–1966)	Erreichen des Weltstandards	Kernforschung, Rüstungsforschung, Welt-raumforschung	Gründung von Großforschungseinrichtungen	institutionelle Förderung der Großforschungseinrichtungen	Überwiegend bei den Ländern
III) Nachhol- und Innovationsphase (1966–1972)	Schließen der technologischen Lücke	Datenverarbeitung, Schlüsseltechnologien	Weiterhin Gründung von Forschungseinrichtungen, BMBW	institutionelle und Projektförderung internationaler Vorhaben; Programmförderung	Bund wird bedeutender
IV) Effizienzsteigerungsphase (1972–1982)	Modernisierung und Umstrukturierung	Industrielle Innovationen	kaum Gründungen, BMFT	direkte Projektförderung und indirekte Förderung	Bund dominierend
V) Konservative Modernisierungsphase (1982–1990)	Stärkung der Marktkräfte und Deregulierung, Subsidiaritätsprinzip	Grundlagenforschung, Schlüsseltechnologien, Luft- und Raumfahrt	kaum Gründungen, BMFT	Institutionelle Förderung, indirekte Förderung, Verbundforschung	Bund dominierend
VI) Aufbau-Ost-Phase (seit 1990)	Aufbau der Forschung in den neuen Ländern	Bau bzw. Modernisierung von Forschungseinrichtungen in Ostdeutschland	Koordinationsgremien, z. B. FTI-Rat; BMFT bzw. BMBF	Institutionelle Förderung, direkte Projektförderung	Länder gewinnen wieder an Kompetenz

Quelle: Bräunling und Harmsen (1975, S. 11), Fuchs (1992, S. 54–100), Fleck (1990, S. 47–59)

men vom 23. März 1949 dokumentiert ist (Fuchs 1992, S. 55). Im Grundgesetz von 1949 wurde in Artikel 74, Absatz 13, die wissenschaftliche Forschung als Gegenstand der konkurrierenden Gesetzgebung zwischen Bund und Ländern festgelegt. Verantwortlich auf Bundesebene waren u. a. die Abteilung „*Förderung der Wissenschaften*“ des Bundesministeriums des Inneren und der „*Deutsche Forschungsrat*“. Auf Länderebene waren die „*Ständige Konferenz der Kultusminister*“ sowie die „*Westdeutsche Rektorenkonferenz*“ federführend.

Der Staat stellte die Weichen in Richtung Wiederaufbau. Wirtschaft und Wissenschaft mussten nach den Zerstörungen ihrer Gebäude im Krieg sowie der Demontage zahlreicher Anlagen wieder Fuß fassen. Ferner musste neben der Tötung von Wissenschaftlern während des Zweiten Weltkrieges auch der Fortgang zahlreicher Wissenschaftler in die USA verkräftet werden – Stamm (1981, S. 44) nennt beispielsweise die Zahl von 642 hochqualifizierten Spezialisten, die zwischen 1945 und 1952 in die USA auswanderten. Ferner wurden nach Kriegsende mehr als 4.000 Hochschullehrer von den Besatzungsmächten aufgrund ihrer Mitgliedschaft in der NSDAP entlassen (o.V. 1966, S. 40).

Tabelle 14

**Übersicht über die für Forschung und Bildung zuständigen Bundesministerien
und die jeweiligen Minister in der Bundesrepublik Deutschland
für die 6 Phasen seit 1949**

Jahr	Phase	Bundesministerium (BM)	Bundesminister
1949– 1954	I		
1955 1956	II	BM für Atomfragen	Franz-Josef Strauß (CSU, 1955–1956)
1957 1958– 1960		BM für Atomenergie und Wasserwirtschaft	Siegfried Balke (CSU, 1956–1962)
1961 1962		BM für Atomenergie BM für wissenschaftliche Forschung	Hans Lenz (FDP, 1962–1965)
1963– 1964 1965			Gerhard Stoltenberg (CDU, 1965–1969)
1966– 1968 1969 1970– 1971	III	BM für Bildung und Wissenschaft	Hans Leussink (parteilos, 1969–1972)
1972 1973 1974	IV	BM für Bildung und Wissenschaft (BMBW), BM für Forschung und Technologie (BMFT)	BMBW: Klaus von Dohnanyi (SPD, 1972– 1974); BMFT: Horst Ehmke (SPD, 1972–1974)
1975– 1977 1978			BMBW: Helmut Rohde (SPD, 1974–1978) BMFT: Hans Matthöfer (SPD, 1974–1978)
1979 1980 1981			BMBW: Jürgen Schmude (SPD, 1978–1981) BMFT: Volker Hauff (SPD, 1978–1980)
			BMFT: Andreas von Bülow (SPD, 1980–1982) BMBW: Björn Engholm (SPD, 1981–1982)
1982 1983– 1986 1987 1988– 1989	V		BMBW: Dorothee Wilms (CDU, 1982–1987) BMFT: Heinz Riesenhuber (CDU, 1982–1993)
			BMBW: Jürgen Möllemann (FDP, 1987–1991)
1990 1991 1992 1993 1994 1995– 1997	VI	BM für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF)	BMBW: Rainer Ortleb (FDP, 1991–1994) BMFT: Matthias Wissmann (CDU, 1993) BMFT: Paul Krüger (CDU, 1993–1994) BMBW: Karl-Hans Laermann FDP, 1994) Jürgen Rüttgers (CDU, seit 1994)

Quelle: BMBF (1995a), Phaseneinteilung gemäß Tab. 13

Imitations- und Aufholphase (1955–1966)

In der zweiten Phase der F&T-Politik – der Phase der Imitation und des Aufholens zwischen 1955 und 1966 – war laut Bräunling und Harmsen (1975, S. 12–13) das primäre Ziel der deutschen F&T-Politik die schnellstmögliche Erreichung des Weltstandards. Aufgrund der schlechter werdenden Wettbewerbsposition, die anfangs noch durch eine Unterbewertung der DM aufgefangen wurde, war die Wirtschaft in der sog. *Imitations- und Aufholphase* zu stärkeren FuE-Aktivitäten gezwungen. So verdoppelten sich z. B. die FuE-Ausgaben der Wirtschaft zwischen 1955 und 1958 und versiebenfachten sich sogar bis 1965 (Bräunling und Harmsen 1975, S. 12). Parallel zur allgemeinen Ausdehnung der Produktionskapazitäten weitete sich auch die F&T-Förderung aus. Auch das Parlament befasste sich intensiver mit Forschung und Wissenschaft, wobei es vornehmlich um die Festlegung der Rolle des Bundes ging. Einerseits wurden neue Institutionen und Förderinstrumente eingerichtet, andererseits auch die Kompetenzen zwischen Bund und Ländern sowie zum Ausland neu geordnet:

- *Organisation und Instrumente*: Nach Abschluss des Deutschlandvertrages am 5. Mai 1955 durfte – so Fuchs (1992, S. 59–60) – Deutschland als Staat mit voller souveräner Macht wieder Rüstungs-, Atom-, Luft- und Raumfahrtforschung betreiben sowie die Datenverarbeitung fördern. Ebenfalls 1955 wurde das „Bundesministerium für Atomfragen“ gegründet, das 1962 in das „Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung“ umbenannt wurde. Ferner wurden zahlreiche *Großforschungseinrichtungen* aufgebaut, allein im Jahre 1956 mit dem Kernforschungszentrum Karlsruhe (KFK), der Kernforschungsanlage Jülich (KFA) und der Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt (GKSS) drei Einrichtungen. Außerdem wurden u. a. 1955 die Deutsche Atomkommission sowie 1957 der Wissenschaftsrat zur Forcierung der internationalen Kooperationen gegründet.

Bezüglich der Instrumente gab es nach Fuchs (1992, S. 61) eine neue Orientierung von der Globalförderung hin zur Förderung mit Schwerpunktprogrammen. Die Förderprogramme waren in erster Linie – am Vorbild der USA anknüpfend – auf die Kernenergie sowie die Luft- und Weltraumforschung ausgerichtet. Die industrielle Forschung wurde global gefördert, wobei die direkte Förderung industrieller FuE laut Bräunling und Harmsen (1975, S. 12–13) primär auf militärische Entwicklungen konzentriert war.

- *Kompetenzverteilung*: Bis zum Abschluss des „Verwaltungsabkommens zwischen Bund und Ländern zur Förderung von Wissenschaft und Forschung“ am 4. Juni 1964 lagen nach Fuchs (1992, S. 61) die Kompetenzen für F&T-Politik überwiegend bei den Ländern. Das Abkommen legte die Kompetenzen neu fest: Der Bund übernahm die Investitionskosten in neue Einrichtungen, während die Länder für die Folgekosten aufkommen muss-

ten. Ohne formal die Länderrechte einzuschränken, erweiterte der Bund seine Kompetenzen hinsichtlich der Koordination der F&T-Förderung und vergrößerte seinen Anteil an den Fördermitteln, da die Länder aufgrund der hohen Kosten z. B. für die Großforschungseinrichtungen weitere Zuschüsse vom Bund benötigten.

Insgesamt war die zweite Phase der F&T-Politik durch eine starke Orientierung an den von den USA vorgegeben Forschungsrichtungen geprägt. Das Aufholen und das Imitieren standen dabei im Vordergrund. Generell fristeten die F&T-Politik und die Wissenschaftspolitik ein Schattendasein. Wichtigere Politikbereiche waren z. B. die Wirtschafts-, Arbeits- und Sozialpolitik, während dem Hochschulauf- und -ausbau sowie der Forschungs- und Technologieförderung nur geringe Beachtung geschenkt wurde. Dies schlug sich in strukturellen Schwächen innerhalb der Forschungsinfrastruktur nieder und war auch einer der Auslöser für die Auswanderung von 4.000 Wissenschaftlern zwischen 1949 und 1966 in die USA (o.V. 1966, S. 30).

Die generelle Schwäche wurde in einem Bericht der DFG mit dem Titel „Stand und Rückstand der Deutschen Forschung“ aus dem Jahre 1964 zum Ausdruck gebracht: *„Unser internationales Ansehen wird auf vielen Gebieten der Forschung nur von Einzelleistungen getragen; die Breite fehlt“* (zitiert nach o.V. 1966, S. 41), und bezüglich der zahlreichen Ansprechpartner heißt es (o.V. 1966, S. 43): *„ein Labyrinth der Forschungsförderung ...: ein halbes Dutzend Bundesministerien, elf Bundesländer, Deutsche Forschungsgemeinschaft, Max-Planck-Gesellschaft, Stiftungen, Mäzene, Gemeinden, Lottoanstalten. 'In diesem sehr komplizierten System den Überblick zu behalten, ist schwer', gestand das Bonner Bulletin, 'zumal die verbrauchenden Stellen oft Gelder mehrerer Verteilstellen erhalten, die ihrerseits häufig aus mehreren Finanzquellen gespeist werden.'“* Man sah das Jahrzehnt nach 1955 teilweise auch als das *„Jahrzehnt der verpaßten Chancen“* (o.V. 1966, S. 42) an, denn es fehlte nicht an Geld, sondern an einer Forschungs-, Technologie- und Wissenschaftspolitik.

Nachhol- und Innovationsphase (1966–1972)

In der dritten Phase der F&T-Politik zwischen 1966 und 1972 war die deutsche F&T-Politik gemäß Bräunling und Harmsen (1975, S. 13–14) auf das *„Nachholen und Innovieren“* ausgerichtet. Infolge der Rezession 1966/67 gingen die industriellen FuE-Ausgaben zurück, so dass der Staat zusätzliche Anreize schaffen musste. Dabei wurde er auch von der OECD-Studie *„Gaps in Technology“* (OECD 1968) inspiriert, in welcher der technologische Rückstand Deutschlands bzw. Europas gegenüber den USA hervorgehoben wurde (ähnlich auch Majer 1973; ferner die populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen von Servan-Schreiber 1968; Blauhorn 1967 und 1970, Chorafas 1969). Die Expan-

sionsbestrebungen zur Förderung von F&T ließen neue Organisationen entstehen, während bei den Instrumenten die Förderung von Schlüsseltechnologien ausgebaut wurde. Die Kompetenzen bezüglich der F&T-Politik verlagerten sich zunehmend zum Bund.

- *Organisation und Instrumente:* Die technologische Lücke zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den USA begründete z. B. Hirsch (1973, S. 102–103) mit der geringen F&T-Förderung in Deutschland. Die Folge war eine Zunahme an Organisationen und an Instrumenten mit Ausrichtung auf die Datenverarbeitung (DV) und Weltraumforschung. Gegründet wurden u. a. 1968 die Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) und 1969 die Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR). Für die F&T-Förderung des Bundes war ab 1969 das Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft (BMBW) zuständig, das aus dem Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung hervorging.

Im Zuge der Ausdehnung der institutionellen Förderung – auch auf die Fraunhofer-Institute – nahmen die Förderung der industriellen Forschung und vor allem die Programmförderung zu. Zu den Programmen zählten u. a. das erste und zweite Datenverarbeitungs-Förderprogramm (DV-Förderprogramme 1967–1970 bzw. 1971–1975) sowie das dritte Atomprogramm (1968–1972), das Weltraumprogramm der Bundesrepublik Deutschland (1969–1973) sowie verschiedene Programme zu anderen Technologien.

- *Kompetenzverteilung:* Mit der großen Finanzreform im Jahre 1969 wuchsen nach Hirsch (1973, S. 144) die Kompetenzen des Bundes, der die Zuständigkeit für den Aus- und Neubau von Hochschulen sowie die Förderung der wissenschaftlichen Forschung mit überregionaler Bedeutung erhielt. Als Planungs- und Vorschlagsinstanz wurde 1971 von Bund und Ländern die „*Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung*“ eingesetzt. Aufgrund der Ausdehnung der Förderprogramme, der Konkurrenz der Länder untereinander und der Aufgabenerweiterung nahm der Kompetenzumfang des BMBW deutlich zu.

Die dritte Phase der F&T-Politik, die sog. Nachhol- und Innovationsphase, verzeichnete schwerpunktmäßig zwei Entwicklungen: Zum einen kam es zu einer Ausweitung der Förderung auf neue Schlüsseltechnologien, speziell auf die elektronische Datenverarbeitung. Zum anderen nahmen die Kompetenzen und die Aufgaben des Bundes zu. Geprägt waren die inhaltlichen Schwerpunkte von einer am Vorbild USA orientierten Imitationsstrategie, die sich sowohl in den Förderbereichen als auch in den Förderprogrammen widerspiegelte. Ziel war die schnellstmögliche Schließung der technologischen Lücken, d. h. das Aufholen des technologischen Rückstands.

Effizienzsteigerungsphase (1972–1982)

Die vierte Phase der F&T-Politik zwischen Ende 1972 und 1982 war nach Fuchs (1992, S. 68–85; auch Bräunling und Harmsen 1975, S. 14–15) in erster Linie von einer Strategie der *Effizienzsteigerung* und Modernisierung geprägt. Die steigende Politisierung und Bedeutung der F&T-Politik wurde u. a. durch die Abnahme der Wachstumsraten des Bruttosozialproduktes, die strukturellen Schwächen der Wirtschaft und durch die Ölschocks von 1973 und 1979 verstärkt. Die F&T-Politik wurde insbesondere in den 1970er Jahren von der sozial-liberalen Koalition als Strukturpolitik (Näheres bei Ronge 1977) verstanden – u. a. auch von den zwei Forschungsministern Matthöfer (1976) und Hauff (Hauff und Scharpf 1975). Dieses neue Verständnis schlug sich auch in der Organisation nieder, z. B. 1972 mit der Schaffung des *Bundesministeriums für Forschung und Technologie* (BMFT) als eigenständiges Ministerium, in neuen Förderprogrammen, z. B. im Programm Humanisierung des Arbeitslebens ab 1974, in der starken Ausrichtung auf die direkte Projektförderung sowie in der großen Macht des neuen Ministeriums.

- *Organisation und Instrumente*: Eine bedeutende neue Organisation entstand 1972 mit der Gründung des BMFT. Das BMFT erhielt die Zuständigkeit für die Förderung aller Technologien sowie für die Koordination der Forschungseinrichtungen. Das BMBW konzentrierte sich nach Fuchs (1992, S. 75–76) fortan auf die Bereiche Erziehung und Universitäten i.e.S. und war zusätzlich auch für die Berufsausbildung und Ausbildungsförderung verantwortlich. Neben der neuen organisatorischen Schwerpunktsetzung nahm die Förderung insgesamt stark zu, allein die des BMFT vom ersten Etat 1972 bis 1980 um mehr als das 2,2-fache.
- Bedingt durch die neue Orientierung an strukturpolitischen Zielsetzungen innerhalb der F&T-Politik stieg die direkte Projektförderung der Wirtschaft an, und zwar nahm der Anteil der direkten Projektförderung am gesamten Fördervolumen von 77 % in 1972 bis auf 90 % in den Jahren 1976 und 1978 zu; danach sank er wieder auf Werte aus 1972 (Zahlen aus Gruhler 1981, S. 26–27). Inhaltliche Schwerpunkte wurden mit der Erweiterung der Programmforschung gesetzt, u. a. auf die Nahverkehrsforschung (1974–1978), Technologien für Transport- und Verkehrssysteme (1975–1979), Meeresforschung und Meerestechnik (1976–1979) sowie Rohstoffforschung (1976–1979). Intensiviert wurde gemäß Fuchs (1992, S. 79) neben der Förderung von Technologien auch die Beratung, z. B. mit der Einsetzung der Kommission für wirtschaftlichen und sozialen Wandel, mit Bürgerdialogen sowie mit Pilotprojekten als Instrument zum Test von sog. „akzeptanzsensiblen“ technischen Systemen.
- *Kompetenzverteilung*: Die vierte Phase der F&T-Politik brachte eine stetig zunehmende Kompetenzerweiterung des BMFT. Nicht nur die Anzahl der

Förderprogramme nahm stark zu, sondern auch der Anteil des BMFT an den gesamten FuE-Ausgaben des Staates betrug seit 1974 stets mehr als 50 % (Zahlen aus BMFT 1979, S. 394, BMFT 1984, S. 348–349). Das BMFT war weitgehend eigenständig und unabhängig in seiner Gestaltung. Das Parlament beispielsweise hatte laut Fuchs (1992, S. 74) kaum Einflussmöglichkeiten und konzentrierte sich i.d.R. auf die jährliche Haushaltsdebatte. Initiativen des Parlaments zur Einrichtung einer Institution zur Technikfolgenabschätzung waren zwar erfolglos, aber die Debatten zum Thema F&T-Politik nahmen insgesamt im Bundestag zu (thematische Übersicht bei Fuchs 1992, S. 74–75).

Die vierte Phase war insgesamt geprägt durch die Neuorientierung und Intensivierung der F&T-Politik. Anfang der 1970er Jahre wurde die F&T-Politik als antizipative Strukturpolitik verstanden, d. h., die Politiker versuchten, gezielt die Entwicklung der Wirtschaftsstruktur zu gestalten. So äußerte sich 1979 der damalige Finanz- und ehemalige Forschungsminister (1974–1978) Hans Matthöfer (FAZ 1978, S. 9): *„Ich will Investitionslenkung betreiben. Diesen Vorwurf nehme ich gerne auf mich.“* Zudem traue er *„sich zu, die notwendigen Strukturen zu kennen, die die Bundesrepublik braucht, um international wettbewerbsfähig zu bleiben.“* Die Ansprüche eines gestaltenden und koordinierenden BMFT gelang laut Fuchs (1992, S. 83) nicht, da die Ressortegoismen der einzelnen Bundesministerien zu stark waren und eine Abstimmung der Maßnahmen allein im Kabinett schon nicht möglich war. Die eigenen Ansprüche der Regierung an eine aktive, lenkende F&T-Politik wurden aufgrund dieser Schwierigkeiten zurückgeschraubt und die direkte Projektförderung Ende der 1980er Jahre wieder deutlich reduziert.

Konservative Modernisierungsphase (1982–1990)

Die fünfte Phase der F&T-Politik, die sog. *konservative Modernisierungsphase* – begann laut Fuchs (1992, S. 85–97) Ende 1982 mit der Übernahme der Regierung durch die christlich-liberale Koalition und dauerte bis zur deutschen Wiedervereinigung am 3. Oktober 1990. Die neue Regierung strebte eine Neuorientierung der F&T-Politik im Sinne einer *„ordnungspolitischen Wende“* an, um die Marktkräfte anstelle staatlicher Regulierung zu stärken, so Fuhrmann und Väh (1990, S. 622). Die F&T-Politik war damit wie auch die allgemeine Wirtschaftspolitik durch eine Politik eher neoklassischer anstelle keynesianischer Prägung bestimmt. Dies schlug sich hinsichtlich der Organisation im Verzicht auf eine aktive „Steuerung“ sowie bei den Instrumenten mit der stärkeren Gewichtung indirekter Maßnahmen nieder. Die Zuständigkeit für die F&T-Politik und die diesbezügliche Kompetenz lagen weiterhin schwerpunktmäßig beim BMFT.

- *Organisation und Instrumente*: Im Vordergrund der F&T-Politik nach dem Regierungswechsel sollte die Zurückhaltung des Staates gegenüber der Forschung und Entwicklung und der Wirtschaft im Sinne der *Subsidiarität* stehen (BMFT 1984, S. 13). Bei der Organisation der F&T-Politik veränderte sich kaum etwas. Aufgrund der verstärkten Förderung der militärischen Forschung infolge des NATO-Doppelbeschlusses erhöhte sich auch der Einfluss des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg).

Die Kernenergieförderung wurde nach Fuchs (1992, S. 93) zwischen 1982 und 1990 halbiert, während vor allem der Luft- und Raumfahrttechnik sowie der militärische FuE höhere Mittel zugeteilt wurden. Neben dieser Schwerpunktsetzung nahm bei den Instrumenten zunächst, d. h. etwa bis Mitte der 1980er Jahre, die indirekte Förderung im Vergleich zur direkten Förderung deutlich zu. Ursache war u. a. die Einführung der indirekt-spezifischen Förderung – ein Instrument zur Förderung von Schlüsseltechnologien bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) durch Projektförderung. Ab Mitte der 1980er Jahre erreichte die direkte Projektförderung dann aber wieder das Gewicht wie zu Ende der sozial-liberalen Koalition, gleichwohl mit einem bedeutenden Unterschied: Die *Verbundforschung*, bei der die Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft verbindlich ist, hatte nun einen großen Anteil an der direkten Projektförderung. Insgesamt stand der Technologietransfer im Mittelpunkt, u. a. auch mit der Schaffung neuer Einrichtungen wie z. B. Technologieparks, Technologiezentren oder Technologietransferstellen. Die Forschungsausgaben haben sich nur wenig erhöht, während die Subventionen alter, nicht mehr wettbewerbsfähiger Wirtschaftszweige deutlich zunahmen (Subventionsbericht der Bundesregierung in Bundesrat 1995).

- *Kompetenzverteilung*: In den 1980er Jahren war weiterhin das BMFT die Institution mit der größten Kompetenz und Zuständigkeit bezüglich der F&T-Förderung, obwohl die Bedeutung des BMFT ab der zweiten Hälfte des Jahrzehnts abnahm. Gleichmaßen stieg die F&T-Förderung durch das BMVg sowie durch die Länder an. Ferner übernahm auch das 1986 neu gegründete Bundesumweltministerium einige wenige Zuständigkeiten des BMFT. Neben der Aufgabenausdehnung durch die Länder verstärkte sich auch die Rolle der Europäischen Union mit den ersten zwei Rahmenprogrammen, dem ersten von 1984–1987 und dem zweiten von 1987 bis 1991 (Abschnitt D.III.).

Insgesamt war die fünfte Phase durch eine Neuorientierung gegenüber der F&T-Politik der sozial-liberalen Koalition geprägt. Es hatten sich einige neue Schwerpunkte herausgebildet, so etwa die verstärkte Förderung der Wehrtechnik und Wehrforschung anstelle ziviler Technologien. Der Bund erhöhte aber seine F&T-Förderung – insbesondere die des BMFT – nur relativ schwach, konzentrierte sich verstärkt auf die Förderung der Grundlagenforschung und re-

duzierte dafür die Zuwendungen an die Wirtschaft (Zahlen in Abschnitt C.III.2.a)).

Aufbau-Ost-Phase (seit 1990)

Mit der Wiedervereinigung am 3. Oktober 1990 hat die sechste Phase der deutschen F&T-Politik, die sog. *Aufbau-Ost-Phase*, begonnen. In erster Linie stehen seitdem in der F&T-Politik der Aufbau der Forschungsinfrastruktur in den fünf neuen Bundesländern im Vordergrund, so BMBF (1996a, S. 9). Es wurden in Ostdeutschland zunächst einige Forschungseinrichtungen neu gegründet und bereits bestehende Institutionen in die Forschungsinfrastruktur integriert. Bei der Förderung für die ostdeutsche Wirtschaft setzt man verstärkt die indirekte Förderung ein. Die Kompetenz und Zuständigkeit liegen weiterhin schwerpunktmäßig beim BMFT bzw. BMBF, wobei die Länder u. a. auch aufgrund der höheren Anzahl an Einfluss gewinnen.

- *Organisation und Instrumente*: In dieser sechsten Phase sind zum einen zahlreiche Institutionen in den neuen Bundesländern neu geschaffen bzw. existierende in die bestehende Forschungsinfrastruktur integriert worden. Zur Förderung der Innovationsfähigkeit der ostdeutschen Wirtschaft setzt man verschiedene indirekte Instrumente ein. Im Zuge des Auf- und Ausbaus der Forschung in den neuen Ländern wurden zahlreiche neue Forschungseinrichtungen gegründet, allein bis Anfang 1992 über 100 (Zahl aus BMFT 1993a, S. 9) und bis 1996 insgesamt über 140 außeruniversitäre Einrichtungen (Zahl aus BMBF 1996a, S. 9). Über 50 Universitäten, Hochschulen, Fachhochschulen befanden sich 1996 auf dem Gebiet Ostdeutschlands. Nach der Bundestagswahl 1994 verschmolzen das BMBW und das BMFT zum *Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF)*. Als neues Beratungsgremium wurde 1995 vom Bundeskanzler der „*Rat für Forschung, Technologie und Innovation*“ mit Mitgliedern aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gewerkschaften berufen.

Bei den Instrumenten werden zwei Schwerpunkte gesetzt: Zum einen werden die Forschungseinrichtungen in Ostdeutschland mit der direkten institutionellen Förderung unterstützt. Zum anderen verliert die direkte Projektförderung insgesamt an Gewicht, während die indirekte Förderung deutlich ansteigt (Abschnitt C.III.2.d)). Bei den geförderten Technologien nimmt die Förderung der Luftfahrtforschung deutlich ab und die der Biotechnologie sowie Umwelt- und Klimaforschung stark zu (Abschnitt C.III.2.c)).

- *Kompetenzverteilung*: Mit der Gründung des BMBF 1994 wurden die Kompetenzen des Bundes zu den zukunftsweisenden Bereichen Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie wieder in einem Ministerium vereinigt, nachdem sie seit 1972 zwei einzelnen Ministerien zugewiesen waren. Dieses Ministerium – aufgrund seiner zukunftsorientierten Aufgaben

auch im Volksmund als „Zukunftsministerium“ bezeichnet (vgl. stellvertretend z. B. Manager Magazin 1995) – hat zwar weiterhin die zentrale Kompetenz auf Bundesebene für F&T-politische Fragen, aber durch die Erweiterung auf 16 Bundesländer hat sich die gesamtwirtschaftliche Kompetenz etwas in Richtung der Länder verschoben. Dies wurde u. a. 1996 in der Diskussion um die Schaffung eines Multimedia-Gesetzes deutlich. Die Länder verwiesen auf ihre Hoheit in Fragen des Rundfunks und wollten für Teile der Multimedia-Dienste das Rundfunkgesetz anwenden, während der Bund sich die Zuständigkeit für die Multimedia-Dienste sichern wollte (Abschnitt C.III.2.g)). Ferner erweiterte auch die Europäische Union kontinuierlich ihre Maßnahmen und stellte mit dem Vierten Rahmenprogramm (1994–1998) für die F&T-Förderung ein Budget von 24,6 Mrd. DM bereit (Zahl aus BMFT 1994a, S. 18; auch Abschnitt D.III.). Das entspricht etwa einer Verdoppelung gegenüber dem dritten Rahmenprogramm (1990–1994) und liegt in der Summe über den jährlichen FuE-Ausgaben des Bundes.

Insgesamt ist die sechste Phase der F&T-Politik des Bundes vor allem vom Ausbau der Forschungsinfrastruktur in den neuen Bundesländern geprägt. Bei den Forschungs- bzw. Wissenschaftsausgaben nimmt der Anteil der Bundesländer deutlich zu, während die Ausgaben des Bundes im geringeren Maße wachsen (Näheres in Abschnitt C.III.1.a), Abb. 20).

III. Die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands in den 1980er und 1990er Jahren

Die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands hatte in den 1980er Jahren eine deutliche Aufwertung erfahren und ist seit 1990 von der Wiedervereinigung gekennzeichnet. Das BMBF stellt z. B. jährlich ca. 3 Mrd. DM für die F&T-Förderung in den neuen Bundesländern zur Verfügung. Das nationale Innovationssystem (NIS) ist gegenwärtig durch verschiedene Institutionen bzw. Akteure geprägt, welche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten finanzieren und durchführen. In den Mittelpunkt wird im Folgenden der Staat gerückt (Gedankenflussplan in Abb. 17):

- Das deutsche NIS, das im Folgenden näher betrachtet wird, prägt zum einen das BMBF als Hauptakteur der staatlichen F&T-Politik. Zum anderen sind von Relevanz die Hochschulen, die außeruniversitären Forschungsrichtungen sowie die Wirtschaft, die den Großteil der Finanzierung und Durchführung von FuE in Deutschland übernehmen (Abschnitt C.III.1.).
- Seit 1982 hat sich die F&T-Politik mit der damals neuen Regierung gewandelt (Abschnitt C.III.2.). Dieser Wandel dokumentiert sich bei der FuE-Finanzierung und -Durchführung (Abschnitt C.III.2.a)) sowie auch bei den Leitlinien, Schwerpunkten und Aufgabenbereichen (Abschnitt C.III.2.b)).

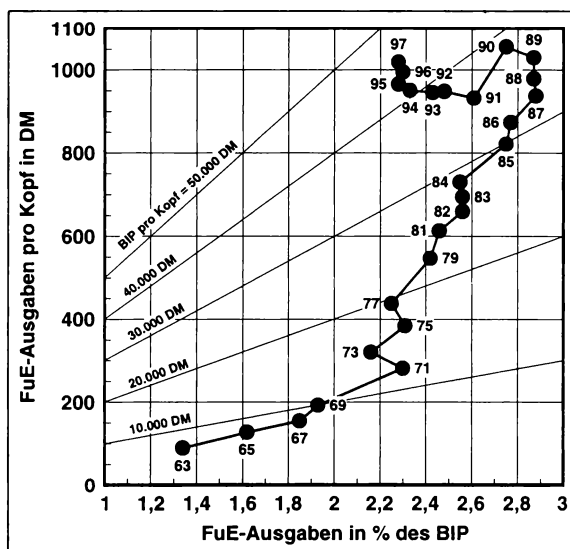


Abbildung 17: Gedankenflussplan von Abschnitt C.III.

- Die Ausprägung der F&T-Politik charakterisieren die gesetzten Förderschwerpunkte (Abschnitt C.III.2.c)), die Art der Fördermaßnahmen (Abschnitt C.III.2.d)), die Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen (Abschnitt C.III.2.e)), die der neuen Bundesländer (Abschnitt C.III.2.f)) sowie die Gestaltung der forschungsrelevanten Rahmenbedingungen (Abschnitt C.III.2.g)).

Die gesamten FuE-Ausgaben haben sich in Deutschland nach dem Krieg insgesamt deutlich erhöht, sowohl absolut als auch bezogen auf die Bevölkerung und auf das Bruttoinlandsprodukt (Abb. 18).

Die FuE-Ausgaben stiegen von 5,1 Mrd. DM in 1963 auf geschätzte 82,8 Mrd. DM in 1997 (BMBF 1998a, S. 372–373). Dabei erhöhten sich auch die FuE-Ausgaben pro Kopf von 89 DM in 1963 auf 1.018 DM in 1997, wobei 1990 mit 1.055 DM das bisherige Maximum erreicht wurde. Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) nahm im gleichen Zeitraum von 382 Mrd. DM auf 3.662 Mrd. DM zu, das BIP pro Kopf von 6.663 DM auf 44.661 DM. Das Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP erhöhte sich von 1,34 % des BIP in 1963 kontinuierlich auf ein Maximum von 2,88 % in 1987 und fiel seitdem auf 2,27 % in 1997 zurück.



Ist-Werte bis 1995, Werte für 1996 und 1997 geschätzt. Ab 1991 Ergebnisse für Gesamtdeutschland, vorher nur Westdeutschland. An den Stützlinien ist das BIP pro Kopf ablesbar.

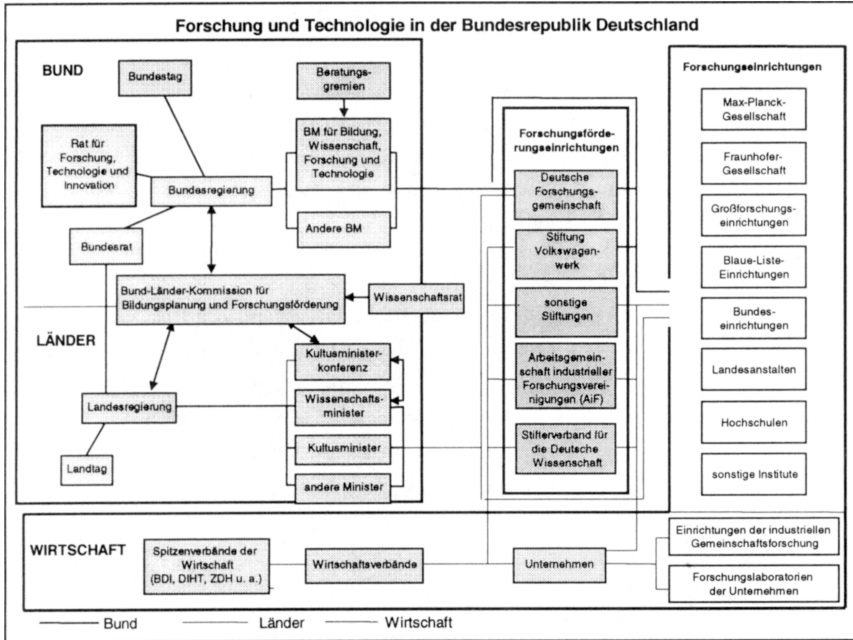
Quelle: BMFT (1993a, S. 549), BMBF (1996a, S. 532), BMBF (1998a, S. 373), eigene Berechnungen

Abbildung 18: Entwicklung der gesamten FuE-Ausgaben pro Kopf zu den FuE-Ausgaben in % des BIP der Bundesrepublik Deutschland seit 1963

1. Akteure im nationalen Innovationssystem Deutschlands

Zahlreiche Institutionen des Staates, der Wirtschaft und der Wissenschaft sind Teil des nationalen Innovationssystem Deutschlands. Ihre jeweiligen Aufgaben unterscheiden sich sowohl bezüglich der Finanzierung von Forschung

und Entwicklung (FuE) als auch bezüglich deren Durchführung (Übersicht über die Institutionen und ihre Beziehungen in Abb. 19):



BM: Bundesministerium; BDI: Bundesverband der Deutschen Industrie; DIHT: Deutscher Industrie- und Handelstag; ZDH: Zentralverband des Deutschen Handwerks

Quelle: Darstellung in Anlehnung BMBW (1972, S. 20–21); eigene Aktualisierung

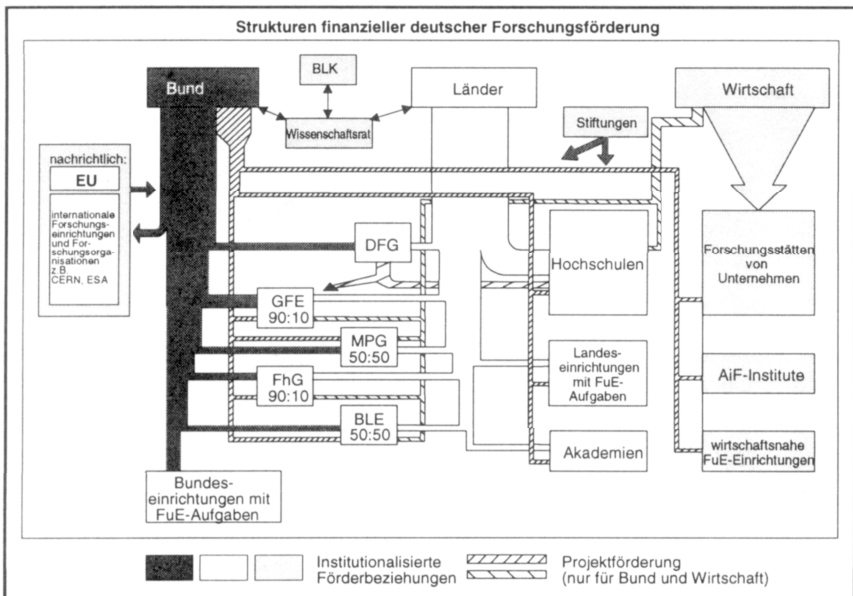
Abbildung 19: Das nationale Innovationssystem Deutschlands

- Auf der Ebene des *Staates* – d. h. die Gebietskörperschaften mit Bund, Ländern und Gemeinden – fördern die *Ministerien von Bund und Ländern* die FuE-Aktivitäten (Abschnitt C.III.1.a)). Die zentrale Rolle bezüglich der F&T-Politik übernimmt dabei das BMBF. Unterstützt werden die einzelnen Ministerien von zahlreichen Beratungsgremien, z. B. dem Rat für Forschung, Technologie und Innovation, und Organen, die auf die gegenseitige Abstimmung und Koordination der F&T-Förderprogramme ausgerichtet sind, z. B. die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung.
- Die *Forschungsförderungseinrichtungen*, z. B. die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) werden meist vom Staat finanziert und genießen bei der inhaltlichen Gestaltung weitgehende Freiheit (Abschnitt C.III.1.b)).
- Bei den *Forschungseinrichtungen* gibt es neben den Hochschulen zahlreiche außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, z. B. die 16 Großforschungseinrichtungen, die Institute der Max-Planck-Gesellschaft und die Institute der

Fraunhofer-Gesellschaft für angewandte Forschung (Abschnitt C.III.1.c)). Bund und Länder finanzieren überwiegend diese Einrichtungen.

- Zur *Wirtschaft* gehören alle Unternehmen, Institutionen für industrielle Gemeinschaftsforschung (IfG) und experimentelle Entwicklung sowie private Institutionen ohne Erwerbszweck, die überwiegend von der Wirtschaft finanziert werden bzw. vornehmlich Dienstleistungen für Unternehmen erbringen. Die Wirtschaft finanziert den Großteil der FuE-Aktivitäten in Deutschland (Abschnitt C.III.1.d)). Unternehmen forschen und entwickeln in ihren eigenen Laboratorien und in den IfG. Als Vertreter für ihre Interessen haben die Unternehmen zahlreiche Verbände gegründet, insbesondere Industrieverbände, z. B. den Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) und den Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI). Über die Verbände nehmen sie Stellung zur und Einfluss auf die F&T-Politik.

Forschung betreibt und finanziert in Deutschland zum Großteil die Wirtschaft, während Bund und Länder vor allem die zahlreichen staatlichen Forschungseinrichtungen und die Hochschulen finanzieren. Zwischen den fördernden und den geförderten Einrichtungen umfassende Verbindungen (Abb. 20).



AiF: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen; BLE: Blaue-Liste-Einrichtungen; BLK: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung; CERN: Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire; DFG: Deutsche Forschungsgemeinschaft; ESA: European Space Agency; FhG: Fraunhofer-Gesellschaft; GFE: Großforschungseinrichtungen; MPG: Max-Planck-Gesellschaft
 Quelle: BMBF (1996a, S. 23)

Abbildung 20: Strukturen finanzieller deutscher Forschungsförderung als vereinfachtes Schema

a) *Ministerien von Bund und Ländern und ihre Gremien*

Die Förderung von Forschung und Technologie wird von seiten des *Staates* – d. h. Bund, Länder und Gemeinden – in erster Linie von den *Ministerien des Bundes und der Länder* bestimmt; die Gemeinden haben eher eine geringe Bedeutung. Die *Wissenschaftsausgaben* von Bund und Ländern haben sich in den 1990er Jahren unterschiedlich entwickelt, die des Bundes stagnierten, während die Länder ihre Ausgaben weiter erhöhten. Verschiedene *Gremien* auf Bundes- und Landesebene beraten die Ministerien, sie dienen der Abstimmung und Kooperation der einzelnen fördernden und geförderten Einrichtungen.

Bundesministerien und Bundesländer

Auf der Ebene des *Bundes* sind drei Ministerien federführend hinsichtlich der finanziellen F&T-Förderung. Das *Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie* (BMBF), das *Bundesministerium für Wirtschaft* (BMWi) und das *Bundesministerium der Verteidigung* (BMVg) hatten 1996 einen Anteil von mehr als 85 % an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes von 16,7 Mrd. DM. Sie bestimmen daher auch maßgeblich die F&T-Förderung in Deutschland. Sie werden von verschiedenen Gremien bei der inhaltlichen Gestaltung der Fördermaßnahmen beraten (Übersicht in BMBF 1998a, S. 18–19).

- Das *BMBF* ist 1994 aus dem Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft (BMBW) und dem Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) hervorgegangen und hat zwei Hauptaufgabenbereiche. Zum einen ist das BMBF für die Bildungs- und Wissenschaftspolitik zuständig. Dazu zählen u. a. das „duale Ausbildungssystem“, die Ausbildungsförderung sowie insbesondere die Finanzierung des Hochschulbaus. Zum anderen ist das BMBF für die F&T-Politik des Bundes verantwortlich und hat weitreichende Kompetenzen bezüglich der F&T-Förderung. Mit 10,9 Mrd. DM hatte das BMBF 1996 einen Anteil von 64,6 % an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes.
- Das *Bundesministerium für Wirtschaft* (BMWi) hatte 1996 mit 1,0 Mrd. DM FuE-Ausgaben einen Anteil von 6,0 % an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes. Verantwortlich ist das BMWi vor allem für die Förderung der Wirtschaft mit Programmen, die auf die Verbesserung der unternehmerischen Innovationsleistung zielen, z. B. Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und FuE-Personalförderung Ost (BMBF 1998a, S. 52).
- Für die Förderung militärischer F&T ist das *Bundesministerium der Verteidigung* (BMVg) zuständig. Das BMVg hatte 1996 mit 2,9 Mrd. DM einen Anteil von 17,5 % an den FuE-Ausgaben des Bundes.

Neben den Bundesministerien fördern Forschung und Wissenschaft außerdem die Regierungen der 16 *Bundesländer*. Aufgrund der Länderhoheit in der Bildungspolitik sind die Länderregierungen – insbesondere die Wirtschafts- und Kultusministerien – für die Hochschulfinanzierung zuständig. Ferner unterstützen diese mit vielfältigen Förderprogrammen u. a. die angewandte Forschung, Innovationsaktivitäten der Wirtschaft und die Gründung technologieorientierter Unternehmen. Diese Programme ergänzen im Allgemeinen die Förderprogramme des Bundes, da sie landestypische Schwerpunkte setzen.

Die Bedeutung der F&T-Politik zeigt sich u. a. an der Höhe der Ausgaben. Da für die Bundesländer die Mittel für die F&T-Politik im Allgemeinen in den amtlichen Statistiken nicht ausgewiesen werden, werden hier die *Wissenschaftsausgaben* verwendet (Übersicht 3). Die FuE-Ausgaben des Bundes betragen in etwa 80 % der Wissenschaftsausgaben des Bundes. So lagen die Wissenschaftsausgaben 1997 bei 20,1 Mrd. DM und die FuE-Ausgaben bei 16,3 Mrd. DM, d. h. bei 81,1 % der Wissenschaftsausgaben (BMBF 1998a, S. 11, 370). Die Wissenschaftsausgaben der Bundesländer lagen 1997 bei 34,2 Mrd. DM und die FuE-Ausgaben bei 15,2 Mrd. DM, d. h. bei 44,4 % der Wissenschaftsausgaben. Den Großteil der Wissenschaftsausgaben verwenden die Bundesländer für die Grundfinanzierung sowie die Finanzierung der Lehre an den Hochschulen und Hochschulkliniken.

Verwendung und Entstehung von Wissenschaftsausgaben

FuE-Ausgaben bilden einen Teil der Wissenschaftsausgaben des Bundes und der Länder. Wissenschaftsausgaben umfassen – neben den Ausgaben für Forschung und Entwicklung – Ausgaben für wissenschaftliche Lehre und Ausbildung sowie für sonstige verwandte wissenschaftliche und technologische Tätigkeiten. Wegen der engen Verflechtung von Forschung und Lehre an Hochschulen können Ausgaben für FuE nicht direkt den Haushaltsplanungen der Länder entnommen werden. Vielmehr werden sie mit Hilfe von FuE-Koeffizienten geschätzt, die den Anteil von FuE an den gesamten Hochschulaufgaben darstellen sollen.

Verwendungsrechnung von Wissenschaftsausgaben

Wissenschaftsausgaben

- Ausgaben für wissenschaftliche Lehre und Ausbildung, sonstige wissenschaftliche und technologische Tätigkeiten
- = *Ausgaben für FuE*
- Ausgaben für anwendungsorientierte Forschung
- = *Ausgaben für Grundlagenforschung*

Entstehungsrechnung von Wissenschaftsausgaben

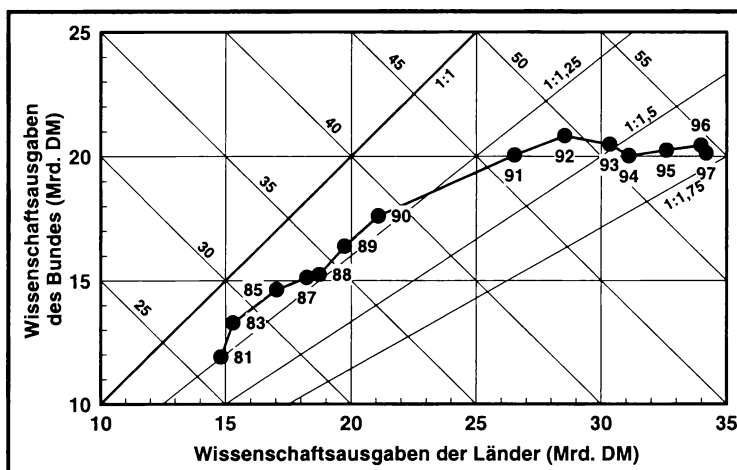
Wissenschaftsausgaben

- +/- Zahlungen an bzw. von anderen öffentlichen Einrichtungen für Wissenschaft
- = *Nettoausgaben für Wissenschaft*
- unmittelbar erwirtschaftete Einnahmen
- = *Grundmittel für Wissenschaft*

Quelle: Müller-Merbach et al. (1995, S. 171).

**Übersicht 3: Struktur der staatlichen Wissenschaftsausgaben
und der staatlichen FuE-Ausgaben**

Die gesamten Wissenschaftsausgaben Deutschlands (Gebietskörperschaften und wissenschaftliche Organisationen ohne Erwerbszweck) haben sich von 27,4 Mrd. DM in 1981 auf 56,6 Mrd. DM in 1995 mehr als verdoppelt (BMBF 1998a, S. 374). Dabei haben sich die Ausgaben des Bundes im Vergleich zu denen der Länder seit der Wiedervereinigung im Jahre 1990 deutlich geringfügiger erhöht (Abb. 21).



Die Werte sind Ist-Zahlen für den Bund bis 1996 und für die Länder bis 1995, danach vorläufige, geschätzte bzw. Soll-Zahlen. Die Stützl意思 (NW-SO) geben die Summe der Wissenschaftsförderung an, die Ursprungsgeraden das Verhältnis von Wissenschaftsförderung des Bundes zur Wissenschaftsförderung der Länder. Nicht aufgeführt sind Wissenschaftsausgaben von Gemeinden und wissenschaftlichen Organisationen ohne Erwerbszweck, deren Anteil an den Gesamtausgaben unter 5 % liegt.

Zahlenquelle: BMBF (1998a, S. 374); BMBF (1996a, S. 534)

Abbildung 21: Wissenschaftsausgaben (Grundmittel) von Bund und Ländern seit 1981

Die Wissenschaftsausgaben des Bundes und der Länder sind jeweils stark angestiegen, während in Relation zueinander in den 1990er Jahren die Länder an Bedeutung gewinnen:

- Die Wissenschaftsausgaben des *Bundes* erhöhten sich von 11,9 Mrd. DM in 1981 um 69 % auf 20,1 Mrd. DM in 1997. Bedingt durch die „*Hochschulsonderprogramme (HSP) I und HSP II*“ stiegen die Ausgaben in 1989 um 7,1 % und in 1990 um 7,4 % sowie infolge der Wiedervereinigung in 1991 um weitere 13,9 % – u. a. durch das Hochschulerneuerungsprogramm für die neuen Länder – überdurchschnittlich stark in drei aufeinanderfolgenden Jahren an. Die Wissenschaftsausgaben des Bundes haben sich zwischen 1991 und 1997 nicht erhöht und lagen bei 20,1 Mrd. DM.
- Die *Bundesländer* erhöhten ihre Wissenschaftsausgaben zwischen 1981 und 1997 von 14,8 Mrd. DM auf 34,2 Mrd. DM, eine Zunahme auf das 2,3-fache. Die sprunghafte Steigerung um 25,8 % von 21,1 Mrd. DM in 1990

auf 26,5 Mrd. DM in 1991 resultierte aus dem Hinzukommen der fünf neuen Länder. Seit 1991 haben die alten Bundesländer ihre Ausgaben auf 34,2 Mrd. DM in 1997 erhöht; eine Steigerung um 28,9 %. Die neuen Länder verzeichneten im gleichen Zeitraum einen Zuwachs von 3,3 Mrd. DM auf 5,9 Mrd. DM, d. h. auf das 1,8-fache.

- Das *Verhältnis* von Wissenschaftsausgaben des Bundes zu den Wissenschaftsausgaben der Bundesländer hat sich seit der Wiedervereinigung von unter 1:1,25 in den Jahren 1981 bis 1990 auf 1:1,7 in 1997 verschoben. Die Ursache liegt in der geringen Zunahme der Wissenschaftsausgaben des Bundes und den hinzugekommenen Ausgaben der fünf neuen Bundesländer. Der Anteil des Bundes an den gesamten Wissenschaftsausgaben reduzierte sich daher auch von 43,5 % in 1981 auf 35,6 % in 1997, während der Anteil der Länder im gleichen Zeitraum von 54,2 % auf 60,4 % anstieg. Der Anteil der „Sonstigen“ lag 1981 bei 2,3 % und 1997 bei 4,0 %.

Gremien, Räte und Kommissionen

Bei den Zuständigkeiten für die F&T-Politik gibt es zwischen den einzelnen Bundesministerien sowie zwischen Bund und Ländern vielfältige Überschneidungen bei den Förderprogrammen. Zur *Koordination* der Fördermaßnahmen untereinander sowie zur *Beratung* gibt es sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene verschiedene *Räte*, *Gremien* und *Kommissionen*:

- Auf *Bundesebene* gibt es für die Abstimmung und Beratung eine Vielzahl an Beratungsgremien. So wird die Bundesregierung von dem 1995 gegründeten *Rat für Forschung, Technologie und Innovation* (FTI-Rat) beraten, der 17 ständige Mitglieder aus Wissenschaft (5 Mitglieder), Wirtschaft (7), Gewerkschaften (2) und Politik (3) hat und beim Bundeskanzler angesiedelt ist. Der FTI-Rat löste den 1993 in ähnlicher Form eingesetzten „Strategiekreis Forschung und Technologie“ (Bericht aus dem Jahr 1994) ab und beschäftigte sich zunächst mit der Informations- und Kommunikationstechnologie (BMBF 1995b), anschließend mit der Biotechnologie (BMBF 1997a) und zuletzt mit „Kompetenz im globalen Wettbewerb“ (BMBF 1998b). Der FTI-Rat hat die Aufgabe, sich über den Technologiebereich ein Bild zu verschaffen, Anstöße zu einer breiten Zukunftsdebatte zu geben, zur Aufgeschlossenheit für die Technik beizutragen und konkrete Empfehlungen zu erarbeiten (BMBF 1996a, S. 27). Ferner gibt es zahlreiche *Beratungsgremien der einzelnen Ministerien* – beispielsweise hatte das BMFT 1994 auf oberster Ebene 28 Ausschüsse mit 290 Mitgliedern zu Rate gezogen (Zahlen vom Bund der Steuerzahler 1994, S. 34). Nach Stucke (1993, S. 95) gab es z. B. 1985 insgesamt 36 Sachverständigenkreise, 8 Ad-hoc-Ausschüsse, 18 Gutachterausschüsse und 2 Gesprächskreise beim BMFT. Das *Büro für Technikfolgenabschätzung* erstellt seit 1990 Technikfolgenanalysen und Tech-

nologiestudien für den „*Ausschuß für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages*“. Auf die Forschungs koordinierung der Bundesministerien untereinander ausgerichtet ist z. B. der interministerielle Ausschuss „*IMA Wissenschaft und Forschung*“.

- Auf der Ebene der *Bundesländer* haben einerseits die Regierungen bzw. die Ministerien eigene Beratungsgremien – z. B. Technologiebeiräte der Landesregierungen (Übersicht über Technologiebeiräte bei Huber 1994). Andererseits gibt es mit der Kultusministerkonferenz ein Abstimmungsorgan für die Länder untereinander.
- Auf die Abstimmung der Aktivitäten von *Bund und Ländern* bei der Bildungsplanung und bei der gemeinsamen Förderung von Einrichtungen und von Forschungsprojekten mit überregionaler Bedeutung gemäß Art. 91b GG zielen zwei Institutionen: Zum einen ist die 1970 eingerichtete *Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung* (BLK) das verantwortliche Gremium für die gemeinsame Forschungsförderung sowie die gegenseitige Abstimmung und Information (BMFT 1988, S. 35–36). Zu den Aufgaben zählen u. a. die Koordination und Sicherung des Finanzbedarfes der von Bund und Ländern gemeinsam geförderten Forschungseinrichtungen. Zum anderen berät der 1957 gegründete *Wissenschaftsrat* die Regierungen von Bund und Ländern in Fragen zu Wissenschaft, Forschung und Technologie. Er erarbeitet Empfehlungen zur inhaltlichen und strukturellen Entwicklung der Hochschulen, Wissenschaft und Forschung und nimmt auf Anfrage Stellung zu Einrichtungen, Planungen und Entwicklungen.

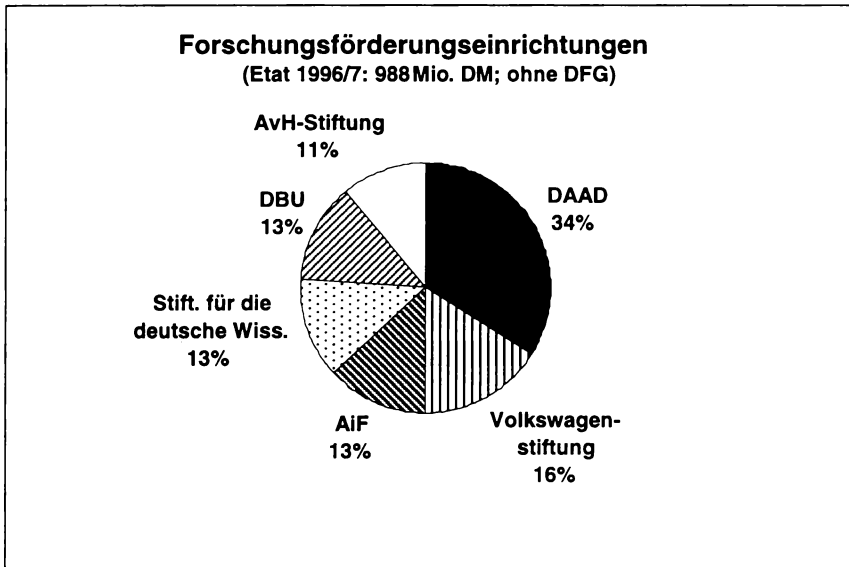
b) Forschungsförderungseinrichtungen

Zur Durchführung von F&T-Förderprogrammen hat der Staat weitreichende Kompetenzen an Forschungsförderungseinrichtungen übertragen. Diese Einrichtungen forschen selbst nicht und haben aufgrund ihrer Autonomie und Dezentralisierung eine große Flexibilität. Neben der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) als bedeutendster Einrichtung hebt das BMBF (1998a, S. 249–250) sieben weitere große Einrichtungen mit besonderer Bedeutung hervor:

- Die *Deutsche Forschungsgemeinschaft* e.V. (DFG) – 1929 hervorgegangen aus der 1920 gegründeten Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft – hat den Zweck, die Wissenschaft in ihren Forschungsaufgaben finanziell zu unterstützen und die Zusammenarbeit der Forscher untereinander sowie den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern (§ 1 der Satzung der DFG, zitiert nach DFG 1996, S. 343). Zudem berät sie das Parlament und Behörden in

wissenschaftlichen Fragen und pflegt die Verbindungen zwischen Forschung und Wirtschaft sowie zum Ausland. Finanziert wird die DFG grundsätzlich zu jeweils 50 % vom Bund und von den Ländern, wobei einzelne Programme unterschiedliche Verhältnisse aufweisen können. Von den Bewilligungen in Höhe von 1.963 Mio. DM (BMBF 1998a, S. 254) flossen 1995 ca. 90 % aller Ausgaben in die allgemeine Forschungsförderung (1.230 Mio. DM) und in die Sonderforschungsbereiche (529 Mio. DM). Nach Wissenschaftsbereichen aufgeteilt entfielen 1996 von 1.848 Mio. DM auf Biologie/Medizin 35,5 %, auf die Ingenieurwissenschaften 25,2 %, auf die Naturwissenschaften 24,4 % sowie auf die Geistes- und Sozialwissenschaften 14,9 % (BMBF 1998a, S. 255).

Sieben *weitere Forschungsförderungseinrichtungen* hatten 1996/7 zusammen einen Etat von 988 Mio. DM (BMBF 1998a, S. 256–260, Abb. 22):



Quelle: BMBF (1998a, S. 256–260)

Abbildung 22: Etat von sechs Forschungsförderungseinrichtungen ohne DFG und Eigenmittel der AiF in 1996/97

- Der *Deutsche Akademische Austauschdienst* (DAAD) fördert die akademischen Beziehungen zum Ausland, insbesondere durch den Austausch von Wissenschaftlern, und hatte 1997 Gesamtausgaben (Soll) in Höhe von 375 Mio. DM.
- Die *Alexander von Humboldt-Stiftung* (AvH) gewährt Forschungsstipendien und vergibt Forschungspreise an Akademiker anderer Nationalität. Die Ausgaben lagen 1997 bei 120 Mio. DM.

- Der *Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft* – eine 1920 gegründete Gemeinschaftsaktion der Wirtschaft (vgl. Tab. 12) – förderte in 1997 mit 143,3 Mio. DM Wissenschaft und Lehre in Forschung und Technik sowie den wissenschaftlich-technischen Nachwuchs und regt die Öffentlichkeit zur Förderung von Wissenschaft und Technik an.
- Die 1961 vom Bund und dem Land Niedersachsen gegründete *Volkswagen-Stiftung* (vgl. Tab. 12) zielt auf die Förderung von Wissenschaft und Technik in Forschung und Lehre und verfügte 1997 über ein Budget von 180 Mio. DM.
- Die 1990 errichtete *Deutsche Bundesstiftung Umwelt* (DBU) fördert Vorhaben zum Schutz der Umwelt insbesondere bei mittelständischen Unternehmen mit jährlich etwa 150 Mio. DM.
- Die *Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.* (AiF; vgl. Tab. 12) – eine 1954 gegründete Dachorganisation von 109 industriellen Forschungseinrichtungen – förderte 1996 mit 150,3 Mio. DM des BMWi und 446 Mio. DM Eigenmitteln der Unternehmen (Zahlenangabe aus BMBF 1998a, S. 260) die industrielle Gemeinschaftsforschung, d. h. Forschungsprojekte bei kleinen und mittleren Unternehmen.
- Die 1995 gegründete *Stiftung CAESAR* (Center of Advanced European Studies and Research) ist ein natur- und ingenieurwissenschaftliches Forschungszentrum, das erst ab Mitte 1998 seine Arbeit aufgenommen hat.

c) Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Hochschulen

In Deutschland gibt es neben den forschungsfördernden bzw. -finanzierenden Einrichtungen auf der einen Seite zahlreiche Forschungseinrichtungen auf der anderen Seite, und zwar sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der angewandten Forschung. Dabei lassen sich im Allgemeinen die außeruniversitären Forschungseinrichtungen inklusive Akademienvorhaben sowie die Hochschulen voneinander unterscheiden.

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Die Finanzierung der *außeruniversitären Forschungseinrichtungen* übernehmen Bund und Länder gemeinsam, wobei sich der Bund finanziell stärker bei den Einrichtungen der Grundlagenforschung engagiert. Mit der Max-Planck-Gesellschaft, der Fraunhofer-Gesellschaft, den Helmholtz-Zentren, den Blaue-Liste-Einrichtungen, den Bundeseinrichtungen mit Forschungsaufgaben sowie den Akademienvorhaben prägen sechs Gruppen von außeruniversitären Forschungseinrichtungen die Forschungsinfrastruktur in Deutschland (BMBF 1996, S. 24):

- Die *Max-Planck-Gesellschaft* (MPG) zur Förderung der Wissenschaften e.V. ist die wichtigste Organisation für die Grundlagenforschung außerhalb der Hochschulen (BMBF 1996a, S. 24). Sie ging 1948 aus der 1911 gegründeten Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft hervor (vgl. Tab. 12) und unterhält etwa 80 eigene Forschungsinstitute sowie 27 befristete Arbeitsgruppen in den neuen Ländern. Als eine sog. *Trägerorganisation* ist die MPG eine Selbstverwaltungsorganisation der Wissenschaft und lässt ihren Wissenschaftlern freie Hand bei der Auswahl der Forschungsthemen. Die Forschungsaktivitäten der Max-Planck-Institute liegen in ausgewählten Bereichen der Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaften. Die MPG wird vom Bund und von den Ländern im Verhältnis 50:50 institutionell – 1997 mit 1.553 Mio. DM – gefördert. Der Gesamthaushalt 1997 lag bei 1.944 Mio. DM (BMBF 1998a, S. 41, 87).
- Die 1949 gegründete *Fraunhofer-Gesellschaft* (FhG) zur Förderung der angewandten Forschung e.V. ist – neben der MPG – die zweite Trägerorganisation und zuständig für die *angewandte Forschung und Entwicklung* (vgl. Tab. 12). Ihr gehören 49 Institute an, darunter 43 Vertragsforschungsinstitute, vier verteidigungsbezogene Institute und zwei Dienstleistungseinrichtungen. Mit der Vertragsforschung wird z. B. der Einsatz neuer Technologien in der Wirtschaft gefördert. Im Auftrag und mit staatlicher Förderung werden ferner viele strategische Forschungsprojekte in Schlüsseltechnologien durchgeführt. Durch beide Maßnahmen soll die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands gestärkt werden. Finanziert wird die FhG vom Bund und von den Ländern im Rahmen der institutionellen Förderung im Verhältnis 90:10, bei durchzuführenden Investitionen im Verhältnis 50:50. Die Verteidigungsforschung finanziert zu 100 % das BMVg. In 1997 betrug die institutionelle Förderung vom Bund und von den Ländern 558 Mio. DM, während sich die Einnahmen aus Drittmitteln auf 717 Mio. DM beliefen (BMBF 1998a, S. 41, 275).
- In der „Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren“ sind 16 *Großforschungseinrichtungen* (GFE), sog. *Helmholtz-Zentren*, zusammengeschlossen (Tab. 15). Sie betreiben *naturwissenschaftlich-technische* sowie *biologisch-medizinische* FuE, die eine interdisziplinäre Zusammenarbeit und einen konzentrierten Einsatz an personellen, finanziellen und apparativen Mitteln erfordern. Der Bund übt einen steuernden Einfluss über die Aufsichtsgremien aus. Die Helmholtz-Zentren werden vom Bund und vom jeweiligen Sitzland im Verhältnis 90:10 finanziert, wobei 1997 die Grundfinanzierung, d. h. die institutionelle Förderung des Bundes 2.494 Mio. DM und die der Länder 323 Mio. DM betrug (Zahlen aus BMBF 1998a, S. 41).

Tabelle 15

Die 16 Helmholtz-Zentren mit ihren Schwerpunkten, den für 1997 geschätzten Gesamtausgaben und der institutionellen Förderung des Bundes und der Länder sowie der Beschäftigtenzahl ohne Auszubildende

Helmholtz-Zentren	Schwerpunkte	Institutionelle Förderung (Mio. DM)	Gesamtausgaben (Mio. DM)	Beschäftigte
Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI), Bremerhaven	Gekoppeltes System Ozean-Atmosphäre-Kryosphäre; Marine Ökosysteme; Rekonstruktion der Umwelt- und Klimageschichte	125,8	112,8	499
Stiftung Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), Hamburg	Elementarteilchenphysik; Synchronstrahlung zur Strukturforschung in verschiedenen Gebieten; Beschleunigertechnologien	300,0	284,9	1.397
Stiftung Deutsches Krebsforschungszentrum (DFKZ), Heidelberg	Krebsforschung mit Prävention, Diagnostik und Therapie; Tumorstudiologie; Tumormikrobiologie; Genomforschung, Bioinformatik	199,6	161,2	1.166
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln	Luftfahrt; Raumfahrt; Energietechnik; Innovation im Technologietransfer	748,3	440,0	4.014
Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ)	Materialforschung; Informationstechnik; Lebenswissenschaften; Umwelttechnik;	629,6	460,2	3.707
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH (FZK) Technik und Umwelt	Umweltforschung; Energieforschung, u. a. Kernfusion, Nukleare Sicherheitsforschung; Mikrosystemtechnik; Medizintechnik; Naturwissenschaftliche Grundlagenforschung	776,7	431,1	3.312
Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH (GBF), Braunschweig	Genfunktion und Genomanalyse; Infektion und Immunität, Wirkstoffe und Molekulare Targets (seit 1996); Umweltbiotechnologie; Integrierte Bioprozessentwicklung	73,1	62,7	394
Stiftung GeoForschungs Zentrum Potsdam (GFZ)	Anwendungsbezogene und Grundlagenforschung zu Erdbeben und Vulkanismus; Geotechnologie; Lage für Expeditionsgeräte	92,8	75,1	493
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH (GKSS)	Materialforschung; Umweltforschung; Trenn- und Umwelttechnik	128,6	110,3	691
GMD-Forschungszentrum Informationstechnik GmbH, St. Augustin	Entwurfsverfahren; Kommunikations- und Kooperationssysteme; Intelligente Multimediale Systeme; Paralleles Rechnen	177,8	128,8	1.120
GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Neuherberg	Wirkungsforschung von Schadstoffen auf Ökosysteme, Tiere und Menschen; Umweltforschung; Gesundheitsforschung	222,2	152,0	1.320
Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH (GSI), Darmstadt	Kernphysik; Atomphysik; Plasmaphysik; Materialforschung; Biophysik/Tumorthherapie; Beschleunigerentwicklung	128,7	127,4	609
Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH (HMI)	Festkörperphysik; Solarenergieforschung; Photovoltaik; Materialanalyse und -modifikation mit Ionenstrahlen	122,5	110,8	680
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), Garching bei München	Plasmaphysik; Erforschung der kontrollierten Kernfusion; Stellarator; Tokamak	236,7	166,3	962
Stiftung Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC), Berlin-Buch	Herz-Kreislaufforschung; Strukturbiochemie; Zellwachstum und -differenzierung; Molekulare und Entwicklungsneurobiologie	117,1	89,9	566
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (UFZ)	Schadstoffforschung; Regeneration von Ökosystemen; Beratung von Sanierungsträgern; Umweltbelastung und Gesundheit	112,6	103,6	631
Summe		4.167,9	3.017,1	21.561

Quelle: Zahlen aus BMBF (1998a, S. 41–42; 292–297); BMBF (1996a, S. 441–456)

- Weitere 82 Forschungsinstitute sind die sog. *Blaue-Liste-Einrichtungen* (BLE), die vom Bund und von den Ländern überwiegend im Verhältnis 50:50 gefördert werden (BMBF 1998a, S. 298). Diese Forschungseinrichtungen werden unter der Bezeichnung „Blaue Liste“ geführt, entsprechend einer in ihrer Erstfassung auf blauem Papier gedruckten Anlage zur „Ausführungsvereinbarung Forschungseinrichtungen“ vom 5./6. Mai 1977. Zu den BLE zählen Forschungseinrichtungen und Einrichtungen mit Servicefunktionen für die Forschung, die von überregionaler Bedeutung und gesamtstaatlichem wissenschaftspolitischen Interesse sind. Sie wurden 1997 mit 1.287 Mio. DM (BMBF 1998a, S. 42) unterstützt und arbeiten auf den Feldern „*Geistes- und Bildungsforschung*“, „*Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie Raumwissenschaften*“, „*Lebenswissenschaften*“, „*Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften*“ und „*Umweltwissenschaften*“.
- Ferner gibt es 55 *Bundeseinrichtungen mit Forschungsaufgaben*, die in erster Linie vom Bund institutionell gefördert werden und den Geschäftsbereichen einzelner Bundesministerien zugewiesen sind (Erläuterungen der einzelnen Einrichtungen in BMBF 1998a, S. 330–351). Ergänzt werden diese durch zahlreiche *landeseigene* und *kommunale Forschungseinrichtungen* in den einzelnen Bundesländern.
- Es gibt ferner noch *Akademienvorhaben*, die von der Konferenz der Akademien der Wissenschaften koordiniert werden (BMBF 1996a, S. 24). Es handelt sich dabei fast ausschließlich um geisteswissenschaftliche Forschungsvorhaben, deren Umfang und Dauer die Lebenszeit eines einzelnen Forschers übersteigen und deshalb nicht an den Hochschulen bearbeitet werden können. Das Akademienprogramm umfasste 1997 insgesamt 152 Akademienvorhaben, die mit 71,8 Mio. DM von Bund und Ländern im Verhältnis 50:50 gefördert wurden.

Hochschulen

Neben den außeruniversitären Forschungseinrichtungen wird auch an den Hochschulen intensiv geforscht. Unter *Hochschulen* werden vereinfacht 335 Forschungseinrichtungen (Stand 1996) zusammengefasst, darunter 113 Universitäten und vergleichbare Einrichtungen, 46 Kunsthochschulen sowie 146 allgemeine und 30 Verwaltungsfachhochschulen (BMBF 1998a, S. 43–44). Die FuE-Ausgaben der Hochschulen beliefen sich 1995 auf 14,4 Mrd. DM, darunter 4,5 Mrd. DM Drittmittel, die im Wesentlichen aus Mitteln der DFG stammen. Der Schwerpunkt der Hochschulforschung liegt in den Bereichen „*Naturwissenschaften*“ mit 29 % und „*Medizin*“ mit 23 % der gesamten FuE-Ausgaben der Hochschulen, gefolgt von den „*Ingenieurwissenschaften*“ mit 21 %, den

„Geistes- und Sozialwissenschaften“ mit 20 % sowie den „Agrarwissenschaften“ mit 7 % (BMBF 1998a, S. 44).

d) *Forschung und Entwicklung der Wirtschaft*

Neben dem Staat und der Wissenschaft ist die Wirtschaft mit Unternehmen und Verbänden der dritte Hauptakteur im nationalen Innovationssystem. Die Unternehmen finanzieren zum einen den Großteil der FuE-Aktivitäten in Deutschland, zum anderen betreiben sie selbst in hohem Maße FuE in ihren Laboratorien. Neben den Großunternehmen sowie den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) betreiben auch die *Institutionen für Gemeinschaftsforschung* (IfG) FuE. Die IfG vereinen aber nur einen geringen Teil der gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft auf sich. Starken Einfluss gegenüber der Politik üben die Unternehmen über verschiedene Verbände als ihre Interessensvertreter aus und äußern sich zur Gestaltung staatlicher F&T-Förderprogramme.

Die Wirtschaft ist in Deutschland der *Hauptförderer* von FuE. Die Wirtschaft finanzierte 1995 mit 49,5 Mrd. DM einen Anteil von 62,3 % an den gesamten FuE-Bruttoinlandsausgaben Deutschlands in Höhe von 79,5 Mrd. DM (Zahlen aus Wissenschaftsstatistik GmbH 1997, S. 17). Die Herkunft der FuE-Ausgaben lässt sich zum einen nach dem Wirtschaftszweig (Tab. 16) und zum anderen nach der Unternehmensgröße unterscheiden.

- Nach dem *Wirtschaftszweig* (WZ) unterteilt, dominieren vor allem die Unternehmen der vier großen Wirtschaftszweige Elektrotechnik (WZ 250), Straßenfahrzeugbau (WZ 244), Chemie (WZ 200) und Maschinenbau (WZ 242) die FuE-Aktivitäten in Deutschland. Diese Wirtschaftszweige hatten 1995 mit 42,8 Mrd. DM einen Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben, d. h. interne und externe FuE-Ausgaben, aller Unternehmen von 74,1 % und mit über 208.000 FuE-Beschäftigten einen Anteil von 74,6 % an allen 279.400 FuE-Beschäftigten. Eine besondere Rolle hat aus verteidigungspolitischen Gründen die Luft- und Raumfahrttechnik: Mit einem Anteil der FuE-Gesamtausgaben am Umsatz 1995 von 29 % lag dieser Wirtschaftszweig deutlich vor den anderen Wirtschaftszweigen. Die Ursache liegt in der starken staatlichen Förderung, die 1995 einen Anteil von 52,8 % an den gesamten FuE-Ausgaben dieses Wirtschaftszweiges ausmachte, im Gegensatz zur Elektrotechnik mit 3,7 %, Maschinenbau mit 2,4 %, Chemie mit 0,9 % und Straßenfahrzeugbau mit 0,8 % (Zahlen aus Wissenschaftsstatistik GmbH 1997, S. *8).
- Bei der *Höhe der FuE-Ausgaben* und der *Anzahl der FuE-Beschäftigten* erreichen die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), d. h. die Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten, nicht das Niveau der größeren Unternehmen.

Tabelle 16

**Beschäftigte, Umsatz, FuE-Gesamtausgaben und FuE-Beschäftigte
in den FuE-betreibenden Unternehmen in 1995**

Wirtschaftszweig (WZ)	Beschäftigte ¹⁾		Umsatz ¹⁾			FuE-Gesamtausgaben ²⁾				FuE-Beschäftigte		
	Insgesamt		Insgesamt		pro Be- sch.	Insgesamt		pro Be- sch.	Pro Um- satz	Insgesamt		Anteil an Be- sch.
	Tsd.	%	Mrd. DM	%	TDM	Mio. DM	%	TDM	%	Tsd.	%	%
1 Energie- u. Wasser- versorgung, Bergbau	261	5,4	128,8	8,3	49,2	454,5	0,8	1,7	0,3	0,9	0,3	0,3
2 Verarbeitendes Gewerbe	3.755	77,7	1.227,5	79,0	326,7	55.016,4	95,1	14,7	4,5	265,0	94,8	7,1
20 Chemische Industrie usw., Mineralölver- arbeitung	513	10,6	238,4	15,4	464,9	10.586,2	18,3	20,6	4,4	49,8	17,8	9,7
200 Chemische Industrie	488	10,1	184,8	11,9	378,4	10.412,3	18,0	21,3	5,6	48,8	17,5	10,0
21 H. v. Kunststoff- u. Gummiwaren	139	2,9	32,9	2,1	237,1	726,6	1,3	5,2	2,2	4,7	1,7	3,4
22 Gewinnung u. Verar- beitung von Steinen u. Erden usw.	138	2,9	35,9	2,3	261,1	556,8	1,0	4,0	1,5	3,3	1,2	2,4
23 Metallherzeugung und -bearbeitung	227	4,7	79,2	5,1	349,0	702,8	1,2	3,1	0,9	3,4	1,2	1,5
24 Stahl-, Maschinen-, u. Fahrzeubau usw.	1.497	31,0	471,5	30,4	314,9	25.905,5	44,8	17,3	5,5	111,8	40,0	7,5
242 Maschinenbau	630	13,0	155,4	10,0	246,5	5.191,2	9,0	8,2	3,3	31,8	11,4	5,1
244 H. v. Kraftwagen und deren Teilen	638	13,2	238,3	15,4	373,7	13.113,5	22,7	20,6	5,5	50,4	18,1	7,9
248 Luft- und Raumfahr- zeugbau	55	1,1	15,8	1,0	289,3	4.521,7	7,8	82,2	28,5	14,6	5,2	26,6
25 Elektrotechnik, Feinme- chanik, Eisen-, Blech- u. Metallwaren usw.	957	19,8	261,7	16,9	273,4	15.938,3	27,6	16,7	5,9	85,6	30,6	8,9
250 Elektrotechnik	759	15,7	218,5	14,1	288,0	13.938,5	24,1	18,4	6,4	76,3	27,3	10,1
252 Feinmechanik, Optik	71	1,5	15,7	1,0	222,2	866,3	1,5	12,2	5,5	5,1	1,8	7,2
256 H. v. EMB-Waren	110	2,3	24,2	1,6	219,5	627,4	1,1	5,7	2,6	3,5	1,3	3,2
26 Holz-, Papier-, Druckgewerbe	97	2,0	29,5	1,9	304,3	346,0	0,6	3,6	1,2	2,0	0,7	2,1
27 Leder-, Textil-, Bekleidungsgewerbe	52	1,1	11,8	0,8	226,6	216,0	0,4	4,2	1,8	1,6	0,6	3,1
28/ Ernährungsgewerbe, 29 Tabakverarbeitung	135	2,8	66,3	4,3	490,5	423,5	0,7	3,1	0,6	2,7	1,0	2,0
0, 3-7 Restliche Wirt- schaftsabteilungen	816	16,9	195,7	12,6	239,7	2.365,3	4,1	2,9	1,2	13,5	4,8	1,7
Insgesamt	4.833	100	1.551,9	100	321,1	57.836,3	100	12,0	3,7	279,4	100	5,8

1) Der Unternehmen mit FuE, 2) Interne und externe FuE-Ausgaben

Quelle: Wissenschaftsstatistik GmbH (1997, S. 12*, 13*, 22*); eigene Berechnungen

- Zwar beschäftigen die *KMU* mehr als zwei Drittel aller Arbeitnehmer in Deutschland, aber in Bezug auf die FuE-Aktivitäten ist ihr Gewicht eher gering: Mit 8,1 Mrd. DM in 1995 betrug ihr Anteil an den FuE-Gesamtausgaben nur 14,0 %, der Anteil an den gesamten FuE-Beschäftigten lag mit 55.183 Beschäftigten bei 19,8 % (Zahlen aus SV - Gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik mbH 1996, S. 35; Wirtschaftsstatistik GmbH 1997, S. 9*, 23*). Ihre FuE-Ausgaben erhöhten die KMU vor allem in den 1980er Jahren, und zwar von 3,6 Mrd. DM in 1981 auf 6,1 Mrd. DM in 1989. Ursachen lagen u. a. in den gezielten Förderprogrammen des Bundes (Abschnitt C.III.2.e)). Für die Steigerung der FuE-Ausgaben von 6,9 Mrd. DM in 1991 auf 8,1 Mrd. DM in 1995 waren u. a. die Förderprogramme des Bundes mitverantwortlich.
- Eine starke Abhängigkeit von der staatlichen Förderung gibt es bei den *größeren Unternehmen* nicht. Sie erhöhten ebenfalls ihre FuE-Ausgaben in den 1980er Jahren beträchtlich von 23,7 Mrd. DM in 1981 auf 39,9 Mrd. DM in 1989. Seit 1991 stagnieren ihre FuE-Ausgaben bei etwa 49 Mrd. DM. Die *Zahl der FuE-Beschäftigten* wuchs zwischen 1981 und 1989 von 242.544 auf 296.510 an, erreichte ihr Maximum 1991 mit 321.756 FuE-Beschäftigten und betrug 1995 nur noch 224.168 (Zahlen aus SV – Gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik mbH 1996, S. 35; Wirtschaftsstatistik GmbH 1997, S. 9*, 23*). Sowohl bei den FuE-Ausgaben als auch bei der Anzahl der FuE-Beschäftigten ist der Trend bei den Großunternehmen in den 1990er Jahren stagnierend bzw. rückläufig.

Neben den Unternehmen zählen zur Wirtschaft auch die *Institutionen für Gemeinschaftsforschung* (IfG). Diese sind in erster Linie 58 Forschungsinstitute der 107 Forschungsvereinigungen der AiF. Der Anteil ihrer FuE-Ausgaben an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft betrug 1995 nur 1,2 %, nach 1,6 % in 1981. Der Rückgang des Anteils der FuE-Ausgaben an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft liegt in der unterdurchschnittlichen Zunahme der FuE-Ausgaben von ca. 40 % begründet, während die Unternehmen ihre Ausgaben verdoppelten (Zahlen aus Wirtschaftsstatistik GmbH 1997, S. 15).

Die Unternehmen haben sich zudem in zahlreichen *Verbänden* bzw. Vereinen organisiert, um gegenüber dem Staat ihre Interessen gemeinsam vorbringen zu können. Zu den einflussreichsten Industrieverbänden zählen der *Bundesverband der deutschen Industrie* (BDI), der *Deutsche Industrie- und Handelstag* (DIHT) sowie die Industrie- und Handelskammern (IHK). Ferner haben die Handwerkskammern und einzelne Fachverbände, z. B. der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI), der Verband der Chemischen Industrie (VCI), der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) oder der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) Mitgestaltungsmöglichkeiten bei den Förderprogrammen.

2. Die Forschungs- und Technologiepolitik des Bundes seit 1982

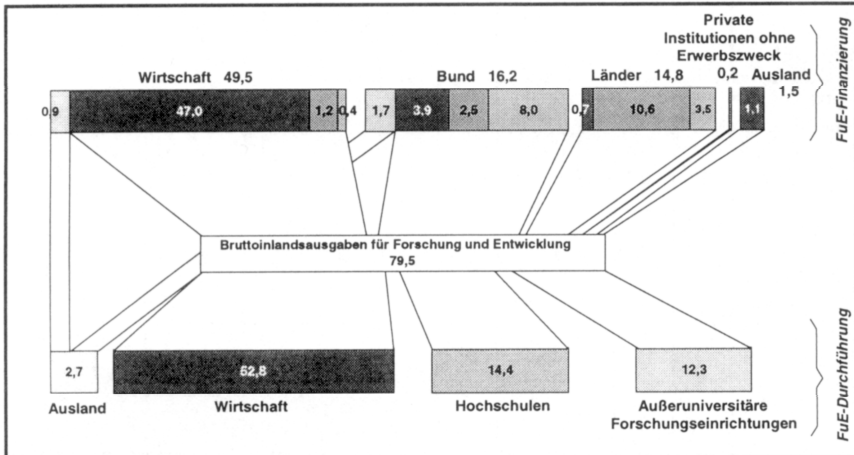
In der Phase der konservativen Modernisierung in den 1980er Jahren nahm die Bedeutung der F&T-Politik deutlich zu. Die Fokussierung auf die Förderung von Schlüsseltechnologien und auf die militärische Forschung wurde 1990 mit der Wiedervereinigung Deutschlands um die Förderung der Forschung in den neuen Bundesländern ergänzt (Abschnitt C.II.2.). Bei der F&T-Förderung des Bundes können sieben Kernaspekte herausgestellt werden:

- *Finanziert* wird FuE in Deutschland überwiegend von der Wirtschaft und vom Staat. Ebenso dominiert die Wirtschaft auch bei der *Durchführung* von FuE, ergänzt von staatlichen Forschungseinrichtungen sowie den Hochschulen (Abschnitt C.III.2.a)).
- Die F&T-politischen *Leitlinien*, *Schwerpunkte* und *Aufgabenbereiche* des Bundes dehnten sich in den 1980er und 1990er Jahren deutlich aus (Abschnitt C.III.2.b)).
- Dabei setzt das BMBF inhaltliche Schwerpunkte mit der Förderung nach *Förderbereichen*, die sich an Institutionen und Technologien anlehnen. Hierbei sind u. a. die Förderung der *zivilen* wie der *militärischen* FuE sowie von FuE der *Wirtschaft* – insbesondere von KMU – relevant (Abschnitt C.III.2.c)).
- Das BMBF fördert die FuE-Aktivitäten mit einer Vielzahl an *direkten*, aber auch *indirekten* Maßnahmen (Abschnitt C.III.2.d)), die auf kleinere und mittlere Unternehmen (Abschnitt C.III.2.e)) sowie auf die neuen Bundesländer zugeschnitten sind (Abschnitt C.III.2.f)).
- *Forschungsrelevante Rahmenbedingungen* sind u. a. die Patentaktivitäten, spezielle Gesetze zu Schlüsseltechnologien und der Technologietransfer. Einige staatliche Programme zielen auf ihre Verbesserung (Abschnitt C.III.2.g)).

a) Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung in Deutschland

Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung haben sich in Deutschland in ihrer Grundstruktur in den letzten Jahren kaum verändert. Auf der Finanzierungsseite wie auf der Durchführungsseite dominiert die Wirtschaft, gefolgt von den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Die Bruttoinlandsausgaben (BIA) für FuE betrugen 1995 (Ist-Ausgaben) insgesamt 79,5 Mrd. DM und damit 2,3 % des Bruttoinlandsprodukts (Abb. 23). Die gesamten FuE-BIA verdoppelten sich zwischen 1981 und 1997 (Soll-Ausgaben) von 39,8 Mrd. DM auf 82,8 Mrd. DM. Diese Struktur wird im Folgenden bei der Beschreibung verwendet: Es werden zunächst die

Ist-Ausgaben in 1995 und dann die Entwicklung der FuE-Ausgaben zwischen den Jahren 1981 und 1997 angegeben.



Quelle: BMBF (1998a, S. 14)

Abbildung 23: FuE-Ausgaben Deutschlands nach finanzierenden und durchführenden Sektoren 1995 in Mrd. DM

Finanzierung von Forschung und Entwicklung

Seit 1981 haben sich in Deutschland die von *Inländern finanzierten* FuE-BIA von 39,2 Mrd. DM auf 68,3 Mrd. DM in 1990 und auf 83,7 Mrd. DM in 1997 mehr als verdoppelt (Zahlenangaben der inländischen Finanzierung aus BMBF 1998a, S. 371; Tab. 17).

Dominiert wird die Finanzierung von FuE in Deutschland von der Wirtschaft, die für ca. 62 % aller Ausgaben verantwortlich ist. Es folgt der Staat (Bund und Länder) mit einem Anteil von ca. 37 % an den FuE-Ausgaben Deutschlands. Die privaten Institutionen ohne Erwerbszweck spielen eine eher unbedeutende Rolle, wie auch das zusätzlich zu den inländischen FuE-Finanzierern (Tab. 18) hinzukommende Ausland.

- Die *Wirtschaft* bringt etwa 60 % der gesamten FuE-BIA auf, 1995 hatte sie mit 49,5 Mrd. DM einen Anteil von 61,3 % an den gesamten FuE-BIA. Sie verstärkten ihre FuE-Anstrengungen insbesondere in den 1980er Jahren, und zwar von 21,8 Mrd. DM in 1981 auf 43,2 Mrd. DM in 1990 und dann auf geschätzte 52,0 Mrd. DM in 1997, eine Steigerung um das 1,4-fache. Die Ausgaben haben sich seit 1991 nach 47,0 Mrd. DM in 1991 nur um 11 % bis 1997 erhöht.

Tabelle 17

**FuE-Ausgaben nach inländischen finanzierenden Sektoren,
inklusive den durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten**

	1981	1983	1985	1987	1990	1991	1993	1995	1996	1997	Ø-Wachstumsrate		
Wirtschaft													
FuE-Ausgaben (Mio. DM)	21.816	25.447	31.089	36.831	43.187	46.949	48.323	49.542	50.180	52.030	9,31	6,81	2,73
Anteil (%)	55,6	57,8	60,1	62,7	63,2	61,3	61,2	61,3	61,1	62,2			
Bund und Länder													
FuE-Ausgaben (Mio. DM)	17.261	18.379	20.473	21.694	24.780	29.249	30.402	31.064	31.778	31.474	4,42	3,91	5,35
Anteil (%)	44,0	41,8	39,6	36,9	36,3	38,2	38,5	38,4	38,7	37,6			
Private Institutionen													
FuE-Ausgaben (Mio. DM)	153	168	133	238	355	382	239	203	205	205	-3,10	22,28	-6,67
Anteil (%)	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2			
Gesamte FuE-Ausgaben (Mio. DM)	39.230	43.994	51.695	58.763	68.322	76.580	78.964	80.809	82.163	83.709	7,28	5,74	3,01

Bis 1990 früheres Bundesgebiet, ab 1991 Deutschland. Ist-Zahlenwerte des Bundes bis 1996 und der übrigen Sektoren bis 1995, für sonstige Jahre geschätzt. Die Ausgaben der Länder sind ab 1983 nur mit ihren FuE-Anteilen erfasst.

Quelle: BMBF (1998a, S. 371)

- Der *Staat* hatte 1995 mit 31,0 Mrd. DM einen Anteil von 38,4 % an den gesamten FuE-BIA. Zwischen 1981 und 1990 steigerte der Staat die Ausgaben um 43,6 % von 17,3 Mrd. DM auf 24,8 Mrd. DM. Nach der Wiedervereinigung stiegen die Ausgaben des Staates auf geschätzte 31,5 Mrd. DM in 1997 an. Der Anteil an den gesamten FuE-BIA reduzierte sich von 44,0 % in 1981 auf ein Minimum von 35,8 % in 1989 und lag 1997 bei 37,6 %.
- Die *privaten Institutionen ohne Erwerbszweck* hatten mit 203 Mio. DM in 1995 nur einen Anteil von 0,3 % an den FuE-BIA. Die Ausgaben haben sich zwischen 1981 und 1997 von 153 Mio. DM auf 205 Mio. DM um 34 % unterdurchschnittlich erhöht, ihr Anteil ging daher auch auf 0,2 % zurück.

Zu den drei inländischen FuE-Finanzierern kommt noch das Ausland hinzu, das für Deutschland nur eine geringe Bedeutung hat (Abb. 23). Das Ausland finanzierte FuE in Deutschland in 1995 in Höhe von 1.450 Mio. DM. Die Ausgaben des Auslands vervierfachten sich von 0,6 Mrd. DM in 1981 auf geschätzte 1.555 Mio. DM in 1997 – eine Folge der stärkeren EU-Förderung.

Tabelle 18

**FuE-Ausgaben nach durchführenden Sektoren,
inklusive den durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten**

	1981	1983	1985	1987	1990	1991	1993	1995	1996	1997	Ø-Wachstumsrate		
Wirtschaft													
FuE-Ausgaben (Mio. DM)	26.196	30.060	36.212	41.329	48.000	51.675	51.236	52.835	53.600	55.500	8,50	5,80	2,14
Anteil (%)	69,3	70,5	72,3	72,2	71,9	69,4	66,9	66,4	66,3	67,0			
Staatliche Forschungseinrichtungen													
FuE-Ausgaben (Mio. DM)	5.304	5.864	6.612	7.573	8.875	10.673	11.490	12.255	12.588	12.600	5,68	6,08	5,33
Anteil (%)	14,0	13,8	13,2	13,2	13,3	14,3	15,0	15,4	15,6	15,2			
Hochschulen													
FuE-Ausgaben (Mio. DM)	6.312	6.708	7.289	8.339	9.849	12.169	13.838	14.430	14.640	14.700	3,67	6,21	6,14
Anteil (%)	16,7	15,7	14,6	14,6	14,8	16,3	18,1	18,1	18,1	17,8			
Gesamte FuE-Ausgaben (Mio. DM)	37.812	42.632	50.113	57.241	66.724	74.517	76.563	79.520	80.828	82.800	7,34	5,90	3,19

Bis 1990 früheres Bundesgebiet, ab 1991 Deutschland. Ist-Zahlenwerte bis 1995, für sonstige Jahre geschätzt. Interne FuE-Ausgaben der Wirtschaft einschließlich nicht aufteilbarer Mittel des Staates, jedoch ohne die nicht nachgewiesenen Mittel des Staates (OECD-Konzept), bei den Mitteln des Staates daher Abweichungen zu den Erhebungen bei den finanzierenden Sektoren. Staat: Bundes-, landes- und gemeindeeigene (FuE-) Einrichtungen. Einrichtungen des Bundes ab 1981, Einrichtungen der Länder ab 1985 nur mit ihren FuE-Anteilen. Ab 1995 neues Berechnungsverfahren für FuE im Hochschulsektor (Zeitreihenbruch).

Quelle: BMBF (1998a, S. 372–373)

Durchführung von Forschung und Entwicklung

Der Finanzierung von FuE steht die *Durchführung* von FuE in den verschiedenen Sektoren gegenüber. FuE betreibt in erster Linie die Wirtschaft, die für die FuE-Durchführung etwa 66 % der gesamten Bruttoinlandsausgaben auf sich vereint (Tab. 18). Ferner forschen die Hochschulen und die staatlichen Forschungseinrichtungen (Zahlenwerte aus BMBF 1998a, S. 372–373):

- In 1995 hatte die *Wirtschaft* mit 52,8 Mrd. DM einen Anteil von 66,4 % der FuE-BIA. Die Unternehmen und die Institutionen für Gemeinschaftsforschung – letztere haben eine nur geringe Bedeutung (Abschnitt C.I.1.a) – gaben 1981 insgesamt 26,2 Mrd. DM für FuE aus, steigerten ihre Ausgaben kontinuierlich auf 52,3 Mrd. DM in 1992 und gaben 1997 geschätzte 55,5 Mrd. DM für FuE aus. Dabei erhöhte sich der Anteil von 69,3 % in 1981 auf ein Maximum von 72,2 % in den Jahren 1987 bis 1989 und lag 1995 bei geschätzten 67,0 %. Zwischen 1981 und 1990 stiegen die Ausgaben um 83,2 % und bis 1997 um 119,0 %. Aufgrund der Stagnation bei der Finan-

zierung von FuE aus eigenen Mitteln wurde ein Anteil über 70 % seit 1990 nicht mehr erreicht.

- Die *Hochschulen* gaben 1995 insgesamt 14,4 Mrd. DM für FuE aus und erreichten damit einen Anteil an den FuE-BIA von 18,1 %. Sie erhöhten ihre Ausgaben von 6,3 Mrd. DM in 1981 um 56,0 %, auf 9,8 Mrd. DM in 1990, nach der Wiedervereinigung um weitere 69,3 % auf geschätzte 14,7 Mrd. DM in 1997, d. h. eine Gesamtsteigerung um insgesamt 132,9 %. Der FuE-BIA-Anteil der Hochschulen an den gesamten FuE-BIA stieg daher auch von 16,7 % in 1981, nach einem Tief von 14,4 % in 1989, auf 17,8 % in 1997 an.
- Die *staatlichen Forschungseinrichtungen* hielten aufgrund der starken Gewichtung der Grundlagenforschung durch die Bundesregierung in den 1980er Jahren ihren Anteil bei ca. 13–15 %. Bei Ausgaben in Höhe von 12,3 Mrd. DM lag der Anteil 1995 bei 15,4 %. Die Ausgaben selbst erhöhten sich von 5,3 Mrd. DM in 1981 auf 8,9 Mrd. DM in 1990 und dann auf geschätzte 12,6 Mrd. DM in 1997, wobei sich der Anteil an den FuE-BIA im gleichen Zeitraum mit 14,0 % in 1981, über 13,3 % in 1990 und 15,2 % in 1997 nur leicht veränderte.

Fazit

Insgesamt werden die Finanzierung und Durchführung von FuE von der Wirtschaft deutlich geprägt. *Zwei Tendenzen* kennzeichnen die generelle Entwicklung in den 1990er Jahren:

- Erstens haben die FuE-Ausgaben der Unternehmen seit der Wiedervereinigung unterdurchschnittlich zugenommen. Ein ähnlich starker Anstieg der FuE-Ausgaben der Unternehmen wie Anfang der 1980er Jahre zeichnete sich bis Mitte der 1990er Jahre nicht ab. In den Rezessionsjahren 1992/93 schraubten die Unternehmen ihre FuE-Ausgaben zurück. Nimmt man die FuE-Ausgaben als einen Indikator für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in fünf Jahren, so lässt diese Entwicklung einen Verlust an Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit in Zukunft erwarten, obwohl die FuE-Ausgaben seit 1995 wieder etwas gestiegen sind.
- Zweitens steigen auch die FuE-Ausgaben des Staates aufgrund der Haushaltsdefizite des Bundes nur geringfügig an. Aufgrund der knappen Haushaltsmittel und des Finanzbedarfes zum Auf- und Ausbau der neuen Bundesländer wird – ähnlich wie in der Nachkriegszeit (Abschnitt C.II.1.) – bei der Förderung von Forschung und Wissenschaft gespart.

*b) Leitlinien, Schwerpunkte und Aufgabenbereiche
der Forschungs- und Technologiepolitik des Bundes*

In den Bundesforschungsberichten berichtet die Bundesregierung seit 1975 über *Leitlinien* und Schwerpunkte ihrer F&T-Politik. Damit will sie zu einer breiten Diskussion in der Gesellschaft anregen, so Gerjets (1982, S. 101). Die einzelnen *Schwerpunkte* haben sich gemäß der allgemeinen politischen Ausrichtung mit der Regierungsübernahme durch die christlich-liberale Regierung in 1982 verändert. Anhand der Schwerpunktsetzung konzentriert das BMBF seine Mittelverteilung auf fünf *Aufgabenbereiche*.

Leitlinien

Seine grundsätzliche Auffassung bzw. die *Leitlinien* ihrer F&T-Politik legte die christlich-liberale Regierung 1988 dar (BMFT 1988, S. 16–17):

- Bekenntnis zur Freiheit der Forschung,
- Subsidiaritätsprinzip,
- Bejahung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts,
- Erschließung langfristiger Perspektiven und Optionen für die Forschung,
- gemeinsame Verantwortung von Bund und Ländern für die Forschung sowie
- Weiterentwicklung der internationalen Kooperation.

Schwerpunkte

Seine F&T-politischen Globalziele bzw. *Schwerpunkte*, die sich an den Leitlinien orientieren, erweiterte das BMFT bzw. das BMBF seit 1979 kontinuierlich (Tab. 19).

Zunächst strich die christlich-liberale Koalition die 1979 einmalig aufgenommene Technologiefolgenabschätzung aus dem Zielkatalog. Ab 1988 fasste man dann die Ziele der F&T-Politik weiter, wodurch laut Fuchs (1992, S. 89) die Zielgrößen heterogener wurden und an formaler Konsistenz einbüßten. Seit 1993 stehen vor allem der Auf- und Ausbau der Forschungslandschaft in den neuen Bundesländern sowie eine stärkere Ausrichtung auf Schlüsseltechnologien im Vordergrund, wobei 1996 mit dem Kernsatz „*Zukunft möglich machen*“ (BMBF 1996a, S. 6) die Unschärfe der Ziele weiter zugenommen hat.

In Anlehnung an Holthoff-Frank (1990, S. 72) lassen sich die F&T-politischen Ziele der Regierung (BMBF 1996a, S. 6–10) in *eher wirtschaftspolitisch orientierte Ziele*, d. h. Ziele, die sich am Wirtschaftswachstum und Beschäftigungszuwachs ausrichten, und *eher gesellschaftspolitisch orientierte Ziele*, z. B.

Tabelle 19
Veränderung F&T-politischer Schwerpunkte bzw. Globalziele

Bundesberichte Forschung	Forschungs- und technologiepolitische Schwerpunkte bzw. Globalziele
Bundesbericht Forschung V 1975	• Modernisierung der Wirtschaft • Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen • Steigerung der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit
Bundesbericht Forschung VI 1979	• Erweiterung und Vertiefung des wissenschaftlichen Erkenntnisstands • Erhaltung und Ausbau der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft • Schonung der Ressourcen und Erhaltung der natürlichen Lebensvoraussetzungen • Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen der Menschen • Erkennen technologischer Entwicklungen in ihren Auswirkungen und Zusammenhängen, Diskussion und Abwägung ihrer Chancen und Risiken sowie Begründung der Entscheidung über die Nutzung von Technologien
Bundesbericht Forschung 1984	• Erweiterung und Vertiefung der wissenschaftlichen Erkenntnis • Ressourcen- und Umweltschonung sowie menschengerechte Lebens- und Arbeitsbedingungen • Steigerung der wirtschaftlichen Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit
Bundesbericht Forschung 1988	• Erweiterung und Vertiefung der wissenschaftlichen Erkenntnis sowie Unterstützung der strukturellen und organisatorischen Entwicklung der Forschungslandschaft • Schaffung von chancenreichen und menschengerechten Lebens- und Arbeitsbedingungen sowie tragfähiger Umgang mit den natürlichen Ressourcen und positive Umweltgestaltung • Verbesserung der technologischen Innovationschancen und Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft • Stärkung der internationalen Kooperation in Forschung und Technologie
Bundesbericht Forschung 1993	• Auf- und Ausbau der Forschung in den neuen Ländern • Wahrung des hohen Niveaus in der Grundlagenforschung • Förderung strategischer Technologien im vorwettbewerblichen Bereich • Stärkung der Innovationskraft kleiner und mittlerer Unternehmen • Ausbau der Vorsorgeforschung • Weiterentwicklung der institutionell geförderten Forschung • Intensivierung der internationalen FuE-Zusammenarbeit • Erhalt einer technologischen Basis zur sicherheitspolitischen Vorsorge • Fortführung staatlicher Langzeitprogramme
Bundesbericht Forschung 1996	• Förderung von Spitzentechnologien als Innovationsmotoren • Innovationsorientierung der Forschungspolitik • Kulturelle Vitalität und Leistungsfähigkeit • Vorsorge und Zukunftsgestaltung durch Forschung • Sicherung und Ausbau wissenschaftlicher Exzellenz • Stärkung und Vernetzung der Forschungslandschaft • Ausbau der Forschungslandschaft in den neuen Ländern • Akzeptanz und Freiraum • Internationalität und internationale Zusammenarbeit

Quelle: Bundesforschungsberichte verschiedener Jahrgänge; BMFT (1975, S. 10), BMFT (1979, S. 8), BMFT (1984, S. 14), BMFT (1988, S. 18), BMFT (1993a, S. 8–9), BMBF (1996a, S. 6–10)

Umwelt-, Verbraucher- und Gesundheitsschutz, sowie deren Kombination unterscheiden:

- Zu den eher *wirtschaftspolitisch* orientierten Zielen zählen die „*Förderung von Spitzentechnologien als Innovationsmotoren*“ sowie die „*Innovationsorientierung der Forschungspolitik*“, die beide auf die Verbesserung der Innovationsfähigkeit der Wirtschaft gerichtet sind (BMBF 1996a, S. 7).
- Eher *gesellschaftspolitisch* sind die Ziele „*Kulturelle Vitalität und Leistungsfähigkeit*“ sowie die „*Vorsorge und Zukunftsgestaltung durch Forschung*“ orientiert.
- Eine *Kombination* beider Zielausrichtungen sind – mit unterschiedlichen Nuancen zwischen den beiden Extrema – die Ziele „*Sicherung und Ausbau wissenschaftlicher Exzellenz*“, die „*Stärkung und Vernetzung der Forschungslandschaft*“ sowie der „*Ausbau der Forschungslandschaft in den neuen Ländern*“. Im Mittelpunkt stehen bei diesen Zielen die langfristige Wahrung hoher wissenschaftlicher Leistungsfähigkeit und die Anhebung des Niveaus der ostdeutschen Forschungslandschaft.

Die zwei weiteren Größen „*Akzeptanz und Freiraum*“ sowie „*Internationalität und internationale Zusammenarbeit*“ spiegeln im Wesentlichen nur Grundeinstellungen, nicht aber konkrete F&T-politische Ziele wider und können daher keinem der drei Bereiche zugeordnet werden.

Aufgrund der Heterogenität der Ziele und ihrer weitgefassten Formulierung lassen sich einzelne Fördermaßnahmen nur schwer den jeweiligen Zielen zuordnen, was z. B. noch mit den Zielen aus dem Jahre 1988 möglich war (vgl. diesbezüglich z. B. die ausführliche Analyse von Fleck 1990, S. 97–121; ferner auch BMFT 1988, S. 19–22).

Fünf FuE-relevante Aufgabenbereiche

Der Bund dokumentiert in seiner „Profildarstellung“ (BMBF 1996a, S. 76–79; BMBF 1998a, S. 29–32) die Grundstruktur seiner F&T-Förderung insgesamt fünf FuE-relevante Aufgabenbereiche (Tab. 20), zu denen die jeweiligen FuE-Aufgaben einzelner Förderprogramme und -schwerpunkte zusammengefasst sind. In 1996 betrug die Gesamtsumme aller fünf FuE-relevanten Aufgabenbereiche 16,7 Mrd. DM.

- Der Aufgabenbereich „*Erkenntnisorientierte und programmübergreifende Grundlagenforschung*“ lag 1996 mit Ausgaben von 2,8 Mrd. DM und einem Anteil von 16,6 % an den Gesamtausgaben um 2,9 Prozentpunkte höher als 1981. Zu diesem Aufgabenbereich zählt die Finanzierung der Max-Planck-Gesellschaft, der DFG sowie der Großgeräte der Grundlagenforschung.

Tabelle 20

Ausgaben des Bundes für Forschung und Entwicklung als Profildarstellung

Jahr	Erkenntnisorientierte und programmübergreifende Grundlagenforschung		FuE zur Daseinsvorsorge		Technologie- und Innovationsförderung		Hochschulbau u. über- wiegend hochschulbezogene Sonderprogramme		Wehrforschung und -technik		Nicht aufgeteilt	Ins-gesamt
	(Mio. DM)	%	(Mio. DM)	%	(Mio. DM)	%	(Mio. DM)	%	(Mio. DM)	%	(Mio. DM)	(Mio. DM)
1981	1.429	13,7	1.767	16,9	5.445	52,1	279	2,7	1.528	14,6	–	10.448
1982	1.506	13,0	1.811	15,6	6.333	54,5	308	2,6	1.668	14,3	–	11.625
1983	1.558	13,5	1.761	15,3	5.895	51,2	407	3,5	1.895	16,5	–	11.515
1984	1.680	14,2	1.812	15,3	5.907	50,0	394	3,3	2.017	17,1	–	11.810
1985	1.798	14,0	1.960	15,3	6.199	48,3	348	2,7	2.531	19,7	–	12.835
1986	1.878	14,5	2.053	15,8	6.073	46,8	397	3,1	2.564	19,8	–	12.965
1987	1.998	15,1	2.113	16,0	5.849	44,2	369	2,8	2.894	21,9	–	13.222
1988	1.965	14,7	2.330	17,5	5.840	43,8	365	2,7	2.839	21,3	–	13.340
1989	2.046	14,5	2.669	18,9	5.840	41,4	423	3,0	3.128	22,2	–	14.106
1990	2.072	13,6	3.067	20,2	6.226	40,9	461	3,0	3.389	22,3	–	15.215
1991	2.145	12,7	3.656	21,6	6.780	40,1	725	4,3	3.170	18,7	450	16.927
1992	2.319	13,4	3.547	20,5	7.448	43,0	957	5,5	3.065	17,7	3	17.339
1993	2.440	14,5	3.559	21,1	7.206	42,7	1.020	6,0	2.635	15,6	–	16.860
1994	2.533	15,5	3.490	21,3	6.829	41,8	886	5,4	2.610	16,0	–	16.348
1995	2.669	16,2	3.418	20,7	6.662	40,4	910	5,5	2.840	17,2	–	16.500
1996	2.759	16,6	3.421	20,5	6.732	40,4	868	5,2	2.880	17,3	–	16.660
1997	2.827	17,4	3.369	20,7	6.622	40,7	823	5,1	2.998	18,4	-367	16.272
Wachstum 1997/1981	1,98	–	1,91	–	1,22	–	2,95	–	1,96	–	–	1,56

Aufgeführt ist unter „Nicht aufgeteilt“ auch der Aufgabenbereich „Übergangsfinanzierung für die Akademien der Wissenschaften“ in 1992 und 1992, ferner für 1997 die „globalen Minderausgaben“, die erst als Ist-Werte zugeordnet werden können. Die Zahlen sind Ist-Werte bis 1996 und für 1997 Soll-Werte.

Quelle: BMBF (1996a, S. 78); BMBF (1998a, S. 22–23, 30); Auswertung des BMBF; eigene Berechnungen.

- Der Aufgabenbereich „*FuE zur Daseinsvorsorge*“ erreichte 1996 mit 3,4 Mrd. DM einen Anteil von 20,5 % an den Gesamtausgaben gegenüber 16,9 % in 1981. Dieser Bereich ist aus den zwei vorher getrennten Bereichen „Staatliche Langzeitprogramme“ und „Vorsorgeforschung“ entstanden. Die Förderung richtet sich im Allgemeinen auf die Verbesserung der Lebensbedingungen. Im Einzelnen zählt dazu die Förderung der Meeres- und Polarforschung, der ökologischen und der Klimaforschung, der Gesundheitsforschung, der FuE zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen, der Geowissenschaften, der Ernährungswissenschaften, der Land- und Forstwirtschaft, der Bildung sowie der Geistes- und Sozialwissenschaften.
- Der Aufgabenbereich „*Technologie- und Innovationsförderung*“ erreichte 1996 insgesamt 6,7 Mrd. DM. Der Anteil von 40,4 % an den Gesamtausgaben lag um 11,7 Prozentpunkte unter dem Anteil von 1981. Zu diesem größten Aufgabenbereich, der auf die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie gerichtet ist, gehören u. a. zahlreiche technolo-

giespezifische Förderprogramme sowie die indirekten Maßnahmen zur Förderung von FuE der Wirtschaft und des Technologietransfers.

- Ein verhältnismäßig kleiner Anteil entfällt auf den Aufgabenbereich „*Hochschulbau und hochschulbezogene Sonderprogramme*“ mit 0,9 Mrd. DM und einem Anteil von 5,2 % an den Gesamtausgaben in 1996 gegenüber 2,7 % in 1981. Der Zuwachs resultiert vornehmlich aus der Förderung der Hochschullandschaft in den neuen Bundesländern und den zwei Hochschulsonderprogrammen.
- Der Aufgabenbereich „*Wehrforschung und -technik*“ hatte 1996 mit 2,9 Mrd. DM einen Anteil von 17,3 % an den Gesamtausgaben gegenüber 14,6 % in 1981 und einem Höhepunkt von 22,3 % in 1990. Der Rückgang ist vor allem auf die politische Entspannung mit dem Ende des Kalten Krieges zurückzuführen.

Insgesamt gab es drei Hauptveränderungen zwischen 1981 und 1996 bezüglich der FuE-Aufgabenbereiche: Erstens hat der Aufgabenbereich „*Technologie- und Innovationsförderung*“ seit den 1980er Jahren erheblich an Bedeutung verloren. Zweitens hat die „*Wehrforschung und -technik*“ nach dem steilen Anstieg in den 1980er Jahren in den 1990er Jahren ebenfalls an Bedeutung verloren. Im gleichen Zuge hat drittens – entsprechend der allgemeinen Schwerpunktsetzung – die Förderung der Grundlagenforschung in den 1990er Jahren an Gewicht gewonnen.

c) Förderschwerpunkte nach einzelnen Förderbereichen

In einzelnen Förderbereichen, die mit den Buchstaben „A“ bis „X“ bezeichnet werden, setzt der Bund seine F&T-politischen Ziele in konkrete Förderschwerpunkte um (Tab. 21). Die generellen *Förderschwerpunkte* lagen 1996 (BMBF 1998a, S. 378–383) bei „*Wehrforschung und Wehrtechnik*“ (Förderbereich X) mit 2,9 Mrd. DM (17,3 % Anteil an den Gesamtausgaben), „*Trägerorganisationen, Hochschulbau und hochschulbezogene Sonderprogrammen*“ (Förderbereich A) mit 3,0 Mrd. DM (17,9 %) sowie „*Weltraumforschung und Weltraumtechnik*“ (Förderbereich D) mit 1,6 Mrd. DM (9,3 %). Drei Aspekte verdeutlichen die F&T-politischen Förderschwerpunkte des Bundes:

- Die *Förderschwerpunkte* wandelten sich im Allgemeinen von den Großtechnologien wie Kernforschung und Weltraumforschung zu marktrelevanten Schlüsseltechnologien wie z. B. Informationstechnik.
- Die Förderung *militärischer* FuE wurde insbesondere in den 1980er Jahren mit zusätzlichen Mitteln ausgebaut.
- Die Ausgaben für die *Grundlagenforschung* nahmen seit 1991 kontinuierlich zu.

Tabelle 21
Ist-Ausgaben des Bundes für Forschung und Entwicklung
(in Mio. DM)

Förderbereich und Förderschwerpunkt	1981		1990		1996		Wachstum (%)		
	Mio. DM	%	Mio. DM	%	Mio. DM	%	1990/1981	1996/1990	1996/1990
A Trägerorganisationen; Umstrukturierung der Forschung im Beitrittsgebiet; Hochschulbau und überwiegend hochschulbezogene Sonderprogramme	1.189	11,4	1.736	11,4	2.974	17,9	46,0	71,3	150,1
B Großgeräte der Grundlagenforschung	601	5,8	963	6,3	1.066	6,4	60,1	10,7	77,3
C Meeresforschung und Meerestechnik; Polarforschung	260	2,5	229	1,5	281	1,7	-11,8	22,5	8,0
D Weltraumforschung und Weltraumtechnik	662	6,3	1.388	9,1	1.551	9,3	109,6	11,7	134,2
E Energieforschung und Energietechnologie	2.105	20,2	1.269	8,3	821	4,9	-39,7	-35,3	-61,0
F Umweltforschung; Klimaforschung	410	3,9	687	4,5	1.053	6,3	67,6	53,3	156,9
G Forschung und Entwicklung im Dienste der Gesundheit	340	3,3	591	3,9	762	4,6	73,7	28,9	123,9
H Forschung und Entwicklung zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen	118	1,1	120	0,8	96	0,6	1,6	-19,8	-18,5
I Informationstechnik (mit Fertigungstechnik)	375	3,6	736	4,8	1.037	6,2	96,1	41,0	176,5
K Biotechnologie	99	0,9	271	1,8	406	2,4	174,2	50,0	311,3
L Materialforschung; physikalische und chemische Technologien	321	3,1	551	3,6	694	4,2	71,4	26,1	116,1
M Luftfahrtforschung und Hyperschalltechnologie	478	4,6	899	5,9	330	2,0	88,0	-63,3	-30,9
N Forschung und Technologie für bodengebundenen Transport und Verkehr	334	3,2	236	1,5	183	1,1	-29,5	-22,4	-45,3
O Geowissenschaften und Rohstoffsicherung	163	1,6	161	1,1	145	0,9	-1,4	-9,8	-11,0
P Raumordnung und Städtebau; Bau Forschung	166	1,6	146	1,0	103	0,6	-12,0	-29,3	-37,8
Q Forschung und Entwicklung im Ernährungsbereich	69	0,7	90	0,6	99	0,6	30,0	9,9	42,9
R Forschung und Entwicklung in der Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei	183	1,8	223	1,5	256	1,5	21,8	14,6	39,6
S Bildungsforschung	133	1,3	113	0,7	124	0,7	-15,2	9,8	-6,8
T Innovation und verbesserte Rahmenbedingungen	496	4,7	290	1,9	834	5,0	-41,4	187,4	68,3
U Fachinformation	58	0,6	78	0,5	24	0,1	34,9	-69,1	-58,3
V Geisteswissenschaften; Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	239	2,3	356	2,3	467	2,8	49,0	31,2	95,4
W Übrige, nicht anderen Bereichen zugeordnete Aktivitäten	120	1,2	695	4,6	472	2,8	478,1	-32,1	292,7
A-W Zivile Förderbereiche zusammen	8.920	85,4	11.826	77,7	13.779	82,7	32,6	16,5	54,5
X Wehrforschung und Wehrtechnik	1.528	14,6	3.389	22,3	2.880	17,3	121,8	-15,0	88,5
Ausgaben insgesamt (bzw. ø-Wachstum)	10.448	100	15.215	100	16.659	100	45,6	9,5	59,4

Die Förderbereiche sind nicht themenspezifisch und werden im Wesentlichen vom BMBF finanziert, bis auf einige Ausnahmen: Finanziert werden die Förderbereiche Q und R vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie der Förderbereich X vom BMVg. Ferner ist der Hauptfinanzierer des Förderbereichs T das BMWi; für die Förderbereiche V und W sind es verschiedene Bundesministerien.

Zahlenquelle: BMBF (1996a, S. 538–543) und BMBF (1998a, S. 378–383); eigene Berechnungen

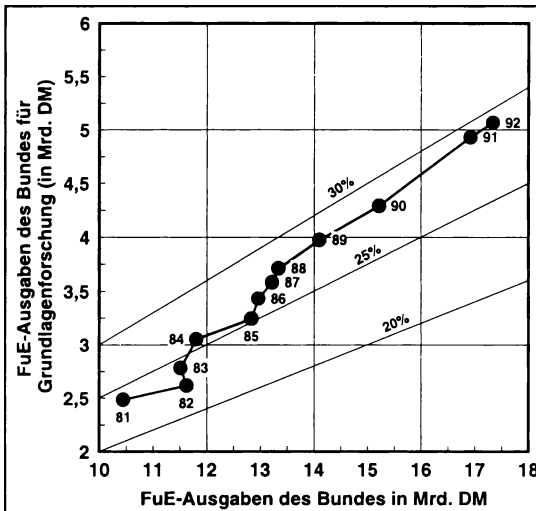
Im Zeitverlauf zeigen sich klare Unterschiede hinsichtlich der von der Regierung gesetzten *Schwerpunkte* in den 1980er Jahren und in den 1990er Jahren:

- In den *1980er Jahren* gab es zwei vorherrschende F&T-politische Schwerpunkte: Einerseits reduzierten sich die Ausgaben für die „*Energieforschung und Energietechnologie*“ (Förderbereich E) von 2,1 Mrd. in 1981 um 39,7 % auf 1,3 Mrd. DM in 1990. Dieses lag in erster Linie an dem starken Rückgang der Mittel für die „*Nukleare Energieforschung*“ (Förderschwerpunkt E 3) von 1,3 Mrd. DM in 1981 auf 633 Mio. DM in 1990. Andererseits verzeichneten zwei Förderbereiche deutliche Zunahmen, die „*Weltraumforschung und Weltraumtechnik*“ (Förderbereich D) mit einer Verdoppelung von 662 Mio. DM in 1981 auf 1,4 Mrd. DM in 1990 und die „*Wehrforschung und Wehrtechnik*“ (Förderbereich X) mit einer Steigerung um 121,8 % von 1,5 Mrd. DM in 1981 auf 3,4 Mrd. DM in 1990. Deutlich über dem durchschnittlichen Wachstum von 45,6 % lagen auch die Zuwächse bei der „*Biotechnologie*“ (Förderbereich K, 174,2 %), bei der „*Luftfahrtforschung und Hyperschalltechnologie*“ (Förderbereich M, 88 %), bei der „*Informationstechnik*“ (Förderbereich I, 96,1 %) sowie bei den sog. „*Übrigen Aktivitäten*“ (Förderbereich W, 478,1 %).
- In der ersten Hälfte der *1990er Jahre* stand der Aufbau der Forschungsinfrastruktur in den neuen Bundesländern im Vordergrund. Daher nahmen die Ausgaben für „*Trägerorganisation und Hochschulbau*“ (Förderbereich A) um 74,1 % von 1,7 Mrd. DM in 1990 auf 3,0 Mrd. in 1996 zu. Deutlich über dem durchschnittlichen Wachstum von 9,5 % zugenommen haben auch die Mittel für „*Innovation und verbesserte Rahmenbedingungen*“ (Förderbereich T) mit einer Erhöhung um das Zweieinhalbfache von 290 Mio. DM in 1990 auf 834 Mrd. DM in 1996, und zwar bedingt durch verschiedene Förderprogramme für die ostdeutsche Wirtschaft, ferner auch die „*Biotechnologie*“ (Förderbereich K, 50,0 %) sowie die „*Umweltforschung und Klimaforschung*“ (Förderbereich F, 53,3 %). Einen starken Rückgang gab es hingegen bei der „*Luftfahrtforschung und Hyperschalltechnologie*“ (Förderbereich M) mit einem Rückgang um 63,3 % von 899 Mio. DM in 1990 auf 330 Mio. DM in 1996. Zudem gingen die FuE-Ausgaben merklich bei den „*Übrigen Aktivitäten*“ (Förderbereich W, minus 32,1 %), bei der „*Energieforschung und Energietechnologie*“ (Förderbereich E, minus 35,5 %) sowie bei „*FuE zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen*“ (Förderbereich H, minus 19,8 %) zurück.

Sowohl in den 1980er als auch in den 1990er Jahren sind die Ausgaben für die zwei bedeutenden Schlüsseltechnologien „*Informationstechnik*“ und „*Biotechnologie*“ deutlich angestiegen, letztere ausgehend von einem niedrigen Niveau. Neben der stärkeren Fokussierung auf Schlüsseltechnologien setzte die Bundesregierung auf eine Verstärkung der Grundlagenforschung sowie der „*Wehrforschung und Wehrtechnik*“ bzw. militärischen FuE.

Förderung der Grundlagenforschung

Die verstärkte Ausrichtung wird auch deutlich, wenn man die FuE-Ausgaben des Bundes für die Grundlagenforschung betrachtet. Der Anteil der *Grundlagenforschung* an den gesamten FuE-Ausgaben stieg von 23,8 % in 1981 auf 29,2 % in 1992 (BMBF 1996a, S. 81–82). Förderbereiche mit einem hohen Anteil der Grundlagenforschung in 1992 waren u. a. die Förderbereiche „*Trägerorganisationen*“ mit 65,0 %, „*Großgeräte der Grundlagenforschung*“ mit 90,6 % und „*Meeresforschung und Meerestechnik*“ mit 57,4 %. Hierin spiegelt sich die ordnungspolitische Auffassung der Bundesregierung wider, Forschung mit stärkerem Anwendungsbezug nicht so intensiv zu fördern wie die Grundlagenforschung (Abb. 24).



Quelle: BMBF (1996a, S. 81)

Abbildung 24: FuE-Ausgaben des Bundes für Grundlagenforschung als Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes für 1981 bis 1992

Förderung militärischer Forschung und Entwicklung

Die Förderung *militärischer FuE* bzw. „*Wehrforschung und -technik*“ (Förderbereich X) erhielt in den 1980er Jahren und 1990er Jahren einen deutlichen Zuwachs sowohl absolut als auch relativ (Tab. 21). Die FuE-Ausgaben verdoppelten sich von 1,53 Mrd. DM in 1981 auf 3,4 Mrd. DM in 1990 und nahmen bis 1996 dann um 15,0 % auf 2,9 Mrd. DM ab. Ein Grund für den deutlichen Anstieg lag laut Fleck (1990, S. 120) in der notwendigen Beschaffung von Großgeräten für neue Waffengenerationen. Das Verhältnis zwischen ziviler

Forschung und militärischer FuE veränderte sich daher im Vergleichszeitraum von 5,84:1 in 1981 auf ein Minimum von 3,49:1 in 1990 und stieg danach wieder auf 4,8:1 in 1996. Insgesamt spielt die Förderung militärischer FuE im Vergleich zu den USA oder Großbritannien eine vergleichsweise geringe Rolle.

d) Direkte und indirekte Fördermaßnahmen

Die noch in den 1970er Jahren bis Anfang der 1980er Jahren geführte ordnungspolitische Debatte über Vor- und Nachteile der direkten Projektförderung und der indirekten Förderung (Abschnitte C.I.3.c) und C.I.4.d)) wird seit Mitte der 1980er Jahre kaum noch geführt. Dies liegt vor allem an dem Rückgang der direkten Projektförderung bei gleichzeitiger Zunahme der Verbundforschung innerhalb der direkten Projektförderung sowie einer Verstärkung der institutionellen Förderung. Die indirekte Förderung wurde in den 1980er Jahren stark ausgedehnt und um die indirekt-spezifische Förderung erweitert.

An den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes von 16,4 Mrd. DM hatten die direkte Projektförderung 1996 mit 6,9 Mrd. DM (41,1 % Anteil) und die institutionelle Förderung mit ebenfalls 6,8 Mrd. DM (40,9 %) das größte Gewicht (BMBF 1998a, S. 384–385). Die indirekt-globalen Fördermaßnahmen (ohne steuerliche Maßnahmen) mit 0,6 Mrd. DM (3,7 %), die hochschulbezogene Förderung mit 0,8 Mrd. DM (4,9 %) sowie die Förderung der internationalen Zusammenarbeit mit 1,6 Mrd. DM (9,4 %) waren weniger bedeutend. Im Folgenden wird auf die beiden direkten Fördermaßnahmen sowie auf die indirekten Fördermaßnahmen eingegangen (Zahlen in Tab. 22; Übersicht in Abb. 25).

Tabelle 22
FuE-Ausgaben des Bundes nach Art der Förderung in Mio. DM

Art der Förderung	1981	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<i>Institutionelle Förderung</i>	3.563	4.300	5.177	6.169	6.325	6.634	6.645	6.688	6.813	7074
<i>Nicht institutionelle Förderung</i>	6.921	8.535	10.038	10.792	11.028	10.222	9.697	9.812	9.846	9.565
• Direkte Projektförderung	5.477	6.701	7.930	8.198	7.839	6.938	6.745	6.685	6.851	6664
• Hochschulbezogene Förderung	273	340	420	670	896	963	833	851	810	771
• Internationale Zusammenarbeit	708	786	1.335	1.482	1.666	1.687	1.547	1.617	1.566	1499
<i>Indirekt-globale Förderung</i>	463	708	353	442	627	634	572	659	619	631
<i>Globale Minderausgabe des BMBF</i>										-367
Summe	10.484	12.835	15.215	16.962	17.354	16.856	16.342	16.500	16.659	16.272

Ist-Werte bis 1996, Soll-Werte für 1997

Quelle: BMBF (1998a, S. 384–385); Werte für 1985, 1990 aus BMBF (1996a, S. 544–545; 79–80)

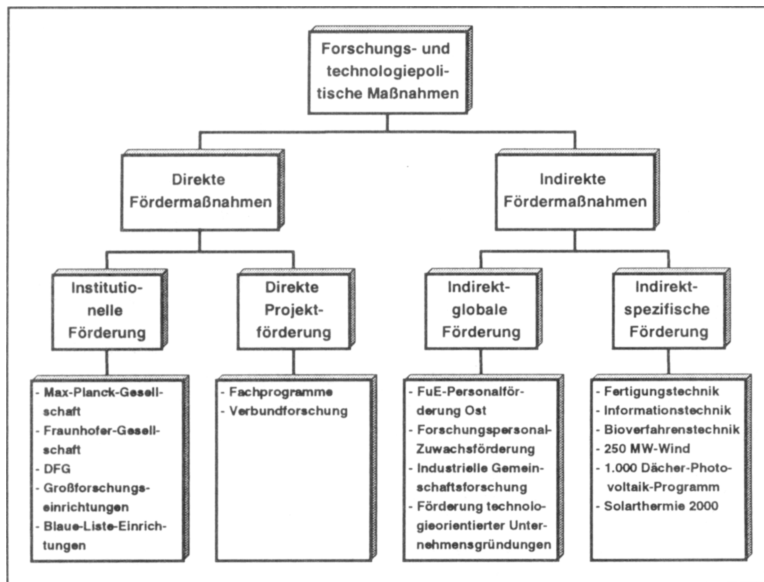


Abbildung 25: Übersicht über direkte und indirekte Fördermaßnahmen in Deutschland

Direkte Fördermaßnahmen

Entsprechend der generellen F&T-politischen Leitlinien und Schwerpunkte hat sich die Verteilung bei den direkten Fördermaßnahmen ab den 1980er Jahren von der direkten Projektförderung hin zur institutionellen Förderung verlagert. Lagen die Ausgaben des Bundes für die *direkte Projektförderung* 1981 mit 5,5 Mrd. DM bei 52,2 % der gesamten FuE-Ausgaben, so sank der Anteil auf ein Minimum von 40,5 % in 1995 und lag 1996 bei 41,1 % und Ausgaben in Höhe von 6,9 Mrd. DM (BMBF 1998a, S. 384–385). Die *institutionelle Förderung* wurde hingegen ausgebaut, und zwar von 3,6 Mrd. DM (34,0 %) in 1981 auf geplante Ausgaben von 6,8 Mrd. DM (40,9 %) in 1996.

Mit der *direkten Projektförderung* werden gezielt FuE-Projekte unterstützt, die schwerpunktmäßig mit sog. Fachprogrammen durchgeführt werden. Die finanzielle Förderung bei dieser inputorientierten Förderungsart findet in der Regel in Form von Zuschüssen mit unterschiedlichen Förderquoten statt, die meistens 50 % betragen, aber auch zum Teil 100 % der Gesamtkosten umfassen können (Hasenritter 1982, S. 90–91).

Mit den *Fachprogrammen* zielt das BMBF auf die Wahrung eines hohen Leistungsstands in bestimmten Technologiebereichen bzw. -feldern (BMBF 1996b, S. 12–13). Gefördert werden FuE-Vorhaben, die zur Weiterentwicklung der jeweiligen Technologie beitragen. Vorherrschendes Förderinstrument ist die

„*Verbundforschung*“, bei der Forschungseinrichtungen aus Wirtschaft und Wissenschaft sowie Hochschulen miteinander kooperieren. Voraussetzungen für die Förderung sind ein erhebliches Bundesinteresse, ein hohes technisch-wirtschaftliches Risiko und Durchführung in Deutschland an einem noch nicht begonnenen Projekt. In der Regel wird über Zuwendungen gefördert, im Fachprogramm „*Weltraumforschung und -technik*“ werden aber auch Aufträge vergeben. Anfang 1997 bezog sich die Projektförderung auf 22 Fachprogramme zu verschiedenen Technologien (BMBF 1997b, S. 13–47; Übersicht in Tab. 23).

Die Förderung umfasst in erster Linie Zuwendungen. Gewährt wird die Förderung aus Fachprogrammen ausschließlich nach vorheriger Antragstellung (BMBF 1997b, S. 10–11). Ein Antrag muss dabei einer der 22 Technologien und den jeweiligen Programmen zugeordnet werden können. Unterstützt werden die Antragsteller bei vielen Programmen in der Formulierungsphase von den Projektträgern des BMBF. Der Erfolg der direkten Projektförderung hängt laut Hasenritter (1982, S. 91) von verschiedenen Faktoren ab, u. a. ob es sich um Voll- oder Teilfinanzierung handelt, ob es Rückzahlungsverpflichtungen oder Ertragsbeteiligungen gibt. Die direkte Projektförderung wird ergänzt um direkte Zuwendungen an Institutionen im Rahmen der institutionellen Förderung.

Die *institutionelle Förderung*, zu der auch die Mittel aus dem Hochschulsonderprogramm II sowie aus dem Hochschülerneuerungsprogramm gerechnet werden, wurde zwischen 1981 und 1996 deutlich ausgebaut (Tab. 22). Der Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes stieg von 34,0 % bei Ausgaben von 3,6 Mrd. DM in 1981 auf 40,9 % und 6,8 Mrd. DM in 1996 an. Von den 6,8 Mrd. DM gingen 1996 an die Großforschungseinrichtungen 38,2 %, die Forschungseinrichtungen (MPG, FhG, DFG mit den Sonderforschungsbereichen) 29,5 %, die bundeseigenen Forschungseinrichtungen 19,6 %, die Einrichtungen der Blauen Liste 8,5 % sowie die sonstige Einrichtungen ohne Erwerbszweck 4,2 % (BMBF 1998a, S. 384–385).

Die Ausgaben für die institutionelle Förderung verdoppelten sich zwischen 1981 und 1996, wobei die Forschungsförderungseinrichtungen aus der institutionellen Förderung nach 0,97 Mrd. DM in 1981 mehr als doppelt so viel mit 2,11 Mrd. DM in 1996 erhielten, während die Großforschungseinrichtungen nur einen Mittelzuwachs um 57,0 % von 1,62 Mrd. DM auf 2,55 Mrd. DM verzeichneten (Zahlen aus BMBF 1998a, S. 384–385). Auffällig ist die deutliche Steigerung bei der Förderung der Blaue-Liste-Einrichtungen von 0,17 Mrd. DM auf 0,59 Mrd. DM, d. h. auf das 3,5-fache.

Indirekte Fördermaßnahmen

Mit indirekten Maßnahmen zielt der Bund auf die Förderung von FuE in der Wirtschaft. Dabei bedienen sich das BMBF und das BMWi zum einen indirekt-

Tabelle 23

Übersicht über Fachprogramme und deren Zuordnung zu Förderbereichen (FB)

Fachprogramme	Beispielhafte Schwerpunkte	FB
Meeresforschung	Meeresbezogene Klima- und Umweltforschung, Marine Wirkstoffe, Global Ocean Observing System, Automatisches Meeresüberwachungssystem MERMAID etc.	A
Polarforschung	Rolle der Polargebiete für das globale Klimageschehen, Klimaarchive, Funktionsprinzipien polarer Ökosysteme, Entwicklung umweltgerechter Technologien etc.	A
Weltraumforschung u.-technik	Extraterrestrische Grundlagenforschung, Erdbeobachtung, Transportsysteme, Raumstation, Bodeninfrastruktur und Betrieb, Internationale Zusammenarbeit (ESA)	D
Ökologische Forschung	Ökologische Konzeptionen für terrestrische und limnische Ökosysteme/Landschaften, Forschung zur Risikoabschätzung von Umweltsubstanzen etc.	F
Umwelttechnologien	Vermeidung von Umweltbelastungen aus der industriellen Produktion durch vorbeugende Maßnahmen, Wasserforschung und -technologie, Altlastensanierung etc.	F
Klima- u. Atmosphärenforschung	Klimasystemforschung, Forschung zum Globalen Wandel, Troposphärenforschung, Verbundprogramm „Schadstoffe in der Luftfahrt“	F
Gesundheitsforschung	Klinische Forschung zur Krankheitsbekämpfung, Forschungen zur Gesundheitsvorsorge und zum Gesundheitswesen etc.	G
Arbeit und Technik	Dienstleistung der Zukunft, Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Zukunft der Erwerbsarbeit, Arbeitsschutz 2000 etc.	H
Meerestechnik	Schiffstechnik (Verbesserung der Produktionstechnik und des Produkts, Entwicklung systemorientierter neuer Produkte), Küsteningenieurwesen etc.	C
Energieforschung u. -technologien	Effizienzsteigerung und neue Sekundärenergien, Rationelle Energieanwendung und Einsparung von Energien bei den Endenergiesektoren etc.	E
Informatiksysteme	Softwaretechnologie, Intelligente Systeme, Bioinformatik, Neurotechnologie/ Neuroprothetik, Telekooperation	I
Basistechnologien der Informationstechnik	Photonik, III-V-Elektronik, Systemtechnik, Displaytechnik, Datenkommunikation, Neue Technologiefelder	I
Sub-Mikron-Siliziumtechnologie	Integrationstechniken, Smart Fabrication, Nanoelektronik, Elektronisches Auge, Smart System Engineering	I
Mikrosystemtechnik	Programm „Mikrosystemtechnik 1994–1999, Weiterentwicklung von Systemtechniken, Entwicklung von Standardbauteilen von Mikrosystemen etc.	I
Produktion 2000	Rahmenkonzept „Produktion 2000“ 1995–1999, Produktentwicklungsmethoden und Produktionsverfahren, Wirtschaften in Kreisläufen, Logistik für die Produktion etc.	I
Biotechnologie 2000	Programm „Biotechnologie 2000“, Molekulare Naturstoffforschung, Glycobiotechnologie, Umweltbiotechnologie, BioRegio-Wettbewerb, Humangenomforschung	K
Neue Materialien für Schlüsseltechnologie	Neue Materialien für Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts, 13 Demonstrations- und Kompetenzzentren zur Beschleunigung des Transfers von Forschungsergebnissen in die industrielle Praxis	L
Physikalische Technologien, Chemische FuE	Physikalische Technologien (z. B. Supraleitung und Tieftemperaturtechnik, Plasmatechnik, Oberflächen- und Schichttechnologien), Chemische Technologien (Katalyse, Kombinatorische Chemie, Supramolekulare Systeme, Mikroreaktoren)	L
Förderschwerpunkt Laser 2000	Grundlagen für neue Lasergenerationen, Präzisionsbearbeitung mit Lasern, Grundlagen zur Erschließung neuer Anwendungsfelder, Lasermedizin etc.	L
Luftfahrtforschung und -technologie	Verkehrsflugzeuge (Technologien für die Flugzeugzelle, Elektronische Flugsteuerung), Hubschraubertechnologien, Antriebsektor	M
Forschung für bodengebundenen Transport und Verkehr	Mobilität im Ballungsraum, Effiziente Abwicklung des Güterverkehrs, Verringerung der Umweltbelastung des Verkehrs, Absenkung der Zahl der Unfallopfer	N
Wissenschaftliche und technische Informationen (Fachinformation)	Programm „Information als Rohstoff für Innovation“ 1996–2000, Globale Elektronische und Multimediale Informationssysteme für Naturwissenschaft und Technik, Innovationsstimulierung der deutschen Wirtschaft durch wissenschaftlich-technische Information (INSTI), Nutzung elektronischer Informationsquellen in den Schulen etc.	U

Quelle: BMBF (1997b, S. 13–47)

globaler Maßnahmen, um vor allem mit Steuererleichterungen die FuE-Aktivitäten der Unternehmen zu fördern. Die Fördermittel lagen 1996 bei 671,5 Mio. DM (BMBF 1998a, S. 52). Zum anderen unterstützt das BMBF seit 1982 mit indirekt-spezifischen Maßnahmen die Diffusion bestimmter Technologien durch die Finanzierung von FuE-Ausgaben der KMU, wobei die dafür verwendeten Fördermittel 1996 lediglich 64,2 Mio. DM betrugen.

Bei der indirekt-globalen Förderung unterscheidet das BMBF (1996a, S. 97) zwischen sechs verschiedenen Gruppen von Fördermaßnahmen (Tab. 24):

Tabelle 24
**Indirekte Maßnahmen zur Förderung von
Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft**

Maßnahme, zuständige Ressorts in Klammern	Fördermittel bzw. Steuermindereinnahmen (Mio. DM)								
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997 ⁴⁾
<i>Potenzialorientierte Maßnahme</i>									
• FuE-Personalkostenzuschuss (BMW ⁱ) (ab 1992 FuE-Personalförderung Ost)	29,3	5,2	1,9	47,9	91,8	67,1	109,6	104,0	102,0
• Forschungspersonal-Zuwachsförderung (BMBF)	81,5	59,9	30,3	25,9	21,1	18,7	16,5	12,2	2,0
• FuE-Investitionszulage (steuerliche Maßnahme nach § 4 InvZuLG) ²⁾	449,3	470,9	178,8	—	—	—	—	—	—
• FuE-Sonderabschreibungen (steuerliche Maßnahme nach § 82d EStD) ²⁾³⁾	200,0	200,0	200,0	—	—	—	—	—	—
<i>Maßnahmen zur Unterstützung der Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft</i>									
• Industrielle Gemeinschaftsforschung (BMW ⁱ)	106,9	112,2	199,8	198,1	169,6	169,9	169,9	169,8	150,3
• Auftragsforschung und -entwicklung (BMBF)	28,0	22,0	31,7	44,3	70,3	60,8	85,5	36,7	10,1
• Technologietransfer und Forschungskooperation (BMBF)	21,9	17,9	15,7	17,8	14,4	52,9	93,5	120,1	135,3
• Modellvorhaben zum Technologietransfer (einschließlich Patentausgelegten (BMW ⁱ))	0,8	6,5	13,5	27,9	37,4	40,6	34,4	27,4	15,4
<i>Innovationsförderung (BMWⁱ)</i>	—	—	0,2	8,4	50,6	80,0	82,0	111,1	62,4
<i>Förderung von technologieorientierten Unternehmensgründungen (BMBF)</i>	53,5	40,2	45,9	77,0	81,7	67,2	64,1	76,6	86,7
<i>FuE-Darlehen für kleine Unternehmen zur Anwendung neuer Technologien</i>	—	—	—	—	—	2,2	5,9	6,1	4,3
<i>Modellversuch zur Unterstützung der Informationsbeschaffung aus Datenbanken (MIKUM)</i>	—	—	2,8	8,1	6,2	4,7	2,7	7,5	4,1
Insgesamt	971,2	934,8	720,6	455,4	543,1	564,1	664,1	671,5	572,6

1) Einschließlich Sondermittel „Aufbauhilfe Ost“. 2) Steuermindereinnahmen von Bund, Ländern und Gemeinden.

3) Geschätzt, z.T. korrigierte Schätzung. 4) Soll

Quelle: BMBF (1996a, S. 97); BMBF (1998a, S. 52)

- Zu den *potenzialorientierten Maßnahmen* zählen die 1992 aufgelegten Maßnahmen „*FuE-Personalförderung Ost*“ (PFO) des BMWⁱ sowie „*Forschungspersonal-Zuwachsförderung*“ des BMBF. Bei der PFO werden bei ostdeutschen Unternehmen, die weniger als 1.000 Beschäftigte haben, die

Personalaufwendungen für in FuE beschäftigtes Personal bezuschusst (BMBF 1996b, S. 71). Die Förderung besteht in nicht rückzahlbaren Zuwendungen in Höhe von 40 % der lohnsteuerpflichtigen Bruttolöhne und -gehälter, wobei 1994 Zuschüsse in Höhe von 67,1 Mio. DM an 1.576 Unternehmen gewährt wurden, darunter 91 % mit weniger als 250 Beschäftigten. In 1996 wurden für PFO mit 104 Mio. DM bereitgestellt. Bei der „*Forschungspersonal-Zuwachsförderung*“ wurden bis 1996 insgesamt 4.640 Personen (Wissenschaftler und Ingenieure) in ca. 1.590 Unternehmen mit weniger als 1.000 Beschäftigten eingestellt. Das BMBF förderte 50 % der Bruttogehälter des betreffenden Personals für 15 Monate mit einem jährlichen Zuschuss von maximal 250 TDM pro Unternehmen (BMBF 1996a, S. 248–249). Steuerliche Maßnahmen wie z. B. FuE-Investitionszulagen oder FuE-Sonderabschreibungen gibt es seit 1991 nicht mehr.

- *Maßnahmen zur Unterstützung der Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft:* Hierauf sind insgesamt die vier Maßnahmen „*Industrielle Gemeinschaftsforschung*“, „*Auftragsforschung und -entwicklung*“, „*Technologietransfer und Forschungskooperation*“ sowie „*Modellvorhaben zum Technologietransfer*“ gerichtet:
 - Mit dem Programm zur Förderung der „*Industriellen Gemeinschaftsforschung*“ fördert die Bundesregierung die am Bedarf der Industrie orientierte vorwettbewerbliche Forschung, d. h. Forschungsprojekte, die von den in Forschungsvereinigungen zusammengeschlossenen Unternehmen als Aufgaben von gemeinsamem Interesse identifiziert wurden – überwiegend bei kleinen und mittleren Unternehmen. Das BMWi stellte 1996 insgesamt 169,8 Mio. DM bereit, davon 32 Mio. für Unternehmen und Forschungsstellen in den neuen Ländern.
 - Mit der „*Auftragsforschung und -entwicklung durch FuE-Einrichtungen in den neuen Bundesländern*“ sowie „*Auftragsforschung West-Ost*“ will das BMBF die Nachfrage nach FuE-Leistungen von FuE-betreibenden Unternehmen aus den neuen Bundesländern anregen. Die Zuwendungen in Höhe von 36,7 Mio. DM in 1996 wurden im Allgemeinen auf 15 % bis 25 % der zuwendungsfähigen Kosten der FuE-Aufträge erteilt, die von Unternehmen an externe Forschungseinrichtungen vergeben wurden (BMBF 1996b, S. 249–250).
 - Eine Maßnahme zu „*Technologietransfer und Forschungskooperation*“ des BMBF ist die „*Förderung der Forschungskooperation zwischen Industrie und Wirtschaft*“, bei der 1996 mit 120,1 Mio. DM gefördert wurden. Insgesamt wurden 1.900 Anträge und 253 Mio. DM für ostdeutsche Unternehmen bewilligt. Es gibt drei Arten der Förderung (BMBF 1996b, S. 62–63; BMBF 1996a, S. 249): Förderung von FuE-Vorhaben von mindestens zwei Unternehmen, Förderung von Vorhaben mit einem Auftragsverhältnis zwischen einem Unternehmen und einer oder mehreren For-

schungseinrichtungen sowie ferner Unterstützung der zeitweiligen Entsendung von Forschungspersonal aus Unternehmen in Forschungseinrichtungen und vice versa.

- Das „*Modellvorhaben zum Technologietransfer (einschließlich der Patentauslegungstellen)*“ des BMWi zugunsten von KMU richtet sich auf die Verbreitung neuer Erkenntnisse. U. a. wurden in den neuen Bundesländern der Aufbau von 21 Agenturen für Technologietransfer und Innovationsförderung sowie 13 branchen- und technologiespezifische Transferzentren gefördert (BMBF 1996a, S. 248; 250). Die Fördermittel lagen 1996 bei 27,4 Mio. DM.
- Begünstigt wurden im Rahmen des Förderprogramms „*Innovationsförderung*“ des BMWi bei Fördermitteln in Höhe von 111,1 Mio. DM in 1996 mehr als 400 Unternehmen des produzierenden Gewerbes mit bis zu 1.000 Beschäftigten aus den neuen Bundesländern. Bezuschusst wurden Entwicklungen innovativer Produkte und Verfahren in Höhe bis zu 35 % bzw. 40 % der gesamten Entwicklungskosten.
- Bei dem Modellversuch „*Förderung technologieorientierter Unternehmensgründungen*“ (TOU) wurden zwischen Mai 1990 und Dezember 1995 Existenzgründungen in den neuen Bundesländern gefördert (BMBF 1996a, S. 251). Ziel war der Aufbau eines innovativen Mittelstandes. Gefördert wurden technologieorientierte Unternehmen, die nicht älter als zwei Jahre alt waren, nicht mehr als 10 Mitarbeiter hatten und deren Gründer Anteile von mindestens 51 % besaßen. Bezuschusst wurde in der Konzeptphase bis zu 75 % der Aufwendungen bei einer Obergrenze von 45 TDM, in der FuE-Phase bis zu 85 % bei einem Maximum von 850 TDM. Anschließend betrug der Fördersatz 80 % bei einem Höchstzuschuss von 800 TDM, wobei in der Produktionsaufbau- und Markteinführungsphase von der Deutschen Ausgleichsbank persönliche, projektbezogene Kredite bis zu einer Höhe von 500 TDM gewährt wurden. Bis Ende 1995 wurden insgesamt 280 Unternehmensgründungen in den neuen Bundesländern mit 195,7 Mio. DM gefördert. Die Gesamtsumme für TOU in Deutschland betrug 67,2 Mio. DM in 1994 bei 187 begünstigten Unternehmen.
- „*FuE-Darlehen für kleine Unternehmen in den neuen Ländern*“ wurden 1996 im Umfang von 6,1 Mio. DM gewährt.
- Beim „*Modellversuch zur Unterstützung der Informationsbeschaffung aus Datenbanken (MIKUM)*“ wurden bis 1994 mehr als 2.500 Unternehmen bei der Informationsbeschaffung aus Datenbanken über externe oder interne Vermittler mit 4,7 Mio. DM unterstützt.

Ergänzt werden die indirekt-globalen Maßnahmen von *indirekt-spezifischen Maßnahmen*. Das BMBF förderte die rasche Verbreitung von Schlüsseltechnologien mit speziellen Programmen. Die Maßnahmen werden in der Regel im

Rahmen der Fachprogramme durchgeführt und richten sich mit einem vereinfachten Antrags- und Abwicklungsverfahren an KMU (BMFT 1993a, S. 94–96). Fünf Fördermaßnahmen gab es Mitte der 1990er Jahre (BMBF 1998a, S. 53), deren gesamte Fördermittel sich 1996 auf 64,2 Mio. DM beliefen (Tab. 25):

Tabelle 25
Indirekt-spezifische Förderung von FuE in der Wirtschaft durch das BMBF

Maßnahme	Fördermittel (Mio. DM) ¹⁾						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Fertigungstechnik (CAD/CAM, CIM, Robotik)	63,0	92,6	43,4	18,7	5,3	0,8	0,3
Informationstechnik (Mikroperipherik, Mikrosystemtechnik)	22,1	32,6	21,7	12,7	1,7	0,4	–
Bioverfahrenstechnik ²⁾	7,3	24,8	26,2	21,8	29,3	13,5	4,7
250 MW-Wind	8,0	16,4	24,8	27,3	32,0	44,3	35,3
1000–Dächer-Photovoltaik Programm	3,0	20,7	30,8	10,0	1,4		
Programm "Solarthermie 2000"	–	–	–	–	3,4	5,2	4,9
Insgesamt	103,4	187,1	146,9	90,5	73,1	64,2	44,2

1) Einschließlich Sondermittel „Aufbauhilfe-Ost“. 2) Einschließlich Forschungsstipendien

Quelle: BMBF (1996a, S. 98); BMBF (1998a, S. 53)

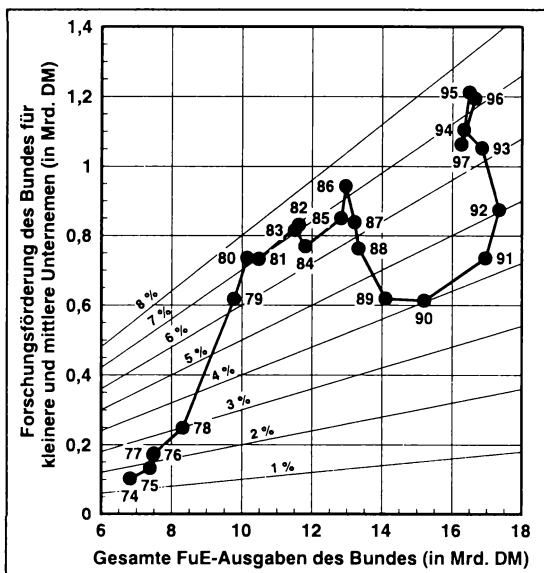
- *Fertigungstechnik* (mit CAD/CAM, Robotik und CIM) mit 0,8 Mio. DM,
- *Informationstechnik* (Mikroperipherik und Mikrosystemtechnik) mit 0,4 Mio. DM,
- *Bioverfahrenstechnik* (einschließlich Forschungsstipendien) mit 13,5 Mio. DM,
- *250 MW-Wind* mit 44,3 Mio. DM, sowie
- seit 1995 das Programm *Solarthermie 2000* mit 5,2 Mio. DM.

Insgesamt zielen die zahlreichen indirekt-globalen und indirekt-spezifischen Fördermaßnahmen auf die Verbesserung der Innovationsfähigkeit der Wirtschaft, insbesondere der KMU. Sie haben aber mit ca. 4 % einen sehr geringen Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes. Ihre generelle Wirkung bleibt damit fragwürdig (vgl. auch Abschnitt C.I.4.b)).

e) Fördermaßnahmen für kleine und mittlere Unternehmen

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) haben eine große Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands, denn mit gezielten Nischenstrategien erschließen sie Marktsegmente, auch in den Märkten für Hochtechnologieprodukte (Beispiele bei Simon 1996). Daher unterstützen das BMBF und das BMWi gemeinsam die FuE-Aktivitäten von KMU mit gezielten Förderprogrammen.

Aufgrund der den KMU zugesprochenen Bedeutung wurden *zwei F&T-politische Gesamtkonzepte* in Deutschland erstellt. Seit dem *ersten* F&T-politischen Gesamtkonzept zur Forschungsförderung für kleine und mittlere Unternehmen des BMFT und des BMWi aus dem Jahre 1978 (BMFT und BMWi 1978) und dessen Fortschreibung aus dem Jahre 1979 (BMFT und BMWi 1979) fördern beide Ministerien kontinuierlich FuE-Vorhaben von KMU (Abb. 26). Sie bauten die Förderung in den 1980er Jahren stark aus und legten 1989 ein *zweites* Gesamtkonzept zur Förderung von KMU vor (BMFT und BMWi 1989), das 1998 von einem neuen Gesamtkonzept ergänzt wurde (BMBF und BMWi 1998).



Quelle: Übersicht des AiF (1996), BMBF (1998a S. 57), eigene Berechnungen

Abbildung 26: Forschungsförderung des Bundes für kleine und mittlere Unternehmen im Vergleich zu den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes für die Jahre 1974 bis 1997

FuE-Ausgaben

Die Ausgaben zur Förderung von FuE in KMU verzehnfachten sich zwischen 1974 und 1997. Zunächst erhöhte der Bund die FuE-Ausgaben von 101,4 Mio. DM (1,5 % Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes) in 1974 auf 173,4 Mio. DM (2,3 %) in 1977 (Zahlen aus AiF 1996). Mit dem *ersten Gesamtkonzept* stiegen die Ausgaben von 245,7 (2,3 %) in 1978 über 617 Mio. DM in 1979 (6,3 %) auf ein Maximum von 941,5 Mio. DM (7,3 %) in 1986. Danach nahmen die FuE-Ausgaben auf 612,8 Mio. DM (4,0 %) in 1990 wieder

ab, stiegen aber infolge des zweiten Gesamtkonzepts des Bundes zur Förderung für KMU in 1989 ab 1991 wieder stark an und erreichten mit 1.211 Mio. DM (7,1 %) in 1995 ihr bisheriges Maximum. Der Rückgang der FuE-Ausgaben in den 1980er Jahren war u. a. bedingt durch eine dreistufige Unternehmenssteuerreform 1986/88/90 sowie durch den Abbau zahlreicher Maßnahmen. Infolgedessen stieg die Förderung der Wirtschaft insgesamt nur geringfügig an. In 1997 lagen die FuE-Ausgaben für KMU bei 1.063 Mio. DM, d. h. einem Anteil von 6,5 % an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes.

Zweites Gesamtkonzept

Das *zweite Gesamtkonzept* aus dem Jahre 1989 (BMFT und BMWi 1989) ist primär auf Unternehmen in Ostdeutschland gerichtet. Die Maßnahmen enthalten zum Teil erfolgreiche Maßnahmen der 1980er Jahre und gliedern sich laut BMFT und BMWi (1989, S. 31–57) in sechs Schwerpunkte:

- Förderung von Spitzentechnik in KMU im Rahmen der fachprogrammbezogenen Projektförderung,
- indirekt-spezifische Förderung zur Überwindung von Diffusionshemmnissen,
- Unterstützung der KMU bei der Zusammenarbeit mit der Wissenschaft,
- stärkere Ausrichtung öffentlicher Forschungseinrichtungen und Informationssysteme auf die Belange von KMU,
- innovationsorientierte Qualifizierung sowie
- leichtere Finanzierung der Markteinführung neuer Produkte und Verfahren.

Auf die verschiedenen Schwerpunkte ausgerichtet gibt es diverse Maßnahmen zur F&T-Förderung bei KMU. Neun Maßnahmen des BMBF und sechs Maßnahmen des BMWi umfasste 1997 der Maßnahmenkatalog des Bundes (BMBF 1998a, S. 57, Tab. 26).

Insgesamt gibt es eine Vielzahl an Maßnahmen zur Förderung von KMU. Die Ausgaben des Bundes zur Förderung von FuE in Unternehmen sind seit Anfang 1991 nicht mehr angestiegen. Der Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben des Bundes hat nach dem Rückgang zwischen 1986 und 1990 wieder auf Werte zwischen 6,5 % und 7,5 % eingependelt. Schwerpunkte liegen vor allem bei der fachprogrammbezogenen Projektförderung, die knapp ein Drittel der gesamten Förderung für KMU auf sich vereint, ferner auch auf verschiedene marktnahe Fördermaßnahmen des BMWi. Dieses insgesamt sehr heterogene Spektrum an Maßnahmen ist bisher kaum abgestimmt mit den Fördermaßnahmen der Bundesländer für KMU.

Tabelle 26
**Maßnahmen der Bundesregierung zur Förderung von
 FuE in kleinen und mittleren Unternehmen**

Fördermaßnahmen für kleine und mittlere Unternehmen	Ausgaben 1997 (Mio. DM)
BMBF	
1. Fachprogrammbezogene Projektförderung	300,0
2. Indirekt-spezifische Maßnahmen	32,3
3. Technologieorientierte Unternehmensgründungen	86,7
4. FuE-Darlehensprogramm	4,3
5. Forschungspersonal-Zuwachsförderung	2,0
6. Auftragsforschung und -entwicklung	10,1
7. Forschungsk Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft	135,3
8. Zentren für Information und Beratung	22,5
9. Fachinformation	4,1
Summe <i>BMBF</i>	597,3
BMW	
10. Industrielle Gemeinschaftsforschung	150,3
11. Personalkostenzuschuss	102,0
12. Innovationsförderung	62,4
13. Förderung von Projekten bei wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen	134,3
14. Modellvorhaben zum Technologietransfer	15,4
15. Designförderung	0,8
Summe <i>BMW</i>	465,2
Summe	1.062,5

Quelle: BMBF (1998a, S. 57)

f) Fördermaßnahmen für die neuen Bundesländer

Eine besondere Bedeutung der F&T-Politik in den 1990er Jahren liegt in der speziellen Förderung der Forschungsinfrastruktur und der Wirtschaft in den neuen Bundesländern. Zum einen wurden und werden weiterhin zahlreiche Institutionen neu aufgebaut und die bestehende Hochschullandschaft sowie Forschungseinrichtungen erneuert. Zum anderen richten sich verschiedene Maßnahmen auf die Stärkung der Wirtschaft – insbesondere der KMU – in den neuen Bundesländern.

Seit 1991 schufen Bund und Länder mehr als 100 gemeinsam geförderte Forschungseinrichtungen (BMBF 1996a, S. 26). Anfang 1998 gab es in den neuen Ländern u. a. 18 Institute, darunter ein Teilinstitut und eine Forschungsstelle der Max-Planck-Gesellschaft (BMBF 1998a, S. 87), neun Fraunhofer-Institute, drei Großforschungseinrichtungen (BMBF 1998a, S. 276) und 34 Blaue-Liste-Einrichtungen (BMBF 1998a, S. 298). Ferner gibt es zahlreiche Institute und Außenstellen westdeutscher Bundeseinrichtungen in den neuen Bundesländern. Insgesamt waren es Anfang 1998 mehr als 140 Einrichtungen, ergänzt um drei Bundeseinrichtungen mit Forschungsaufgaben sowie ca. 50 Universitäten, Hochschulen und Fachhochschulen.

Ein besonderes Augenmerk legt der Bund auf die Förderung der ostdeutschen kleinen und mittleren Unternehmen, um den Schrumpfungsprozessen bei der FuE in der Wirtschaft zu begegnen und die Wirtschaftsstruktur aufzubauen und zu stärken (BMBF 1996a, S. 106–108). Die zahlreichen Maßnahmen zur Steigerung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit von ostdeutschen Unternehmen sind zum Teil in das Gesamtprogramm „Aufschwung Ost“ eingebettet.

Die jährliche Förderung für ostdeutsche FuE-Aktivitäten erhöhte sich von 607 Mio. DM in 1992 auf 777 Mio. DM in 1995 und ging dann auf 714 Mio. DM in 1997 zurück (Übersicht zu den Maßnahmen des Bundes in 1997 in Abb. 27). Die Maßnahmen des Bundes richten sich auf vier Hauptziele:

- Herstellung und Steigerung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit (402,4 Mio. DM),
- Förderung von Existenzgründungen auf technologischer Basis (52,4 Mio. DM),
- Aufbau und Stärkung des innovativen Mittelstandes (242,6 Mio. DM) sowie
- Aufbau einer FuE-fördernden Infrastruktur (16,2 Mio. DM).

Diese Maßnahmen werden zusätzlich durch zahlreiche Fördermaßnahmen der jeweiligen Bundesländer ergänzt.

g) Forschungsrelevante Rahmenbedingungen

Die forschungsrelevanten Rahmenbedingungen beeinflussen in hohem Maße die FuE-Aktivitäten in Deutschland. Neben der konkreten Förderung mit bestimmten F&T-Fördermaßnahmen und der Ausrichtung auf bestimmte Zielgruppen richtet der Staat zahlreiche Maßnahmen auch auf die forschungsrelevanten Rahmenbedingungen. Im Folgenden werden – gemäß der Gliederung in Abschnitt C.I.4.c) (Abb. 16) – sechs Gruppen an forschungsrelevanten Rahmenbedingungen näher betrachtet:

- Bei den *rechtlichen Rahmenbedingungen* haben u. a. das Gentechnik- und das Embryonenschutzgesetz Auswirkungen auf die Biotechnologie sowie das Multimedia-Gesetz auf die Informations- und Kommunikationstechnologie (Abschnitt C.III.2.b)aa)).
- Die *Bildungs- und Wissenschaftspolitik* ist in den 1990er Jahren u. a. durch zurückgehende Ausgaben gekennzeichnet (Abschnitt C.III.2.b)bb)).
- Im Allgemeinen ist die *Technologieakzeptanz* in Deutschland uneinheitlich. Zwar wird der technische Fortschritt einerseits von der Mehrheit der Bevölkerung als notwendig erachtet, aber andererseits ist die Einstellung neuen Technologien gegenüber oft unkritisch bis ablehnend (Abschnitt C.III.2.b)cc)).

Ziele der Maßnahme	Maßnahme	Ist 1997 in Mio. DM
Herstellung und Steigerung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit	Projektförderung aus Fachprogrammen	237,2
	Marktvorbereitende Industrieforschung, BMWi	134,4
	Industrielle Gemeinschaftsforschung	30,8
Förderung von Existenzgründungen auf technologischer Basis	Technologieorientierte Unternehmensgründungen, BMBF (TOU/FUTOUR)	52,4
Aufbau und Stärkung eines innovativen Mittelstandes	FuE-Personalförderung Ost, BMWi (PFO)	102,0
	FuE-Personalzuwachsförderung Ost, BMBF (ZFO)	2,0
	Auftragsforschung und -entwicklung, BMBF (AFO/AWO)	10,1
	Forschungskooperation, BMBF	66,1
	Innovationsförderprogram, BMWi	62,4
Aufbau einer FuE-fördernden Infrastruktur	Agenturen für Technologietransfer und Innovationsförderung, BMWi (ATI)	8,8
	Innovationsberater bei IHK, BMBF	0,0
	Zentren für Information und Beratung, BMBF	3,4
	Wirtschaftsbezogene Fachinformation, BMWi	4,0
Insgesamt		713,6

Quelle: BMBF (1998a, S. 58)

Abbildung 27: Maßnahmen der Bundesregierung zur Förderung der Wirtschaft in den neuen Ländern

- Die *Informations-Infrastruktur* verfügt aufgrund der technischen Ausstattung über ein hohes Niveau (Abschnitt C.III.2.b)dd)).
- Bei der *Finanzierungsinfrastruktur* gibt es u. a. einen großen Mangel in der Verfügbarkeit von Venture Capital (Abschnitt C.III.2.b)ee)).

- Zu dem komplexen Gebiet des *Technologietransfers* zählen auch die Informationsbereitstellung und die Beratung (Abschnitt C.III.2.b)ff)). Für den Technologietransfer im eigentlichen Sinne existieren in Deutschland zahlreiche Einrichtungen, die zudem vielfältige Information für KMU bereitstellen sowie vielschichtige Beratung anbieten.

(aa) Rechtliche Rahmenbedingungen am Beispiel des Gentechnik-, Embryonenschutz- und Multimedia-Gesetzes

Die rechtlichen Rahmenbedingungen bilden eine wichtige Grundlage für die Planung von forschenden Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen. Durch Gesetze und Genehmigungsverfahren kann der Staat sowohl die Planungssicherheit gewährleisten als auch Akzente bei Forschung und Entwicklung setzen. Die Bundesregierung schuf in den 1990er Jahren mit dem „*Gentechnikgesetz*“ und dem „*Embryonenschutzgesetz*“ zwei wichtige Gesetze im Bereich der Biotechnologie und mit dem Entwurf des „*Multimedia-Gesetzes*“ eine bedeutende Gesetzesvorlage für die Informations- und Kommunikationstechnologie.

Gentechnikgesetz

Mit dem „Gesetz zur Regelung von Fragen der Gentechnik“ – kurz „*Gentechnikgesetz*“ – und dem „*Embryonenschutzgesetz*“ gibt es zwei bedeutende Gesetze im Bereich der Biotechnologie. Im Gentechnikgesetz von 1990 sind die Anmeldung und die Genehmigung gentechnischer Anlagen sowie die Freisetzung gentechnisch manipulierter Organismen geregelt (Klodt, Stehn et al. 1994, S. 65–67; Schlumberger und Brauer 1995, S. 389–421). Das Gentechnikgesetz schreibt im § 1 vor, „*Leben und Gesundheit von Menschen, Tieren, Pflanzen sowie die sonstige Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge und Sachgüter vor möglichen Gefahren gentechnischer Verfahren und Produkte zu schützen und dem Entstehen solcher Gefahren vorzubeugen*“ (BMFT 1994b, S. 65). In vier Sicherheitsstufen werden gentechnische Arbeiten nach dem Gentechnikgesetz eingeordnet: Auf der Sicherheitsstufe 1 wird bei den gentechnischen Arbeiten von Risikofreiheit für Mensch und Umwelt ausgegangen, in den Stufen 2, 3 und 4 steigt das Risiko von gering über mäßig bis auf hoch an. Aufgrund der Kritik von Wissenschaft und Wirtschaft an dem restriktiven Inhalt wurde das Gentechnikgesetz 1993 novelliert. Seitdem bedarf es bei der Stufe 1 lediglich eines einfachen Anmeldeverfahrens, während auf allen weiteren Stufen – sowie auch stets bei Markteinführung von gentechnisch hergestellten Produkten bzw. bei Freisetzungen – eine staatliche Genehmigung einzuholen ist. Seit der Novellierung wurden die Genehmigungsfristen gesenkt und die Beteiligung der *Zentra-*

len Kommission für Biologische Sicherheit als prüfende Instanz auf die Fälle beschränkt, bei denen ein Risiko besteht bzw. noch kein Gutachten vorliegt.

Weniger innovationshemmend als das Gesetz selbst ist vielmehr die Praxis bei den Genehmigungsverfahren in den einzelnen Bundesländern, die aufgrund fehlender Kompetenz über Gebühr an Zeit beanspruchen, so die Kritik des FTI-Rates (BMBF 1997c). Hier spielt zum Teil die in der Öffentlichkeit vorhandene Angst vor der Gentechnik mit hinein. Eine detaillierte Information der Öffentlichkeit ist jedoch auf wenige wichtige Fälle beschränkt, denn eine gezielte Aufklärung wird nur zum Teil betrieben. Dies ist hinderlich für die Schaffung von Vertrauen in die Technologie.

Embryonenschutzgesetz

Neben dem Gentechnikgesetz gibt es seit 1991 das „*Embryonenschutzgesetz*“ als zweites bedeutendes Gesetz für die Biotechnologieforschung, das die Anwendung gentechnischer Verfahren beim Menschen regelt. Im Embryonenschutzgesetz ist insbesondere das strafrechtliche Verbot des Eingriffs in menschliche Keimbahnzellen, d. h. der Veränderung der Erbanlagen, enthalten (BMBF 1997c, S. 16). Aus ethischen Gründen ist dies auch noch die herrschende Meinung in der „Scientific Community“, aber eine Diskussion in Richtung Erweiterung der Forschung, z. B. auf im Reagenzglas gezeugte Embryonen, findet schon seit längerem statt (Marten 1991).

Multimedia-Gesetz

Das Embryonenschutzgesetz und das Gentechnikgesetz mit seiner Novellierung haben breite Zustimmung gefunden. Handlungsbedarf sah der Staat aufgrund des raschen technischen Fortschritts im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien. Es wurde demzufolge ein Gesetz zur Regelung der Rahmenbedingungen für Informations- und Kommunikationsdienste (Informations- und Kommunikationsdienste-Gesetz – IuKDG) im Juni 1997 vom Deutschen Bundestag (1997) verabschiedet. Dieses sog. „*Multimedia-Gesetz*“ zielt auf die Schaffung einheitlicher Rahmenbedingungen für die verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten der elektronischen Informations- und Kommunikationsdienste (Gutachten von Bullinger und Mestmäcker 1996). Die Vorschriften gelten für sog. „Teledienste“, d. h. mittels Telekommunikation übertragene Informations- und Kommunikationsdienste.

Dieses erste Gesetz für Informations- und Kommunikationsdienste bleibt gleichwohl so lange ein Hindernis für deutsche Anbieter von Informations- und Kommunikationsdiensten, bis es eine internationale Abstimmung und eine internationale Norm gibt. So ist z. B. die einheitliche Akzeptanz der digitalen

Unterschrift von elementarer Bedeutung für den Abschluss von internationalen Kaufverträgen im Internet, ferner auch der Konsens bezüglich der Verwendung kryptographischer Verfahren und des Datenschutzes. Vonseiten der deutschen Wirtschaft hat der BDI (1997) eine kontinuierliche Überprüfung des Gesetzes gefordert.

Fazit

Insgesamt wurden mit den verschiedenen Gesetzen ein Rahmen für die F&T-Aktivitäten in Deutschland in bedeutenden Schlüsseltechnologien geschaffen, welche die vorher bestehenden Unsicherheiten verringerten. Beim Gentechnikgesetz gibt es dennoch weiterhin die Entscheidungshoheit auf Ebene der Bundesländer, wodurch es zu unterschiedlichen Genehmigungsergebnissen und -zeiten kommt. Das Multimedia-Gesetz stellt zwar eines der ersten Gesetze im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien dar, hat aber aufgrund des nationalen Alleingangs Deutschlands eine Ausnahmestellung und sollte keine negativen Auswirkungen auf die Innovationskraft der Industrie haben.

(bb) Bildungs- und Wissenschaftspolitik

Mit der Bildungs- und Wissenschaftspolitik nimmt die Regierung maßgeblichen Einfluss auf die Qualifikation der Arbeitskräfte. Dabei prägen sowohl die schulische Bildung, die berufliche Aus- und Weiterbildung als auch die universitäre Ausbildung die Leistungsfähigkeit der Arbeitskräfte. Der Staat unterstützt aktiv all diese Teilbereiche, wobei der Bund aufgrund der Bildungshoheit der Länder nur für den Hochschulbau und die Ausbildungsförderung sowie die Anerkennung neuer Berufe zuständig ist. In den 1990er Jahren ist die Bildungssituation nicht mehr so gut wie sie Porter (1991, S. 390–394) für die 1980er Jahre noch ansah. Hierzu werden vier Beispiele aufgeführt.

Die *schulische Ausbildung* ist in Deutschland mit durchschnittlich 13,2 Jahren laut Schumacher et al. (1997, S. 79) im Vergleich der OECD-Länder am längsten. Dabei scheint nach IW (1997b, S. 2) die Qualität in den letzten Jahren schlechter geworden zu sein, denn bei internationalen Tests zu mathematischem und naturwissenschaftlichem Wissen von 13- bis 15-jährigen Schülern landete Deutschland nur im Mittelfeld. Schwächen liegen ferner in den langen Studienzeiten und dem hohen Eintrittsalter der Hochschulabsolventen in das Berufsleben, was u. a. durch die im Allgemeinen um ein Jahr längere Schulzeit sowie den Wehr- oder Wehersatzdienst hervorgerufen wird.

Ferner hat sich die *Anzahl der Studienanfänger in den Natur- und Ingenieurwissenschaften* in den letzten Jahren deutlich verringert. Allein die Zahl der

Studienanfänger in Maschinenbau und Elektrotechnik hat sich zwischen 1986 und 1996 von 21.858 auf 13.017 um 40 % reduziert (Julitz, 1997, S. 43). Dieser Trend des zurückgehenden Anteils von Studienanfänger in Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften aus den 1980er Jahren (Müller-Merbach 1989a) hält auch Mitte der 1990er Jahre noch an (Zahlen in BMBF 1998f, S. 45–49).

Neben diesen Faktoren mindert die Leistungskraft auch der Ausgabenrückgang der Regierungen für Bildung seit 1975. Die *staatlichen Bildungsausgaben* haben sich in Deutschland seit 1975 eher unterdurchschnittlich entwickelt. Lag der Anteil der staatlichen Bildungsausgaben am BIP 1975 noch bei 4,6 %, so ging er danach auf 3,3 % in 1990 zurück und stieg dann wieder leicht auf 3,9 % in 1995 an (Zahlen aus Schumacher et al. 1997, S. 68–69). Die gesamten Ausgaben des Staates für Schule, Hochschulen und das sonstige Bildungswesen lagen 1995 bei insgesamt 135,1 Mrd. DM, während die Unternehmen für die berufliche Erstausbildung im dualen Ausbildungssystem 29,8 Mrd. DM beisteuerten.

Als einzigartig und international als vorbildlich einzustufen ist nach wie vor das *duale Ausbildungssystem*, das für eine hohe Qualifikation vor allem der gewerblichen Arbeitskräfte sorgt. Der Rückgang der Beschäftigung im Verarbeitenden Gewerbe führt aber auch zu jährlich auftretenden Problemen bei den Lehrstellen (BMBF 1997d). Die Arbeitslosenquote bei den Jugendlichen lag 1996 aber trotz der Schwierigkeiten auf dem niedrigsten Niveau aller OECD-Staaten (IMD 1997, S. 456).

(cc) Technologieakzeptanz

Die Technologieakzeptanz spielt für die Wettbewerbsfähigkeit eines Landes eine nicht zu unterschätzende Rolle, denn sie bestimmt zu einem nicht unerheblichen Teil den technischen Fortschritt mit. Politiker orientieren sich laut Röglin (1994, S. 1) bei ihren Entscheidungen u. a. zu einem gewissen Grade an der öffentlichen Meinung über Zukunftstechnologien. Empirische Untersuchungen zeigen eine grundsätzlich positive Einstellung der deutschen Bevölkerung gegenüber neuen Technologien. So halten 82 % der Deutschen die Entwicklung neuer Technologien für „sehr wichtig“, „wichtig“ und „eher wichtig“ (VDE 1996, S. 1). Immerhin 32 % sehen aber in neuen Technologien mehr Gefahren als Nutzen. Im Einzelnen lassen sich die Ergebnisse einer Befragung des VDE (1996) zu fünf Punkten zusammenfassen:

- Eine besondere Bedeutung für die Deutschen haben neue Technologien für die Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit (82 % der Nennungen) und für den Umweltschutz (80 %).

- Ein verstärktes Engagement wünschen sich 75 % in der Medizintechnik, 55 % in der allgemeinen Energietechnik, 44 % in der „Elektronik/Mikroelektronik“ und 40 % in der „Informationstechnik/Multimedia“.
- Mehr als 70 % halten die Genehmigungsverfahren für zu lang, und 67 % sehen die Entwicklung neuer Technologien durch politische Entscheidungen behindert. Für eine verstärkte Förderung neuer Technologien sprechen sich 80 % aus, und für 52 % werden die Gefahren neuer Medien zu sehr von Politikern und Medien in den Vordergrund gestellt.
- Die höchste Innovationskraft in Elektronik, Informationstechnik und anderen Zukunftstechnologien sehen 44 % bei Japan, 25 % bei den USA, 10 % bei Süd-Ost-Asien und nur 7 % bei Deutschland.
- Für 36 % der Bevölkerung gibt es einen Mangel an sachlicher Information über neue Technologien in der öffentlichen Diskussion, und 35 % fühlen sich nur teilweise sachlich informiert.

Insgesamt ist die Einstellung der Deutschen eher positiv gegenüber neuen Technologien. Pauschale Aussagen wie z. B. von Konrad Seitz (1992, S. 378) *„Wir Deutschen dagegen wissen den neuen Technologien nichts Positives abzugewinnen“* spiegeln nicht die differenzierte Beurteilung neuer Technologien wider und tragen ferner nicht zur konstruktiven Abwägung von Chancen und Risiken neuer Technologien bei. Zwar werden sog. „Großtechnologien“, beispielsweise die Kernenergie, Luft- und Raumfahrttechnik und Gentechnologie, in Umfragen nicht so positiv beurteilt, wobei aber laut Hennen (1994, S. 8) differenziert beurteilt wird. So wird z. B. die Anwendung der Gentechnologie zur Herstellung von Lebensmitteln negativ bewertet, zu medizinischen Zwecken (Herstellung von Medikamenten) aber überaus positiv. Daher sind auch Ängste wie z. B. gegenüber der Gentechnologie (Zitelmann 1997, S. 2) zwar von politischen Entscheidungsträgern und Fachleuten ernst zu nehmen, repräsentieren aber auf keinen Fall eine generell ablehnende Haltung der Bevölkerung.

In den großen Tageszeitungen und Wochenzeitschriften sowie im öffentlich-rechtlichen Fernsehen wird im Allgemeinen nach Hennen (1994, S. 22–24) den Befürwortern wie den Gegnern von neuen Technologien gleicher Raum zur Meinungsäußerung gegeben. Neue Technologien sind in den Medien meist mehr ein politisches denn ein wissenschaftliches Thema, weswegen auch deutlich häufiger Politiker anstelle von Fachleuten zu Wort kommen. Die Berichterstattung der deutschen Presse über technische Themen hat seit den 1960er Jahren stark zugenommen und ist generell unkritisch-ablehnender geworden. Dabei wird in den Medien häufiger über mögliche Risiken als über den Nutzen der Technik berichtet, u. a. auch bei der Gentechnik. Hennen (1994, S. 27) kommt zu folgender Beurteilung der Rolle der Medien:

„Die Medien befinden sich sicherlich nicht in der Rolle des unschuldigen und deshalb bemitleidenswerten Überbringers schlechter Nachrichten ... Sie sind aber

auch nicht als 'Panikmacher' anzusehen. Die Berichterstattung der Massenmedien über das Thema 'Technik' ist verbesserungsbedürftig, Ungenauigkeiten in der Übermittlung von Daten, Unzulänglichkeiten in der Bereitstellung von alltagsrelevanten Risiko-Informationen sind festzustellen.“

(dd) Informations-Infrastruktur

Für den schnellen und den erfolgreichen Wandel von der Industriegesellschaft zur Informationsgesellschaft hat die Informations-Infrastruktur eine große Bedeutung. Der Staat unterstützt den Ausbau der Informations-Infrastruktur in den meisten Ländern. Die deutsche Bundesregierung legte Anfang 1996 den Bericht „Info 2000“ (BMW i 1996) vor, der auch die Empfehlungen des Rates für Forschung, Technologie und Innovation (FTI-Rat) zur Informationsgesellschaft (BMBF 1995b) beinhaltet. Der Bericht „Info 2000“ wurde zweieinhalb Jahre nach dem Initialpapier „National Information Infrastructure – Agenda for action“ der amerikanischen Clinton/Gore-Regierung vorgelegt und war zudem einer der am spätesten vorgelegten Berichte unter den größten Industrieländern (Übersicht bei BMW i 1996, S. 31; OECD 1996a, S. 109). Die gegenwärtige Informations-Infrastruktur in Deutschland kennzeichnen konträre Ausprägungen. Mit der *PC-Dichte*, der *technischen Infrastruktur*, dem *Zugang zu Online-Diensten* sowie den *Initiativen im Bildungsbereich* werden im Folgenden vier Aspekte näher betrachtet:

Nachteilig wirkt die geringe Verbreitung von Personal Computern. Die *PC-Dichte* lag 1997 in Deutschland bei 26 PCs pro 100 Einwohnern, in den USA hingegen bei 49 PCs pro 100 Einwohner (BA&H 1998, S. 32). Zudem sind nur ca. 28 % der deutschen Haushalte mit einem PC ausgestattet gegenüber 35 % der amerikanischen Haushalte (BMBF 1996c).

Die *technische Infrastruktur* ist vergleichsweise *gut* ausgeprägt. Mehr als 115.000 km Glasfaserkabel sind verlegt, das Fernsprechnetzt ist vollständig digitalisiert, und die Wissenschaft hat ein Breitband-Netz mit 60 Anschlüssen, davon einige mit einer Übertragungsrate von bis zu 155 Mbit/s. Die ISDN-Anschlussdichte, d. h. ISDN-Anschlüsse pro 1.000 Einwohner, lag 1997 in Deutschland mit 55 Anschlüssen pro 1.000 Einwohner deutlich vor den anderen Industrieländern wie beispielsweise Frankreich mit 15 Anschlüssen pro 1.000 Einwohner und den USA mit 5 Anschlüssen pro 1.000 Einwohner.

Es fehlt also nicht an der technischen Infrastruktur, vielmehr herrscht auf der Anwenderseite sowohl ein Mangel an geeigneten Endgeräten als auch an *Zugangsmöglichkeiten zu Online-Diensten*, die ca. 4 % der Haushalte in 1995 erreichten (Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI 1996, S. 32).

Hierfür mag u. a. auch die geringe Technologieakzeptanz eine Ursache sein. Im *Bildungsbereich* sollen mit der *Initiative* „Schulen ans Netz“ des BMBF mit der Deutschen Telekom und weiteren Unternehmen bis zum Jahr 2000 insgesamt 10.000 Schulen – etwa ein Drittel aller Schulen – ans Internet angeschlossen werden. Kanada beispielsweise will bis 1998 alle Schulen (ohne Sonder- und Vorschulen) anschließen, die USA wollen bis zur Jahrtausendwende alle Schulen, Krankenhäuser und Büchereien anbinden (Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI 1996, S. 32). Neben der bisher schlechten Ausstattung mit PCs an den allgemeinbildenden Schulen, die pro Schüler einen Investitionsbedarf von 155 DM für einen hochwertigen multimedialen Lernplatz erfordert (Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI 1996, S. 11), kommen ferner auch ein fehlendes bildungspolitisches Konzept und eine nicht ausreichende Ausbildung der Lehrkräfte als Schwachpunkte hinzu.

Zur verstärkten und verbesserten Informationsnutzung wurde 1996 vom BMBF das Förderprogramm „Information als Rohstoff für Innovation“ (BMBF 1996d) aufgelegt, welches als Fortführung des „Fachinformationsprogramm 1990–1994“ zu verstehen ist und von 1996 bis 2000 läuft. Dieses Programm zielt auf die Verbesserung des Zugangs zu weltweit verfügbarer Information vom Arbeitsplatz aus, auf die Gestaltung des Strukturwandels in der wissenschaftlichen und technischen Informations-Infrastruktur sowie auf eine langfristige Erreichung kostendeckender Preise für Informationsdienstleistungen und -produkte (BMBF 1996, S. 6–7).

Insgesamt ist die technische Ausstattung im Netzbereich als gut einzustufen, während es im internationalen Vergleich nach wie vor eine nur geringe Durchdringung der Bevölkerung mit moderner IKT-Ausstattung, d. h. sowohl PCs als auch Zugang zu Online-Diensten, gibt. Die Initiativen des BMBF zu IKT haben insgesamt nicht die anspruchsvollsten Ziele wie z. B. im Bildungsbereich und setzen kaum auf die Behebung dieser Defizite an.

(ee) Finanzierungsinfrastruktur

In den Rahmen der Finanzierungsinfrastruktur geht es hier in erster Linie um die finanzielle Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie technologieorientierten Unternehmensgründungen. Eine speziell auf KMU ausgelegte Finanzierungsinfrastruktur gibt es in Deutschland laut Schween (1996, S. 30) seit Mitte der 1960er Jahre, wobei aber die ersten Kapitalbeteiligungsgesellschaften keine technologieorientierten Unternehmensgründungen mit Venture Capital unterstützten. Nach der mit staatlicher Hilfe geförderten und anfangs eher missglückten Gründung der „Wagnisfinanzierungsgesellschaft“ (Kritik an der WFG z. B. von Gerke 1975, Kulicke 1993, S. 221) wurden mit Beginn der 1980er Jahre verstärkt nach amerikanischem Vorbild

einzelne Venture Capital- und Kapitalbeteiligungsgesellschaften gegründet. Seit Ende der 1980er Jahre kommen auch sog. Seed-Capital-Gesellschaften hinzu, welche junge Technologieunternehmen in der Keim- und Aufbauphase finanzieren. Ende 1992 prägten nach Kulicke (1993, S. 223) vor allem die Banken, Sparkassen und Versicherungen den deutschen Beteiligungsmarkt. Im Folgenden werden die allgemeinen Probleme sowie die staatlichen Förderprogramme näher betrachtet.

Probleme

Probleme des Venture Capital Marktes liegen nach Schween (1996, S. 148) zum einen auf der *Nachfrageseite*, z. B. mangelndes Unternehmertum aufgrund langer und praxisferner Ausbildung sowie mentaler Barrieren. Zum anderen gibt es auf der *Angebotsseite investorenseitige* Probleme: z. B. fehlende Risikobereitschaft der Banken und Versicherungen, das Fehlen von Pensionsfonds und der Mangel an privaten Investoren. Zudem existieren auch *Qualitätsprobleme beim Venture Management*, z. B. das Vorherrschen kreditwirtschaftlichen anstelle unternehmerischen Denkens und ein Mangel an professionellen Dienstleistungsangeboten. Hinderlich sind zudem die nachteiligen Rahmenbedingungen wie z. B. die hohen Steuersätze für Privatpersonen und Unternehmen.

Staatliche Förderprogramme

Die zwei *staatlichen Förderprogramme* „Förderung technologieorientierter Unternehmensgründungen“ (TOU) und „Beteiligungskapital für junge Technologieunternehmen“ (BJTU) haben die Probleme nur in geringem Maße verbessern können.

- Beim *Modellversuch TOU*, der von 1983 bis 1988 lief, gewährte das BMFT 333 Unternehmensgründern nicht rückzahlbare Zuschüsse und Kreditbürgschaften nach den drei Förderphasen Gründungsvorbereitungs-, FuE- und Vermarktungsphase. Zur Beratung wurden u. a. acht Technologieberatungsstellen eingerichtet. Die gesetzten Ziele wurden nach Kulicke (1993, S. 254–258) nur zum Teil erreicht: So wurde z. B. die Risikobereitschaft der Beteiligungsgesellschaften nicht erhöht, deren Anzahl nahm auch nur bedingt zu, und das Antragsverfahren war auch sehr aufwendig, so Kulicke (1993, S. 11). Ferner wurde „*das Ziel der Entwicklung eines auf die Anforderungen von JTU zugeschnittenen Beratungsangebotes .. eindeutig nicht erreicht*“ (Kulicke 1993, S. 255). Als ein erster Versuch, Unternehmensgründungen zu fördern, lieferte das Programm aber verschiedene Anschläge und brachte erste wichtige Erkenntnisse über TOU hervor, die für die Anschlussprogramme genutzt werden können.

- Beim *Modellversuch BJTU* des BMFT wurden gemäß Kulicke und Wupperfeld (1996, S. 236) von 1989 bis Mitte 1995 insgesamt 336 JTU mit 314 Mio. DM Risikokapital unterstützt, u. a. über refinanzierte Beteiligungen von Beteiligungsgesellschaften oder stille Reserven der Technologie-Beteiligungsgesellschaft. Ferner kamen noch öffentliche Zuschüsse, Kredite und weitere Eigenmittel hinzu. Das neue Instrument des BMBF sollte Anreize zur frühen Investition von JTU für Beteiligungskapitalgeber schaffen. Aufgrund der schnellen Kapitalbeschaffung und der Verbesserung der Eigenkapitalbeschaffung wurde dieses Programm nach Kulicke und Wupperfeld (1996, S. 244) von 118 befragten JTU und den Beteiligungskapitalgebern als geeignetes Förderinstrument eingestuft. Anfangs kam die Mehrzahl der Beteiligungen aber nur aufgrund des neu geschaffenen Förderprogramms zustande, so dass es fraglich ist, ob sich ein grundlegender Wandel wirklich vollzogen hat.

Gegenwärtig gibt es zwei Anschlussprogramme: den Modellversuch „Beteiligungskapital für kleine Technologieunternehmen“, der auf kleine – in den neuen Bundesländern auch auf mittlere – Unternehmen als Nachfolge des BJTU eingerichtet wurde, und TOU als Modellversuch für die neuen Bundesländer (Abschnitt C.III.2.f)). Ferner haben mittlerweile auch die meisten Bundesländer Förderprogramme für junge Technologieunternehmen eingerichtet und bieten über ihre Hochschulen zusammen mit anderen Institutionen Ausbildungsprogramme für Existenzgründer an. An den Rahmenbedingungen hat sich nur kaum etwas verändert. Zwar können KMU mittlerweile z. B. an den „Neuen Markt“ oder an die europäische EASDAQ (The European Association of Securities and Dealers Automated Quotation) gebracht werden, aber die Steuergesetzgebung hat sich noch nicht verändert.

Ob sich ein funktionsfähiger Markt für privates Venture Capital auch nach Beendigung der staatlichen Programme ohne Veränderung der Rahmenbedingungen etablieren wird, ist daher zu bezweifeln. So flossen 1995 nur 145 Mio. DM – das sind 13,7 % des gesamten Beteiligungskapitals von 1,058 Mrd. DM – in reine Gründungsphasen (BMBF 1997a, S.25).

(ff) Technologietransfer mit Informationsbereitstellung und Beratung

Zu den Rahmenbedingungen zählen ferner der Technologietransfer, die Bereitstellung forschungsrelevanter Information sowie die fachliche Beratung junger Technologieunternehmen und kleinen und mittleren Unternehmen (KMU).

Technologietransfer

Technologietransfer findet zwischen Technologiegebern und Technologienehmern in verschiedenen Formen statt (Abschnitt C.I.4.c)). Zur Beurteilung der Transferleistungen lassen sich zum einen die Anzahl der Patente nach Sektoren der Patentanmelder und zum anderen die Technologietransfereinrichtungen mit ihren Aufgaben analysieren.

Patentanmeldungen nach Sektoren

Patentanmeldungen geben Aufschluss über Technologietrends sowie über Stärken und Schwächen eines Landes, insbesondere im Vergleich zu anderen Ländern (Abschnitt E.II.). Patente geben aber nur begrenzt Auskunft über das zukünftig zu erwartende Leistungspotenzial einer Volkswirtschaft. Denn nicht jede Erfindung ist patentierbar, nicht jeder Erfinder meldet seine Erfindung zum Patent an, und ein Patent sagt noch nichts über den zukünftigen Markterfolg der Erfindung aus. Hier wird die Anzahl der Patentanmeldungen, gegliedert nach Patentanmeldern, betrachtet, um insbesondere den Beitrag von Hochschulen und öffentlichen Forschungseinrichtungen zum technischen Fortschritt abzuleiten.

In den 1960er und 1970er Jahren blieb die Anzahl der inländischen *Patentanmeldungen* beim Deutschen Patentamt auf einem Niveau von ca. 30.000 bis 35.000 fast konstant (Deutsches Patentamt 1995, S. 33). Die Zahl der inländischen Patentanmeldungen steigt seit 1989 kontinuierlich an und lag 1995 bei 38.377 Anmeldungen. Die Mehrzahl an Patenten wird von Unternehmen und Einzelpersonen angemeldet, während die Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen jährlich ca. 1.600 Patente anmelden.

- Von den Patentanmeldungen der *Unternehmen* werden etwa ein Drittel von Großunternehmen mit mehr als 10.000 Beschäftigten angemeldet (Zahlen aus Greif 1993, S. 41). Neben den Großunternehmen sind auch die KMU mit weniger als 500 Beschäftigten sehr erfolgreich: Sie verzeichneten laut Greif (1993, S. 56) z. B. 1988 einen Anteil von 14,3 % an den FuE-Ausgaben aller Unternehmen und 26,9 % bei den Patentanmeldungen, während die Großunternehmen zwar 58,3 % der FuE-Ausgaben, aber nur 42,4 % der Patentanmeldungen auf sich vereinten. Zur Unterstützung der KMU bei der Informationsbeschaffung und Patentanmeldung gibt es ein breites Netz von Patentinformationszentren und Patentinformationsstellen (vgl. auch BDI 1996, S. 9, der die Struktur als gut beurteilt). Im Rahmen der Patentinitiative des BMBF (1996e, S. 57–59) sollen mit einer speziellen Patentaktion die Patentaktivitäten von KMU intensiviert und unterstützt werden. Diese Maßnahmen zielen auf die Verbesserung der Kenntnis des Patentschutzes, des Anmeldeverfahrens und der Patentrecherche sowie auf das erstmalige Ken-

nenlernen des Patentsystems bei vielen Unternehmen. Ferner sollen teilweise auch Patentanmeldekosten bezuschusst werden.

- Insgesamt 1.070 Patente mit *Hochschulherkunft* wurden 1993 angemeldet, ein deutlicher Anstieg gegenüber jährlich etwa 400 Patentanmeldungen in den 1970er Jahren, wobei 41 % von Hochschullehrern, 54 % von Unternehmen und 5 % von unabhängigen Forschungseinrichtungen angemeldet wurden (Zahlen aus Becher et. al. 1996, S. 11; 42; 45). Ungenügend und unterdurchschnittlich ist – im Gegensatz zur absoluten Anmeldezahl – die geringe Erteilungsquote von 20 % bis 37 % der angemeldeten Patente (Becher et al. 1996, S. 8–9; 42–44). Die Hochschulen, deren Forschungsaktivitäten vornehmlich in der Grundlagenforschung liegen, haben sich in den letzten Jahren verstärkt der wirtschaftlichen Verwertung eines Teils ihrer Ergebnisse zugewendet und liefern nach Grupp et al. (1997, S. 16–29) einen bedeutenden Beitrag zum technischen Fortschritt mit den Schwerpunkten Organische Chemie sowie Mess- und Regeltechnik. Zufriedenstellen können die Ergebnisse indes nicht, vor allem im Vergleich zu amerikanischen Hochschulen sind die Ergebnisse aus deutschen Hochschulen als eher schwach zu beurteilen. Für eine Situationsverbesserung könnte u. a. die Einführung einer Neuheitsschonfrist – sog. "grace period" –, sorgen, welche Wissenschaftlern gemäß BDI (1996, S. 12) auch nach einer Publikation eine Patentanmeldung ermöglicht. Für Becher et al. (1996, S. 21) wäre auch die Einführung einheitlicher Zuwendungsbestimmungen bei den öffentlichen Zuwendungsgebern mit verstärktem Verwertungsdruck sowie die Intensivierung der gesamten Verwertungsaktivitäten sinnvoll.

„Die schrittweise Weiterentwicklung bestehender Förderstrukturen mit der Ausrichtung auf an Hochschulen entstehende freie Erfindungen ... [ist, Anm. d. Verf.] keinesfalls .. geeignet ..., in Deutschland ein sich aus Verwertungserlösen selbst finanzierendes Netzwerk von Verwertungsorganisationen entstehen zu lassen.“ (Becher et al. 1996, S. 194–195).

Bei den Patentanmeldungen der *außeruniversitären Forschungseinrichtungen* hebt sich die Fraunhofer-Gesellschaft aufgrund ihres stärkeren Anwendungsbezugs von den Max-Planck-Instituten und den Großforschungseinrichtungen ab, obwohl letztere die absolut höhere Anzahl an Patentanmeldungen verzeichnen:

- Die *Fraunhofer-Institute* zählen als Einrichtungen der angewandten Forschung mit 198 inländischen Patentanmeldungen zu den 30 größten Patentanmeldern in Deutschland (Deutsches Patentamt 1996, S. 27). Seit 1987 wächst laut Grupp et al. (1997, S. 18–20) die Erfindungstätigkeit deutlich stärker als bei den anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen und bei den Hochschulen. Eine stärkere Orientierung an der Wirtschaft sowie eine explizite Patentpolitik mögen der Ausschlag dafür gewesen sein. Der Rolle als Bindeglied zwischen akademischer Forschung und unternehmeri-

scher FuE-Tätigkeit scheint der Fraunhofer-Gesellschaft zu gelingen, lässt sich doch ihr Patentprofil aus dem Patentprofil der Unternehmen und aus dem der Hochschulen hochsignifikant ableiten. Schwerpunkte liegen neben der Mess- und Regeltechnik im Maschinenbau und in der Informationstechnik. Unterstützung in Fragen der Patentanmeldung erteilt seit 1955 die „Fraunhofer-Patentstelle für die deutsche Forschung“ sowohl eigenen Mitarbeitern als auch Wissenschaftlern anderer Institutionen.

- Die Institute der *Max-Planck-Gesellschaft* melden gemäß Grupp et al. (1997, S. 17) jährlich ca. 50 Patente an und spielen aufgrund ihrer stärkeren Ausrichtung auf die physikalische und chemische Grundlagenforschung eine geringere Rolle. Die Garching Innovation GmbH betreibt seit 1970 die wirtschaftliche Verwertung von Erfindungen und Know-how der Max-Planck-Institute. Die Anzahl der gemeldeten Patente könnte laut Reinhard und Schmalholz (1996, S. 120) höher sein, wenn Informations- und vor allem Motivationsdefizite hinsichtlich der Anwendungsbedeutung und der Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse vermindert würden.
- Jährlich melden z. B. die 16 *Großforschungseinrichtungen* (GFE), die einen Etat von über 4 Mrd. DM und mehr als 20.000 Beschäftigte haben, durchschnittlich nur 250 Erfindungen zum Patent an, 1995 waren es mit 275 etwas mehr (BMBF 1996e, S. 45). Diese Anzahl entspricht einem Anteil von 0,7 % an den gesamten inländischen Patentanmeldungen – „*eindeutig zu wenig*“, urteilte der ehemalige Vorsitzende des Deutschen Patentamtes Häußler (zitiert nach Böndel und Dürand 1995, S. 62). Von den neun industrielevanten GFE lag dabei insbesondere die in der Informationstechnik tätige GMD am Ende, denn sie stellte zwischen 1981 und 1995 keinen einzigen Patentantrag (Böndel und Dürand 1995, S. 62–63). Hemmend auf eine stärkere Patentneigung wirken für Reinhard und Schmalholz (1996, S. 92, 124–127) die zentrale Transferverantwortung, eine unzureichende Forschungsplanung sowie die geringen finanziellen Anreize.

Sicherlich ist es nicht eine der Hauptaufgaben der Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Erfindungen hervorzubringen und diese zum Patent anzumelden und zu verwerten. Bedenklich stimmt jedoch das noch immer vorherrschende Primat der Anerkennung von wissenschaftlicher Leistung nach Publikationen bei einer nur geringen Würdigung der Patentaktivitäten.

Technologietransfereinrichtungen

Eine Brücke zwischen dem Technologiebedarf von Unternehmen auf der einen Seite sowie dem Technologieangebot der Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen auf der anderen Seite schlagen in Deutschland die mehr als 1.000 *Technologietransfereinrichtungen*, darunter forschungsnahe

Technologiemittler, wirtschaftsnahe Technologiemittler und eigenständige Technologiemittler (Tab. 27).

Tabelle 27
Technologietransfereinrichtungen in Deutschland

Einrichtungen	Anzahl Deutschland insgesamt	Anzahl in den alten Bundesländern	Anzahl in den neuen Bundesländern
<i>Forschungsnahe Technologiemittler:</i>	515	419	96
• Hochschultransferstellen	161	126	35
• Transferstellen außeruniversitärer FuE-Einrichtungen	125	106	19
• Technologieprüfungs- und -kontroll-Einrichtungen	14	14	–
• Beratungs- und Entwicklungszentren	110	89	21
• Anwender- und Demonstrationszentren	105	84	21
<i>Wirtschaftsnahe Technologiemittler</i>	239	218	21
<i>Eigenständige Technologiemittler:</i>	284	172	112
• Transferagenturen	49	29	20
• Transfernetzwerke	7	4	3
• Informationsvermittlungsstellen	51	21	30
• Technologie- und Gründerzentren	177	118	59
Insgesamt	1.038	809	229

Stand 1994/1995

Quelle: Reinhard und Schmalholz (1996, S. 107)

Die Leistungen der fünf Gruppen von *forschungsnahen Technologiemittlern* werden unterschiedlich beurteilt:

- Insgesamt 161 *Hochschultransferstellen* übernehmen die Vermarktung der hochschulinternen Leistungen und bahnen gemeinsame Forschungsprojekte von Hochschulinstiuten bzw. Lehrstühlen mit Unternehmen an. Für Reinhard und Schmalholz (1996, S. 115–117) haben Hochschultransferstellen häufig eine zu geringe Nachfrageorientierung und fehlende Fachkompetenz. Insgesamt müssten die Hochschultransferstellen mehr Profil sowohl in der Innen- als auch in der Außenwirkung gewinnen.
- Von den 125 *Transferstellen außeruniversitärer Forschungseinrichtungen* sind die Transferstellen der GFE und die Garching Innovation GmbH auf ein *Spin-off-Konzept* ausgerichtet, während die Fraunhofer-Institute einen marktorientierten Technologietransfer betreiben. Die Leistungen der einzelnen Transferstellen decken sich mit den Ergebnissen bei Patentneigung. Die Garching Innovation GmbH bzw. die Max-Planck-Institute konnten ihre Lizenzeinnahmen in den letzten Jahren verdreifachen und liegen laut Reinhard und Schmalholz (1996, S. 124) vor den GFE, die noch eine zentrale Transferverantwortung haben. Die Fraunhofer-Gesellschaft mit hohem Anteil von

direktem Technologietransfer funktioniert grundsätzlich gut, was sich auch an dem relativ hohen Industrieanteil an der Finanzierung zeigt.

- Die 14 *Technologieprüfungs- und -kontroll-Einrichtungen* sind für die Prüfung und Kontrolle von technischen Geräten und Erzeugnissen aus sicherheitstechnischen Gründen zuständig. Dies betrifft u. a. Zulassungsgenehmigungen, die von Bundesanstalten, landeseigenen Instituten, Hochschulinstituten und Technischen Überwachungsvereinen erteilt werden (Reinhard und Schmalholz 1996, S. 239–130). Das mit diesen Aktivitäten gewonnene Wissen und die Leistungen werden von der Wirtschaft bisher noch unterschätzt, denn die hochwertigen Geräte könnten Unternehmen beispielsweise stärker für die Qualitätssicherung und -kontrolle ihrer Produkte nutzen.
- Die 110 öffentlichen und privatwirtschaftlichen *Beratungs- und Entwicklungszentren* sind oftmals in der Nähe von Hochschulen angesiedelt, verfügen über eigene Werkstätten und Labore sowie FuE-Personal. Sie dienen gemäß Reinhard und Schmalholz (1996, S. 131–132) dem Wissens- und Technologietransfer in KMU vor allem auf regionaler Basis.
- Die 105 *Anwender- und Demonstrationszentren*, die von Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und eigens gegründeten Trägerorganisationen unterhalten werden, bieten meist technische Information und Beratung an. Ferner demonstrieren sie Geräte und Verfahren, führen Schulungen durch und übernehmen FuE-Aufträge. Das DIW (1994, S. 768) beurteilt dieses Konzept der Anwender- und Demonstrationszentren insgesamt als sinnvolle angebotsorientierte Erweiterung.

Die *wirtschaftsnahen Technologiemitteiler* übernehmen eine Beratungsrolle und bringen Anbieter und Nachfrager von Know-how zusammen. Zu den wirtschaftsnahen Technologiemitteiler zählen zum einen die seit Ende der 1970er Jahre mit BMFT-Fördermitteln aufgebauten *Innovationsberatungsstellen* der Industrie- und Handelskammern (IHK). Die Innovationsberatungsstellen verfügen u. a. über eine sog. „Technologiebörse“, eine Datenbank mit ca. 1.800 Technologieangeboten und 100 nachfragenden Unternehmen, die für ca. zwei Jahre darin gespeichert sind. Jährlich werden ca. 27 Angebote genutzt (Reinhard und Schmalholz 1996, S. 135–136). Konzeptionell ist die für die IHK typische dezentrale Organisation von Vorteil, wobei aber die geringe personelle Ausstattung und die regionale Begrenzung nachteilig wirken. Zum anderen sind die *industriellen Forschungsvereinigungen im AiF* sowohl bei der Auswahl der zu fördernden Projekte als auch bei der Durchführung sehr stark marktorientiert. Durch die Mitwirkung der Mitgliedsunternehmen am Auswahlprozess wird auch das Risiko gemindert, dass am Bedarf der KMU vorbei geforscht wird. Die Leistungen werden im Allgemeinen von den Fachleuten als gut beurteilt (Baur et al. 1989, zitiert nach Kuhlmann und Holland 1995a; S. 44–47; Lageman et al. 1995).

Neben den forschungs- und wirtschaftsnahen *Technologiemittlern* gibt es als dritte Gruppe die *eigenständigen Technologiemittler*. Zu den *eigenständigen Technologiemittlern* rechnet man vier Gruppen von Einrichtungen:

- Die vornehmlich regional operierenden *Transferagenturen* helfen bei der Kontaktvermittlung zwischen Technologiegebern und -nehmern und bieten ein breites Spektrum an Beratungs- und Informationsleistungen an. Insgesamt können sie nach Reinhard und Schmalholz (1996, S. 146) die Ansprüche an einen effektiven Technologietransfer kaum erfüllen.
- Die *Transfer-Netzwerke* bündeln die Aktivitäten verschiedener Einrichtungen und sind eine Vermittlungs-, Koordinations- und Informationsstelle für Technologietransfer. Zu den Transfer-Netzwerken zählen u. a. die Steinbeis-Stiftung und die Niedersächsische Agentur für Technologietransfer und Innovation. Die *Steinbeis-Stiftung* unterstützt – als Technologiegeber-orientierte Einrichtung – vor allem in Baden-Württemberg den Technologietransfer von technischen Erkenntnissen aus Fachhochschulen in die Industrie. Reinhard und Schmalholz (1996, S. 153) beklagen zwar den geringen Anteil von Transfers neuer Technologien, beurteilen die Arbeit der Steinbeis-Stiftung insgesamt aber als erfolgreich. Die *Niedersächsische Agentur für Technologietransfer und Innovation (NATI) GmbH* scheiterte nach Meinung von Reinhard und Schmalholz (1996, S. 155–156) hingegen als Versuch, die Vermittlungs- und Beratungseinrichtungen im Land mittels institutionellem Überbau – wie ihn z. B. Allesch (1990) vorschlug – zu verbinden. Der Widerstand in den bereits existierenden Institutionen gegenüber den neuen Transferstellen-orientierten Institutionen ist zu groß, insbesondere dann, wenn die NATI neben der Koordinierung auch eigenständig transferorientierte Dienstleistungen anbietet.
- Die *Informationsvermittlungsstellen* bieten vor allem KMU einen Zugang zu verschiedenen nationalen und internationalen Informationsquellen wie z. B. Datenbanken. Zu den Informationsvermittlungsstellen zählen die Fachinformationszentren und Patentinformationszentren, die kostengünstig KMU bei der gezielten Abfrage von Datenbanken, insbesondere auch Patentdatenbanken, unterstützen. Diese Angebote werden verstärkt genutzt, wobei laut Reinhard und Schmalholz (1996, S. 158–159) von den Nutzern oft noch die Qualität der Abfrageergebnisse bemängelt wird.
- *Technologie- und Gründerzentren* (TGZ) sind Einrichtungen zur Unterstützung von Gründern technologieorientierter Unternehmen, denen sie eine geeignete Infrastruktur anbieten. Die TGZ wurden zur Förderung des Technologietransfers in den 1980er und 1990er Jahren stark ausgebaut und liegen meist in der Nähe von Forschungseinrichtungen. Ihre Gesamtzahl stieg seit Errichtung der ersten Technologieparks 1983/84 auf ca. 200 Einrichtungen in 1996 und soll sich bis zum Jahr 2000 auf 225 Einrichtungen erhöhen. Aufgrund des dichten Netzes, insbesondere in industriellen Ballungszentren

wie dem Ruhrgebiet und dem Rheinland, konkurrieren in enger Nachbarschaft mehrere Technologiezentren miteinander. Aus regionalpolitischen Überlegungen werden Technologiezentren aber auch in strukturschwachen Regionen gegründet. Aufgrund dieser Faktoren und dem unkontrollierten Werben von Ländern und Kommunen um neue Investoren und Jungunternehmer plädieren z. B. Sternberg et al. (1996, S. 206) für eine Bündelung bestimmter Kompetenzen in ausgewählten Zentren nach der Devise „weniger ist mehr“ (Kutter 1997, S. 50). Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist es für die meisten Existenzgründer im Allgemeinen aus Kostengründen lohnend, in ein TGZ einzuziehen, wobei die TGZ auch bei der Kapital- und Informationsbeschaffung helfen (Steinkühler 1994).

Die Anzahl an Technologietransferstellen ist in Deutschland sehr hoch. Was 1966 vom Nachrichtenmagazin „Der Spiegel“ (o.V. 1996, Abschnitt C.II.2.) bezüglich der Vielfalt an fördernden Institutionen kritisiert wurde, lässt sich auf die Transferlandschaft übertragen: Ein Labyrinth von Institutionen, insbesondere wenn man neben den staatlich unterstützten Einrichtungen noch die privaten Dienstleister und Unternehmensberater sowie die kommunalen Wirtschaftsförderungsgesellschaften berücksichtigt.

Für den Technologietransfer ist nicht nur die vorhandene institutionelle Struktur hinderlich, sondern vielmehr sind es die festgefahrenen Positionen sowohl auf Technologiegeber- als auch auf Technologienehmerseite, die einen effektiven Technologietransfer behindern. Diese *Transferhemmnisse* lassen sich im Einzelnen nach Brockhoff (1993, S. 2071) zu Wissens- und Innovationsbarrieren, Fähigkeitsbarrieren und motivationalen Barrieren zusammenfassen:

- *Wissens- und Innovationsbarrieren* liegen nach Täger und Uhlmann (1984, S. 65–67) im fehlenden Bewusstsein für den eigenen Bedarf an Technologien, in fehlender Information oder in der Verkennung der vorhandenen Information vor. Innovationsbarrieren können nach Staudt (1990, S. 207–210) sowohl technisch bedingt sein, d. h., Einführung und Anwendung neuer Technologien sind nicht komplementär zur gegenwärtigen bzw. zukünftigen technischen Infrastruktur. Sie können auch regelungsbedingt sein, wenn Normen, Gesetze oder bürokratische Genehmigungsverfahren den Transfer behindern.
- *Fähigkeitsbarrieren*, d. h. Unübertragbarkeit von Technologien, können zum einen beim Technologienehmer aufgrund fehlender personeller Kapazitäten oder unzureichender finanzieller Mittel entstehen, zum anderen auch international, z. B. durch Handelsbeschränkungen, so Täger und Uhlmann (1984, S. 67).
- Die wohl wichtigsten Hemmnisse sind die *motivationalen Barrieren*. Hierzu zählen Berührungsängste sowohl auf Seiten der Mitarbeiter von Unternehmen als auch auf Seiten der Mitarbeiter von Hochschulen und außeruniversitären Einrichtungen.

sitären Forschungseinrichtungen, die oftmals auf Vorurteilen beruhen. So werfen z. B. laut Töpfer (1990, S. 254) mittelständische Unternehmen den Hochschulen zeitraubende, bürokratische Vorgehensweisen und mangelndes Interesse an KMU vor. Eine Kritik von seiten der akademischen Wissenschaft an der fehlenden Offenheit und Kooperationsbereitschaft von KMU führen z. B. Reinhard und Schmalholz (1996, S. 65–103) an. Ferner befürchten insbesondere Großunternehmen den Verlust von internem Know-how und Wettbewerbsvorteilen, wenn sie Dritte in Projekte mit einbinden. Großunternehmen haben ferner ein ausgeprägtes "not-invented-here-Syndrom", d. h., sie lehnen laut Täger und Uhlmann (1984, S. 67) die Übernahme externen Wissens meist ab (Umfrageergebnisse bei Reinhard und Schmalholz 1996, S. 35).

Reinhard und Schmalholz (1996, S. 218) stellen als Fazit ihrer Studie fest:

„Die Analyse des Transfersystems zeigt, dass zwar Hemmnisse im Transferprozess existieren, dass diese aber vor allem auf fehlenden Transfervoraussetzungen bei den Transferpartnern (Produzenten, Nachfrager) selbst beruhen. Diese Hemmnisse können von intermediären Technologiemittlereinrichtungen nicht beseitigt werden.“

Anstelle des weiteren Ausbaus der Technologietransfereinrichtungen von Bund und Ländern empfehlen sie die Unterstützung des direkten Technologietransfers, der nach wie vor erfolgreichsten Form des Technologietransfers.

IV. Zusammenfassung und Beurteilung

Das nationale Innovationssystem Deutschlands ist aufgrund der geschichtlichen Entwicklung seit Anfang des 18. Jahrhunderts facettenreich ausgeprägt. Mit dem zunehmenden Interesse des Staates an Wissenschaft und Technik gewann seit Anfang des 20. Jahrhunderts die gezielte Beeinflussung der technologischen Entwicklung in Deutschland an Bedeutung. Das nationale Innovationssystem Deutschlands hat bezüglich der Forschungsinfrastruktur und der Forschungs- und Technologiepolitik einen starken Wandel erlebt und ist in den 1990er Jahren von einigen Stärken und Schwächen gekennzeichnet (zur Entwicklung in den 1990er Jahren Tab. 28).

In der *Forschungsinfrastruktur* liegen ausgeprägte Schwerpunkte bei den Institutionen der Grundlagenforschung, z. B. mit den Großforschungseinrichtungen, den Instituten der Max-Planck-Gesellschaft und den Hochschulen. Die insgesamt große Leistungsfähigkeit der Grundlagenforschung beruht neben der institutionellen Ausstattung vor allem auch auf der starken Unterstützung durch die staatliche Förderung. Die Schwerpunkte der F&T-Politik haben sich in den 1990er Jahren verstärkt der Grundlagenforschung zugewandt, für die ca. 30 % des FuE-Budgets des Bundes bereitgestellt wird.

Tabelle 28

**Übersicht über die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands
nach verschiedenen Merkmalen, ihren typischen Ausprägungen
und nach ihrer Entwicklung in den 1990er Jahren**

Merkmal	Ausprägung	Entwicklung in den 1990er Jahren
Finanzierung	Wirtschaft und Staat im Verhältnis 1,5 : 1	- Ausgabenhöhe insgesamt stagnierend - Ausgaben des Bundes stagnierend - Länderausgaben steigen
Durchführung	Ca. zwei Drittel in der Wirtschaft	Forschung an den Hochschulen nimmt zu
Schwerpunkte der F&T-Politik	Katalog allgemeiner Ziele	- Förderung von Schlüsseltechnologien - Ausbau der ostdeutschen Forschungslandschaft - unscharfe Definition nach 1994
Direkte Förderung	- Institutionelle Förderung - Projektförderung	- Weiterer Ausbau der institutionellen Förderung, vor allem in Ostdeutschland - Verbundforschung dominierend
Indirekte Förderung	Fördermaßnahmen für KMU z. B. FuE-Personal-Programme, Existenzgründungsförderung etc.	auf Ostdeutschland konzentriert und mit geringem Umfang
Förderbereiche	- Zivile und militärische Forschung - Grundlagenforschung	- Mehr Mittel für Umwelttechnik, Informationstechnik und Biotechnologie, Wehrtechnik rückläufig - Fast 30 % des FuE-Budgets des Bundes
Fördermaßnahmen für KMU	- Indirekte Fördermaßnahmen - Fachprogramme der Projektförderung	Konzentriert auf Ostdeutschland
Förderung der neuen Bundesländer	Maßnahmen zum Ausbau der Forschungslandschaft	- Ab Mitte der 1990er Jahre zurückgehende Mittelzuwendungen des Bundes - Viele Maßnahmen für ostdeutsche KMU, aber nur geringes Volumen
Rahmenbedingungen	- Rechtliche Rahmenbedingungen - Bildungs- und Wissenschaftspolitik - Technologieakzeptanz - Informations-Infrastruktur - Finanzierungsinfrastruktur - Technologietransfer	- Stabile Rechtslage - Hochschulförderung und Ausbildungsunterstützung - Einstellung gegenüber neuen Technologien - Informations- und kommunikationstechnische Ausstattung - Ausstattung mit Fremd- und Eigenkapital, speziell für Existenzgründer - Technologietransfereinrichtungen - Informationsbereitstellung, Beratung - Gentechnikgesetz bis zur Novellierung 1993 innovationshemmend - Wirkungen des Multimedia-Gesetzes ungewiss - lange Genehmigungsverfahren - Ausgaben rückläufig - Ausbildung auf hohem Niveau, in Naturwissenschaft und Mathematik in der schulischen Ausbildung im Durchschnitt - Kritisch, differenziert, aber nicht ablehnend - Gute technische Voraussetzungen - Verschärfter Wettbewerb durch Liberalisierung - Schwache Software-Präsenz - Sehr schwache Ausstattung mit Venture Capital - Patentneigung der außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Universitäten schwach - Kaum Spin-offs - Kein größeres Informationssystem - Viele Beratungsinitiativen

Die *Industriestruktur* ist in Deutschland überwiegend von den vier großen Wirtschaftszweigen Maschinenbau, Straßenfahrzeugbau, Elektrotechnik und

Chemie bestimmt, und zwar sowohl bezüglich der FuE-Aktivitäten als auch hinsichtlich der FuE-Mitarbeiter. Insgesamt finanziert die Wirtschaft mehr als 80 % der FuE-Ausgaben ihrer FuE-Aktivitäten; einzige Ausnahme mit einem geringeren Anteil ist die Luft- und Raumfahrtindustrie. Seit Beginn der 1990er Jahre haben sich aber die FuE-Ausgaben der Wirtschaft nicht mehr erhöht, sondern sind infolge der Rezession zurückgeführt worden. Ferner hat Deutschland eine ausgeprägte Stärke in bereits reiferen Wirtschaftszweigen wie z. B. Straßenfahrzeugbau oder Maschinenbau, während Wirtschaftszweige mit großen Wachstumsraten wie die Informations- und Kommunikationstechnologie nur gering vertreten sind.

Die *staatliche F&T-Politik* spielte nach der nur geringen Förderung bis Mitte der 1950er Jahre eine zunehmend wichtigere Rolle sowohl hinsichtlich des Aufbaus der Infrastruktur als auch bezüglich konkreter Maßnahmen zur Förderung von FuE. Trotz der nur geringen Förderung sowohl von Institutionen als auch von FuE-Aktivitäten in der Wiederaufbauphase konnte Deutschland den Nachteil gegenüber den Kriegsgewinnern in vielen Bereichen bis zu den 1970er Jahren weitgehend aufholen. Gleichwohl konnten der Verlust der Wissenschaftler während der Nazi-Diktatur und der Fortgang junger Wissenschaftler in den 1960er Jahren nicht kompensiert werden.

Die F&T-Politik setzte in den unterschiedlichen Phasen, bedingt durch die Regierungswechsel, verschiedene *Akzente*, obwohl bis auf zwei Ausnahmen insgesamt Kontinuität vorherrschte: Zum einen wurde von 1972 bis Mitte der 1970er Jahre eine antizipative und auf die Stärkung des Humankapitals zielende F&T-Politik verfolgt, die aber nach allgemeiner Überzeugung scheiterte. Zum anderen wurden in den 1980er Jahren die Schwerpunkte nach den Vorbildern der USA und Frankreich auf prestigeträchtige Großprojekte wie z. B. die Weltraumtechnik mit der Hyperschalltechnologie, die Magnetschwebebahn Transrapid und die Wehrforschung und -technik gesetzt. Auch diese Orientierung hatte einen geringen Erfolg, denn sie nutzte nur in geringem Maße die vorhandenen Stärken und war kaum auf zivil nutzbare Bereiche konzentriert.

Mit der gezielten F&T-Förderung von *Schlüsseltechnologien* begannen die Bundesregierungen Mitte der 1960er Jahre, wobei die Akzente unterschiedlich gesetzt wurden. Stand zunächst die Atomenergie im Vordergrund, spielten später in den 1980er Jahren die Luft- und Raumfahrttechnik, die Wehrtechnik sowie in den 1990er Jahren die Informationstechnik und Biotechnologie eine wichtigere Rolle. Gleichzeitig wurden in den 1980er Jahren bei der Projektförderung die Verbundforschung ausgebaut. Die Verbundforschung ist eine spezielle Form der direkten Projektförderung mit mindestens zwei Institutionen, entweder je einer aus Wissenschaft und Wirtschaft oder zwei Unternehmen. Die indirekte Förderung wurde in den 1980er Jahren zunächst ausgebaut, dann deutlich reduziert und in den 1990er Jahren erneut mit gezielter Ausrichtung auf die neuen Bundesländer hochgefahren. Die geringe indirekte Förderung in

Deutschland stellt nach wie vor im internationalen Vergleich für die FuE-betreibenden Unternehmen ein Anreizproblem dar.

Insgesamt sind die Entwicklung des NIS und der F&T-Politik Deutschlands in den 1990er Jahren durch einige Stärken und Schwächen gekennzeichnet:

Stärken bezüglich der Forschungsinfrastruktur liegen in der ausgeprägten Institutionenlandschaft, in der hohen Qualität der Hochschulen, in der Vernetzung der F&T-Politik mit der Bildungs- und Wissenschaftspolitik sowie in den starken, autonomen FuE-Aktivitäten der Wirtschaft. Die F&T-Politik selbst zeichnet sich durch eine Flexibilität ihrer Instrumente aus. Es wird seitens der Bundesregierungen stets Wert darauf gelegt, neue Maßnahmen einzuführen, wie beispielsweise den BioRegio-Wettbewerb (BMBF 1996f) und den verstärkten Wettbewerb bei der Vergabe von Projekten an staatliche Forschungseinrichtungen, z. B. bei den „Helmholtz-Zentren“ (stellvertretend BMBF 1997e).

Ferner haben auch schon lange geforderte Maßnahmen teilweise Eingang in die Politik gefunden, wie z. B. der FTI-Rat (diesbezügliche Forderungen von Scheid 1991, Müller-Merbach 1987, Oppenländer 1993). Vorgestellt wurde 1993 der erste Delphi-Bericht (BMFT 1993b) mit technischen Visionen, die auf breiter Basis erhoben wurden. Der Bericht orientierte sich aber inhaltlich zu stark an den in Japan seit mehr als 20 Jahren praktizierten und für wichtig erachteten Themen (Abschnitt E.I.2.). Die geplante Anpassung an deutsche Verhältnisse (BMBF 1996g, S. XXIV) wurde 1998 mit dem zweiten Delphi-Bericht (ISI 1998a) teilweise bereits realisiert (Abschnitt E.I.3.).

Bei der Forschungsinfrastruktur liegt eine *Schwäche* in der geringen Vernetzung von Wissenschaft und Industrie sowie in dem Transfer von neuem technischen Wissen zwischen beiden (Abschnitt C.III.2.g)ee)). Die Abstimmung zwischen Staat, Wirtschaft und Wissenschaft ist trotz der Einrichtung des FTI-Rates noch ungenügend (vgl. hierzu die Kritik von Müller-Merbach 1995a, S. 57). Zudem beschäftigt sich der FTI-Rat pro Jahr nur mit einem Thema, eine kontinuierliche Beratung über alle Technologiebereiche hinweg findet nicht statt. Ferner ist auch die Ausstattung mit Venture Capital unzureichend. Eine starke Förderung von Bildung und Wissenschaft sowie Forschung und Technologie wird seit Anfang der 1990er Jahre quasi nicht mehr praktiziert.

Insgesamt ist die F&T-Politik meist eine *Reaktion* auf die Maßnahmen bzw. die Position der Wettbewerber. In der Regel wird eine Strategie des „Aufholens“ gewählt. Die F&T-Politik leidet unter den politischen Veränderungen infolge von Regierungswechseln und gegenwärtig unter den finanziellen Belastungen der Wiedervereinigung. Die Absicht der Bundesregierung „*Trotz aller Haushaltszwänge werden wir deshalb den Forschungsetat im Bundeshaushalt überproportional steigern.*“ (Presse und Informationsamt der Bundesregierung 1994) wurde nicht eingehalten.

D. Das nationale Innovationssystem und die Forschungs- und Technologiepolitik der USA, Japans und der Europäischen Union

Die USA und Japan sind nach ihrer Bedeutung und ihrem Anteil am Weltmarkt die wichtigsten Wettbewerber Deutschlands. Auch in punkto technologischer Wettbewerbsfähigkeit werden meist diese drei Länder (z. B. Schmietow 1987; Holzkämper 1995; Münt 1996) miteinander verglichen, oftmals ergänzt um Frankreich und Großbritannien (z. B. Busch 1987, auch Kapitel E). Im Folgenden werden die USA und Japan sowie auch die Europäische Union (EU) analysiert (Abb. 28). Dabei werden im Fall der USA und Japan sowohl das nationale Innovationssystem (NIS) als auch die Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) jeweils näher betrachtet. Bei der EU ist lediglich die F&T-Politik Gegenstand der Analyse.

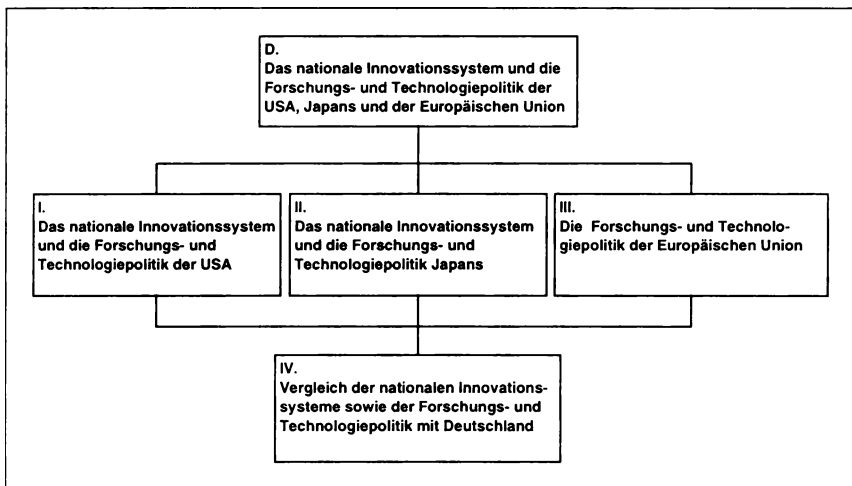


Abbildung 28: Gedankenflussplan von Kapitel D.

- Das NIS der *USA* ist im Wesentlichen durch den Zweiten Weltkrieg geprägt worden. Die amerikanische F&T-Politik ist stark auf die Förderung der militärischen Forschung und Entwicklung ausgerichtet (Abschnitt D.I.).
- Das NIS *Japans* hat seine heutigen Strukturen nach dem Zweiten Weltkrieg aufgebaut, als es in kurzer Zeit zu den wirtschaftlich und technologisch führenden Ländern aufschloss. In der F&T-Politik herrscht eine ausgeprägte

Konsensorientierung und Ausrichtung auf Schlüsseltechnologien (Abschnitt D.II.).

- Die *Europäische Union* versucht mit ihrer F&T-Politik vor allem die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft zu steigern (Abschnitt D.III.).

Abschließend werden die USA und Japan mit Deutschland bezüglich der Ausprägung ihres nationalen Innovationssystems und ihrer F&T-Politik – unter fallweiser Berücksichtigung der EU – *verglichen* (Abschnitt D.IV.).

I. Das nationale Innovationssystem und die Forschungs- und Technologiepolitik der USA

Die USA zählen zu den technologisch führenden und wirtschaftlich stärksten Nationen der Welt. Die exzellenten Leistungen in Wissenschaft und Forschung entspringen einem seit dem 19. Jahrhundert gewachsenen nationalen Innovationssystem (NIS), das durch Flexibilität und Liberalität gekennzeichnet ist. Der Staat, vor allem der Bund, unterstützt in hohem Maße und mit zahlreichen Maßnahmen die technologische Entwicklung. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf der Förderung militärischer Forschung und Entwicklung (FuE), deren Bedeutung aber in den 1990er Jahren – vor allem seit der Amtsübernahme von Präsident Clinton – zugunsten der zivilen Forschung abgenommen hat. Das NIS sowie die Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) werden in fünf Punkten näher analysiert:

- Seit der Gründung der USA hat sich ein vielschichtiges *NIS* herausgebildet, das vor allem vom Zweiten Weltkrieg und dem Rüstungswettlauf mit der Sowjetunion geprägt wurde (Abschnitt D.I.1.).
- Im gegenwärtigen NIS hat unter den *staatlichen Akteuren* (Abschnitt D.I.2.) für die F&T-Politik vor allem das Department of Defense eine tragende Funktion, da es für die Förderung in Höhe von ca. 50 % der gesamten staatlichen FuE-Ausgaben verantwortlich ist.
- Die Wirtschaft hat den größten Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben sowohl bei der *FuE-Finanzierung* als auch bei der *FuE-Durchführung* (Abschnitt D.I.3.).
- Die Schwerpunkte der *F&T-Politik des Bundes* (Abschnitt D.I.4.) liegen seit der Amtsübernahme durch Präsident Clinton 1993 auf der verstärkten Förderung ziviler Technologien, auf dem weiteren Ausbau der Kooperationen in Forschung und Entwicklung (FuE) sowie in der Kostenreduzierung bei den staatlichen Behörden mit sog. „Cross Cutting Initiativen“. Ferner sind die kleinen und mittleren Unternehmen sowie die Förderung militärischer FuE Kernelemente der amerikanischen F&T-Politik.

- Den zahlreichen *Stärken* der amerikanischen F&T-Politik, z. B. die konstant hohe staatliche F&T-Förderung, stehen einige *Schwächen*, z. B. eine unzureichende Koordination, gegenüber (Abschnitt D.I.5.).

1. Die Entwicklung des nationalen Innovationssystems der USA

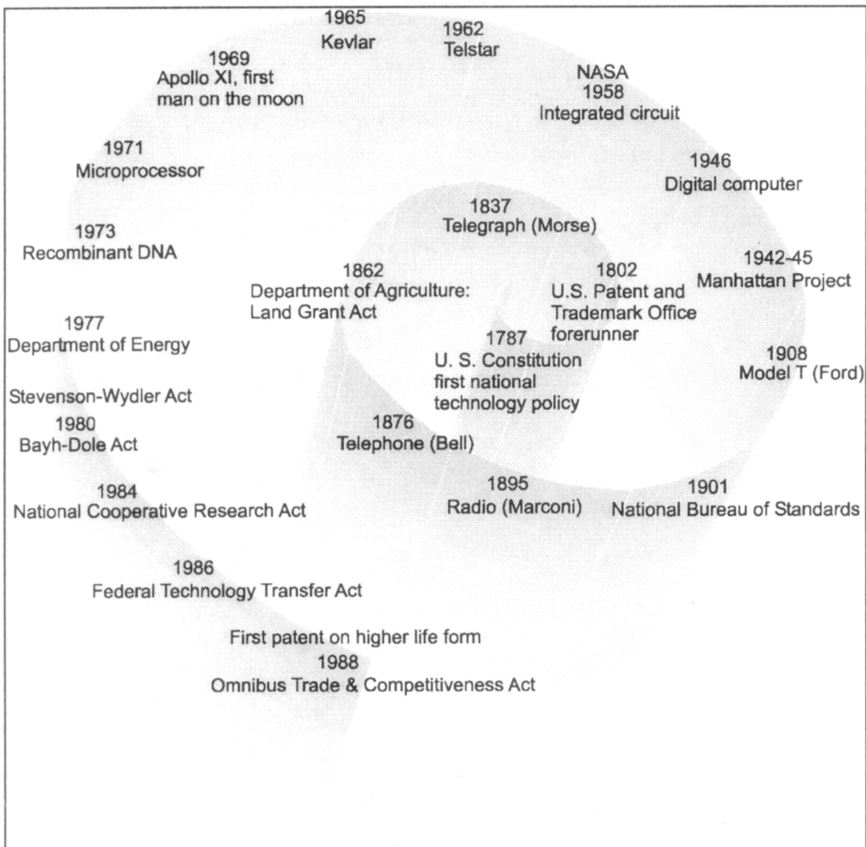
Das nationale Innovationssystem (NIS) der Vereinigten Staaten entwickelte sich in den letzten 200 Jahren zu einem der leistungsstärksten Innovationssysteme der Welt. Die Entwicklung des NIS sowie der Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) ist seit der Unabhängigkeitserklärung 1776 gemäß NSTC (1996, S. 19–35) durch *vier Phasen* gekennzeichnet (Tab. 29, Abb. 29):

Tabelle 29
**Übersicht über die Phasen der Entwicklung des amerikanischen NIS
und einige bedeutende Ereignisse**

Phase	Ausgewählte bedeutende Ereignisse
1776– 1914 Aufbau	1790: Patentgesetz 1791 Report on Manufacturers von Alexander Hamilton 1862 Morrill Act 1876 Telefon von Bell 1890 Sherman Act 1895 Radio von Marconi 1901 National Bureau of Standards 1908 T-Modell von Ford
1914– 1945 Stärkere militärische Forschung	1916 National Advisory Committee on Aeronautics 1933 New Deal 1942–1945 Manhattan Projekt
1945– 1980 Förderung von Großtechnologien	1946 Atomic Energy Commission 1950 National Science Foundation 1958 National Aeronautics and Space Administration 1962 Nachrichtensatellit Telstar 1963 Kevlar 1969 Mondlandung 1971 Mikroprozessor 1973 Rekombination 1974 Energy Research and Development Agency 1976 Office of Science and Technology Policy 1977 Department of Energy
Seit 1980 Stärkere Förderung ziviler Technologien	1988 Erstes Patent auf ein höheres Lebewesen 1980 Stevenson Wylder Technology Innovation Act, Bayh-Dole University and Small Business Patent Act 1982 Small Business and Innovation Development Act 1984 National Cooperative Research Act 1986 Federal Technology Transfer Act 1987 Sematech 1988 Omnibus Trade and Competitiveness Act 1989 National Competitiveness Technology Transfer Act 1992 Defense Conversion, Reinvestment, and Transition Assistants Act, Small Business Technology Transfer Act 1994 National Information Infrastructure

Basis für Abb. 29

Quelle: NSTC (1996, Beilage)



Quelle: eigene Darstellung, Daten aus Tabelle 29

Abbildung 29: Einige bedeutende Ereignisse bei der Entwicklung des nationalen Innovationssystems

- In der ersten Phase von 1776 bis 1914 wurde das NIS aufgebaut, wobei die staatliche Einflussnahme auf die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE-Aktivitäten) eher gering war.
- In der zweiten Phase zwischen 1914 und 1945 wurden infolge der beiden Weltkriege die FuE-Aktivitäten, insbesondere in der Militärtechnik, stark ausgebaut.
- In der dritten Phase zwischen 1945 und 1980 wurden im Zuge des Kalten Krieges vor allem die militärische Forschung und die Weltraumforschung weiter intensiviert.
- In der vierten Phase seit 1980 werden stärker zivile Technologien, insbesondere im Gesundheitswesen, sowie Kooperationen zwischen staatlichen Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft gefördert.

1776–1914: Phase des Aufbaus des NIS

In der ersten Phase nach der Unabhängigkeitserklärung 1776 bis zu Beginn des Ersten Weltkrieges wurden in den USA zahlreiche Forschungseinrichtungen gegründet und viele F&T-politischen Grundlagen gelegt. Bereits in der Verfassung aus dem Jahre 1787 wurde in Article 1, Section 8, die generelle Verantwortung des Bundes für die wissenschaftliche und technologische Entwicklung im Land festgelegt: „... *fix the standard of weights and measures promote the progress of science and useful arts, by securing for limited times to authors and inventors exclusive right to their perspective writings and discoveries.*“ (Zitiert nach Currie 1988, S. 84) Das amerikanische Patentgesetz wurde beispielsweise kurze Zeit später 1790 verabschiedet. Einige wesentliche Aspekte sind u. a. die Ideen der Politiker Hamilton und Adams, der Morill-Act und die Gründung von Forschungseinrichtungen, wobei die staatliche Wirtschaftspolitik – bis auf den Sherman-Act als Antitrustgesetz und die Gründung einer Normungsbehörde – eher zurückhaltend war.

Für den Ausbau des NIS waren u. a. die *Ideen* von Alexander Hamilton und John Quincy Adams maßgeblich, wobei in dieser Phase die Verbindung zwischen Staat, Wirtschaft und Wissenschaft eher lose war. *Alexander Hamilton* (1757–1804), erster Secretary of Treasury (Finanzminister) der USA, legte mit seinem für den amerikanischen Kongress erstellten „*Report on Subject of Manufactures*“ 1791 den Grundstein für eine aktive Wirtschaftspolitik des Staates. Er forderte eine stärkere Fokussierung auf die Industrie anstelle der Landwirtschaft: „*A state of impoverishment, compared with opulence to which [our, Anm. d. Verf.] political and natural advantages authorize [us, Anm. d. Verf.] to aspire.*“ (Hamilton 1850–51; zitiert nach Reich 1992, S. 20) Der sechste Präsident, *John Quincy Adams* (1767–1848), verlangte während des Präsidentschaftswahlkampfes 1827 die Errichtung eines nationalen Universitätsministeriums und nationaler Wissenschaftseinrichtungen (Reuhl 1994, S. 91–92). Zwar wurden seine Vorschläge bis heute nicht umgesetzt, aber in den folgenden Jahren bauten verschiedene Ministerien eigene Forschungseinrichtungen auf.

Der Bund übergab 1862 mit dem Land-Grant-Act, dem sog. ersten *Morill-Act*, den Bundesstaaten Grundstücke zur Errichtung von Colleges und Universitäten (NSTC 1996, S. 20). Gleichzeitig wurden, so Weber (1990, S. 116), technische Institute gegründet, z. B. 1824 das Rensselaer in Troy (New York) und 1865 das Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston. Die Anzahl der technischen Schulen stieg von sechs in 1860 auf 70 in 1870. Präsident Lincoln gründete zudem 1863 die auf die Förderung der Wissenschaft ausgerichtete National Academy of Sciences.

Es gab eine insgesamt *zurückhaltende staatliche Wirtschaftspolitik*, obwohl der Staat nach Gebhardt (1976, S. 160) 1826 der größte Arbeitgeber im Land

war, der mittels Investitionen und einer guten Finanzausstattung die Produktivität sowie den Ausbau der Industriestruktur unterstützte. Die Wirtschaft fasste vor allem in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts Fuß. Mowery (1992, S. 128–129) zufolge prägten Unternehmen wie z. B. Du Pont, General Electric, AT&T und Eastman Kodak die USA Ende des 19. Jahrhunderts, auch aufgrund ihrer erfolgreichen FuE-Aktivitäten in ihren neu eingerichteten eigenen Industrielabors. Als Erfindungen gab es u. a. 1837 den Telegraphen von Morse, 1876 das Telephon von Bell, 1895 das Radio von Marconi und 1908 das sog. T-Modell von Ford, das erste am Fließband gebaute Automobil.

Aufgrund der zunehmenden Unternehmenszusammenschlüsse wurde 1890 – so NSTC (1996, S. 22) – mit dem *Sherman Act* ein Antitrustgesetz zur Sicherung des Wettbewerbs und zur Beschränkung der Macht der Großunternehmen eingerichtet. Infolge der unterschiedlichen Industrienormen und der damit verbundenen Schwierigkeiten wurde 1901 eine Normungsbehörde, das National Bureau of Standards, gegründet.

1914–1945: Phase der stärkeren militärischen Forschung

Bedingt durch die beiden Weltkriege wurde die Rolle des Staates zwischen 1914 und 1945 deutlich aktiver im Vergleich zur vorherigen Phase. Durch die starke Förderung von Forschung und Technologie, insbesondere für den militärischen Bereich, holten die USA gegenüber den führenden europäischen Ländern England und Deutschland enorm auf.

Während und nach dem Ersten Weltkrieg bis 1940 waren die staatlichen Fördermaßnahmen des Bundes nicht so intensiv wie die der europäischen Staaten (Committee on Criteria for Federal Support of Research and Development 1995, S. 41). Laut Mowery (1992, S. 132) hatten die FuE-Ausgaben des Bundes in den 1930er Jahren einen Anteil an den gesamten amerikanischen FuE-Ausgaben von 12 % bis 20 %, während etwa zwei Drittel von der Wirtschaft aufgebracht wurden. Während des Ersten Weltkrieges wurden Wissenschaftler, die an militärischen FuE-Projekten arbeiteten, als Militärangehörige geführt. Der Staat kontrollierte nach Reich (1992, S. 39–40) weite Teile der Wirtschaft während des Ersten Weltkrieges und richtete verschiedene Abstimmungsorgane ein, u. a. das War Industries Board, das landesweit industrielle Kooperationen von Unternehmen eines Wirtschaftszweiges verordnete. Der Kongress setzte zudem 1915 das National Advisory Committee on Aeronautics (NACA) zur Unterstützung der Luftfahrt ein, dem Vorgänger der National Aeronautics and Space Administration (NASA). Das NACA unterstützte die Flugzeugindustrie und baute u. a. auch den ersten Windkanal.

Mit dem *New Deal* unter dem Präsidenten Franklin D. Roosevelt endete die Phase des laissez-faire in der Wirtschaft nach dem Ersten Weltkrieg (Foster

1985, S. 147–149). Weitreichende Sozialreformen und eine aktive Wirtschaftspolitik, die insbesondere die Agrarwirtschaft subventionierte, sollten nach Holtfrerich (1996, S. 47; Reich 1992, S. 40) ab 1933 die Wirtschaftskrise beheben. Gemäß Smith (1990, S. 32–33) wurde 1933 zur wissenschaftlichen Beratung der Regierung auch ein Science Advisory Board eingesetzt, das 1935 in das National Research Council eingebunden wurde.

Bedingt durch den *Zweiten Weltkrieg* wurden ab 1940 die F&T-Fördermaßnahmen zugunsten der Militärtechnik stark ausgebaut. Dabei wurde zum einen in neue FuE-Einrichtungen investiert, zum anderen wurden viele Wissenschaftler und akademische Forscher zu kriegsbezogenen FuE-Projekten herangezogen, u. a. ab 1942 zum sog. „*Manhattan-Projekt*“, das auf die Entwicklung der ersten Atombombe ausgerichtet war (Näheres zu dem Projekt bei Mowery 1992, S. 126–127). Nutznießer dieser verstärkten Maßnahmen waren vor allem die Chemische Industrie, die Flugzeugindustrie und die Elektronikindustrie, welche über das War Production Board unterstützt und koordiniert wurden (Smith 1990, S. 29–30). Während des Zweiten Weltkrieges gab es zudem das Office of Scientific Research and Development zur Koordination der gesamten FuE-Aktivitäten. Insgesamt nahm die F&T-Förderung des Bundes von 74 Mio. US-\$ in 1940 auf 1.591 Mio. US-\$ in 1945 deutlich zu (Zahlen aus Bodewig 1982, S. 4).

1945–1980: Phase der Förderung von Großtechnologien

Nach Ende des Zweiten Weltkrieges verfolgten die US-Regierungen in der dritten Phase von 1945 bis 1980 gemäß NSTC (1996, S. 24–29) eine zweigeteilte Strategie: Auf der einen Seite wurde die Grundlagenforschung ausgebaut, auf der anderen Seite wurden die Aufgaben der Ministerien und Behörden zu Forschung, Technologie und Wissenschaft inhaltlich erweitert. Im Einzelnen teilt Smith (1990, S. 36–107; ähnliche Vorgehensweise auch bei Committee on Criteria for Federal Support of Research and Development 1995, S. 42–43) die bedeutenden institutionellen Entwicklungen und die jeweiligen Schwerpunkte chronologisch in Dekaden ein:

- Ab 1945 bis zum Ende der 1940er Jahre verloren die USA ihr Monopol bei den Nuklearwaffen, was zu intensiven F&T-Förderprogrammen der Army und der Air Force führte (Committee on Criteria for Federal Support of Research and Development 1995, S. 42). Das hohe Ausgabeniveau bei der F&T-Förderung wurde gemäß Bodewig (1982, S. 4) nach Kriegsende wieder deutlich reduziert und betrug 1948 nominal nur noch knapp 40 % der F&T-Förderung aus 1945. Die 1946 gegründete Atomic Energy Commission baute die Förderung der Nuklearwaffenforschung aus. Im zivilen Bereich wurden u. a. Projekte in der Luftfahrttechnik, bei der Wasserentsalzung und in der Wetterforschung unterstützt, wobei die dafür veranschlagten

Fördersummen gering waren. Der digitale Computer wurde 1946 erstmals in den USA angewendet.

- In den *1950er Jahren* erweiterten die Regierungen vor allem den Etat des Department of Defense (DOD) und legten eindeutige Schwerpunkte auf die Förderung militärischer FuE (Committee on Criteria for Federal Support of Research and Development 1995, S. 42–43). Zur Unterstützung der Wissenschaft wurde 1950 die National Science Foundation (NSF) gegründet. Die National Institutes of Health (NIH) kontrollierten die Gesundheitsforschung, während das Office of Naval Research (ONR) eine wichtige Rolle bei der physikalischen Grundlagenforschung in den Universitäten und Colleges übernahm. Nach dem erfolgreichen Sputnik-Programm der Sowjetunion wurden 1958 aus Angst vor dem Verlust der technologischen Führungsposition zwei Behörden gegründet: die National Aeronautics and Space Administration (NASA) für die Weltraumforschung sowie die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) für die militärische Forschung. Von der NASA wurde dann u. a. 1958 der erste integrierte Speicherchip entwickelt.
- In den *1960er Jahren* erlangten die USA eine Führungsrolle in den meisten Technologiebereichen (Vergleich der USA mit Europa in OECD 1968, u. a. S. 16–17). Neben der militärischen Forschung wurde die Förderung der Raumfahrt weiter ausgedehnt. Während das DOD seinen Anteil bis auf knapp 50 % der gesamten FuE-Ausgaben des Bundes reduzierte, erhöhte sich – bedingt durch Mittel für das Apollo-Programm und für zivile Technologien – der Anteil der NASA deutlich (Rödel 1972, S. 56–57). Die USA setzten 1962 den ersten Nachrichtensatelliten namens Telstar aus, der von den Bell Laboratories entwickelt wurde. Die leichte und hochfeste Faser Kevlar wurde 1963 von Du Pont entwickelt. In der Raumfahrt markierten die USA mit der Mondlandung 1969 einen Meilenstein im Wettlauf mit der Sowjetunion in der Weltraumforschung.
- In den *1970er Jahren* setzte sich der Trend zur verstärkten Förderung ziviler Technologien fort, wobei das FuE-Budget real nur geringfügig wuchs. Zur Unterstützung des Kongresses wurde laut Smith (1990, S. 96–97) 1972 das Office of Technology Assessment gegründet, welches bis 1995 unabhängige Studien zur Technologiefolgenabschätzung ohne Empfehlungen erstellte. Als Folge der ersten Ölkrise wurde laut NSTC (1996, S. 28) 1974 die Energy Research and Development Agency (1977 umbenannt in Department of Energy) zur Förderung von FuE bei nicht-nuklearen Energieformen wie z. B. Solarenergie oder Öl gegründet. Laut Smith (1990, S. 118) wurde 1976 dem Präsidenten als Beratungsinstitution das Office of Science and Technology Policy (OSTP) zur Seite gestellt. Entwickelt wurde u. a. 1971 der Mikroprozessor. Zudem gelang 1973 erstmals die Rekombination, d. h. das Zusammenfügen von DNA (Deoxyribonuclein acid) aus unterschiedlichen Quellen – ein Meilenstein in der Gentechnik.

Seit 1980: Phase der stärkeren Förderung ziviler Technologien

Seit den 1980er Jahren legte die amerikanische Regierung die F&T-Fördermaßnahmen verstärkt auf industrienahere Bereiche. Eine Ursache für diese Entwicklung war die nachlassende Wettbewerbsfähigkeit der amerikanischen Industrie sowohl im Hochtechnologiebereich als auch bei Massenprodukten (Näheres z. B. bei Zysman und Tyson 1987, Magaziner und Reich 1982, Sonderausgabe der Business Week 1980). Insbesondere Japan wurde als großer Konkurrent gesehen, da die USA deutlich an Weltmarktanteilen bei Automobilen, Elektronik und Computer an Japan verloren hatten (Abschnitt E.IV.).

Die FuE-Ausgaben wurden in den 1980er Jahren real stark erhöht. Nutznießer mit einer Verdoppelung der Ausgaben zwischen 1980 und 1988 waren nach Smith (1990, S. 133) in erster Linie die zivile Grundlagenforschung einerseits sowie andererseits – bedingt durch die Strategic Defense Initiative (SDI) von Präsident Reagan – die militärische Forschung mit Fokussierung auf die Entwicklung.

Es wurden zahlreiche Initiativen zur Verbesserung des Technologietransfers und Kooperation zwischen den staatlichen Forschungseinrichtungen, sowie zwischen der Wirtschaft, den staatlichen Forschungseinrichtungen und den Universitäten ins Leben gerufen (Abschnitt D.I.4.a)). Begleitend wurden dafür zahlreiche Gesetze erlassen. Im Bereich der Mikroelektronik wurde z. B. 1987 die Initiative „Sematech“ (Semiconductor Manufacturing Technology) gegründet. Dieses Konsortium von Halbleiter-Unternehmen zur F&T-Förderung verfügte nach Hilpert et al. (1994, S. 194) bis 1994 jährlich über ein Budget von 200 Mio. US-\$, welches zur einen Hälfte von der DARPA und zur anderen Hälfte von den Mitgliedsunternehmen aufgebracht wurde. Zur stärkeren Industrieorientierung wurde laut OECD (1995a, S. 128) 1988 das Office of Technology Policy im Department of Commerce eingerichtet. Auch gab es in den USA 1988 das erste Patent auf ein höheres Lebewesen, auf die sog. Onkomaus.

Mit dem Wechsel zur Clinton-Administration 1993 wurde die ab Mitte der 1980er Jahre vorherrschende Richtung in der F&T-Politik beibehalten: Die F&T-Förderung des Bundes wurde real kaum erhöht, die Förderung von Kooperationen wurde intensiviert, der Auf- und Ausbau der Informations-Infrastruktur initiiert, und zivile Technologien wurden stärker gefördert (Näheres in Abschnitt D.I.4.).

Fazit

Das amerikanische nationale Innovationssystem ist seit der Gründung der USA 1776 in seiner Struktur durch zwei politische Ereignisse determiniert worden. Zunächst wurden die organisatorischen Strukturen durch den Zweiten

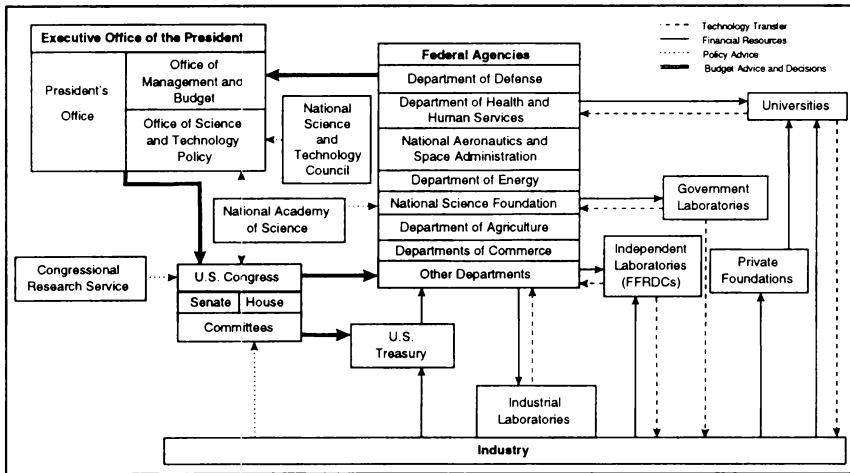
Weltkrieg maßgeblich ausgebildet. Zahlreiche Forschungs- und beratende Institutionen wurden seinerzeit zur Vorbereitung der USA auf den Einsatz im Zweiten Weltkrieg gegründet. In dieser Zeit manifestierte sich der hohe Einfluss des Department of Defense (DOD) auf die F&T-Politik. Dies wurde durch das zweite wichtige Ereignis – dem Beginn des Rüstungswettlaufs mit der Sowjetunion – ab Ende der 1950 Jahre weiter verfestigt. Neben der militärischen Forschung, die vom DOD gefördert wurde, etablierte sich die NASA als eine wichtige staatliche Institution zur Förderung der Luft- und Raumfahrtforschung. Beide staatlichen Einrichtungen haben auch Mitte der 1990er Jahre ein hohes Gewicht an den staatlichen FuE-Ausgaben (Abschnitt D.I.3.).

In den 1990er Jahren haben sich infolge der weltpolitischen Entspannung die Schwerpunkte in Richtung der zivilen Forschung verlagert. Ein verstärktes Bemühen um Koordination in der F&T-Politik dokumentiert sich in den neu gegründeten Einrichtungen, die meist auf die Beratung der F&T-politischen Entscheidungsträger ausgelegt ist. Dennoch bleibt die Förderung der militärischen FuE zentraler Bestandteil der amerikanischen F&T-Politik.

2. Die staatlichen Akteure im nationalen Innovationssystem der USA

Das nationale Innovationssystem (NIS) der USA ist ein breites Institutionengeflecht von Einrichtungen des Staates, der Wirtschaft und der Wissenschaft. Das amerikanische NIS wird auf Staatsseite vor allem vom Präsidenten mit den Ministerien und Behörden als Exekutive sowie dem Kongress als Legislative geprägt. Zudem haben die privatwirtschaftlichen Unternehmen, die privaten und öffentlichen Forschungseinrichtungen sowie die Universitäten und Colleges großen Einfluss auf die nationalen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (Abb. 30). Zur Koordination der einzelnen F&T-politischen Maßnahmen gibt es zahlreiche Gremien. Gemeinnützige Einrichtungen wie z. B. Stiftungen fördern ebenfalls FuE-Projekte.

Auf der Ebene des Staates – der im Folgenden ausschließlich betrachtet wird – sind für die F&T-Förderung vor allem der *Präsident mit seinen Beratungsorganen* sowie die *Bundesministerien* mit verschiedenen *Behörden* und Beratungsgremien verantwortlich. Die Regierungen der Bundesstaaten haben bezüglich der F&T-Politik eine eher untergeordnete Rolle. Sie finanzieren zum Teil die akademische FuE und fördern auf regionaler Basis die FuE-Aktivitäten von kleinen und mittleren Unternehmen sowie von Existenzgründern. Bei der Legislative ist der *Kongress* die entscheidende Instanz.



Quelle: Dickson (1988, S. 22); eigene Aktualisierung

Abbildung 30: Die staatliche Forschungs- und Technologieförderung in den USA, ohne die Regierungen der Bundesstaaten und Gemeinden

Das Büro des Präsidenten und die Beratungsorgane des Präsidenten

Bei der amerikanischen Bundesregierung hat der *Präsident* laut Bodewig (1982, S. 11–12) aufgrund der präsidentialen Demokratie und des Fehlens eines Forschungsministeriums eine zentrale Rolle bei der Gestaltung der F&T-Politik. Das *Executive Office of the President* hat insgesamt zwölf Büros, von denen den Präsidenten in F&T-politischen Fragen in erster Linie das *Office of Science and Technology Policy* (OSTP), der *National Science and Technology Council* (NSTC), das *President's Committee of Advisers on Science and Technology* (PCAST) beraten. Zudem hat auch das *Office of Management and Budget* (OMB) Einfluss auf die F&T-Politik.

- Das seit 1976 existierende *Office of Science and Technology Policy* (OSTP) verfügt über keine eigenen Fördermittel. Es unterrichtet den Präsidenten über wissenschaftliche und technologische Sachverhalte von nationalem Interesse und übernimmt gemäß Bodewig (1982, S. 12) weitgehend die Koordination staatlicher F&T-Programme. Der Direktor des OSTP ist gleichzeitig auch der „Assistant to the President on Science and Technology“.
- Dem OSTP hat Präsident Clinton 1993 den *National Science and Technology Council* (NSTC) zur Seite gestellt, welcher laut OECD (1995a, S. 127) aus den Leitern aller Ministerien besteht und an die Stelle der vorher existierenden Federal Coordinating Council for Science, Engineering and Technology, National Space Council und National Critical Materials Council getreten ist. Der NSTC koordiniert auf nationaler Ebene die Wissenschafts-

und Technologiepolitik, definiert deren Ziele und richtet Strategien und Programme auf die Ziele aus. Es soll insgesamt die Umsetzung der Programme gewährleisten.

- Der NSTC wird laut OECD (1992b, S. 326) von dem seit 1990 wieder etablierten *President's Committee of Advisers on Science and Technology* (PCAST) unterstützt, das sich seit 1993 aus 18 Vertretern aus Wissenschaft und Industrie sowie dem Assistant to the President on Science and Technology zusammensetzt.

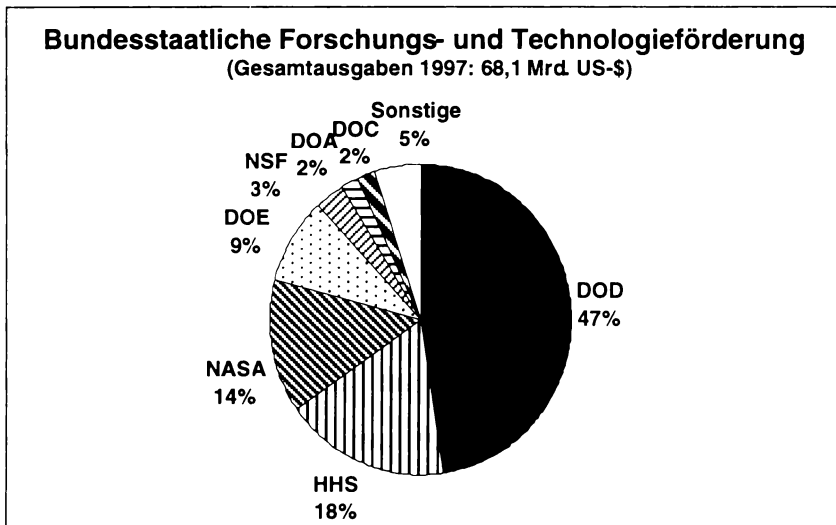
Von den weiteren Büros beim Präsidenten sind für die F&T-Politik sowie die allgemeine Wirtschaftspolitik noch fünf weitere Büros von Bedeutung: Das *Office of Management and Budget* assistiert – so Bodewig (1982, S. 13) – dem Präsidenten bei der Erstellung des jährlichen Haushaltsbudgets. Ferner beraten und unterrichten den Präsidenten in wirtschaftspolitischen Fragen der Council of Economic Advisers (CEA) und der National Economic Council, welcher von Clinton 1993 zur Abstimmung der Wirtschafts- und Technologiepolitik und zur Koordination des CEA und des OSTP neu eingerichtet wurde. Aspekte der nationalen Sicherheit werden von dem dem Department of Defense nahestehenden National Security Council bearbeitet, während umweltpolitische Themen in der Zuständigkeit des Council of Environmental Quality liegen.

Neben den Büros im Executive Office des Präsidenten gibt es auch die 1863 von Präsident Lincoln gegründete *National Academy of Sciences* als unabhängige Institution (Smith 1990, S. 19). Die Academy hat die Aufgabe, die Regierung und den Kongress unabhängig und objektiv über wissenschaftliche, technologische und medizinische Sachverhalte zu informieren und zu beraten. Die Academy wurde um die National Academy of Engineering 1964, das Institute of Medicine 1970 sowie um den National Research Council erweitert – letzterer wurde bereits 1916 gegründet, um im Ersten Weltkrieg die amerikanische Rüstungsindustrie mit Wissenschaftlern zu unterstützen.

Bundesministerien und Bundesbehörden

Auf Bundesebene gibt es nach NSB (1996, S. 4-22) insgesamt 25 *Bundesministerien* und *Bundesbehörden* (Federal Agencies), die für die Förderung von Forschung und Entwicklung verantwortlich sind. Mehr als 95 % der gesamten FuE-Ausgaben des Bundes in Höhe von 68,1 Mrd. US-\$ brachten im Haushaltsjahr 1997 sieben Bundesministerien und -behörden auf, wobei zwei weitere Behörden eine für kleine Unternehmen sowie eine für den Umweltschutz noch als wichtig angesehen werden können (Zahlen und Gliederung aus NSB 1998, S. A-150, Abb. 31):

- Das *Department of Defense* (DOD) hatte 1997 den höchsten Einzeletat mit 33,0 Mrd. US-\$. Das DOD verfolgt die Erfüllung ihrer Ziele sowohl über



Quelle: NSB (1998, S. A-150)

Abbildung 31: Verteilung der F&T-Förderung des Bundes nach Ministerien und Behörden in 1997

die Auftragsvergabe – insbesondere Entwicklungsaufträge an Industrieunternehmen – als auch über die anschließende Beschaffung der entwickelten Produkte. Das DOD verfügt dafür über einige eigene multidisziplinäre Großlabors und über die Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Die DARPA unterstützt gemäß Atkin (1995, S. 16) u. a. das Halbleiter-Industriekonsortium „Sematech“ und fördert sog. „Dual-Use-Technologien“, d. h. sowohl kommerziell als auch militärisch nutzbare Technologien.

- Das *Department of Health and Human Services* (HHS) hatte 1997 mit 12,2 Mrd. US-\$ den zweithöchsten Anteil am FuE-Etat des Bundes. Das HHS betreut die Medizin- und Gesundheitsforschung und verwaltet mehr als 300 Programme. Etwa 95 % seiner Mittel gehen an die *National Institutes of Health* (NIH), einer auf die medizinische Forschung ausgerichteten Organisation des HHS, die mehr als 30.000 Projekte unterstützt, u. a. auf den Gebieten der Krebs-, AIDS- und Alzheimerforschung. Nach NSB (1996, S. 4-24) wird vor allem der akademische Bereich gefördert, der mehr als 50 % seiner vom Bund erhaltenen Mittel vom HHS bekommt.
- Die *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) verfügte 1997 über 9,2 Mrd. US-\$ und ist eine typische „mission agency“. Sie hat die Aufgabe, die Ergebnisse ihrer Forschungsmissionen aus der Weltraumforschung für die kommerzielle Nutzung zu verbreiten. Laut Oberender und Daumann (1995, S. 34) vergibt sie Forschungsaufträge an externe Auftrag-

nehmer, vor allem an die Industrie, zur Durchführung der Grundlagenforschung.

- Das *Department of Energy* (DOE) hatte 1997 ein FuE-Budget von 5,9 Mrd. US-\$ und zielt auf die Effizienzverbesserung und Sicherung der Energieversorgung, um die Wettbewerbsfähigkeit des Landes und die Umweltqualität zu erhöhen. Der Schwerpunkt der Förderung des DOE liegt auf zivilen Technologien, für die nach Atkin (1995, S. 16) zahlreiche eigene Forschungseinrichtungen zur Verfügung stehen, u. a. auch die zehn sog. National Laboratories (Diskussion über die Rolle der National Laboratories im sog. „Galvin Report“, DOE 1995). Einige der National Laboratories sowie auch die gesamte Förderung des DOE haben eine große Bedeutung für die Atomenergieforschung.
- Die *National Science Foundation* (NSF) ist eine unabhängige Bundeseinrichtung und vergab 1997 für die Grundlagenforschung Forschungsaufträge an externe Forschungseinrichtungen wie z. B. Universitäten und mittelständische Unternehmen in Höhe von 2,3 Mrd. US-\$. Ausgeschlossen sind dabei die klinische Medizin und Humanmedizin, die Human- und Geisteswissenschaften sowie einige Forschungsarten, für die die NSF nicht zuständig ist. Ferner spielt bei der NSF der Aufbau der Engineering Research Center, der Science and Technology Center sowie der Industry/University Research Center eine zentrale Rolle für die Forcierung des Technologietransfers und der FuE-Kooperation (BfAI 1995a, S. 16–17).
- Das *U.S. Department of Agriculture* (USDA) förderte 1997 mit 1,4 Mrd. US-\$ die Agrarforschung durch Vergabe von Forschungsaufträgen an die eigenen Institute. Insgesamt wurden 1994 acht bisher unabhängige Organisationen zu vier Behörden zusammengefasst.
- Das *Department of Commerce* (DOC) hatte mit 1,1 Mrd. US-\$ zwar nur einen geringen Anteil an den FuE-Ausgaben, spielt aber nach Atkin (1995, S. 16) eine überproportional wichtige Rolle bei der Zusammenarbeit von staatlichen Forschungseinrichtungen mit der Wirtschaft. Das DOC hat die Federführung bei einigen gemeinsamen Projekten von Staat und Wirtschaft und fördert die Entwicklung von risikoreichen zivilen Technologien. Drei Organisationen des DOC haben laut Atkin (1995, S. 16) eine zentrale Rolle bei der Koordinierung der staatlichen F&T-Förderprogramme mit der Wirtschaft: Das *National Institute of Standards and Technology* (NIST) ist die zentrale Einrichtung des DOC, welches sowohl die Industrienormen festlegt als auch verschiedene Förderprogramme verwaltet. Das *Office of Technology Policy* (OTP) entwickelt und verfolgt eine nationale Politik, die auf die Förderung technologischer Innovation zielt sowie zu Wirtschaftswachstum und Wettbewerbsfähigkeit beitragen soll. Ferner sammelt und verteilt der *National Technical Information Service* (NTIS) relevante Information zu Wissenschaft, Forschung und Technologie, u. a. auch online (Abschnitt

D.I.4.g)). Angegliedert sind dem DOC ferner auch die National Oceanic and Atmospheric Administration, deren Hauptaufgabe die Wetterbeobachtung und -vorhersage ist, und die National Telecommunications and Information Administration, die den Präsidenten und den Wirtschaftsminister in allen Fragen der Telekommunikation berät.

Neben den sieben großen Behörden sind für zwei Aufgabengebiete eigene Behörden eingerichtet worden. Für die Belange der kleinen und mittleren Unternehmen ist die 1953 gegründete unabhängige *Small Business Administration* (SBA) zuständig, während die *Environmental Protection Agency* die Aktivitäten im Bereich der Umweltforschung und -politik maßgeblich beeinflusst.

Kongress

Während Ministerien und Behörden die Exekutive bilden, ist der *Kongress*, bestehend aus Senat und Repräsentantenhaus, das zentrale Organ der Legislative. Der Kongress hat nach Bodewig (1982, S. 14–17) eine dreifache Bedeutung für die F&T-Politik: Erstens verabschiedet er Gesetze. Zweitens berät er über die F&T-Programme der Regierung und bewilligt die Geldmittel (Repräsentantenhaus). Drittens bestätigt er die Kandidaten des Präsidenten für bestimmte Positionen oder lehnt sie ab (Senat).

Der Kongress stellte seine Macht z. B. 1993 unter Beweis, als er das 10 Mrd. US-\$ teure „Superconduction Super Colliding Project“ (SSC) stoppte (BfAI (1995a, S. 11)). Das SSC sollte unter der Führung der USA eine neue Ära in der Hochenergiephysik erreichen, scheiterte aber an dem zu starken Führungsanspruch der USA und der zu geringen finanziellen Beteiligung des Auslands.

Fazit

Im amerikanischen NIS sind zahlreiche Ministerien und Behörden des Bundes für die F&T-Förderung verantwortlich. Eine zentrale Institution wie z. B. ein Forschungs- oder Wissenschaftsministerium ist nicht vorhanden. Bisher gibt es diesbezüglich in den USA auch keinen Konsens, ob und ggf. wie ein derartiges Ministerium auszusehen hätte. Aufgrund dieser Situation bedarf es der kontinuierlichen Abstimmung der Fördermaßnahmen durch die einzelnen Ministerien und Behörden. Trotz der relativ starken Position des OSTP gibt es weiterhin ein Problem: „*The large number of organizations involved in the Executive Office makes it difficult to have consistent mechanisms for identifying, formulating and reviewing technology policies and programs*“ (Carnegie Commission on Science, Technology, and Government 1991, S. 24). Dieses läßt sich auch auf die gesamte Exekutive übertragen.

3. Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung

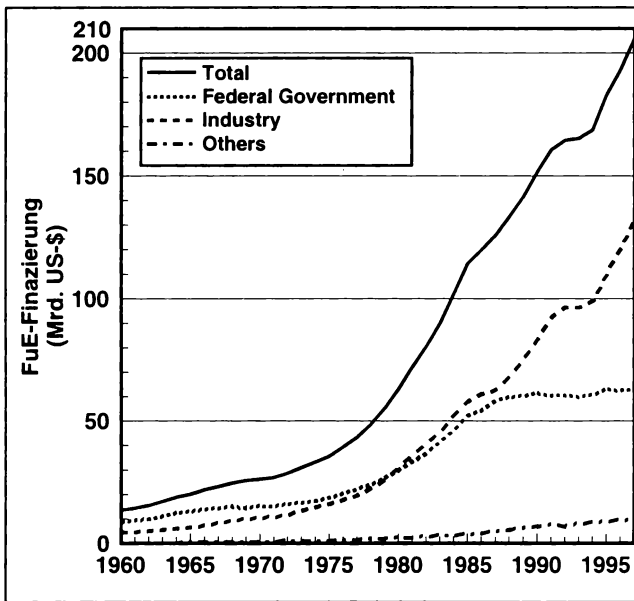
In den USA gibt es eine starke Trennung der Rolle von Staat und Wirtschaft im Bereich von Forschung und Entwicklung. Hinsichtlich der Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung (FuE) verfolgt der Staat eine gezielte Nutzung der FuE-Kapazitäten sowohl für eigene, staatliche Belange als auch zur gezielten Förderung der unternehmerischen FuE-Aktivitäten. Die Ministerien fördern nicht nur einzelne Projekte, sondern – insbesondere das Department of Defense – nehmen nach Klodt (1987, S. 22) vielfach die in FuE-Aufträgen entwickelten Produkte und Dienstleistungen auch ab. Auf der Finanzierungsseite hatte die Wirtschaft 1997 einen Anteil von 64,8 % und der Bund von 30,5 %, während auf der Durchführungsseite neben den Unternehmen vor allem die Universitäten und die bundesstaatlichen Forschungseinrichtungen von Bedeutung sind. Die gesamten FuE-Ausgaben betrugen 1997 insgesamt 206 Mrd. US-\$ (Tab. 30; Abb. 32).

Tabelle 30
FuE-Ausgaben der USA in 1997 nach finanzierenden und durchführenden Sektoren

Sources of funds Per- forming Sector	Total	Industry	Federal Government	Nonfederal Institutions¹⁾	Other nonprofit institutions	Percent distribution, performers
Total	205.742	133.308	62.745	6.278	3.411	100,0
Industry	151.418	130.631	20.787	–	–	73,6
Industry-administered FFRDCs ²⁾	2.273	–	2.273	–	–	1,1
Federal Government	16.450	–	16.450	–	–	8,0
Universities and colleges	24.031	1.710	14.285	6.278	1.759	11,7
University-administered FFRDCs ²⁾	5.405	–	5.405	–	–	2,6
Other nonprofit institutions	5.520	967	2.900	–	1.653	2,7
Nonprofit-administered FFRDCs ²⁾	644	–	644	–	–	0,3
Percent distribution, sources	100,0	64,8	30,5	3,1	1,7	

FFRDCs: Federally Funded Research and Development Center; 1) Der Bereich „Nonfederal Institutions“ setzt sich zusammen aus den „Universities and Colleges“ sowie den „State and Local Governments“, die ca. 1,8 Mrd. US-\$ zur FuE-Durchführung an die „Universities and Colleges“ vergeben. 2) FFRDC führen FuE fast ausschließlich für die Bundesregierung durch. Die Ausgaben für die FFRDC sind daher in den Ausgaben des „Federal Government“ enthalten, obwohl auch einige nicht-bundesstaatliche Organisationen die FFRDCs unterstützen.

Quelle: NSB (1998, S. 4-7)



Quelle: Werte für 1960 bis 1969 NSB (1996, S. 4-5); ab 1970 NSB (1998, S. A-123).

Abbildung 32: Entwicklung der FuE-Ausgaben nach finanzierenden Sektoren in Mrd. US-\$ in laufenden Werten für die Jahre 1960 bis 1997

Finanzierung von Forschung und Entwicklung

Für die *FuE-Finanzierung* sind in den USA vier Gruppen verantwortlich: die Wirtschaft (Industry), der Bund (Federal Government), nicht-bundesstaatliche Institutionen (Nonfederal Institutions) sowie gemeinnützige Institutionen (Non-profit Institutions). Die ersten beiden brachten etwa 95 % der gesamten FuE-Ausgaben in Höhe von 206 Mrd. US-\$ in 1997 auf (Zahlen aus NSB 1998, S. 4-7; Tab. 31):

- Die *Wirtschaft* hatte 1997 mit 133,3 Mrd. US-\$ einen Anteil von 64,8 % an den gesamten FuE-Ausgaben. Sie finanzierten fast ausschließlich die FuE-Aktivitäten im eigenen Sektor. Seit 1980 hat die Wirtschaft den Staat als Hauptfinanzier von FuE abgelöst.
- Die FuE-Ausgaben des *Bundes* beliefen sich 1997 auf 62,7 Mrd. US-\$, d. h. 30,5 %. Davon floss mit 20,8 Mrd. US-\$ ca. ein Drittel in die Wirtschaft, mit 16,5 Mrd. US-\$ ca. ein Viertel in die Forschungseinrichtungen des Bundes und mit 14,3 Mrd. US-\$ mehr als ein Fünftel in die Universitäten und Colleges. Die ausschließlich bundesstaatlich geförderten Forschungseinrichtungen, die sog. Federally Funded Research and Development Centers

Tabelle 31
FuE-Finanzierung in Mio. US-\$ nach Sektoren

	1970	1980	1985	1990	1992	1994	1995	1996	1997	Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate in %		
										70-79	80-89	90-97
Wirtschaft												
Ausgaben (in Mio. US-\$)	10.446	30.926	58.013	83.374	96.404	99.332	110.998	121.156	133.308	10,8	11,2	7,5
Anteil (in %)	39,8	49,0	50,7	55,0	58,6	58,9	60,7	62,7	64,8			
Bund												
Ausgaben (in Mio. US-\$)	14.970	29.857	52.493	61.456	60.693	60.692	63.147	62.810	62.745	6,9	8,4	0,5
Anteil (in %)	57,1	47,3	45,9	40,5	36,9	36,0	34,5	32,5	30,5			
Nicht-bundesstaatliche Institutionen												
Ausgaben (in Mio. US-\$)	479	1.382	2.473	4.458	4.525	5.456	5.739	5.990	6.278	11,1	12,5	5,9
Anteil (in %)	1,8	2,2	2,2	2,9	2,8	3,2	3,1	3,1	3,1			
Gemeinnützige Institutionen												
Ausgaben (in Mio. US-\$)	340	911	1.365	2.367	2.770	3.074	3.129	3.250	3.411	10,6	9,8	6,1
Anteil (in %)	1,3	1,4	1,2	1,6	1,7	1,8	1,7	1,7	1,7			
Gesamt												
Ausgaben (in Mio. US-\$)	26.235	63.076	114.344	151.655	164.392	168.554	183.013	193.206	205.742	8,7	9,9	4,8

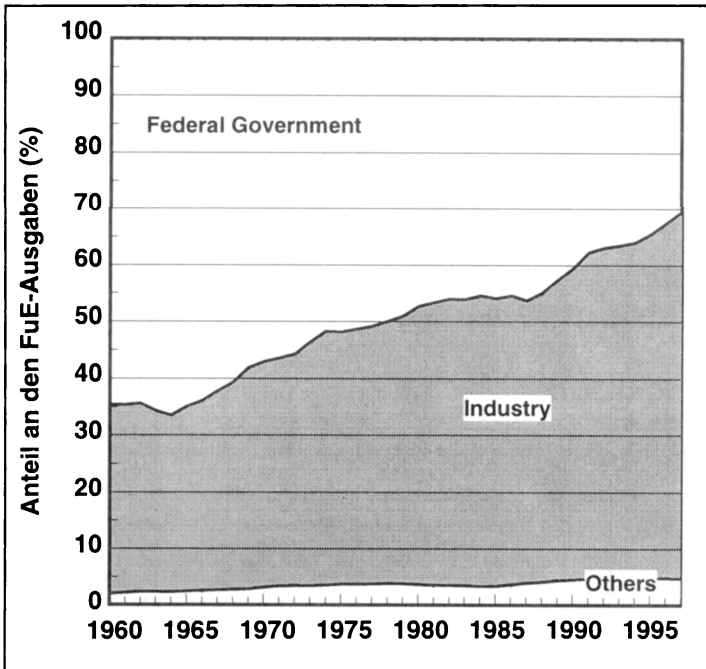
Unter den nicht-bundesstaatlichen Institutionen befinden sich die Universitäten und Colleges sowie an sie gerichtete Zuwendungen der Bundesstaaten und Gemeinden.

Quelle: NSB (1998, S. A-121), eigene Berechnungen

(FFRDC), sowie die „Nonprofit Institutions“ erhielten 8,3 Mrd. US-\$ (13,3 %) bzw. 2,9 Mrd. US-\$ (4,6 %).

- Die *nicht-bundesstaatliche* Förderung betrug in 1997 ca. 6,3 Mrd. US-\$ (3,1%). Darunter sind 4,5 Mrd. US-\$ Eigenmittel der *Universitäten und Colleges* sowie an sie gerichtete Zuwendungen der *Bundesstaaten und Gemeinden* in Höhe von 1,8 Mrd. US-\$ enthalten.
- Weniger bedeutend ist die F&T-Förderung durch *gemeinnützige Institutionen* wie z. B. die Carnegie Foundation, welche zusammen 3,4 Mrd. US-\$ (1,7 %) aufbrachten.

Die FuE-Ausgaben der Wirtschaft liegen seit 1980 über denen des Bundes (Abb. 33). In 1997 wurden fast 65 % der FuE-Ausgaben von der Wirtschaft aufgebracht, der höchste Anteil in der amerikanischen Nachkriegsgeschichte. Die realen Wachstumsraten haben sich hingegen in den 1990er Jahren verlangsamt. Lagen die nominalen Zuwächse der FuE-Ausgaben der Wirtschaft zwischen 1970 und 1989 noch überdurchschnittlich bei über 10 % pro Jahr, so liegen sie in den 1990er Jahren bei 7,5 %. Die FuE-Ausgaben des Bundes nehmen real sogar in den 1990er Jahren ab.



Quelle: Werte für 1960 bis 1969 NSB (1996, S. 4-5); ab 1970 NSB (1998, S. 4-6; A-121)

Abbildung 33: Anteil an der FuE-Finanzierung nach finanzierenden Sektoren zwischen 1960 und 1997

Durchführung von Forschung und Entwicklung

Durchgeführt wird FuE in den USA vornehmlich von der Wirtschaft. Der Schwerpunkt – bei Betrachtung nach der Phase des Innovationsprozesses (Abschnitt B.I.) – liegt daher auch auf der Phase der Entwicklung. Ferner forschen und entwickeln die bundesstaatlichen Forschungseinrichtungen, Universitäten und Colleges, die staatlich finanzierten FuE-Einrichtungen (FFRDCs) sowie Einrichtungen gemeinnütziger Institutionen (Tab. 30).

Die *Wirtschaft* ist in den USA für mehr als 70 % der gesamten FuE-Ausgaben auf der Durchführungsseite verantwortlich. In 1997 gab die Wirtschaft für FuE-Aktivitäten insgesamt 151,4 Mrd. US-\$ aus, von denen 20,8 Mrd. US-\$ vom Bund finanziert waren. Die Eigenfinanzierungsquote erreichte 1997 mit 86 % einen Höchststand, gegenüber 71 % in 1980 und 59 % in 1970 (Zahlen aus NSB 1998, S. 104). Das Verarbeitende Gewerbe und Großunternehmen tragen im Wesentlichen die FuE-Ausgaben.

Bei den FuE-Ausgaben dominieren beim *Verarbeitenden Gewerbe* fünf Wirtschaftszweige, die insgesamt fast 75 % an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft auf sich vereinen (NSB 1998, S. 4-15). Von den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft entfielen 1995 auf die *Verkehrsindustrie* 17,8 %, auf die *Chemische Industrie* 16,0 %, auf die *Elektrotechnische Industrie* 15,7 %, auf den *Maschinenbau* 8,9 % und auf die *Instrumentenindustrie* 7,8 %. Die *Computerindustrie* hatte einen Anteil von 8,8 %.

Die *Großunternehmen* sind führend bei den FuE-Ausgaben in den USA (Zahlen aus NSB 1998, A-139). Die Großunternehmen mit 25.000 und mehr Beschäftigten hatten 1995 einen Anteil von 45,0 % an den gesamten FuE-Ausgaben der Wirtschaft, die Unternehmen mit 10.000 bis 24.999 Beschäftigten 13,9 %, die Unternehmen mit 5.000 bis 9.999 Beschäftigten 8,5 %, Unternehmen mit 1.000 bis 4.999 Beschäftigten 14,9 % und Unternehmen mit 500 bis 999 Beschäftigten 4,1 % und die Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten 13,5 %. Vom Staat gefördert werden insbesondere die Großunternehmen mit mehr als 10.000 Beschäftigten, welche 86 % der an die Wirtschaft gezahlten bundesstaatlichen F&T-Förderung erhielten (NSB 1998, S. A-143).

Unter den Großunternehmen haben die 20 führenden FuE-betreibenden Unternehmen 1996 jeweils mehr als 1,2 Mrd. US-\$ pro Jahr für FuE ausgegeben. Microsoft z. B. war 1986 noch nicht unter den Top 20 platziert. Intel hat sich klar von Platz 46 auf Platz 9 verbessert (Tab. 32). Beides mag als Zeichen für den strukturellen Wandel und für die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechnologie für die amerikanische Wirtschaft angesehen werden.

Die *bundesstaatlichen Forschungseinrichtungen* der einzelnen Ministerien und Behörden, die sog. Federal Intramural Laboratories, gaben 1997 insgesamt 16,4 Mrd. US-\$ für FuE aus (Tab. 33). 48,3 % der Ausgaben wurden von Laboratorien des DOD, 14,4 % von denen des HHS und 14,0 % von denen der NASA verursacht (Zahlen aus NSB 1998, S. 4-26; A-158; A-159). Mit ihren eigenen Forschungseinrichtungen versuchen die Ministerien und Behörden ihre jeweiligen Missionen zu erfüllen. Nach der Art der Tätigkeit dominiert mit 8,7 Mrd. US-\$ die „Entwicklung“, die vom DOD und von der NASA bevorzugt gefördert werden. Die angewandte Forschung mit 5,0 Mrd. US-\$ unterstützen mehrere Behörden in etwa gleich stark, während die Förderung der Grundlagenforschung mit 2,7 Mrd. US-\$ in erster Linie durch das HHS (42,8 %) und drei weitere Behörden übernehmen.

Die *Universitäten und Colleges* sind in den USA vor allem für die Grundlagenforschung zuständig und gaben 1997 insgesamt 24,0 Mrd. US-\$ für FuE aus (Tab. 30). Neben der Förderung in Höhe von 14,3 Mrd. US-\$ der Bundesministerien werden die FuE-Aktivitäten im akademischen Sektor auch von den Regierungen der Bundesstaaten und Gemeinden sowie den Unternehmen unterstützt.

Tabelle 32

**Die 20 führenden Unternehmen mit den höchsten FuE-Ausgaben in 1996
und ihrer FuE-Intensität (FuE-Ausgaben pro Nettoumsatz)**

Rang		Unternehmen	FuE-Ausgaben (Mio. US-\$)	FuE-Intensität (%)
1996	1986			
1	1	General Motors	8.900	5,6
2	3	Ford	6.821	4,6
3	2	IBM	3.934	5,2
4	9	Hewlett-Packard	2.718	7,1
5	20	Motorola	2.394	8,6
6	4	Lucent Technologies ¹⁾	2.056	13,0
7	66	TRW ¹⁾	1.981	20,1
8	18	Johnson & Johnson	1.905	8,8
9	46	Intel	1.808	8,7
10	31	Pfizer	1.684	14,9
11	12	Chrysler	1.600	2,7
12	22	Merck	1.487	7,5
13	–	Microsoft	1.432	16,5
14	47	American Home Products	1.429	10,1
15	5	General Electric	1.421	1,8
16	35/63	Bristol-Myers Squibb	1.276	8,6
17	22	Pharmacia & Upjohn	1.266	17,4
18	23	Procter & Gamble	1.221	3,5
19	38	Abbott Laboratories	1.205	10,9
20	11	Boeing	1.200	5,3

1) Lucent Technologies wurde 1996 von AT&T ausgegründet. TRW weist seit 1996 auch die FuE-Ausgaben aus, die vom Bund finanziert wurden.

Quelle: NSB (1998, S. A-144)

Bei den *FFRDCs* (Federally Funded Research and Development Centers) handelt es sich um ausschließlich vom Bund finanzierte Forschungseinrichtungen, die 1997 insgesamt 8,3 Mrd. US-\$ erhielten. Die Verwaltung ist per Vertrag auf drei Sektoren übertragen worden:

- Erstens werden von der Wirtschaft die *Industry-administered FFRDCs* verwaltet, die vorwiegend vom DOE und HHS unterstützt werden und in der angewandten Forschung sowie in der Entwicklung tätig sind. Die FuE-Ausgaben beliefen sich 1997 auf 1,3 Mrd. US-\$.
- Zweitens gibt es die von den Universitäten verwalteten Forschungseinrichtungen, die sog. *University-administered FFRDCs*. Die FuE-Ausgaben von 3,2 Mrd. US-\$ wurden 1997 in erster Linie vom DOE und der NASA für FuE-Aktivitäten in der Grundlagenforschung und Entwicklung aufgebracht.
- Drittens verwalten gemeinnützige Institutionen die sog. *Nonprofit-FFRDCs*, welche in erster Linie Entwicklung betreiben. Die FuE-Ausgaben von 0,6 Mrd. US-\$ erhielten sie 1997 vor allem vom DOD und DOE.

Tabelle 33

Geschätzte „R&D-obligations“ des Bundes, nach Art, Durchführenden und den Finanzierungsquellen für das Haushaltsjahr 1997

Character of work and performer	Performer, total federal obligations		Primary funding source (%)	Secondary funding source	
	(Mio. US-\$)	(%)		(%)	
R&D, total	68.064				
Federal intramural laboratories	16.404	24,1	DOD	HHS	18
Industrial firms	30.713	45,0	DOD	HHS	14
Industry-administered FFRDC	1.340	1,9	DOD	NASA	16
Universities and colleges	12.362	17,4	DOE	HHS	17
University-administered FFRDC	3.231	5,2	HHS	NSF	15
Other nonprofit institutions	2.884	3,9	DOE	NASA	25
Nonprofit-administered FFRDC	2.884	3,9	HHS	DOD	12
Nonprofit-administered FFRDC	644	1,3	DOD	DOE	36
Basic research, total	14.732	21,6	HHS	NSF	14
Federal intramural laboratories	2.668	18,1	HHS	NASA	18
Industrial firms	1.279	8,7	NASA	HHS	21
Industry-administered FFRDC	368	2,5	DOE	HHS	34
Universities and colleges	7.405	50,3	HHS	NSF	23
University-administered FFRDC	1.520	10,3	DOE	NASA	17
Other nonprofit institutions	1.270	8,6	HHS	NSF	12
Nonprofit-administered FFRDC	83	0,6	DOE	HHS	13
Applied research, total	14.441	21,2	HHS	DOD	19
Federal intramural laboratories	5.028	34,8	DOD	HHS	21
Industrial firms	3.521	24,4	NASA	DOD	34
Industry-administered FFRDC	637	4,4	DOE	HHS	12
Universities and colleges	3.418	23,7	HHS	DOD	9
University-administered FFRDC	611	4,2	DOE	NASA	15
Other nonprofit institutions	930	6,4	HHS	AID	12
Nonprofit-administered FFRDC	109	0,8	DOE	DOD	13
Development, total	38.890	57,1	DOD	NASA	13
Federal intramural laboratories	8.708	22,4	DOD	NASA	14
Industrial firms	25.913	66,6	DOD	NASA	11
Industry-administered FFRDC	334	0,9	DOE	DOD	44
Universities and colleges	1.539	4,0	HHS	FDOD	21
University-administered FFRDC	1.099	2,8	DOE	NASA	42
Other nonprofit institutions	684	1,8	DOD	HHS	27
Nonprofit-administered FFRDC	453	1,2	DOD	DOE	21

Nicht aufgeführt sind die Einrichtungen der „State and Local Governments“ und des „Auslands“ als FuE-Durchführende, da ihre Anteile zusammen nur ca. 1 % betragen.

AID = Agency for International Development

Quelle: NSB (1998 S. 4-26; A-158; A-159).

Fazit

Die Finanzierung und Durchführung von FuE wird in den USA stark von der Wirtschaft bestimmt. Die Bedeutung der Bundesbehörden als FuE-Finanzierer hat seit Mitte der 1980er Jahre deutlich im Vergleich zur Wirtschaft abgenommen. Ursachen für diese Veränderungen waren neben der schwierigen Haushaltslage auch die verstärkte Investitionsbereitschaft der amerikanischen Unternehmen sowie die geringere militärische FuE seit Ende des Kalten Krieges. Ins-

gesamt hat die Wachstumsrate der FuE-Finanzierung Anfang der 1990er Jahre in allen Sektoren nicht die Wachstumsrate der 1980er Jahre erreichen können. Bei der FuE-Durchführung dominieren die privatwirtschaftlichen Unternehmen ebenfalls, wobei aufgrund der zurückgehenden staatlichen FuE-Finanzierung auch ihr Eigenfinanzierungsanteil ansteigt und demzufolge auch die Aktivitäten in der „Entwicklung“. Zudem nehmen die Forschungsaktivitäten in staatlichen Forschungseinrichtungen sowie in den Universitäten und Colleges in den letzten Jahren deutlich zu.

4. Die Forschungs- und Technologiepolitik des Bundes seit 1993

Die Forschungs- und Technologiepolitik der USA ist seit dem Zweiten Weltkrieg stark an militärischen Zielen orientiert. Mehr als 50 % des staatlichen FuE-Budgets werden im Allgemeinen für militärische Forschungsvorhaben verwendet, wobei seit der zweiten Hälfte der 1980er Jahre dieser Anteil zugunsten der zivilen Forschung zurückgeht (Abschnitt D.I.4.f)). Insgesamt herrscht in den USA immer noch eine sog. missionsorientierte F&T-Politik vor, d. h., die Ministerien und Behörden vergeben – so Chiang (1991, S. 339–343) – zur Erfüllung ihrer Missionen konkrete Aufträge an Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Die typischen „Mission Agencies“ sind das Department of Defense (DOD), die NASA und das Department of Energy (DOE). Sie haben in der Vergangenheit z. B. Großprojekte wie die Mondlandung, den Space-Shuttle, das Strategic Defense Initiative Projekt (SDI) und die Entwicklung neuer Waffensysteme gefördert.

Die von der Clinton-Administration seit 1993 praktizierte F&T-Politik ist weiterhin stark von den Missionen geprägt, verwendet aber einen zunehmend höheren Anteil der Fördermittel für zivile, nicht missionsorientierte Themen. Die Ziele ihrer F&T-Politik hat die Clinton-Administration nach der Wahl 1993 formuliert (Abschnitt D.I.4.a)). Daran anknüpfend werden sechs Aspekte der F&T-Politik der Clinton-Administration näher betrachtet:

- Schwerpunkte nach Aufgabenbereichen (Abschnitt D.I.4.b)),
- allgemeine Schwerpunkte der F&T-Politik (Abschnitt D.I.4.c)),
- „Cross Cutting Initiativen“ zur Effizienzsteigerung (Abschnitt D.I.4.d)),
- Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen (Abschnitt D.I.4.e)),
- Förderung militärischer FuE (Abschnitt D.I.4.f)) und
- forschungsrelevante Rahmenbedingungen (Abschnitt D.I.4.g)).

a) Ziele der Forschungs- und Technologiepolitik

Nach dem Leitbild der amerikanischen F&T-Politik sollen sich Wissenschaft und Technologie sowohl an der nationalen Sicherheit als auch an der Lebensqualität orientieren (Bodewig 1982, S. 2). Gefördert werden vorrangig solche Forschungsvorhaben – sog. Missionen –, die zu den nationalen Bedürfnissen einen Beitrag leisten und folgende Bereiche betreffen: Grundlagenforschung, nationale Sicherheit, vor- und nachsorgender Umweltschutz und Energieversorgung, industrielle Wettbewerbsfähigkeit sowie Luft- und Raumfahrtforschung (Näheres in NSTC 1995). Die generellen Ziele ihrer F&T-Politik hat die Clinton-Administration nach ihrer Wahl 1993 konkretisiert (NSTC 1996, S. 9):

- „*The primary role of the Federal government in technology policy is to create a business environment in which the innovative and competitive efforts of the private sector can flourish.*“
- „The Federal government must encourage the development, commercialization, and use of civilian technology.“
- „The Federal government must invest in a world-class infrastructure for the 21st century to support U.S. industry and promote commerce.“
- „U.S. policy must seek to integrate the military and commercial industrial bases so they can meet both defense and civilian technology requirements cost efficiently and effectively.“
- „The United States must develop a world-class workforce capable of participating in a rapidly changing, knowledge-based economy.“

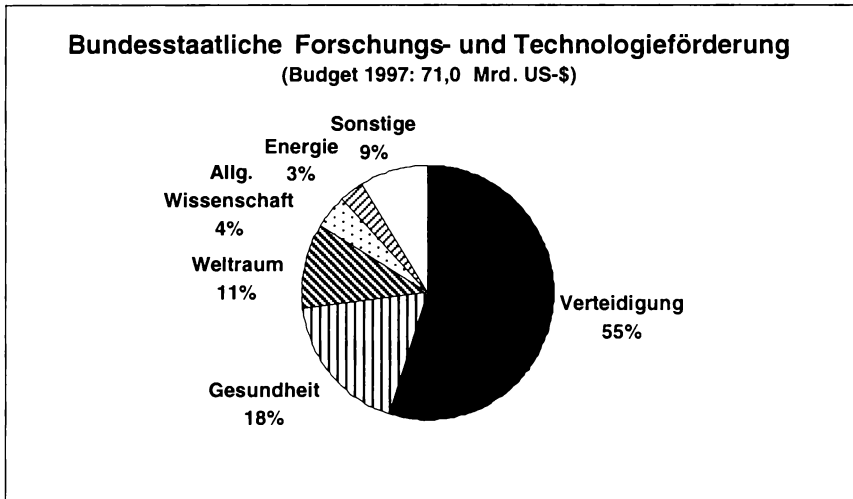
An den Zielen ausgerichtet hat die Clinton-Administration dann verschiedene Schwerpunkte gesetzt, zum Teil mit der Fortführung bereits existierender Programme, zum Teil aber auch mit völlig neuen industrierelevanten Programmen. Die Clinton-Administration führt den von Chiang (1991, S. 346) festgestellten Trend der amerikanischen F&T-Politik fort. Sie ändert sich von einer missionsorientierten zu einer diffusionsorientierten Politik. Gründe dafür liegen zum einen in der weltpolitischen Entspannung (Zusammenfassung im Sammelband von Smit et al. 1992), zum anderen aber auch in der Skepsis am „Spin-off“-Konzept (Näheres in Abschnitt D.I.4.f)) sowie an den steigenden Haushaltsdefiziten.

*b) Schwerpunkte der Forschungs- und Technologiepolitik
nach Aufgabenbereichen*

Die amerikanischen Regierungen setzten in der Vergangenheit deutliche Schwerpunkte auf die Verteidigungs- bzw. militärische Forschung und Entwicklung (FuE) im Vergleich zur zivilen FuE. Diese Schwerpunkte zeigen sich

auch nach wie vor in den FuE-Budgets der bundesstaatlichen Ministerien und Behörden, die u. a. zwei bedeutende Großprojekte fördern.

Nach *Aufgabenbereichen* („Functions“) fiel 1997 auf die Verteidigung mehr als die Hälfte der in den Budgets vorgesehenen staatlichen F&T-Förderung von 71,0 Mrd. US-\$ (Zahlen und Gliederung aus NSB 1998, S. A-173; Abb. 34):



Quelle: NSB (1998, S. A-173)

Abbildung 34: Die bundesstaatliche F&T-Förderung nach verschiedenen Aufgabenbereichen

- Für die *naionale Verteidigung* waren für 1997 insgesamt 55,0 % veranschlagt, wobei darunter auch die Technologieförderung des DOD sowie die Förderung von Umwelttechnologien durch das DOE enthalten sind.
- Bei den *zivilen* Bereichen erhielten der vom HHS bestimmte Bereich „Gesundheit“ 17,9 %,
- die von der NASA dominierte „Weltraumforschung und -technologie“ 11,0%,
- die von der NSF geförderte „Allgemeine Wissenschaft“ 4,2 % sowie
- der vom DOE maßgeblich unterstützte Bereich „Energie“ 3,2 %;
- die restlichen 8,8 % verteilen sich auf elf weitere Bereiche (im Einzelnen bei NSF 1998).

Angestiegen sind in den 1980er Jahren infolge des Rückgangs bei der Förderung militärischer FuE die Bereiche „Gesundheit“ – hier u. a. die Ausgaben für die AIDS- und Krebsforschung – sowie die „Weltraumforschung und -tech-

nologie“. Zwei *Großprojekte*, eines aus der Gesundheits- bzw. Biotechnologieforschung sowie eines aus der Weltraumforschung, sind hier hervorzuheben:

- Das 1985 gestartete internationale *Human Genome Research Project* zielt auf die Analyse und Sequenzierung der ca. 100.000 menschlichen Gene. Das Programm wird vornehmlich vom National Center for Human Genome Research (NCHGR) der National Institutes of Health (NIH) und dem Department of Energy (DOE) gefördert. Die staatlichen Fördermittel in Höhe von 242 Mio. US-\$ in 1995 verteilten sich auf die NIH mit 153 Mio. US-\$ und auf das DOE mit 89 Mio. US-\$ (Zahlen aus OTA 1995b, S. 12). Damit tragen die USA etwa 50 % der Gesamtausgaben, wobei die gesamten amerikanischen Ausgaben – zusammen mit den Ausgaben der Wirtschaft – bei ca. 3 Mrd. US-\$ jährlich liegen (Zahlen aus Arnold und Gassen 1996, S. 23).
- Zum Aufbau der *Weltraumstation „Freedom“* – auch als International Space Station (ISS) bezeichnet – stiegen die Mittelzuwendungen gemäß NSB (1998, S. 4-45) von 22 Mio. US-\$ in 1984 auf 2,1 Mrd. US-\$ in 1997. Die Gesamtkosten zur Entwicklung der Raumstation wurden von der OECD (1992b, S. 329) auf ca. 30 Mrd. US-\$ geschätzt. Außer den USA sind an diesem Projekt auch die ESA (European Space Agency) sowie Japan, Kanada und Russland beteiligt.

Im Zeitablauf hat sich innerhalb der amerikanischen F&T-Förderung seit Anfang der 1980er Jahre eine deutliche Verschiebung in Richtung ziviler Themen ergeben. Hatten die Ausgaben für militärische FuE 1986 noch einen Anteil an den gesamten bundesstaatlichen FuE-Ausgaben von 69 %, so liegt er seit 1994 konstant bei 54 % bis 55 % (Zahlen aus NSB 1998, S. A-174). Darin zeigt sich u. a. die neue Richtung der staatlichen F&T-Politik, die eine starke Förderung der Biotechnologie bzw. Lebenswissenschaften nach sich zog. Offensichtlich hat sich die weltweite politische Entspannung auch auf die Struktur der bundesstaatlichen F&T-Förderung niedergeschlagen (Näheres auch in Abschnitt D.1.4.c)).

c) Allgemeine Schwerpunkte der Forschungs- und Technologiepolitik

Nach Ende des Kalten Krieges kam es in den 1990er Jahren zu einer Neuorientierung der amerikanischen F&T-Politik. Es wurden verschiedene Initiativen unternommen, um den zivilen Bereich zu stärken und effizienter FuE zu betreiben. Das neue Paradigma der *Partnerschaft von Staat und Wirtschaft* wurde u. a. mit Gesetzen zu drei Punkten umgesetzt (Brody 1996, S. 21–33; Übersicht in Tab. 34):

- Verbesserte Zusammenarbeit zwischen den Sektoren zur Leistungsverbesserung der missionsorientierten FuE,

Tabelle 34

**Übersicht über Gesetze und ihre inhaltlichen Schwerpunkte
sowie den daraus abgeleiteten Programmen**

Jahr	Gesetze	Inhalt und resultierende Programme
1980	Stevenson Wyder Technology Innovation Act	Die staatlichen Forschungseinrichtungen (Federal Laboratories) müssen <i>Offices of Research and Development Applications</i> (ORTAs) einrichten und einen bestimmten Prozentsatz ihres Budgets für den Transfer ihrer Forschungsergebnisse an den privaten Sektor sowie an die Bundesstaaten und Gemeinden verwenden.
	Bayh-Dole University and Small Business Patent Act	Einzelnen staatlichen Vertragsnehmern wird erlaubt, ihre Erfindungen zu patentieren, während staatliche Behörden exklusive Lizenzen stiften können, damit Technologien attraktiver für die Wirtschaft werden. Die Kooperation zwischen Universitäten und KMU soll so verbessert werden.
1982	Small Business and Innovation Development Act	Es wurde das <i>Small Business Innovation Research Program</i> zur verstärkten Förderung der Forschung in zivilen Technologien bei KMU etabliert. Jedes der 11 Ministerien und Behörden, die mehr als 100 Mio. US-\$ an fremde (extramural) Forschungseinrichtungen vergeben, muss einen bestimmten Prozentsatz der Fördermittel (1983: 0,2 %; 1997: 2,5 %) an KMU vergeben.
1984	National Cooperative Research Act	Eine vorwettbewerbliche FuE-Zusammenarbeit zwischen mehreren Unternehmen wird ermöglicht. Es werden sog. <i>Joint Research Ventures</i> gegründet und vom Justizministerium registriert.
1986	Federal Technology Transfer Act	Ergänzend zum Stevenson-Wylder Act werden sog. <i>Cooperative Research and Development Agreements</i> (CRADA) ermöglicht, bei denen der private und der staatliche Sektor bei der Entwicklung von Technologien für staatliche Missionen und zur kommerziellen Verwendung zusammenarbeiten können.
1988	Omnibus Trade and Competitiveness Act	Mit dem <i>Advanced Technology Program</i> (ATP) und dem <i>Manufacturing Extension Program</i> (MEP) zielt der Kongress auf die Erhöhung der Investitionen bei Schlüsseltechnologien und auf die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit amerikanischer Unternehmen. Bei ATP finanziert der Staat FuE-Aktivitäten der Unternehmen in risikoreichen Technologien mit, während mit MEP der Zugang von KMU zu neuen Technologien erleichtert werden soll, u.a. über ein Netzwerk von sog. Manufacturing Technology Center.
1989	National Competitiveness Technology Transfer Act	Als Teil des DOD authorization bill werden – in Ergänzung zum Federal Technology Transfer Act – auch die staatseigenen Forschungseinrichtungen, die nicht vom Staat geführt werden, zu den staatlichen Laboratorien (Federal Laboratories) gerechnet, insbesondere fallen hierunter auch die Einrichtungen des DOE und DOD.
1992	Defense Conversion, Reinvestment, and Transition Assistants Act	Das aus dem Gesetz hervorgegangene <i>Technology Reinvestment Project</i> (TRP) zielt auf die „dual-use“ Technologie-Partnerschaft, d.h. die Entwicklung von Technologien, die gleichermaßen kommerziell und militärisch genutzt werden können.
	Small Business Technology Transfer Act	Es soll Kleinunternehmen der leichtere Zugang zu Technologien in akademischen und staatlichen Forschungseinrichtungen ermöglicht werden.

Quelle: Brody (1996, S. 21–33), ferner NSB (1996, S. 4-18)

- stärkere Förderung von sog. Dual-Use-Technologien,
- Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit einzelner Wirtschaftszweige.

Die diesen drei Punkten zugeordneten Gesetzesinitiativen werden zunächst erläutert und anschließend beurteilt.

Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen

Auf eine Verbesserung der *Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen* desselben Sektors sowie der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Hochschulen bzw. staatlichen Forschungseinrichtungen sind zahlreiche Gesetzesinitiativen gerichtet. Ziel ist eine *Verbesserung der Leistungen der missionsorientierten* FuE. Insbesondere die staatlichen Forschungseinrichtungen, allen voran die National Laboratories, die zum DOE gehören und von den Auftragnehmern verwaltet werden, sollen sich nach dem Galvin-Report (DOE 1995) den Unternehmen öffnen. Dadurch sollen sie dann auch effizienter und bedarfsgerechter arbeiten. Fünf Maßnahmen setzen hier ab Anfang der 1980er Jahre an (Brody 1996, S. 21–33; NSB 1996, S. 4–18):

- Beispielsweise wurden ab 1980 auf Basis des *Stevenson-Wydler-Act* bei den bundesstaatlichen Forschungseinrichtungen Transferbüros installiert, um den Technologietransfer zu verbessern.
- Mit dem *Bayh-Dole Act* wurde ab 1980 den Vertragsnehmern ermöglicht, Erfindungen aus bundesstaatlich geförderten Projekten zu patentieren. Den Behörden wurde die exklusive Lizenzierung der Technologien erlaubt.
- Mit dem *Small Business and Innovation Development Act* von 1982 und dem darauf begründeten Programm *Small Business Innovation Research Program* (SBIR) sollten KMU stärker an den FuE-Ausgaben des Bundes beteiligt werden (Näheres in Abschnitt D.I.4.e)).
- Der *Federal Technology Transfer Act* von 1986 ermöglicht kooperative FuE-Abkommen – sog. *Cooperative Research and Development Agreements* (CRADA) – zwischen bundesstaatlichen Forschungseinrichtungen und Unternehmen bzw. den Regierungen der Bundesstaaten, um Technologien für die Erfüllung staatlicher Missionen wie auch für kommerzielle Anwendungen zu entwickeln. Ziel ist der verstärkte Technologietransfer aus den nationalen Laboratorien in die Wirtschaft, wobei sich beide Sektoren die anfallenden Kosten teilen.
- In Ergänzung zum *Federal Technology Transfer Act* wurde 1989 der *National Competitiveness Technology Transfer Act* verabschiedet. Dieser sieht vor, dass Forschungseinrichtungen, die dem Staat gehören, aber nicht vom ihm verwaltet werden, zu den staatlichen Forschungseinrichtungen gerechnet werden.

Förderung von Dual-Use-Technologien

Auf die Förderung von *Dual-Use-Technologien*, d. h. Technologien, die im zivilen und im militärischen Bereich gleichermaßen genutzt werden können, zielt der *Defense Conversion, Reinvestment, and Transition Assistance Act* von

1992 mit dem daraus resultierenden *Technology Reinvestment Program* (TRP). Das TRP wurde zwischen 1992 und 1995 von der DARPA verwaltet und hatte einen jährlichen Etat von ca. 500 Mio. US-\$ (Zahlen aus OECD 1995a, S. 130). Es sollte zum einen die Entwicklung kommerzieller Schlüsseltechnologien mit einem eigenständigen Markt beschleunigen. Zum anderen sollten Technologien von Anfang an sowohl kommerziellen als auch militärischen Bedürfnissen entsprechend entwickelt werden. Bei den angestrebten Partnerschaften standen eine Kostenteilung und exklusive Lizenzierungen im Vordergrund, um vor allem die Mission des DOD zu erreichen. Aufgrund fehlender Unterstützung vom Kongress wurde als Nachfolger das Dual-Use Applications Program gestartet, das 1997 ein Budget von 135 Mio. US-\$ hatte.

Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit einzelner Wirtschaftszweige

Für die direkte Verbesserung der *Wettbewerbsfähigkeit einzelner Wirtschaftszweige* sind zwei Gesetze maßgeblich: der National Cooperative Research Act von 1984 und der Omnibus Trade and Competitiveness Act von 1988 (Brody 1996, S. 21–33; NSB 1996, S. 4-16–4-18).

- Durch den *National Cooperative Research Act* von 1984 werden nach NSB (1996, S. 4-16) die Einrichtung sog. Research Joint Ventures (RJV) im vorwettbewerblichen Bereich erlaubt. Damit können Unternehmen als „Research Consortia“ gemeinsam FuE-Aktivitäten durchführen. Für die RJV können die strikten Anti-Trust-Gesetze umgangen werden, denn Genehmigungen erteilt hierfür exklusiv der Justizminister. Mit dem *National Cooperative Research and Production Act* wurden Kooperationen auch für die Produktion mit neu entwickelten Technologien ermöglicht.
- Auf die Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit ist ferner auch der *Omnibus Trade and Competitiveness Act* von 1988 gerichtet. Mit dem Advance Technology Program (ATP) und dem Manufacturing Extension Program (MEP) soll das Problem der zu geringen FuE-Investitionen der Unternehmen behoben werden. Beim ATP werden – bei einem jährlichen Etat von 750 Mio. US-\$ – laut BfAI (1995a, S. 10) FuE-Projekte im vorwettbewerblichen Bereich mit bis zu 50 % der Projektkosten für zwei bis drei Jahre gefördert. Die Schwäche in der Fertigungstechnologie beheben soll das MEP, bei dem im ganzen Land sog. Manufacturing Technology Centers aufgebaut werden, um eine schnellere Anwendung neuer Technologien – vor allem bei KMU – zu erreichen.

Beurteilung

Die Beurteilungen der wichtigsten Kooperationsprogramme fasst Brody (1996, S. 37–64) zusammen. Er zieht für die einzelnen Programme ein insge-

samt positives Fazit. So ergab laut Brody (1996, S. 41–42) z. B. eine Umfrage des Industrial Research Institute (IRI), einer Vereinigung der 260 größten forschungsintensiven Unternehmen, eine hohe Bewertung der bundesstaatlichen Technologie-Partnerschaftsprogramme. Auf die Frage „*How do industry technology managers rate the value of these programs?*“ stuften mehr als 90 % die Programme „ATP, TRP“, „SBIR“ (Abschnitt D.I.4.e)), „RJV“ und „CRADA“ als „hoch“ oder „mittel“ ein. Ähnlich äußerten sich auch 1994 die Mehrzahl der 1.400 Unternehmen der „Semiconductor Equipment and Materials International“ (SEMI), einer Vereinigung von Kleinunternehmen aus dem Halbleiterbereich. Insbesondere die Unternehmen, die Erfahrung mit dem Programm hatten, äußerten sich positiv (Brody 1996, S. 43). Exemplarisch werden im Folgenden Ergebnisse der Programme CRADA, ATP und RJV vorgestellt:

- Die Kooperationsvereinbarungen „CRADA“ zwischen staatlichen Forschungseinrichtungen und Unternehmen des privaten Sektors stiegen von 108 in 1987 auf 1.003 in 1995 (Zahlen aus NSB 1996, S. 4-20; NSB 1998, S. 4-32). Das Department of Energy war insgesamt die führende Behörde mit allein 44 % aller zwischen 1992 und 1995 getroffenen Vereinbarungen. Nach anfänglichen Schwierigkeiten in den 1980er Jahren stiegen laut BfAI (1995a, S. 15) die Vereinbarungen erst in den 1990er Jahren rapide an.
- Das Programm „ATP“ hat die ersten der gesteckten Ziele erreicht. Es gab laut Brody (1996, S. 50–51) bei 21 Wettbewerben zwischen 1990 und 1995 insgesamt 2.180 Anmeldungen. Die Gesamtzahl der Genehmigungen lag zwischen 1990 und 1996 bei 288 genehmigten Förderprojekten (NSB 1998, S. 4-33). Es wurden insgesamt 104 „Awards“ an Joint Ventures und 184 an Einzelbewerber vergeben. Die Höhe der Fördermittel für die durchgeführten FuE-Projekte lag bei 2.019 Mio. US-\$, wobei 1.030 Mio. US-\$ von der Wirtschaft selbst aufgebracht wurden. Nach einer Umfrage im Jahre 1993 unter den geförderten Unternehmen gab mehr als die Hälfte der Befragten an, dass ATP ihre FuE-Aktivitäten beschleunigt hätte, und zwar um ein bis drei Jahre. Zudem hätten 69 % bis 89 % der FuE-Projekte nur aufgrund der ATP-Förderung stattgefunden. Zusätzlich führte ATP zu einem Anstieg der industriellen FuE-Investitionen (Brody 1996, S. 50–51).
- Ende 1996 gab es mehr als 665 *RJVs* (NSB 1998, S. 4-30). Insgesamt 86 % der RJVs waren Joint Ventures zwischen Unternehmen des privaten Sektors, wobei vornehmlich prozessorientierte Projekte durchgeführt wurden. Etwa 30 % der Mitgliedsunternehmen kamen dabei aus dem Ausland.

Insgesamt sind auch die anderen Programme zur Kooperation wie SBIR (Abschnitt D.I.4.f)), MEP und TRP positiv beurteilt worden und führten wohl zu guten Ergebnissen (nähere Anmerkungen zu MEP von Brody 1996, S. 53–54; auch NSB 1998, S. 4-27, 4-34). Einen gewissen Fortschritt bei der Durchführung derartiger Programme hat sich offensichtlich eingestellt, denn ähnliche Initiativen waren in der Vergangenheit weit weniger erfolgreich. Cohen und

Noll (1991, S. 365) ziehen beispielsweise ein eher negatives Fazit aus der Analyse von sechs Kommerzialisierungsvorhaben aus den 1980er Jahren:

„The history of the federal R&D Commercialization programs ... is hardly a success story. On the basis of retrospective benefit-cost-analysis, only one program – NASA's activities in developing communications satellites – achieved its objectives and can be regarded as worth the effort. But that program was killed because it came into conflict with other more important forces than the advancement of commercial technology. The photovoltaics program made significant progress but it was dramatically scaled back for political reasons not related to its accomplishments. The remaining four programs were almost unqualified failures. The supersonic transport (SST) and Clinch River Breeder Reactor were killed before they had produced any benefits, and Clinch River, because of cost overruns, absorbed so much R&D budget for nuclear technology that it probably retarded overall technological progress. The space shuttle, though it became operational, lost its status as the primary vehicle for commercial launches after the Challenger disaster in 1986 because it costs too much and flies too infrequently. The synthetic fuels program produced one promising technology, the combined-cycle-coal-gasification project (Cool Water), but billions were spent on other pilot and demonstration facilities that failed.“

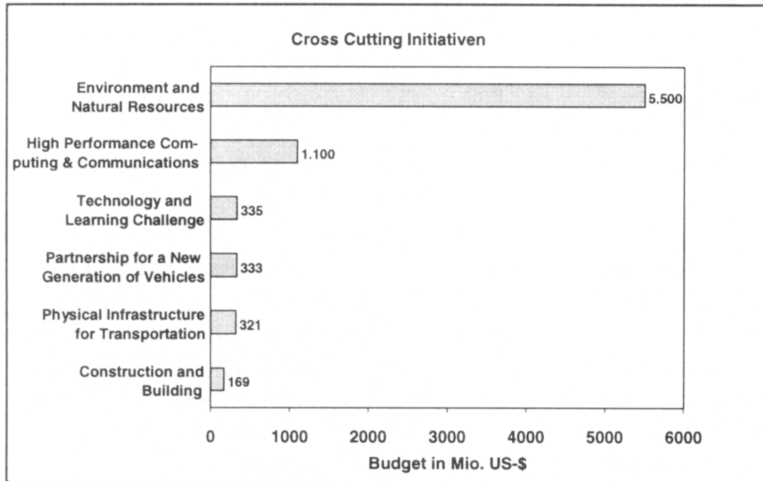
Insgesamt ergänzen sich gegenwärtig die einzelnen Programme und dokumentieren eine erfolgreiche Neuorientierung der amerikanischen F&T-Politik, einer sog. „*Advanced Civilian Strategy*“, die auf die Zusammenarbeit des Staates mit der Wirtschaft zur Stärkung des wirtschaftlichen Wachstums gerichtet ist (OECD 1996a, S. 186). Gegenwärtig gibt es laut NSB (1996, S. 4-19) mehr als 70 Kooperationsprogramme, die von ca. 10 Behörden verwaltet werden. In die gleiche Richtung schlagen auch die verschiedenen „Cross Cutting Initiativen“.

Die gesamten auf Dual-Use-Technologien ausgelegten Maßnahmen zielen auch auf eine Öffnung ehemaliger staatlicher „Waffenlabors“. Dies ist angesichts der Verteidigungskonversion mit einschneidenden institutionellen Veränderungen verbunden. Dazu bedarf es laut Atkin (1995, S. 20) einer Lockerung der militärischen Spezifikationen und der organisatorischen Einschränkungen.

d) „Cross Cutting Initiativen“ zur Effizienzsteigerung

Die Clinton-Administration verfolgt laut NSB (1996, S. 4-26) seit 1994 eine neue Methode zur Planung, Budgetierung und Koordination der F&T-Fördermaßnahmen des Bundes. Im jährlichen Budget des Präsidenten wird einigen F&T-Förderprogrammen eine besondere Beachtung geschenkt, weil ihnen eine gewichtige Bedeutung für das zukünftige Wachstum und den Wohlstand des Landes zugesprochen wird. Zudem müssen mehrere Behörden bzw. mehrere Disziplinen zusammenarbeiten. Für sechs derartige Maßnahmen, den sog.

„*Cross Cutting Initiatives*“, war für 1996 ein Gesamtbudget von 7,8 Mrd. US-\$ vorgesehen (Zahlen und Gliederung aus NSB 1996, S. 4-26; ferner OECD 1996a, S. 186–187; ähnlich auch Atkin 1995; Abb. 35):



Quelle: NSB (1996, S. 4-26)

Abbildung 35: Übersicht über Cross Cutting Initiativen mit ihrem Budget in Mio. US-\$ in 1996

- „*Environment and Natural Resources*“ (5,5 Mrd. US-\$) ist ein Programm von zwölf Ministerien bzw. Behörden zur Entwicklung neuer Technologien gegen Verschmutzung, zur Ressourcenschonung und zum Abfallmanagement. Es beinhaltet u. a. auch das U.S. Global Change Research Program mit 2,2 Mrd. US-\$ zur Erforschung der Klimaveränderungen.
- „*High Performance Computing and Communications*“ (1,1 Mrd. US-\$) ist ein vom NSTC geleitetes Programm, das 1991 von der Bush-Administration zur Koordination der Bundesförderung von neun Ministerien bzw. Behörden in der Informationstechnologie gestartet wurde. Es wird von Präsident Clinton und Vizepräsident Gore insbesondere durch das Programm „*National Information Infrastructure*“ zum Aufbau eines leistungsfähigen Telekommunikationsnetzes geprägt.
- „*Technology and Learning Challenge*“ (335 Mio. US-\$) ist ein vom NSTC geleitetes Programm von neun Ministerien bzw. Behörden in Zusammenarbeit mit Unternehmen und Bildungs- und Ausbildungseinrichtungen zur Förderung der Nutzung von Computern, Kommunikationssystemen und anderen modernen Informations- und Kommunikationstechnologien.
- „*Partnership for a New Generation of Vehicles*“ (333 Mio. US-\$) ist eine in weiten Teilen schon von Präsident Bush gegründete Initiative, bei der acht

Ministerien bzw. Behörden zusammen mit der Automobilindustrie die Entwicklung eines sog. „Clean Car“ forcieren wollen. Dieses „saubere Auto“ soll in zehn Jahren ein Drittel des heute üblichen Kraftstoffverbrauchs aufweisen und dabei höchsten Sicherheitsansprüchen gerecht werden.

- „*Physical Infrastructure for Transportation*“ (321 Mio. US-\$) ist ein vom NSTC geleitetes Programm, bei dem verschiedene Forschungseinrichtungen zusammen mit der Wirtschaft an der Verbesserung des gesamten Verkehrssystems forschen.
- „*Construction and Building*“ (169 Mio. US-\$) ist ein vom NSTC geleitetes Programm in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft zur Verbesserung der Produktivität und Sicherheit im Bauwesen.

Diese Programme sind gekennzeichnet durch eine sektorspezifische Förderung und die Zusammenarbeit mehrerer Behörden. Sie dokumentieren die Anstrengungen der Regierung um mehr Effizienz in der Zusammenarbeit zwischen den Behörden und der Wirtschaft sowie um eine verstärkte Förderung ziviler und wirtschaftlich verwertbarer Technologien. Der Erfolg dieser Programme ist laut Atkin (1995, S. 20) erst nach einigen Jahren zu beurteilen, da in den USA derartige Änderungen einige Zeit in Anspruch nehmen.

e) Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen

Für die Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) wurde auf bundesstaatlicher Ebene 1953 die Small Business Administration (SBA) eingerichtet, die insgesamt eine große Bedeutung im nationalen Innovationssystem übernimmt (vgl. auch Abschnitt D.I.2.). Neben den Förderprogrammen der SBA zielen auch einige indirekte Fördermaßnahmen auf die Stärkung der FuE-Aktivitäten von KMU.

Förderprogramm der SBA

Ein Großteil der Fördermaßnahmen für KMU wird von der SBA verwaltet, ergänzt um vereinzelte Fördermaßnahmen von den Regierungen der Bundesstaaten und Gemeinden. Die SBA verwaltet u. a. das speziell auf kleine und mittlere Hochtechnologieunternehmen ausgerichtete, 1982 geschaffene Small Business Innovation Research Program (SBIR). Das SBIR soll nach NSB (1998, S. 4-47) den Anteil von kleinen Unternehmen an staatlich geförderten F&T-Förderprogrammen erhöhen.

Am *SBIR* sind 11 Behörden beteiligt, die seit 1997 je 2,5 % ihres Budgets für SBIR-Projekte vorsehen müssen – vorher waren es 1,25 % (NSB 1996, S. 4-19). Mehr als 5,56 Mrd. US-\$ an Zuwendungen wurden im Rahmen des SBIR

zwischen 1983 und 1995 an kleine und mittlere Hochtechnologieunternehmen vergeben, wobei sich die Unternehmen mit ihren Projekten in Wettbewerben um die Fördermittel bewerben. Bei der Förderung wird ein *Dreiphasenkonzept* angewendet:

- In *Phase 1* bewirbt sich ein Unternehmen um Zuschüsse, wobei das Projekt zu den FuE-Zielen eines der beteiligten Behörden passen und kommerzielles Potenzial aufweisen muss. Zuschüsse gibt es bis in Höhe von maximal 100 Tsd. US-\$.
- In *Phase 2* kann sich der Zuschuss auf max. 750 Tsd. US-\$ erhöhen (bis 1997 waren es 500 Tsd. US-\$).
- In *Phase 3* muss die Innovation ohne staatliche Zuschüsse auf den Markt gebracht werden.

Mehr als 37.000 „Awards“, d. h. genehmigte Zuwendungen, wurden seit 1983 vergeben. Allein 1995 wurden 895 Mio. US-\$ von den bundesstaatlichen Behörden und Ministerien an KMU vergeben, wobei ca. 50 % aller Zuwendungen vom DOD kommen. Nach Fachgebieten aufgeteilt entfielen 25 % auf die Elektronik, 19 % auf die Informations- und Kommunikationstechnologien, 16 % auf die Materialwissenschaften, 15 % auf die Lebenswissenschaften sowie 11 % auf Energiespeicherung und -nutzung und 6 % auf Umwelt und natürliche Ressourcen. Aufgrund der dezentralen Verantwortung ist eine umfassende Beurteilung des Programms schwierig. Für den Suchenden einer Technologie gibt es z. B. das Problem der Vielzahl an Initiativen, die bisher nur wenig miteinander verwoben sind. Das Programm zeigt eine insgesamt positive Entwicklung bei den vergebenen Fördermitteln auf und ist stark auf Schlüsseltechnologien ausgerichtet.

Indirekte Fördermaßnahmen

Die amerikanische Regierung unterstützt die FuE-Aktivitäten der einheimischen Wirtschaft durch zahlreiche direkte Fördermaßnahmen und auch mit einigen wenigen *indirekten Fördermaßnahmen*. Neben dem Patentrecht und der Anti-Trust-Gesetzgebung gibt es als indirekte Fördermaßnahme in erster Linie *Steuervergünstigungen* für FuE-betreibende Unternehmen.

Mit dem *Economy Recovery Tax Act* wurde 1981 die *Steuergesetzgebung* in den USA für FuE-Aufwendungen geändert (ausführlich bei Harhoff 1994, S. 28–32). Unternehmen erhalten seit 1986 für qualifizierte und nachgewiesene FuE-Aufwendungen eine 20-prozentige Steuergutschrift, sog. R&D Tax Credit. Die FuE-Aufwendungen müssen, damit ein Unternehmen die Tax Credits erhalten kann, einen Schwellwert überschreiten, welcher dem Durchschnitt der FuE-Aufwendungen aus den letzten drei Jahren entspricht.

Die Effekte der Steuervergünstigungen auf die FuE-Aktivitäten der Unternehmen waren geringer als erwartet (NSB 1996, S. 4-21). Ein Grund ist u. a. im Zwang zur jährlichen Erneuerung der Steuervergünstigung durch die Unternehmen und die häufigen Änderungen bei der Berechnung zu sehen. Große finanzielle Bedeutung hat die Maßnahme der R&D Tax Credits somit nicht erlangt (ausführlicher Bericht dazu bei OTA 1995a, S. 7). Der Anteil an den FuE-Ausgaben des Bundes ist mit nur 2,6 % an den gesamten FuE-Ausgaben und 6,4 % an den FuE-Ausgaben des Bundes für FuE in der Wirtschaft ebenfalls gering. Insgesamt wird die FuE-Strategie der Unternehmen durch die Fördermaßnahme wohl kaum beeinflusst, auch wenn einige Unternehmen aus schnell wachsenden Wirtschaftszweigen oder mit stark ansteigenden FuE-Ausgaben, z. B. die der Informations- und Kommunikationstechnologie oder der Biotechnologie, von den Vergünstigungen profitieren dürften.

Zusätzlich zu den erwähnten Förderprogrammen und -maßnahmen arbeiten auch verschiedene Technologietransfer-Einrichtungen und einige Maßnahmen der NSF an der Verbesserung der FuE-Aktivitäten von KMU (ähnlich auch in Abschnitt D.I.4.g)). Insgesamt scheint die Förderung von KMU im Instrumentarium der amerikanischen F&T-Politik zwar eine stärker werdende Bedeutung zu erlangen, aber aufgrund der geringen Fördermittel ist sie bisher weniger wichtig. Hierfür sind sicherlich auch der gut ausgebildete private Venture Capital Markt und der Erfolg zahlreicher technologieorientierter Unternehmensgründungen mitverantwortlich.

f) Die besondere Rolle der militärischen Forschung und Entwicklung

Eine besondere Rolle spielt in den USA seit dem Zweiten Weltkrieg die militärische Forschung und Entwicklung. Der Anteil der Ausgaben für militärische FuE an den gesamten FuE-Ausgaben ging von 89 % in 1960 auf ca. 50 % zwischen 1965 und 1980 zurück. In den 1980er Jahren stieg der Anteil laut Mowery (1992, S. 136) erneut auf 69 % an und liegt in den 1990er Jahren mit abnehmender Tendenz bei etwa 55 %. Ursache für den Anstieg in den 1980er Jahren waren laut Chiang (1991, S. 345) sog. „Megaprogramme“ wie der National Aerospace Plan, der Bau einer Weltraumstation und die Strategic Defense Initiative (SDI) der Reagan-Administration. Aus der militärischen Forschung sind in den USA zahlreiche *technologische Innovationen* entstanden, aber die *Kritik* an der starken militärischen Ausrichtung hat im Zuge der weltpolitischen Entspannung zugenommen.

Als *technologische Innovationen* wurden nach Alic et al. (1992, S. 56–60) durch die staatliche Förderung der Computer- und Mikroelektronikindustrie u. a. der Mikrochip und der Mikroprozessor sowie laut Chiang (1991, S. 344) im Rahmen der Polarismission die PERT-Technik (Program Evaluation Review

Technique) entwickelt. Begünstigt wird der technische Fortschritt auch durch die alleinige Abnehmerposition des Militärs für viele technologische Produkte und Dienstleistungen, die im Auftrag der Bundesregierung entwickelt wurden. Laut Chiang (1991, S. 340) kaufte die amerikanische Bundesregierung beispielsweise 1962 den gesamten Output an Integrated Circuits (ICs). Das Militär war Ende der 1960er Jahre – so Mowery (1992, S. 137) – der größte Abnehmer für Computer in den USA. Außerdem hat die DARPA zur Kommunikation zwischen ihren Forschungseinrichtungen das ARPA-Net, den Vorläufer des Internet, 1971 in Betrieb genommen (z. B. Santifaller 1990, S. 17–18; zu weiteren direkten oder indirekten Spin-offs siehe insbesondere Alic et al. 1992, S. 54–86; ferner auch Chiang 1991, S. 343).

Trotz der intensiven Förderung der militärischen FuE und der damit verbundenen Spin-off-Effekte, d. h. der kommerziellen bzw. zivilen Nutzung von militärischen Forschungsergebnissen, liegt für Mowery (1992, S. 137) die Hauptursache für die technologische Führerschaft der USA in den FuE-Aktivitäten des privaten Sektors.

Kritik wird an der Spin-off-Konzeption daher auch in vielfacher Hinsicht geäußert. So zweifelt z. B. Gerybadze (1988, S. 43) an der zivilen Nutzbarkeit des SDI-Programms. Auch das Committee on Criteria for Federal Support of Research and Development (1995, S. 21) stellt fest: „*Even before the end of the Cold War, high-technology spin-offs from federally funded R&D in defense and space had diminished.*“ Ähnlich argumentierend empfahl das Critical Technologies Subcouncil to the Competitiveness Policy Council (1993, S. 98), „*use federal resources made available through defense reduction to build civilian and dual-use R&D.*“

Es gibt einige Innovationen, die zwar in der Öffentlichkeit der militärischen FuE gutgeschrieben werden, aber ursprünglich aus zivilen FuE-Projekten entstanden sind (Übersicht 4). Chiang (1991, S. 346–347) fasst die geäußerte Kritik an der amerikanischen Spin-off-Konzeption in sechs Punkten zusammen:

- Es gibt zu geringe kommerzielle Rückflüsse und Störungen der kommerziellen zivilen Technologieentwicklung aufgrund der unterschiedlichen Designanforderungen bei militärischer und ziviler Nutzung.
- Ein zu geringes Volumen der militärischen Beschaffung führt zu erhöhten Kosten.
- Es gibt ein geringes Kostenbewusstsein aufgrund der sog. „Cost plus fixed fee“-Verträge und „Cost plus incentive fee“-Verträge“, d. h., es werden die Kosten sowie ein genereller Bonus fest vereinbart.
- Aufgrund der Vertraulichkeit militärischer FuE-Projekte errichtet das Militär Kommunikations- und Diffusionsbarrieren.

Spinoffs: A Myth is Born

What do Tang, Velcro and Teflon have in common?

They all were NOT spinoffs of the Apollo space program.

In the public mind all three are inextricably linked to the moon landing program, but all were developed long before the National Aeronautics and Space Administration ever heard of them.

It's true that the astronauts did wear space suits with Teflon and some drank powdered Tang orange drink while sitting in spacecraft that had patches of Velcro on the walls. But the belief that the three products were fruits of the space program is a testament the myth-making power of Madison Avenue, not to the technology-driving power of the race to the moon.

"It was a myth that the public bought," chuckles Thomas O. Paine, NASA administrator between 1968 and 1970, who oversaw seven Apollo missions. What Apollo did, said Paine, was so popularize Velcro and Teflon and their less-known innovations by finding new uses for them. That is not to say that Apollo did not have an enormous impact on technology. In fact, Paine said in a telephone interview, the hallmark of the program was encouraging scientist and engineers to explore ideas at the forefront of technology. Over time, many of those ideas turned into industrial and consumer product.

Putting a dollar value on the spinoffs from the Apollo program is almost possible, but NASA officials have tried. They claim that direct benefits alone – sales of items transferred directly to the private sector – total well over \$1 billion a year. More than 30.000 secondary applications of space technology have emerged in the past three decades as well, said James T. Rose, NASA's assistant administrator for commercial programs.

But Tang, Velcro and Teflon were not among them.

- The breakfast drink was developed in 1957, 12 years before the first lunar landing. In 1965, *Tang* was listed as one of the optional drink selections for the Gemini 4 astronauts ...
- *Velcro* dates to the late 1940s when George de Maestral, a Swiss researcher, studied the cocklebur plant under a microscope to see what made it so adhesive. Based on what he saw, he developed fiber patches containing tiny hooks or eyelets that clung to each other when he pressed together. The astronauts used them to hold small tools in place in an weightless environment ...
- And *Teflon*, the coating used to make non-stick cookware, can be traced back to 1938. That's when DuPont researcher Roy J. Plunkett noticed that certain combinations of fluorocarbons in his refrigerant gas experiments produced an inert waxlike substance. It was until 1956 that a French company sold the first Teflon-coated frying pans. Five years later, just as Kennedy was declaring that the United States would go to the moon, they were making their way into American households.

Note that even if the \$1 billion estimate of annual direct benefits claimed by NASA is correct, it is not a net benefit.

Quelle: Rosenberg, Ronald: „Spinoffs: A Myth is Born“, in: Boston Globe, 17th July 1989, p. 21, zitiert nach Alic et al. (1992, S. 58–59).

Übersicht 4: Drei Beispiele über technologische Entwicklungen der USA, die in der Öffentlichkeit oftmals falsch dargestellt werden.

- Die Endprodukte sind auch nach der Adaption der neuen Technologien zu teuer für eine zivile Verwertung, da die konkrete zivile Produktentwicklung meist nicht von Anfang an berücksichtigt wird.
- Die Endprodukte sind auch nach der Adaption der neuen Technologien zu teuer für eine zivile Verwertung, da die konkrete zivile Produktentwicklung meist nicht von Anfang an berücksichtigt wird.
- Einige Hochtechnologieunternehmen nehmen nur aus Angst vor einem Verlust oder aus Hoffnung auf zivile Nutzbarkeit an militärischen FuE-Projekten teil, was aber beiderseits zu einer Verlangsamung von „Spin-off“-Effekten und „Spin-on“-Effekten, d. h. der Nutzung ziviler Technologien für militärische Zwecke, führt.

Insgesamt werden sämtliche Kritikpunkte in der Anmerkung von Alic et al. (1992, S. 366) zusammengeführt:

„Looking back over 50 years of DOD investments, one can only be impressed with the diversity of government contributions to the growth and technological sophistication of industry. To be sure, many of the images Americans hold are misleading: product spinoffs are rare, the bundling of technology projects in billion-dollar packages is often more politically attractive than technically sensible, and the coupling between defense technology development and the commercial sector tends to be indirect, slow, and inefficient. But those connections exist. Government, and especially defense, played – and still plays – a central role in the development of American technology.“

g) Forschungsrelevante Rahmenbedingungen

Die forschungsrelevanten Rahmenbedingungen sind neben den F&T-politischen Fördermaßnahmen ein weiterer wichtiger Faktor für die Beurteilung des amerikanischen NIS. Hier werden sechs Rahmenbedingungen (Abschnitt C.III.2.g)) analysiert, die insgesamt eine nachhaltige Bedeutung für die Entwicklung der amerikanischen technologischen Wettbewerbsfähigkeit haben:

- Rechtliche Rahmenbedingungen,
- Bildungs- und Wissenschaftspolitik,
- Technologieakzeptanz,
- Informations-Infrastruktur,
- Finanzierungsinfrastruktur und
- Technologietransfer.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Rahmenbedingungen in den USA bieten den Unternehmen sowohl eine verlässliche Rechtssicherheit als auch eine generelle Unterstützung für Innovationen. Im Patentgesetz sowie bei der Regulierung im Bereich der Bio- und Gentechnologie findet dies u. a. seine Ausprägung.

Das amerikanische *Patentgesetz* wurde bereits 1790 erlassen. Es gilt in den USA nach wie vor als Instrument zur Steuerung des internationalen Technologieflosses (Holzkämper 1995, S. 87). Zusätzlich sind in den USA seit Mitte der 1990er Jahre alle Patentschriften frei im Internet recherchierbar.

Die noch in den 1980er Jahren von der amerikanischen Pharmazeutikindustrie geäußerte Kritik an den zu strengen Gesetzen und an der Arbeit der Behörden (Busch 1987, S. 303) scheint mittlerweile nicht mehr zuzutreffen. Die USA

sind die führende Nation auf dem Gebiet der *Bio- und Gentechnologie* und ziehen viele ausländische Unternehmen aufgrund der guten Forschungsbedingungen, insbesondere in der Nähe von exzellenten Universitäten, an (BMBF 1997a; Klodt, Stehn et al. 1994, S. 64; Vogel 1995a, S. 138). Trotz einer sehr genauen Prüfung der Behörden, z. B. bei der Zulassung gentechnisch veränderter Lebensmittel oder bei der medizinischen Erprobung neuer Medikamente, hat sich dieser Erfolg eingestellt.

Ein Gentechnikgesetz wie in Deutschland gibt es in den USA nicht, und die strengen Vorschriften des National Institute of Health gelten nur für ihre eigenen Forschungsvorhaben, so dass es eine Regulierungslücke gibt (ausführlich bei Hohmeyer et al. 1994, S. 49–65; 176). Bezüglich der Freisetzung transgener Pflanzen liegen die USA schon weit vorne, und der FTI-Rat (BMBF 1997c, S. 51–52) erwartet aufgrund anstehender Deregulierungen einen weiteren Ausbau dieser Führungsposition. Dabei sind die Unternehmen aber gezwungen, mit den lokalen Regierungen und Behörden zusammenzuarbeiten und eine offene, zum Teil auch kostspielige Informationspolitik zu betreiben. Unterstützend für zügige Genehmigungsverfahren wirken die mittlerweile umfangreichen Erfahrungen und die hohe Kompetenz der amerikanischen Behörden (Hohmeyer et al. 1994, S. 179–180).

Bildungs- und Wissenschaftspolitik

Die USA geben von allen Ländern am meisten für Bildung und Wissenschaft aus. Doch gibt es in der USA weniger das Problem der finanziellen Förderung als vielmehr der Qualität des Bildungs- und Wissenschaftssystems. Die amerikanische Bildungs- und Wissenschaftspolitik muss nach Porter (1991, S. 540) zwei konträre Ausprägungen des Bildungs- und Wissenschaftssystems bewältigen: Auf der einen Seite hat das öffentlich finanzierte Schul- und Hochschulsystem eine im internationalen Vergleich eher durchschnittliche Qualität. Eine typische amerikanische Universität erreicht kaum das Niveau deutscher oder schweizerischer Universitäten. Zudem gibt es *„kein gutentwickeltes Lehrlings-system, kein starkes Berufsschulsystem, keine Tradition italienischer Art, nach der Generationen in einer Branche arbeiten, und keine so nachdrücklich betriebene innerbetriebliche Ausbildung wie in Japan“* (Porter 1991, S. 541).

Auf der anderen Seite zählen Hochschulen und private Schulen zu den weltweit besten Einrichtungen. Diese Diskrepanz und der schlechte Bildungsstand weiter Bevölkerungsschichten veranlassten fast alle Regierungen zu sog. „Bildungsoffensiven“, zuletzt auch die Clinton-Administration.

Bei den *Hochschulen* besticht das amerikanische NIS durch eine große Anzahl an erstklassigen Universitäten, was u. a. auch in der hohen Zahl an Nobelpreisen deutlich wird. Ein Defizit tut sich dagegen bei den Promotionsabschlüs-

sen amerikanischer Doktoranden in den Natur- und Ingenieurwissenschaften auf, denn die Anzahl ist von 14.881 in 1977 auf 18.961 in 1995 geringfügiger angestiegen als die Zahl der Promotionen ausländischer Personen, die sich im gleichen Zeitraum auf 8.806 fast verdreifachte (Zahlen aus NSB 1998, S. A-81–A-82). Hieran ist zum einen die geringe Attraktivität einer wissenschaftlichen Laufbahn für viele amerikanische Wissenschaftler zu sehen, zum anderen aber auch die große Anziehungskraft der USA auf ausländische Wissenschaftler.

Die Qualität der *schulischen* Ausbildung hat sich nach NSB (1998, S. 1-2, 1-11–1-17) in Naturwissenschaften und Mathematik zwar in den letzten Jahren merklich verbessert, aber im internationalen Vergleich liegen amerikanische Schüler hinter den meisten Industrienationen zurück. Kennedy (1989, S. 271) fasst die Situation der schulischen Ausbildung zusammen, wie sie auch zehn Jahre später noch zutrifft: „*U.S. students perform poorly in contrast to those of our major foreign competitors.*“

Die herausragende *Leistungsfähigkeit* der amerikanischen Wissenschaft besonders in den Naturwissenschaften wird bei der Analyse der Nobelpreise deutlich. Mit ca. 49,33 Nobelpreisen in Physik, Chemie und Physiologie bzw. Medizin in den Jahren 1963 bis 1993 haben nach Moore (1996, S. 70) amerikanische Wissenschaftler die weitaus meisten Preise erhalten. Großbritannien folgt an zweiter Stelle mit 11,5 Nobelpreisen schon mit deutlichem Abstand.

Technologieakzeptanz

Die Technologieakzeptanz ist in den USA positiver ausgeprägt als in anderen Industrieländern. Insgesamt interessieren sich gemäß NSB (1996, S. 7-16–7-20) etwa 40 % der Bevölkerung für Wissenschaft und Technik, 10 % sind gut informiert auf diesem Gebiet. Die Bevölkerung ist generell positiv gegenüber neuen Technologien eingestellt: 72 % sehen mehr Nutzen als Risiken, während 13 % eine gegenteilige Meinung vertreten. Bei der Kernenergie, Gentechnik (Genetic Engineering) und Weltraumforschung gibt es hingegen jeweils eine zweigipfelige Verteilung der Meinungen:

- Bei der *Kernenergie* ist die Bevölkerung in ihrer Meinung in zwei Lager geteilt: Für 43 % ist der Nutzen der Kernenergie zur Energieversorgung größer als deren Risiken, während 42 % das Gegenteil behaupten.
- Ein ähnliche Einstellung hat die amerikanische Bevölkerung gegenüber der *Gentechnik*: Für 43 % überwiegt der Nutzen, während bei 35 % die Angst vor schädlichen Folgen vorherrscht.
- Gegenüber der *Weltraumforschung* hat sich die öffentliche Meinung nach dem Absturz der Raumfähre Challenger 1986 deutlich verschlechtert. Gegenüber 52 % Befürwortern in 1985 lag der Anteil 1995 bei 48 %, während der Anteil der Kritiker von 39 % auf 45 % anstieg.

Die von Busch (1987, S. 139) angeführte „*große Begeisterung für das Neue*“ ist trotz der kritischen Beurteilung von Großtechnologien nach wie vor in den USA vorhanden. Ein Beispiel dafür sind die zahlreichen Unternehmensgründungen im Hochtechnologie-Sektor, die Initiativen zum Aufbau der Informations-Infrastruktur sowie die starke Durchdringung der Computernutzung in der Bevölkerung (s.u.).

Informations-Infrastruktur

Der Aufbau globaler Informations-Infrastrukturen hat in den USA seinen Ursprung und erlangte dort in den 1990er Jahren eine hohe Dynamik. Das Internet, das frühere Arpanet, wurde in den 1970er Jahren für den Datenaustausch zwischen Forschungseinrichtungen aufgebaut, die für die Militärbehörde DARPA arbeiteten (NSB 1998, S. 8-6). Seit Anfang der 1990er Jahre wird der Aufbau der Informations-Infrastruktur mächtig vorangetrieben. Dabei übernimmt die USA sowohl mit ihren F&T-politischen Maßnahmen als auch in technischer Hinsicht eine Führungsposition. Eine besondere Rolle für den technischen Fortschritt kommt dabei der amerikanischen Softwareindustrie zu.

Die *politische Initiative* zum Aufbau einer nationalen Informations-Infrastruktur wurde u. a. von Al Gore (1991) maßgeblich mitgetragen, der seine Vision eines „Global Village“ veröffentlichte. Als Vizepräsident der Clinton-Administration richtete er 1994 die Task-Force „National Information Infrastructure“ (NII) ein, welche die NII-Initiative auf nationaler Ebene wie auch die internationalen Aktivitäten koordiniert. Bei dem schon von Präsident Bush initiierten Programm „*High Performance Computing and Communications*“ für den Aufbau der nationalen Informations-Infrastruktur legte die Clinton-Administration ihr Augenmerk vor allem auf die Gewährleistung des Netznutzens für die öffentlichen Einrichtungen. Dabei überlässt sie gemäß Atkin (1995, S. 20) den Unternehmen die Entwicklung, Konstruktion, Bedienung und Eigentum der Netzwerke. Ihre eigene Aufgabe beschränkt die Regierung auf die Schaffung eines gesetzlichen Umfeldes zur Unterstützung des technischen Fortschritts, auf das Setzen von Standards und auf das Sicherstellen der Berücksichtigung öffentlicher Anwendungen. Gegen nicht gewünschte Information geht der Staat zuweilen auch mit Zensur vor, wie z. B. 1996, als der Kongress laut Sauga (1996, S. 32) die zielgerichtete Verbreitung moralisch anstößiger Inhalte an Minderjährige über das Internet zeitweilig unter Strafe stellte.

Lediglich für einige ausgewählte Pilotprojekte, z. B. aus dem Programm „*High Performance Computer and Communication*“ oder aus der Telemedizin, gibt es staatliche Fördermittel (Näheres bei Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI 1996, S. 19–21). Jedes Ministerium und jede Bundesbehörde hat jeweils eigene NII-Ziele definiert. Gegenwärtig laufen ca. 300 Projekte zwischen nationalen und regionalen Behörden. Bis zum Jahr 2000 sollen

alle Schulen, Krankenhäuser und Büchereien einen Zugang zu den Online-Diensten haben. Die dafür notwendigen Investitionen im Telekommunikationsbereich sollen bei 50 bis 100 Mrd. US-\$ liegen.

Neben der politischen Entschlossenheit besticht das amerikanische NIS bezüglich des Aufbaus der Informations-Infrastruktur Mitte der 1990er Jahre mit der technischen Infrastruktur und mit der weltweit führenden Softwareindustrie.

Die Informations-Infrastruktur der USA ist in *technischer Hinsicht* im internationalen Vergleich sehr gut. So lagen gemäß IW (1996, S. 1) 1996 von den weltweit 13 Millionen Hosts, die ans Internet angeschlossen waren, etwa 6 Millionen in den USA. Das entspricht einer Anzahl von 23 pro 1.000 Einwohner. Etwa 13 Millionen Direktanschlüsse ans Internet bzw. Online-Dienste gab es 1996, etwa ein Drittel der gesamten 34 Millionen Anschlüsse liegt somit in den USA (Zahlen aus Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI 1996, S. 32–33). Die PC-Dichte hat sich von 30 PCs pro 100 Einwohner auf 49 PCs pro 100 Einwohner zwischen 1993 und 1997 erhöht (BA&H 1998, S. 3).

Neben den politischen Initiativen und der technischen Ausstattung haben die USA auch aufgrund einer international führenden *Softwareindustrie* einen Wettbewerbsvorteil. Die amerikanische Softwareindustrie hat ihre gute Wettbewerbsposition aus den 1980er Jahren (diesbezügliche Analyse von Schwabe 1989, S. 22–25) in den 1990er Jahren ausgebaut (Office of Industries 1995). So waren 1993 die ersten neun der weltweit zehn größten Softwareanbieter von System- und Anwendungssoftware amerikanische Unternehmen (Zahlen aus Office of Industries 1995, S. 4–4).

Finanzierungsinfrastruktur

Bezüglich der Finanzierungsinfrastruktur zeichnet sich das amerikanische Finanzwesen vor allem durch seinen exzellenten Venture Capital Markt (VCM) aus. Der VCM der USA ist der größte der Welt. 1995 wurden neue Verpflichtungen in Höhe von 4,2 Mrd. US-\$ eingegangen (NSB 1998, S. 6–31). Der amerikanische VCM kann aufgrund der zahlreichen großen jüngeren Technologieunternehmen als der mit Abstand erfolgreichste VCM angesehen werden (ausführlicher Vergleich der VCM in OECD 1996b, S. 16). Die Entwicklung des VCM begann in den USA 1946 mit der Formierung der American Research and Development Corporation (ARD) und dem Small Business Investment Company Act (SBIC) von 1958 (OECD 1996b, S. 17–18). Bereits zwischen den beiden Weltkriegen wurden Unternehmen wie z. B. IBM oder McDonell Douglas in ihrer Aufbauphase von großen privaten Investoren unterstützt.

ARD war ein öffentliches Unternehmen, das in Jungunternehmen, insbesondere in Spin-offs vom MIT investierte wie z. B. in die Digital Equipment Corporation (DEC). Mit dem *SBIC Act* gründeten sich zur Finanzierung von klei-

nen Unternehmen einige hundert SBICs, die privat organisierte Kooperationen oder Partnerschaften in Lizenz mit der SBA waren.

Zwar kam es aufgrund der kurzfristigen Orientierung der Investoren auch zu Fehlinvestitionen, z. B. bei der Forcierung der nicht wettbewerbsfähigen Winchester-Disk-Drive-Industrie in den 1980er Jahren, jedoch förderten Erfolgsgeschichten wie z. B. die von Apple, Microsoft und Genentech die grundsätzlich positive Entwicklung (Schween 1996, S. 28).

Begünstigt wird laut OECD (1996b, S. 29) die Finanzierung von Jungunternehmen mit Risikokapital u. a. durch die seit 1971 existierende elektronische Börse NASDAQ (National Association of Securities Dealers Automated Quotation System), an der 1994 unter vereinfachten Bedingungen 4.902 Unternehmen notiert waren.

Von den Investitionen mit Venture Capital fielen gemäß OECD (1996b, S. 27) 19,1 % auf die Seed- oder die Start-up-Phase. 77 % der Auszahlungen von Venture Capital Fonds gingen 1992 an technologieorientierte Unternehmen. Hier zeigen sich die hohe Risikobereitschaft und starke Technologieorientierung amerikanischer Venture Capital Unternehmen, die insbesondere in Unternehmen in den Technologiezentren der Informationstechnologie – Silicon Valley, Silicon Hills in Austin, die Route 128 bei Boston und auch in Washington (Geinitz 1997) – und der Biotechnologie investieren.

Technologietransfer

Technologietransfer findet in den USA u. a. über einige Institutionen statt, die speziell für die Verbesserung des Technologietransfers eingerichtet wurden. Ergänzend gibt es verschiedene Programme zur allgemeinen Effizienzsteigerung des Technologietransfers. Als einer von vielen Indikatoren für den Erfolg des Technologietransfers wird hier die Anzahl der Patentanmeldungen aus den Hochschulen verwendet.

In den USA gibt es eine Vielzahl an *Technologietransfereinrichtungen*, die zur Zusammenarbeit von Staat, Wirtschaft und Wissenschaft bei FuE-Projekten eingerichtet wurden. Mitte der 1990er Jahre gab es nach BfAI (1995a, S. 16–17) vier verschiedene Zentrenarten:

- Etwa 50 *Manufacturing Technology Center* (MTC) werden vom NIST seit 1990 gefördert und von regionalen Einrichtungen getragen. Sie ermöglichen KMU den Zugang zu neuen Fertigungstechnologien und bieten diverse technische Dienstleistungen an.
- Die NSF fördert seit 1985 die *Engineering Research Center* (ERC) mit dem Ziel der interdisziplinären Zusammenarbeit von Natur- und Ingenieurwissenschaften. Dabei sollen vor allem Naturwissenschaftler und Ingenieure für

eine Beschäftigung in der Industrie vorbereitet werden. Die von Universitäten getragenen 18 ERCs erhalten von der NSF jährlich ca. 50 Mio. US-\$. Voraussetzung für eine Mittelzuwendung ist die Mitwirkung der Wirtschaft, die jährlich etwa 125 Mio. US-\$ in ERCs investiert.

- Die ca. 25 *Science and Technology Center* werden von der NSF jährlich mit ca. 60 Mio. US-\$ unterstützt. Von den Bundesstaaten und der Wirtschaft kommen ca. 65 Mio. US-\$ pro Jahr hinzu. Sie werden wie die ERCs von den Universitäten getragen, sind aber stärker in den Ingenieurwissenschaften engagiert. Sie dienen mit ihrem Leistungsangebot dem Technologietransfer in die Wirtschaft, den Forschungsk Kooperationen sowie der Aus- und Weiterbildung.
- Die ca. 53 *Industry/University Cooperative Research Center* haben ein jährliches Gesamtbudget von mehr als 60 Mio. US-\$, von denen die NSF jährlich ca. 4,2 Mio. US-\$ zur Verfügung stellt, der Rest wird von Industrieunternehmen aufgebracht. Die NSF fördert seit 1973 nur dann ein Zentrum mit 50.000 US-\$ für eine Dauer von fünf Jahren, in denen mindestens sechs Unternehmen die gleiche Summe zur Verfügung stellen. Nach fünf Jahren muss sich das Zentrum dann ohne NSF-Förderung finanzieren können.

Kooperationen zwischen Universitäten und Unternehmen bestehen schon seit längerem, wobei Anfang der 1980er Jahre Forschungszentren der Mikroelektronik in Universitätsnähe errichtet wurden (ausführliche Darstellung des Mikroelektronikzentrums in Austin bei Rogers 1986). Besonders erfolgreich sind auch die Technologieparks im Silicon Valley, die sog. „Route 128“ in der Nähe vom Boston sowie das „North Carolina Research Triangle“ (ausführliche Analyse dieser drei Technologiezentren von Sternberg 1994, S. 98–153). Das System von Technologietransfereinrichtungen wird zudem unterstützt von dem National Technical Information Service, welcher forschungsrelevante Information online zur Verfügung stellt. Ferner ist auch Patentinformation kostenlos über das Internet abrufbar.

Ein Indikator für den Erfolg der Technologietransfer-Aktivitäten aus dem Hochschulbereich ist die Zahl der angemeldeten, *akademischen Patente*.

Die amerikanischen Hochschulen, d. h. Universitäten und Colleges, verzeichnen einen Trend von der Grundlagenforschung hin zur angewandten Forschung. Die Anzahl der Universitäten, die ein Patent erhielten, stieg nach NSB (1996, S. 5-43) in den letzten 20 Jahren um das Siebenfache an: Von einem Durchschnitt von 20 bis 30 Patenten pro Jahr in den späten 1960er Jahren und frühen 1970er Jahren stieg die Zahl auf 350 bis 400 Patente pro Jahr in den frühen 1980er Jahren an und vervielfachte sich auf 1.761 Patente in 1994. Zu dieser Entwicklung trugen u. a. die verstärkte Hinwendung zu zivilen Technologien in der staatlichen F&T-Förderung sowie der Ausbau der Technologietrans-

feraktivitäten bei. Ein deutliches Wachstum verzeichneten vor allem die Chemie inklusive Molekularbiologie und Mikrobiologie sowie verwandte Bereiche.

Das Wachstum bei den Patentanmeldungen und den damit verbundenen späteren Lizenzeinnahmen unterstreichen den gestiegenen Stellenwert der Universitäten für die Unternehmen. Die zunehmenden Patentanmeldungen der Hochschulen gehen einher mit einer verstärkten Gründung von jungen Technologieunternehmen aus den Hochschulen heraus. Von den seit 1980 neu gegründeten 17.000 Technologieunternehmen waren laut NSB (1996, S. 6-28) mehr als 30 % Softwareunternehmen, gefolgt von Computer- und Hardwareherstellern mit etwas mehr als 10 %. Es kommt dabei auch zu Unternehmensgründungen von Wissenschaftlern (Samsom und Gurdon 1993).

Fazit

Die forschungsrelevanten Rahmenbedingungen in den USA zeigen deutliche Stärken bei der allgemeinen Technologieakzeptanz, der Informations-Infrastruktur sowie der Finanzierungsinfrastruktur und beim Technologietransfer. Uneinheitlich ist hingegen die Situation bei Bildung und Wissenschaft, wo international führenden Universitäten ein in der Breite niedriger Bildungsstand entgegensteht. Die rechtlichen Rahmenbedingungen scheinen die Unternehmen in der Bio- und Gentechnologie nicht zu behindern. Insgesamt unterstützen die Rahmenbedingungen die technologische Wettbewerbsfähigkeit in hohem Maße. Dies zeigt sich sowohl an den erfolgreichen Unternehmensgründungen als auch im wissenschaftlichen Bereich an der Anzahl an Nobelpreisen.

5. Fazit

Die USA zählt in vielen Technologiebereichen zu den weltweit führenden Industrienationen (Abschnitt E.I.). Ein gut ausgebautes nationales Innovationssystem, das vor allem durch die Auswirkungen des Zweiten Weltkrieges und den Rüstungswettlauf mit der Sowjetunion geprägt ist, eine starke Ausgangsposition nach Ende des Zweiten Weltkrieges und eine zukunftsorientierte F&T-Politik begünstigten diese positive Entwicklung. Die amerikanische F&T-Politik und das amerikanische NIS zeigen insgesamt viele Stärken und einige Schwächen:

Stärken weisen die USA vor allem in der Mehrzahl der Schlüsseltechnologien auf (Kapitel 5). Dafür waren neben der gezielten Forschungsförderung vor allem die Unternehmen verantwortlich. Sowohl in der Biotechnologie als auch in der Informations- und Kommunikationstechnologie werden in den Forschungseinrichtungen und in den Unternehmen Spitzenleistungen erbracht. Dabei helfen die generell offene Informationspolitik der Akteure und eine hohe

Technologieakzeptanz. Eine Folge ist das sehr gute und attraktive Forschungsklima, das technologieorientierte Unternehmensgründungen begünstigt.

Auf politischer Ebene kann die Aufgabenverteilung von Kongress und Regierung sowohl förderlich als auch hinderlich sein. Falls Regierung und Kongress von unterschiedlichen Parteien dominiert sind, kommt es zu Interessenkonflikten bei der Mittelvergabe für die Förderprogramme. Dadurch werden die Macht und der Handlungsspielraum einerseits eingeschränkt, andererseits wird aber auch eine zu starke Bevorzugung bestimmter Technologien oder Wirtschaftszweige unterbunden.

Schwächen liegen bei F&T-Politik u. a. in den Abstimmungsproblemen innerhalb der Regierung aufgrund des Fehlens eines zentralen Forschungsministeriums (Foster 1985, S. 146). Dieses zu beheben versucht die NIST. Mit der zunehmenden Bedeutung ziviler Technologien wächst auch die Bedeutung anderer Ministerien und der dadurch entstehende Abstimmungsbedarf. Die Umstellung von der bisher starken Förderung militärischer FuE durch das DOD auf zivile FuE vollzieht sich jedoch nicht problemlos, denn die staatlichen Forschungseinrichtungen sind nicht genügend auf diese Umorientierung vorbereitet. Die Umstellung von einer missionsorientierten zu einer diffusionsorientierten F&T-Politik wird noch einige Zeit in Anspruch nehmen.

Insgesamt sind die USA in den letzten Jahren mit einem Bündel an F&T-politischen Maßnahmen wieder in eine klare Führungsrolle gekommen. Für den Erfolg dieser Maßnahmen sind sicherlich die hohe Bereitschaft der Bevölkerung zur Selbständigkeit und das Fortschrittsdenken der Unternehmen wesentliche Faktoren.

II. Das nationale Innovationssystem und die Forschungs- und Technologiepolitik Japans

Japan zählt Ende des 20. Jahrhunderts neben den USA und Deutschland zu den führenden Wirtschaftsnationen der Welt. Insbesondere die Leistung beim Wiederaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg hat Japan großen Respekt entgegengebracht. Bereits Ende der 1960er Jahre hatte Japan in einigen Wirtschaftszweigen, insbesondere in der Elektronik, eine weltweite Führungsposition erreicht. Hedberg (1970) sprach damals schon von der japanischen Herausforderung (ähnlich auch Mohl 1970; Kahn 1970). Eine gewichtige Rolle spielte beim Wiederaufbau und insbesondere bei der Förderung der Computer- und Halbleiterindustrie das Ministry of Trade and Industry (MITI), das über seine sog. „Administrative Guidance“ das Wirtschaftswunder (Johnson 1982) in hohem Maße beeinflusste (Pugel 1984, S. 430–435). Das MITI erstellt seine Wirtschaftspläne im Allgemeinen im Konsens mit Unternehmen und anderen Behörden (Botskor 1988, S. 15–17). Die Konsensorientierung ist auch die prägen-

de Eigenschaft des japanischen NIS und der japanischen Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik). Beides wird im Folgenden in fünf Aspekten näher beleuchtet:

- Das japanische *NIS* hat sich in den wesentlichen Zügen erst nach dem Zweiten Weltkrieg ausgeprägt (Abschnitt D.II.1.).
- Unter den *staatlichen Akteuren* (Abschnitt D.II.2.) sind für die Gestaltung der F&T-Politik die Science and Technology Agency (STA) und das MITI zuständig, während das Ministry of Education, Science, Sports and Culture (Monbusho) vor allem für Universitäten zuständig ist. Die Bedeutung des MITI für die F&T-Politik ist seit den 1970er Jahren kontinuierlich zurückgegangen.
- In Japan übernimmt die Wirtschaft im Wesentlichen die *FuE-Finanzierung* und auch die *FuE-Durchführung* (Abschnitt D.II.3.). Der Anteil des Staates an den gesamten FuE-Ausgaben ist vergleichsweise gering.
- *Schwerpunkte in der F&T-Politik* setzt Japan in den 1990er Jahren als rohstoffarmes Land neben der generellen Unterstützung der Universitäten auf die Förderung der Energietechnik (Abschnitt D.II.4.). In den letzten Jahren verstärkt Japan seine Aktivitäten in der Grundlagenforschung. Die Administrative Guidance des MITI ist ein bedeutendes Instrument für die Förderung von FuE in der Wirtschaft.
- Die japanische F&T-Politik hatte ihre Stärken in der Aufholphase, offenbart jedoch einige *Schwächen* bezüglich ihrer Eignung zur Sicherung der technologischen Führungsposition (Abschnitt D.II.5.).

1. Die Entwicklung des nationalen Innovationssystems Japans

Das nationale Innovationssystem (NIS) Japans hat in seiner Entwicklung zahlreiche Höhen und Tiefen durchschritten. Eine bedeutende technologische und wirtschaftliche Rolle hat Japan vor allem nach dem verlorenen Zweiten Weltkrieg erreicht. Seit dem 17. Jahrhundert setzte das NIS Japans in sieben Phasen, davon drei Phasen bis 1945 und vier Phasen ab 1945, unterschiedliche Akzente (Tab. 35):

In den drei Phasen *ab dem 17. Jahrhundert bis 1945* entwickelte sich Japan unterschiedlich (Hartmann 1992, S. 17–37). In der ersten Phase der *Tokugawa-Herrschaft* (1603–1867) schottete sich Japan vollständig gegenüber dem Ausland ab, öffnete sich in der zweiten Phase unter amerikanischem Einfluss während der *Meiji-Restauration* (1868–1911) und wurde in der dritten Phase zwischen 1911 und 1945 zu einer militärisch starken Nation.

Nach der Niederlage im Zweiten Weltkrieg stand Japan, ähnlich wie die Bundesrepublik Deutschland, vor einem Neuanfang und dem Wiederaufbau seiner Wirtschaft, jedoch von einem deutlich niedrigeren Niveau aus startend.

Tabelle 35
**Übersicht über die wichtigsten Epochen und Kernereignisse
in der Entwicklung des japanischen NIS**

Phase	Kernereignisse
1603-1867 Tokugawa-Herrschaft	Abschottung Japans gegenüber dem Ausland, Erstarkung von Handel und Handwerk
1868-1911 Meiji-Restauration	Modernisierung der Industrie, u. a. durch Förderung der Eisen- und Stahlindustrie; Etablierung eines neuen Bildungssystems
1911-1945 Zwei Weltkriege	Gründung zahlreicher Unternehmen und Exportboom; Bildung von Zaibatsu; Errichtung von Forschungseinrichtungen
1945-1959 Wiederaufbau	Förderung der Nahrungsmittelproduktion und der Schwerindustrie; Import von Technologien; Stützung der einheimischen Technologiebasis; Gründung zahlreicher wissenschaftlicher Einrichtungen
1960-1969 Hochwachstum	Ziel der Einkommensverdoppelung binnen 10 Jahren; Forcierung technischer Studiengänge; National Large-Scale Project Research and Development Program des MITI
1970-1979 Strukturwandel	Sunshine-Projekt zur Förderung neuer Energietechniken und Moonlight-Projekt zur Förderung energiesparender Technologien; Unterstützung und Lenkung der Forschungsaktivitäten in der Halbleiter- und Computerindustrie
ab 1980 Internationalisierung	Starke Exporterfolge in der Automobil-, Computer und Halbleiterindustrie; Förderung der Grundlagenforschung in den 1990er Jahren; Ausbau internationaler Forschungskooperationen

Quelle: eigene Übersicht mit Daten aus Odagiri und Goto (1993, S. 77–85)

Die Entwicklung *Japans nach 1945* teilen STA und Japanese Government (1996a, S. 39–112) anhand der einzelnen Dekaden deshalb auch in vier weitere Phasen ein:

- In der *Nachkriegsphase und in den 1950er Jahren*, der vierten Phase, standen in erster Linie die Produktion von Nahrungsmitteln, der Wiederaufbau des Landes und die Wiederbelebung der Wirtschaft im Vordergrund.
- In den *1960er Jahren*, der fünften Phase, sollten vor allem ein kontinuierliches wirtschaftliches Wachstum und der Ausbau der sozio-ökonomischen Infrastruktur erreicht werden.
- In den *1970er Jahren*, der sechsten Phase, zielte die Regierung mit ihren Maßnahmen auf die Behebung der Auswirkungen des schnellen Wirtschaftswachstums und auf die Berücksichtigung der sich verändernden weltweiten Umweltbedingungen.
- Seit den *1980er Jahren*, der siebten Phase, richtet Japan seine Anstrengungen im Rahmen der F&T-Politik auf eine Verbesserung der kreativen Forschungs- und Technologieaktivitäten sowie auf die Grundlagenforschung – ein Trend, der in den 1990er Jahren anhält.

1603–1945: Von der Tokugawa-Herrschaft bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs

In der neueren Zeit bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges wurde Japan nach Odagiri und Goto (1993, S. 77–85; ähnliche Einteilung z. B. von Ruttkowski 1994, S. 57–65; Botskor 1988, S. 16) durch die drei Phasen der *Tokugawa-Herrschaft* (1603–1867), der *Meiji-Restauration* (1868–1911) sowie durch die *zwei Weltkriege* (1914–1945) geprägt:

- In der *Tokugawa-Herrschaft* (1603–1867) schottete sich Japan – Odagiri und Goto (1993, S. 78) zufolge – wirtschaftlich fast vollständig gegenüber dem Ausland ab, nur einigen Chinesen und Holländern wurde ab 1636 der Handel mit Japan erlaubt. Die vom Togukawa-Shogunat angestrebte Stärkung der eigenen Position wurde nicht erreicht, sondern vielmehr erstarkten Handel und Handwerk sowie die Textilindustrie und der Maschinenbau. Verantwortlich dafür waren laut Ruttkowski (1994, S. 58) u. a. der Ausbau der Städte als Verwaltungszentren, der Straßenbau und die Förderung des Bergbaus.
- Die Zeit der *Meiji-Restauration* (1868–1911; Meiji = erleuchtete Regierung) begann mit der Übergabe eines Briefes des amerikanischen Präsidenten Fillmore an die japanische Regierung durch den Seefahrer Matthew Perry (Zürn 1987, S. 15–16; Mohl 1970, S. 19–20). Der Brief enthielt u. a. die Forderung nach Öffnung der japanischen Häfen und die Aufnahme von Handelsbeziehungen zu den USA. Mit dem Sturz des Togukawa-Shogunats 1868 begann gemäß Ruttkowski (1994, S. 561) die Phase der Modernisierung Japans. Der Staat förderte fortan die Entwicklung der Eisen- und Stahlindustrie, forcierte den Ausbau der Infrastruktur sowie den Aufbau des Maschinenbaus und der Elektrotechnikindustrie. Ein besonderes Gewicht wurde laut Odagiri und Goto (1993, S. 79) zudem auf die Etablierung eines neuen Bildungssystems gelegt, das sich im Hochschulbereich stark an britischen Vorbilder orientierte. Ferner wurde 1900 mit der „Industrial Research Institution“ eine der ersten Forschungseinrichtungen gegründet (Odagiri und Goto 1993, S. 83).
- Während der *zwei Weltkriege* änderte sich das japanische nationale Innovationssystem in hohem Maße. Der *Erste Weltkrieg* markiert einen wichtigen Einschnitt, rief er doch nach Pascha (1994, S. 18) einen starken Exportboom hervor. In jener Phase gründeten sich zahlreiche Unternehmen der Schwerindustrie und der Chemischen Industrie. Es folgte daraufhin in den 1920er Jahren eine Rezessionsphase, die aber die Modernisierung aufgrund der stabilen Investitionen in die Infrastruktur nicht aufhielt. Die großen Firmengruppen, sog. Zaibatsu, bildeten sich und gewannen schnell an Bedeutung. Neu eingerichtet wurden einige nationale Forschungseinrichtungen – Hiroshige (1973, S. 115, zitiert nach Odagiri und Goto 1993, S. 83) nennt die Zahl von 38 Neugründungen wie z. B. das Institute of Physical and Chemi-

cal Research, das sog. „Riken“. Die Unternehmen errichteten ihrerseits eigene Forschungslabors – 1923 waren es bereits 162, von denen 71 der Chemischen Industrie angehörten.

Nach dem Krieg mit China erhöhte sich laut Odagiri und Goto (1993, S. 84) ab 1937 die Produktion der Schwermaschinenindustrie deutlich. Besonders auf militärische Zwecke ausgerichtet waren im *Zweiten Weltkrieg* die in ihrer Anzahl stark angewachsenen öffentlichen Forschungseinrichtungen, von denen es inklusive der Universitäten 1942 insgesamt 443 gab (AIST und MITI 1964, S. 125). Zur Förderung der Grundlagenforschung gründete man u. a. mit privaten und öffentlichen Mitteln 1933 das Science Council. Mit dem „Gesetz über die Aktivierung aller nationalen Kräfte“ konnte gemäß Pascha (1994, S. 20) der Staat ab April 1938 unbegrenzt die wirtschaftlichen Geschicke lenken. Die Zaibatsu konnten dabei ihre Forderung nach industrieller Selbstverwaltung unter Lenkungsverbänden durchsetzen. Japan, 1941 in den Zweiten Weltkrieg eingetreten, war an dessen Ende von den Amerikanern besetzt und laut Hartmann (1992, S. 83) von großen wirtschaftlichen Problemen gezeichnet.

Die Wiederaufbauphase ab 1945 und in den 1950er Jahren

Nach *Kriegsende ab 1945 und in den 1950er Jahren* stand der Wiederaufbau der Wirtschaft und Gesellschaft im Mittelpunkt. Daher wurden zunächst große Anstrengungen unternommen, um die Nahrungsmittelproduktion ansteigen zu lassen und die Gesundheits- und sanitäre Situation im Land nachhaltig zu verbessern (STA und Japanese Government 1996a, S. 48). Während des Zweiten Weltkrieges, bei dem Japan von sämtlichen ausländischen Technologien ausgeschlossen war, entstand eine technologische Lücke Japans zu Westeuropa und den USA (STA und Japanese Government 1996a, S. 42). Wegen des wirtschaftlichen und technologischen Rückstands gegenüber den westlichen Kriegsgewinnerländern war man sich der Bedeutung ausländischer Technologien für die einheimische Wirtschaft bewusst. Es kam zu einer Reorganisation der Wissenschaft. Das Science Council of Japan und andere Institutionen wurden bereits während der Besatzungszeit neu etabliert.

Zur Verbesserung der FuE-Aktivitäten nach Kriegsende wurde 1948 die Agency of Industrial Science and Technology (AIST) gegründet (AIST und MITI 1996, S. 34–35). Diese Behörde zielt u. a. auf die Verstärkung der FuE-Aktivitäten innerhalb der Industrie und dem Bergbau sowie auf die Verbesserung industrieller Technologien. Ferner erstellte diese Behörde 1949 eine sog. „Benchmarking-Studie“, bei der die technologischen Lücken Japans zur westlichen Welt in verschiedenen Technologiebereichen identifiziert wurden (STA und Japanese Government 1996a, S. 42–45).

In den *1950er Jahren* verstärkte Japan seine Anstrengungen, eigene Technologien zu entwickeln, und gründete verschiedene Institutionen zur Förderung

von Forschung und Technologie (ausführlich bei Kahn 1970, S. 118–134). Japan verfolgte in jener Zeit laut Odagiri und Goto (1993, S. 85) eine zweigeteilte Strategie: Zum einen wurden verstärkt Technologien aus dem Ausland importiert, und zum anderen wurde die einheimische Technologiebasis unterstützt. Beim Ausbau der Wirtschaft konzentrierte sich Japan vornehmlich auf die Schwerindustrie und die Chemische Industrie (STA und Japanese Government 1996a, S. 49–50). Zur Unterstützung der Industrie wurde 1955 das Japan Productivity Center gegründet, welches systematisch amerikanische und westeuropäische Managementtechniken in die japanische Wirtschaft einbringen sollte. Begünstigt wurde der wirtschaftliche Aufschwung Japans u. a. vom Koreakrieg in den 1950er Jahren, von verschiedenen Gesetzesinitiativen sowie von der staatlichen Lenkung der industriellen Produktion. Erste Erfolge stellten sich Mitte der 1950er Jahre ein. Beispielsweise hatte Japan 1956 die weltgrößte Schiffsbauindustrie (Hedberg 1970, S. 127; ausführlich bei Magaziner und Hout 1980) und brachte die ersten Transistorradios auf den Markt (Ehrke 1993, S. 32).

Das nationale Innovationssystem unterliegt seit der Unabhängigkeit Japans – manifestiert durch den Friedensvertrag von San Francisco 1952 – keinerlei Restriktionen mehr. Für den Wiederaufbau des NIS wurden weitere Institutionen eingesetzt (STA und Japanese Government 1996a, S. 50), u. a. der Council for Reform of Science Research Structure (1947), der Science Council of Japan (1949), das Scientific Technical Administration Committee (1949) und die Japan Society for the Promotion of Science (1952). Zur Koordination von Forschung und Wissenschaft wurde die STA gegründet, die auf die F&T-Förderung ausgerichtet ist und einen Beitrag zu wirtschaftlichem Wachstum zugunsten der Menschen leisten soll. Unterstützung lieferte ferner das Japan Information Center of Science and Technology, das 1957 etabliert wurde und eine zentrale Rolle bei der Beschaffung von wissenschaftlicher und technologiespezifischer Information hat (Reuhl 1994, S. 36). Zur Beratung der Regierung kam 1959 der Council for Science and Technology hinzu (Tanaka und Hirasawa 1996, S. 999).

Die Hochwachstumsphase der 1960er Jahre

Die *1960er Jahre* waren laut STA und Japanese Government (1996a, S. 52–57) von dem 1960 vom japanischen Kabinett verabschiedeten „Plan to Double Incomes“ geprägt. Für dieses ehrgeizige Ziel eines schnellen wirtschaftlichen Wachstums benötigte die japanische Wirtschaft vermehrt gut ausgebildete Arbeitskräfte. Zusätzliche Institutionen wurden eingesetzt, und das MITI startete ein großes nationales Forschungsprogramm.

Das damalige Ministry of Education erarbeitete einen *Plan zur Steigerung der Studentenzahlen in den Natur- und Ingenieurwissenschaften*, infolgedessen es zu einem steilen Anstieg der Studentenzahlen und der Zahl von Technikern

aus Technischen Hochschulen kam. Diese starke Orientierung an Forschung und Technologie wurde begleitet von der Öffnung des japanischen Wirtschaftssystems gegenüber dem Ausland.

Zur Unterstützung der einheimischen Industrie bei der Entwicklung eigener Technologien wurden mehrere Institutionen gegründet, u. a. 1961 die Research Development Corporation of Japan. In den Fällen, in denen das Risiko einer kommerziellen Verwendung relativ gering ist, unterstützt die Research Development Corporation of Japan einzelne ausgewählte Unternehmen bei der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen. Ebenfalls 1961 wurde das Research Associations for Mining and Manufacturing Technology Law erlassen, welches die Unterstützung gemeinschaftlicher Forschungsprojekte von Industrieunternehmen verfolgte.

Vom MITI wurde 1966 ein „*National Large-Scale Project Research and Development Program*“ gestartet, das bis 1993 zahlreiche technologische Entwicklungen hervorbrachte. 1967 wurde eine Steuervergünstigung für Unternehmen erlassen, die zu steigenden Forschungsausgaben führte (ausführlich bei Johnson 1982).

Erste Erfolge der staatlichen Lenkung erfuhr Japan 1969, als es laut Porter (1991, S. 248) die ersten Roboter auf den Markt brachte. Ohne wesentliche staatliche Einflussnahme etablierte sich die Elektronikindustrie und gewann rasch Weltmarktanteile, ebenso auch die Photoindustrie und die Uhrenindustrie.

Phase des Strukturwandels in den 1970er Jahren

In den 1970er Jahren hatte Japan die Folgen des rasanten Wachstums zu tragen, verstärkt u. a. auch durch die Erhöhung der Importzölle in den USA und die Einführung des Floatings der Wechselkurse (Porter 1991, S. 422). Japan hatte den Anschluss an führende Industrienationen gewonnen und liberalisierte aufgrund außenpolitischen Drucks seine Handels-, Kapital- und Technologieimportregulierungen. Laut Kokalji und Albach (1987, S. 49) waren jedoch noch junge Industrien wie z. B. die Computerindustrie davon ausgenommen. Zwei grundsätzliche Herausforderungen gab es in den 1970er Jahren für Japan: Zum einen gab es als Folge des schnell wachsenden Wohlstands große *Umweltprobleme*, zum anderen bedeuteten die zwei Ölkrisen von 1973 und 1979 zusätzliche Belastungen durch die Erdölverteuerung für die japanische Wirtschaft. Demzufolge wurde die F&T-Politik um Umwelt- und Energieaspekte inhaltlich erweitert. Schwerpunkte setzte Japan vor allem auf die Computer- und die Halbleiterindustrie.

Für *Umweltfragen* wurde laut STA und Japanese Government (1996a, S. 58) 1971 die Environment Agency eingerichtet, und die Anstrengungen zur Verminderung der Umweltverschmutzung wurden stark ausgedehnt. Auf die erste Ölkrise reagierte die japanische Regierung 1974 mit zwei Langzeitprogrammen:

zum einen mit dem sog. „*Sunshine Project*“, welches FuE in neuen *Energetischen Techniken* verstärken sollte, zum anderen mit dem „*Moonlight-Project*“ von 1978, das der Erforschung energiesparender Technologien diente (Wattenberg 1992, S. 94). Ergebnis der Programme waren u. a. kraftstoffsparende Autos, die mit großem Erfolg in den 1980er Jahren weltweit verkauft wurden. Die Wirtschaft richtete ihre FuE-Aktivitäten verstärkt auf die Energieeinsparung aus.

Wegen der rückläufigen Wachstumsraten wurde in Japan ein verstärktes Augenmerk auf neue Wirtschaftszweige und neue Technologien gelegt. Besonders die *Computer- und Halbleiterindustrie* wurden stark unterstützt (ausführlich bei Anchordoguy 1990). Ein Gesetz zur F&T-Förderung der Computerindustrie, ihr anverwandter Bereiche sowie der „*Very Large Scale Integrated Circuits*“ (VLSI) wurde 1972 erlassen. Im Anschluss daran spielte vor allem die sog. „*VLSI-Group*“ eine wichtige Rolle für die Weiterentwicklung der japanischen Halbleiterindustrie (Abschnitt D.II.4.d)). So betrat Japan 1976 mit der Entwicklung eines Computers mit einem 256 KB Chip durch seine Großindustrie den Weg in eine internationale Führungsrolle. Der Chip kam wenige Jahre später auf den Markt und manifestierte nach Reuhl (1994, S. 43–44) die Abkehr Japans von der Imitatorrolle hin zur technologischen Führerschaft. Ferner wurde 1973 auch die Tsukuba-Universität – eine heutzutage bedeutende wissenschaftliche Einrichtung – neu errichtet (Reuhl 1994, S. 70).

Internationalisierungsphase ab 1980

Aufgrund der starken Automobil-, Computer- und Elektronikindustrie schloss Japan zu den exportstärksten Nationen USA und Deutschland auf. Technologisch hatte Japan eine weltweit führende Rolle in der Halbleiterindustrie, in der Stahl- und Eisenverarbeitung, in der Automobilindustrie, in der Unterhaltungselektronik und in der Optik erreicht, so Ehrke (1993, S. 38). Aufgrund dieser Entwicklungen und aufgrund der für die Erhaltung der Führungsposition noch unzureichenden Grundlagenforschung erarbeitete die Regierung eine neue F&T-Strategie.

In den Mittelpunkt sollten eine „*kreative Wissenschaft und Forschung*“ sowie eine Verstärkung der Grundlagenforschung gestellt werden (Schwerpunktthema in STA 1996b). Dazu wurde u. a. 1981 bei der STA der Special Coordination Funds for Promoting Science and Technology eingerichtet, mit dem die F&T-Politik besser koordiniert werden soll (OECD 1995a, S. 83). Zwei weitere Programme „*Exploratory Research for Advanced Technology*“ sowie „*Research and Development Project of Basic Technologies for Future Industries*“ richten sich ebenfalls auf die Verstärkung der Grundlagenforschung.

In den *1990er Jahren* wird diese generelle Ausrichtung von Japan beibehalten. Dabei konzentriert sich Japan auf die Grundlagenforschung, die Raumfahrt und Lebenswissenschaften und geht vermehrt Kooperation mit anderen Ländern ein (Abschnitt D.II.4.). Eine starke Fokussierung auf die Förde-

rung großer Wirtschaftszweige wie z. B. der Automobilindustrie ist gegenüber vorherigen Dekaden nicht mehr so stark anzutreffen. Die staatliche F&T-Förderung wie auch die gesamten FuE-Ausgaben nehmen in Japan nicht mehr in dem Maße zu, wie es bis Ende der 1980er Jahre noch der Fall war (Abschnitt D.II.3.). Japan versucht auch eine kreativere Forschung aufzubauen, da sie als wichtiger Baustein für den Erhalt der technologischen Führung angesehen wird.

Fazit

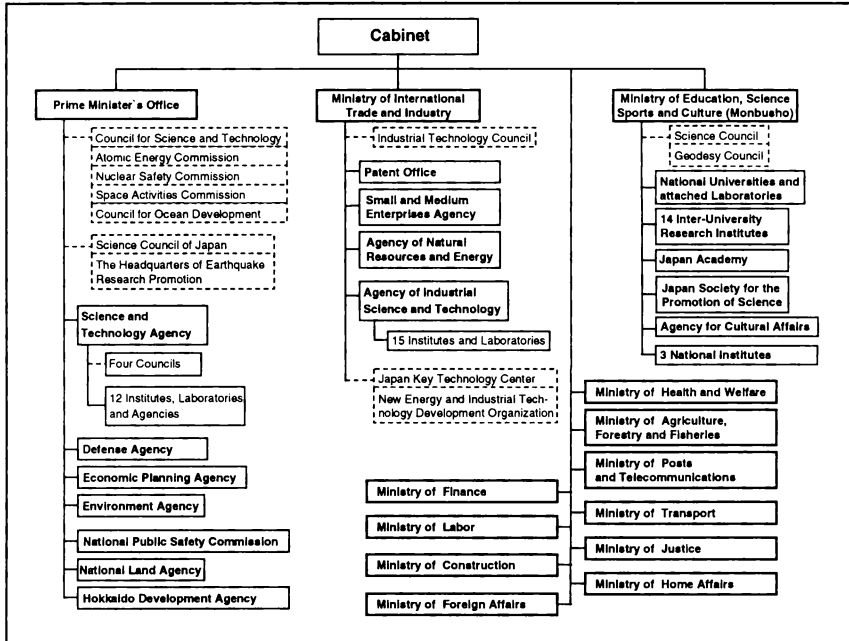
Das nationale Innovationssystem Japans hat seine Struktur erst Anfang des 20. Jahrhunderts erhalten, die insbesondere nach dem verlorenen Zweiten Weltkrieg deutlich geschärft wurde. Für den Wiederaufbau des Landes und der Wirtschaft im speziellen übernahm der Staat eine aktive Rolle. Japan schaffte es, binnen einiger Jahrzehnte zu den technologisch führenden Ländern aufzuschließen. Dabei vollzog sich eine wirtschaftliche Entwicklung, die oftmals auch als „Japanese Model“ bezeichnet wird: von der Schwerindustrie zum Maschinen- und Automobilbau und dann zur Elektronik- und Computerindustrie (Ehrke 1993, S. 38). Die gesamte Strategie war stets auf das Erreichen einer führenden Rolle auf dem Weltmarkt ausgelegt, wobei der japanische Binnenmarkt für ausländische Konkurrenten häufig geschlossen war und die Entwicklung der geschützten Wirtschaftszweige begünstigte. Unterstützend wirkte zusätzlich der intensive Wettbewerb auf dem Binnenmarkt (Porter 1991, S. 433).

In Japan gibt es jedoch Schwierigkeiten, mit der neu erreichten Position fertig zu werden, denn das Finanzwesen ist nicht vollständig ausgebildet. Dies zeigte sich u. a. 1990 mit dem starken Einbruch der Aktienkurse an der Tokioter Börse und den seitdem geringen Wachstumsraten des Bruttoinlandsprodukt Japans (ausführlich bei Lichtblau und Breuer 1995, S. 4–7). Insgesamt scheint das japanische NIS für die Bewältigung dieser Aufgaben aufgrund der guten Erfolge bis in die 1980er Jahre und der guten technologischen Position (Abschnitt E.I.) für das 21. Jahrhundert gerüstet zu sein. Die Kernfrage ist für Lichtblau und Breuer (1996, S. 39–41), ob Japan nach der Strategie des Aufholens auch bei einer technologischen Führungsrolle genauso erfolgreich sein wird.

2. Die staatlichen Akteure im nationalen Innovationssystem Japans

Im nationalen Innovationssystem (NIS) Japans gibt es eine enge Verflechtung von Staat, Wirtschaft und Wissenschaft. Die Verflechtung der verschiedenen Akteure untereinander und eine damit einhergehende Konsensorientierung bilden ein Fundament für die technologische Wettbewerbsfähigkeit des Landes. Für die Kooperation von Unternehmen im vorwettbewerblichen Bereich ist das MITI zuständig, während die F&T-politische Konzeption vom Council for Science and Technology (CST) und der Science and Technology Agency (STA)

übernommen wird. Für die staatliche F&T-Politik sind in Japan neben dem MITI, dem CST und der STA auch das Büro des Premierministers und einige weitere Ministerien verantwortlich (Abb. 36).



Es sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur ausgewählte Councils, Institute, Forschungseinrichtungen und Behörden aufgeführt

Quelle: STA und Japanese Government (1998, S. 170–172)

Abbildung 36: Übersicht über die staatlichen Akteure im japanischen NIS 1997

Von den einzelnen Behörden bzw. Ministerien sind insbesondere das Ministry of Education, Science, Sports and Culture, das sog. Monbusho, die STA, das MITI sowie die Defense Agency verantwortlich. Diese vier Behörden zusammen vereinten 1997 insgesamt 88,3 % der gesamten staatlichen FuE-Ausgaben von 3.029 Mrd. Yen auf sich (Tab. 36, Abb. 37). Die staatlichen FuE-Ausgaben entstammen in der Regel drei Quellen: Das Wissenschafts- und Technologieförderungsbudget sowie die Forschungsmittel aus allgemeinen Budgets umfassen ca. eine Hälfte des gesamten FuE-Budgets, und die andere Hälfte stammt aus speziellen Budgets.

Büro des Premierministers mit Beratungsgremien und Behörden

Das *Büro des Premierministers* hat die Aufgabe, die politischen Zielsetzungen zu formulieren und die Folgen der Umsetzung von bestimmten Zielen der F&T-Politik zu untersuchen (Pohl 1985, S. 86). Es hat 40.000 Mitarbeiter. Das Büro des Premierministers wird laut STA und Japanese Government (1996b,

DOI <https://doi.org/10.3790/978-3-428-49907-6>

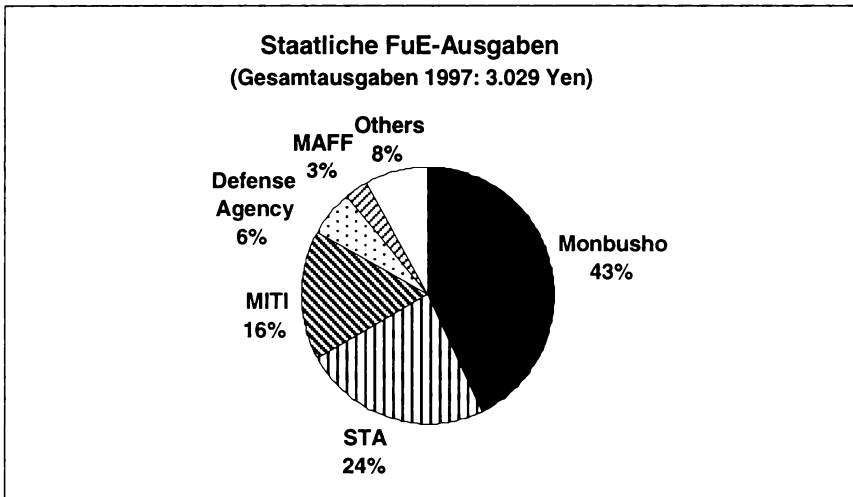
S. 171) von sechs beratenden Gremien hinsichtlich der F&T-Politik unterstützt, so u. a. vom Council for Science and Technology, das als höchstes F&T-politisches Beratungsorgan die grundsätzlichen Empfehlungen für staatliche F&T-Förderprogramme erstellt (Horres und Kreiner 1992, S. 11).

Tabelle 36

**Ausgaben in Mio. Yen für Wissenschaft, Forschung und Technologie
in Japan nach Ministerien und Behörden in 1997**

Ministry or Agency	Science and technology promotion fund	%	Other research appropriations from general account budget	%	Science and technology appropriations from special accounts	%	Total amount of Science and Technology Budget	%
Ministry of Education, Science, Sports and Culture	166.184	19,6	157.946	25,0	964.833	62,3	1.288.963	42,6
Science and Technology Agency	382.190	45,0	189.221	30,0	163.075	10,5	734.486	24,3
Ministry of International Trade and Industry	78.031	9,2	43.015	6,8	351.333	22,7	472.380	15,6
Defense Agency	–	–	175.340	27,8	–	–	175.340	5,8
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries	86.286	10,2	11.385	1,8	3.210	0,2	100.881	3,3
Ministry of Health and Welfare	70.994	8,4	5.609	0,9	14.909	1,0	91.512	3,0
Ministry of Posts and Telecommunications	19.993	2,4	11.684	1,8	26.000	1,7	57.677	1,9
Ministry of Construction	7.082	0,8	13.356	2,1	18.495	1,2	38.933	1,3
Ministry of Transport	14.613	1,7	7.293	1,2	1.214	0,1	23.120	0,8
Environment Agency	16.135	1,9	1.850	0,3	–	–	17.985	0,6
Ministry of Foreign Affairs	–	–	12.987	2,1	–	–	12.987	0,4
Ministry of Labor	887	0,1	7	0,0	3.445	0,2	4.338	0,1
Ministry of Finance	741	0,1	132	0,0	1.297	0,1	2.170	0,1
Ministry of Justice	2.014	0,2	–	–	–	–	2.014	0,1
National Police of Japan	1.492	0,2	24	0,0	–	–	1.516	0,1
Science Council of Japan	–	–	1.350	0,2	–	–	1.350	0,0
Economic Planning Agency	1.065	0,1	–	–	–	–	1.065	0,0
Ministry of Home Affairs	757	0,1	14	0,0	–	–	771	0,0
Diet	592	0,1	–	–	–	–	592	0,0
National Land Agency	–	–	473	0,1	–	–	473	0,0
Hokkaido Development Agency	210	0,0	1	0,0	–	–	211	0,0
Total	849.265	28,0	631.686	20,9	1.547.811	51,1	3.028.764	100

Quelle: STA und Japanese Government (1998, S. 176). Basis für Abb. 37.



MAFF: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries
Zahlenquelle: Tabelle 34

Abbildung 37: Anteil an den gesamten staatlichen FuE-Ausgaben in 1997

Daneben gibt es die Atomic Energy Commission, die Nuclear Safety Commission, die Space Activities Commission, der Council for Ocean Development sowie der Science Council of Japan (Holzkämper 1995, S. 42). Letzterer wird häufig auch als „Parlament der Wissenschaftler“ apostrophiert (Horres und Kreiner 1992, S. 11) und erstellt Empfehlungen für die Mittelvergabe, für die Verwertung wissenschaftlicher Entdeckungen sowie die Ausbildung von Wissenschaftlern. Von großer Bedeutung für die Finanzierung von Forschung und Technologie sind die Science and Technology Agency und die Defense Agency.

Beim Büro des Premierministers wurde 1956 die *Science and Technology Agency* (STA) als eigenständige Behörde eingerichtet. Die Schwerpunkte der STA liegen nach Neuschwander (1994, S. 160) in der Förderung der Atomenergie sowie der Luft- und Raumfahrt. Mit 734 Mrd. Yen hatte die STA 1997 einen Anteil von 24,3 % an den gesamten staatlichen FuE-Ausgaben (Abb. 37).

Die Koordination der Militärforschung übernimmt in Japan die *Defense Agency*, die 1997 einen Etat von 175,3 Mrd. Yen und einen Anteil von 6,2 % an den gesamten staatlichen FuE-Ausgaben hatte. Sie ist für die gesamte militärische Forschung verantwortlich und prägt die japanische Verteidigungspolitik.

Ministerien

Unter den *Ministerien* hat das Finanzministerium zwar die Gesamtverantwortung für das staatliche Budget, nimmt selbst aber kaum Einfluss auf die F&T-Politik. Von den übrigen Ministerien haben in Japan das *Ministry of Education, Science, Sports and Culture* und das *Ministry for International Trade*

and Industry maßgeblichen Einfluss auf die F&T-Politik, ergänzt von drei etwas weniger gewichtigen Ministerien:

- Das *Ministry of Education, Science, Sports and Culture (MESSC)*, das sog. Monbusho, ist gemäß Pohl (1985, S. 88) insbesondere für die Grundlagenforschung, die universitäre und die interuniversitäre Forschung zuständig. Das Monbusho hatte 1997 mit 1.289 Mrd. Yen und einem Anteil von 42,6 % an den gesamten staatlichen FuE-Ausgaben das mit Abstand größte FuE-Budget. Das Monbusho übernimmt laut BfAI (1993, S. 19) vor allem die Finanzierung der Universitäten, an denen es selbst über 400 angegliederte Forschungsinstitute betreibt. Dazu zählen auch die „Centers of Excellence“, in denen die forschenden Universitäten eine gewichtige Rolle haben sollen (Tadao 1992, S. 46). Weitere Schwerpunkte liegen in der Förderung junger Forscher sowie in der Förderung der Fusionsforschung, der Erforschung globaler Umweltveränderungen, der Raumfahrt, der Antarktisforschung, der Hochenergiephysik sowie der Wissenschaftsinformation.
- Das *Ministry of International Trade and Industry (MITI)* wurde 1949 mit dem Ziel gegründet, die Entwicklung der Wirtschaft und der Industrie voranzutreiben, um eine wohlhabende Gesellschaft mit hoher Lebensqualität aufzubauen (Fuji 1994, S. 28). Angegliedert an das MITI sind nach STA und Japanese Government (1996b, S. 173) u. a. als beratendes Gremium der Industrial Technology Council sowie als Behörden das Patent Office, die Small and Medium Enterprises Agency (SMEA), die Agency of Natural Resources and Energy sowie die Agency of Industrial Science and Technology (AIST).

Zuständig ist das MITI vor allem für den Außenhandel, die Steuerung von Strukturentwicklungen sowie für die längerfristige Planung über sog. „Administrative Guidelines“ (umfassende Ausführungen hierzu bei Johnson 1982, S. 242–274; Abschnitt D.II.4.c)). Die Lenkung der allgemeinen, angewandten und industriell verwertbaren Forschung betreiben das MITI und die AIST über Entwicklungsprojekte im Bereich der grundlagenorientierten Industrie- und Verbundforschung (Pugel 1984, S. 421–423). Förderungsschwerpunkte sind nach wie vor die Bereiche der Energie, Informationstechnik, Chemie und Biotechnologie (Pohl 1985, S. 88). Das FuE-Budget des MITI belief sich 1997 auf insgesamt 472,4 Mrd. Yen, das entspricht einem Anteil von 15,6 % an gesamten staatlichen FuE-Ausgaben.

Unter den restlichen Ministerien haben noch das Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, das Ministry of Health and Welfare und das Ministry of Posts and Telecommunications eine zu erwähnende, wenn auch eine finanziell geringe Bedeutung. Das Ministry of Posts and Telecommunications ist vor allem für den Aufbau der Informations-Infrastruktur in Japan verantwortlich. Alle anderen Ministerien verfügen über ein geringes FuE-Budget und spielen eine vergleichsweise geringe Rolle für die F&T-Politik.

Fazit

Das japanische nationale Innovationssystem ist insgesamt durch ein breites Institutionengeflecht geprägt, das sich durch ein kooperatives Miteinander auszeichnet (McMillan 1984, S. 64). Dies spiegelt sich u. a. in den vielen gemeinsam von Staat und Wirtschaft geförderten Forschungseinrichtungen wider (Abschnitt D.II.3.). Dieses Geflecht ist ein wichtiger Baustein und hat bis Anfang der 1990er Jahre für den Erfolg der japanischen Wirtschaft und den Anschluss Japans an die technologisch führenden Länder gesorgt. Durch vorwettbewerbliche Kooperationen in einigen Wirtschaftszweigen, die vielfach vom MITI bzw. der ihm angehörigen AIST koordiniert wurden, sollten unnötige Parallelentwicklungen weitgehend minimiert werden (Abschnitt D.II.4.d)).

In Japan gibt es unter den staatlichen Behörden und Ministerien eine weitgehend *klare Aufgabenverteilung*. Bezüglich der finanziellen Ausstattung und Gestaltung der staatlichen F&T-Politik dominieren drei Ministerien bzw. Behörden, doch gibt es unter den Ministerien auch Zuständigkeitsschwierigkeiten.

Mit dem Monbusho, der STA und dem MITI bestimmen drei Behörden bzw. Ministerien die staatliche F&T-Politik Japans, die jeweils unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Hinsichtlich der finanziellen Ausstattung verfügt das *Monbusho* über das größte FuE-Budget, verwendet aber einen Großteil seiner Mittel für die Finanzierung der Universitäten. Bezüglich der Gestaltung der F&T-Politik hat die *STA* die größte Kompetenz und Befugnis. In Richtung Koordination der Industrieforschung nimmt das *MITI* eine zentrale Rolle im japanischen NIS ein. Ergänzt werden diese Behörden bzw. Ministerien vor allem vom *Council for Science and Technology* als federführender Einrichtung für die Konzeption einer F&T-politischen Strategie.

Die Wirksamkeit der staatlichen Lenkung wird u. a. durch die Rivalität der einzelnen Ministerien, z. B. zwischen dem Finanzministerium und MITI beeinträchtigt (Übersicht über die Diskussion bei McMillan 1984, S. 51; Kobayashi 1980, S. 110). Die *Zuständigkeitsschwierigkeiten* betreffen gemäß Neuschwander (1994, S. 69) auch Schlüsseltechnologien: Die Biotechnologie fördern sowohl das MITI als auch der Council for Science and Technology über eigene, zum Teil konkurrierende Programme. Bei der Telekommunikation ringen das MITI und das Ministry of Posts and Telecommunications u. a. um die Kompetenzen bei der Liberalisierung der Datenfernbereiche der japanischen Telefongesellschaft „Nippon Telegraph and Telephone“. Diese Beispiele zeigen, dass die Konsensorientierung in Japan nicht uneingeschränkt gilt. Auch unter den japanischen Ministerien gibt es ein übliches Ringen um Kompetenzen und Zuständigkeiten.

Insgesamt zeigt das japanische NIS eine recht klare Struktur und Aufgabenverteilung unter den staatlichen Behörden und Ministerien. Von zentraler Bedeutung für die gesamte F&T-Politik ist in den 1990er Jahren die STA und

nicht das MITI, welches vor allem bis in die 1980er Jahre mit seiner Industriepolitik für Erfolge sorgte.

3. Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung

Die FuE-Finanzierung und die FuE-Durchführung werden in Japan in erster Linie von der Wirtschaft wahrgenommen. Die staatlichen Forschungseinrichtungen sind ebenfalls wie die Unternehmen stark auf die Innovationsphase der Entwicklung konzentriert, während die Universitäten vorwiegend in der Grundlagenforschung aktiv sind. Die gesamten FuE-Ausgaben Japans lagen 1995 bei 13,19 Billionen Yen (Tab. 37).

Tabelle 37
**Finanzierung und Durchführung von Forschung und Entwicklung
nach Sektoren in Japan im Jahr 1995**

Finanzierung Durchführung	Total	Wirt- schaft	Staat	Universi- täten und Colleges	Private, gemeinnüt- zige Forschungs- einrichtungen	Ausland	Prozen- tualer Anteil
Total in Mrd. Yen	13.191,2	9.635,0	2.865,8	601,5	73,9	15,1	100,0
Wirtschaft	9.395,9	9.223,0	149,4	0,0	10,3	13,2	71,2
Staatliche Forschungs- einrichtungen	1.349,3	10,0	1.338,9	0,0	0,3	0,1	10,2
Universitäten und Colleges	1.874,7	67,2	1.201,9	601,4	3,9	0,3	14,2
Private, gemeinnützige Forschungseinrichtungen	571,3	334,7	175,5	0,0	59,4	1,6	4,3
Prozentualer Anteil	100,0	73,0	21,7	4,6	0,6	0,1	

Angaben in Mrd. Yen. Wegen Auf- und Abrundungen stimmen die Summen nicht immer mit den Gesamtwerten überein. Aufgrund unterschiedlicher Erhebungsverfahren und Einteilungen unterscheiden sich die Werte und die Bezeichnungen gegenüber Tab. 38.

Quelle: STA und Japanese Government (1998, S. 312)

Finanzierung von Forschung und Entwicklung

Die Finanzierung übernimmt in Japan zum Großteil die Wirtschaft selbst, während der Staat, die privaten Universitäten und Colleges sowie das Ausland eine eher untergeordnete Rolle spielen. Allein 73 % aller FuE-Ausgaben wurden 1995 von der Wirtschaft finanziert (Zahlen aus STA und Japanese Government 1998, S. 314, Tab. 37; Entwicklung gemäß Tab. 38, wegen unterschiedlicher Abgrenzungen der OECD unterscheiden sich die Werte gegenüber Tab. 37):

- Die *Wirtschaft* finanzierte 1995 FuE-Ausgaben in Höhe von 9,64 Billionen Yen und hatte damit einen Anteil von 73,0 % an den gesamten FuE-Ausgaben Japans (Tab. 37). Dieser Anteil ist stabil und liegt in etwa auf

Tabelle 38

FuE-Ausgaben nach finanzierenden Sektoren in Japan für die Jahre 1985 bis 1995

Sektor	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate in %	
												1985-1989	1990-1995
Wirtschaft	74,0	73,7	73,5	75,4	77,1	77,9	77,4	76,0	73,4	73,4	72,3	8,75	2,24
Staat	19,1	19,4	19,6	18,1	16,8	16,1	16,4	17,5	19,7	19,5	20,9	4,20	7,12
Sonstige inländische Quellen	6,8	6,8	6,8	6,4	6,1	5,9	6,1	6,3	6,8	6,9	6,7	4,70	4,85
Ausland	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	7,58	3,25
Total in Mrd. Yen	8.275	8.563	9.162	9.932	11.075	12.278	12.924	13.001	12.737	12.627	13.369	7,60	3,28

Angaben in Prozent der gesamten FuE-Ausgaben bzw. in Mrd. Yen. Die jährlichen Wachstumsraten wurden auf Basis der Anteile errechnet. Aufgrund unterschiedlicher Erhebungsverfahren und Abgrenzung unterscheiden sich die Werte gegenüber Tab. 37 und auch die Bezeichnungen.

Quelle: OECD (1998, S. 79), OECD (1992c, S. 78), eigene Berechnungen

dem Niveau der 1980er Jahre, nachdem er Anfang der 1990er Jahre noch bei über 77 % gelegen hatte (Tab. 38).

- Unter *Staat* werden von STA und Japanese Government (1998, S. 312) die nationale Regierung und die lokalen Regierungen, nationale und lokale staatliche Forschungseinrichtungen, öffentliche Universitäten und Colleges sowie forschungsorientierte staatliche Unternehmen gerechnet. Der Staat gab 1995 insgesamt 2,87 Billionen Yen für FuE aus, was einem Anteil von 21,7 % entspricht (Tab. 37). Der Anteil der staatlichen F&T-Förderung an den gesamten FuE-Ausgaben hatte ein Minimum von 16,1 % in 1990, steigt aber seitdem stetig an (Tab. 38).
- Unter den *sonstigen inländischen Quellen* (Abgrenzung nach Tab. 38) gibt es als FuE-Finanzierer in Japan zum einen die *privaten Universitäten und Colleges* mit 0,60 Billionen Yen und einem Anteil von 4,6 % an den gesamten FuE-Ausgaben (Tab. 37). Zum anderen zählen die *privaten, gemeinnützigen Forschungseinrichtungen* mit 0,07 Billionen Yen und einem Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben von 0,6 % dazu (Tab. 37).
- Von noch geringerer Bedeutung als die sonstigen inländischen Quellen ist das *Ausland* mit 0,02 Billionen Yen und einem Anteil von 0,1 % an den gesamten FuE-Ausgaben (Tab. 37).

Durchführung von Forschung und Entwicklung

Ähnlich wie auf der Finanzierungsseite ist die Struktur im japanischen NIS auch auf der Seite der Durchführung von Forschung und Entwicklung ausgeprägt. Zwischen 1985 und 1995 gab es nur geringfügige Änderungen in bezug auf die prozentuale Verteilung der FuE-Ausgaben auf verschiedene Sektoren.

Die *Wirtschaft* ist klar vorherrschend bei den Ausgaben für die FuE-Durchführung (Tab. 37). Ferner haben auch die staatlichen Forschungseinrichtungen sowie die Universitäten und Colleges eine nicht unbedeutende Funktion. Private Forschungseinrichtungen sind hingegen von etwas nachgeordneter Wichtigkeit, was ihren Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben anbelangt (Entwicklung in Tab. 39; wegen unterschiedlicher Abgrenzungen der OECD unterscheiden sich die Werte gegenüber Tab. 37). Insgesamt haben sich die Anteile zwischen 1985 und 1995 kaum verändert. Dabei setzt Japan einen deutlichen Schwerpunkt mit 60,5 % der gesamten FuE-Ausgaben auf die Entwicklung, vor 24,6 % auf die angewandte Forschung und 15,0 % auf die Grundlagenforschung (Zahlen aus STA und Japanese Government 1998, S. 312–313).

Tabelle 39

FuE-Ausgaben nach durchführenden Sektoren in Japan für die Jahre 1985 bis 1995

Sektor	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate in %	
												1985-1989	1990-1995
Wirtschaft	71,8	71,5	70,9	72,7	74,3	75,5	75,4	73,5	71,1	71,1	70,3	8,57	2,40
Universitäten und Colleges	14,2	14,0	14,0	13,3	12,5	12,2	12,1	12,8	14,0	14,1	14,5	4,20	5,82
Staatliche Forschungseinrichtungen	9,8	9,8	10,3	9,4	8,6	8,0	8,1	8,9	10,0	9,7	10,4	4,22	6,66
Private, gemeinnützige Forschungseinrichtungen	4,2	4,7	4,8	4,6	4,5	4,4	4,4	4,7	4,9	5,0	4,8	9,51	4,34
Total in Mrd. Yen	8.275	8.563	9.162	9.932	11.075	12.278	12.924	13.001	12.737	12.627	13.369	7,60	3,28

Die jährlichen Wachstumsraten wurden auf Basis der Anteile errechnet. Aufgrund unterschiedlicher Erhebungsverfahren und Abgrenzungen unterscheiden sich die Werte gegenüber Tab. 37.

Quelle: OECD (1998, S. 79), OECD (1992c, S. 78), eigene Berechnungen

FuE betreibt in Japan vor allem die *Wirtschaft*, darunter haben drei Wirtschaftszweige eine zentrale Bedeutung. Mit FuE-Ausgaben in Höhe von 9,40 Billionen Yen hatte sie 1995 einen Anteil von 71,2 % an den gesamten FuE-Ausgaben bei einer Eigenfinanzierungsquote von 95,7 % (Tab. 37). Von den FuE-Ausgaben wurden 71,3 % für die Entwicklung, 20,5 % für die angewandte Forschung und 6,6 % für die Grundlagenforschung verwendet (STA und Japanese Government 1998, S. 312–313).

Hinsichtlich der *Wirtschaftszweige* zeigt sich ein deutliches Übergewicht dreier Wirtschaftszweige. Sowohl nach den FuE-Ausgaben als auch nach der Anzahl der beschäftigten Forscher in den FuE-betreibenden Unternehmen gibt es in Japan eine klare Dominanz der Wirtschaftszweige „Elektrische Maschi-

Tabelle 40

**FuE-Ausgaben und Anzahl an Forschern der FuE-betreibenden Unternehmen
in 1995 nach Wirtschaftszweigen**

Sector	Number of companies	Research expenditures performed (Mio. Yen)	Research expenditures (%)	Number of re-searchers	Re-searchers (%)	Research expenditures per researcher (Mio. Yen)
Agriculture, forestry and fisheries	43	8.741	0,1	360	0,1	24,3
Mining	31	22.854	0,2	668	0,2	34,2
Construction	1.034	204.363	2,2	8.082	2,1	25,3
Manufacturing	13.290	8.774.360	93,4	361.064	95,9	24,3
Food	1.712	219.872	2,3	10.640	2,8	20,7
Textiles	570	79.891	0,9	3.904	1,0	20,5
Pulp and paper products	169	50.122	0,5	2.333	0,6	21,5
Printing and publishing	26	31.238	0,3	1.417	0,4	22,0
Chemicals	1.661	1.554.884	16,5	61.124	16,2	25,4
Petroleum and coal products	75	67.750	0,7	2.097	0,6	32,3
Plastic products	453	122.735	1,3	5.479	1,5	22,4
Rubber products	239	124.043	1,3	6.621	1,8	18,7
Ceramics	693	199.970	2,1	8.633	2,3	23,2
Iron and steel	127	213.541	2,3	6.093	1,6	35,0
Non-ferrous metals and products	205	153.594	1,6	5.220	1,4	29,4
Fabricated metal products	901	118.093	1,3	6.757	1,8	17,5
General machinery	2.292	705.222	7,5	33.973	9,0	20,8
Electrical machinery	1.963	3.273.601	34,8	145.010	38,5	22,6
Transport equipment	905	1.360.871	14,5	35.623	9,5	38,2
Precisions instruments	772	355.401	3,8	18.146	4,8	19,6
Other manufacturing	526	143.531	1,5	7.994	2,1	18,0
Transport, communication and public utility	86	385.578	4,1	6.465	1,7	59,6
Total	14.485	9.395.896	100,0	376.639	100,0	24,9

Quelle: STA und Japanese Government (1998, S. 319)

nen“, „Chemie“ und „Transportgeräte“ – unter letzterer hat der Straßenfahrzeugbau ein hohes Gewicht (Tab. 40):

- Bezüglich der *FuE-Ausgaben* entfielen 1995 auf alle drei Wirtschaftszweige zusammen 65,9 % aller FuE-Ausgaben: Die „Elektrischen Maschinen“ hatten 3,27 Billionen Yen für FuE ausgegeben (34,8 % Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben der FuE-betreibenden Unternehmen), gefolgt von „Chemie“ mit 1,55 Billionen Yen (16,5 %) und den „Transportgeräten“ mit 1,36 Billionen Yen (14,5 %).

- Ähnlich auch die Schwerpunktverteilung bei den *Forschern*, von denen 1995 insgesamt 64,2 % in den drei Wirtschaftszweigen beschäftigt waren. 1995 waren in Japan 376.639 Forscher in FuE-betreibenden Unternehmen beschäftigt. Mit 145.010 Forschern lagen „Elektrische Maschinen“ (Anteil 38,5 %) vor „Chemie“ (16,2 %) und „Transportgeräten“ (9,5 %).

Die zweithöchsten FuE-Ausgaben nach der Wirtschaft verzeichneten mit 1,87 Billionen Yen und einem Anteil von 14,2 % die *privaten und staatlichen Universitäten und Colleges* (Tab. 37). Von ihren Ausgaben flossen 53,0 % in die Grundlagenforschung, 37,6 % in die angewandte Forschung und nur 9,3 % in die Entwicklung (STA und Japanese Government 1998, S. 312–313). Von den japanischen Regierungen der vergangenen Jahre hat es eine Stärkung der Position der Universitäten als Forschungsstätten gegeben, nachdem sie lange Zeit ein „Elfenbeinturm-Dasein“ hatten (Prognos 1983a, S. 1). An die Universitäten angegliedert sind zur Verbesserung ihrer FuE-Leistung mehr als 65 Research Institutes Attached to National Universities und 14 National Inter-University Research Institutes, von denen sieben in den Natur- und Ingenieurwissenschaften tätig sind (Reuhl 1994, S. 153–154). Diese beiden Arten an Forschungseinrichtungen stehen allen Forschern offen und werden vom Monbusho verwaltet. Zusätzlich gibt es über 430 weitere Institute, Forschungszentren und -einrichtungen, die den öffentlichen und privaten Universitäten zugeordnet sind (BfAI 1995b, S. 22).

Die *staatlichen Forschungseinrichtungen* gaben 1995 für die FuE-Durchführung 1,35 Billionen Yen aus (Tab. 37). Dies entspricht einem Anteil von 10,2 % an den gesamten FuE-Ausgaben. Ihre Aufgabenschwerpunkte liegen bei der Entwicklung mit einem Anteil von 51,7 % an den gesamten FuE-Ausgaben, gefolgt von der angewandten Forschung mit 27,7 % und der Grundlagenforschung mit 20,5 % (STA und Japanese Government 1998, S. 312–313). Die staatlichen Forschungseinrichtungen werden im Allgemeinen von den einzelnen Ministerien verwaltet. Darunter sind die sog. Public Research Corporations hervorzuheben, die von der STA verwaltet werden (Tab. 41). Für Laumer (1984, S. 23) haben diese neun Großforschungseinrichtungen eher einen „halb-staatlichen Charakter“, da sie auch aus Mitteln der Wirtschaft finanziert werden. Sie erfüllen eine wichtige Funktion bei speziellen Forschungsaufgaben im Bereich der Nuklearforschung, der chemischen und physikalischen Grundlagenforschung, der Raumfahrtforschung, der Meeresforschung sowie beim Technologietransfer.

Die *privaten, gemeinnützigen Forschungseinrichtungen* gaben für die FuE-Durchführung 1995 insgesamt 0,57 Billionen Yen aus, ein Anteil von 4,3 % an den gesamten FuE-Ausgaben (Tab. 37). Auf die Entwicklung entfielen 60,8 %, auf die Grundlagenforschung 20,6 % und auf die angewandte Forschung 18,6 % der gesamten FuE-Ausgaben (STA und Japanese Government 1998, S. 312–313). Sie haben eine geringere Wichtigkeit für die FuE-Durchführung.

Tabelle 41
**Japanische Großforschungseinrichtungen mit den
 Schwerpunkten ihrer FuE-Aktivitäten**

Einrichtung	Forschungsaktivitäten
Japan Atomic Energy Research Institute	To carry out comprehensive, efficient research on nuclear energy development; conduct basic and applied research on nuclear energy; nuclear reactor design, construction and operation; R&D of nuclear-powered ships; and to disseminate information and technologies
Institute of Physical and Chemical Research, sog. „RIKEN“	To develop original, innovative technologies, conduct broad-ranging, advanced experimental basic and applied research level in physics, chemistry, agricultural science, biology and other fields; to disseminate information and technologies to the academic and to industrial sectors.
Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation	Primary development work is to establish key elements of the nuclear fuel cycle, including fuel development, uranium prospecting and mining, reprocessing of spent fuel, development of autonomous technology for fast breeder reactors, and new types of conversion reactors.
National Space Development Agency of Japan	To contribute to space science and technology and the utilization of the space environment for peaceful purposes, conduct general development of satellites and the launch vehicles to launch them, and to manage launching and tracking operations.
Japan Marine Science and Technology Center	To further science and technology useful in ocean development; conduct general experimental research, including R&D of technologies for deep-sea surveys, R&D of technologies for Ocean observation; to commission and manage large, joint-use facilities for experimental research, conduct training programs, information gathering and dissemination.
Japan Science and Technology Corporation	To commission development of new technologies, and basic research deemed necessary to develop new technologies, to disseminate information and technologies; grant concessions for the development of new technologies; promote communication among the international research community; facilitate technology transfer; supply information pertinent to the international research community.
Institute of Agricultural Machinery/Bio-oriented Technology Research Advancement Institution	To carry out R&D needed to pursue urgently and planned about agricultural technology adapted to the change of international agricultural environment with utilizing private sector, and to carry out experiment and research of development of new agricultural machines.
New Energy and Industrial Technology Development Organizations	Industrial technology research and development projects, research facility development project, and projects to promote international joint research are being conducted to promote the improvement of Japan's industrial technology, and to promote international exchange in the field of industrial technology.
Telecommunications Advancement Organization	To carry out leading-edge R&D works as a bridge to link basic research and applications in telecommunication areas, which is vital to economic and social growth, but the risks and costs are so high and the R&D period is so long that less attractive to the private sector.

Quelle: STA und Japanese Government (1998, S. 300)

Fazit

Das japanischen NIS ist insgesamt durch eine klare Dominanz der Wirtschaft sowohl auf der FuE-Finanzierungs- als auch auf der FuE-Durchführungsseite gekennzeichnet. Daraus resultiert eine klare Schwerpunktsetzung auf die Innovationsphase der Entwicklung, während die Grundlagenforschung – in der Regel an Universitäten und Colleges durchgeführt – eine eher nachrangige Rolle spielt. Diese Konstellation mag hervorragende Ergebnisse in der Aufholphase Japans hervorgebracht haben, ob dies jedoch auch für den technologischen Führer Japan in der Zukunft gelten mag, wird von der STA kritisch hinterfragt (Takeo 1992, Horres und Kreiner 1992, S. 14). Förderprogramme zur Stärkung der

DOI <https://doi.org/10.3790/978-3-428-49907-6>

Grundlagenforschung werden daher in Japan insbesondere in den 1990er Jahren verstärkt aufgelegt, um auch in Zukunft an der Spitze der technologisch führenden Länder zu liegen (Abschnitt D.II.4.b)).

4. Die Forschungs- und Technologiepolitik Japans in den 1990er Jahren

Japan hatte Ende der 1980er Jahre in vielen Technologiebereichen zu den technologisch führenden Ländern USA und Deutschland aufgeschlossen. In zahlreichen Technologiefeldern hat Japan sogar die führende Position erreicht (Kapitel 5). Diese gute Position, insbesondere in der Elektronik, im Straßenfahrzeugbau und in der Computerindustrie, zu halten und auszubauen, ist eines der generellen Ziele der japanischen Wirtschaftspolitik. Mit der Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) wollen die japanischen Regierungen die dafür notwendigen Voraussetzungen schaffen. Ihre Fokussierung in den 1990er Jahren richtet sich dabei u. a. auf die stärkere Förderung der Grundlagenforschung sowie auf den Ausbau von Großtechnologien. In Anlehnung an die vorgenommene Analyse der F&T-Politik der USA (Abschnitt D.I.4.) wird hier die japanische F&T-Politik der 1990er Jahre in sechs Aspekten betrachtet:

- Ziele und Schwerpunkte der F&T-Politik (Abschnitt D.II.4.a)),
- spezielle Förderprogramme (Abschnitt D.II.4.b)),
- Rolle des MITI und seiner sog. „Administrative Guidance“ (Abschnitt D.II.4.c)),
- Förderung der Computer- und Halbleiterindustrie und ihre Ergebnisse (Abschnitt D.II.4.d)),
- Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen (Abschnitt D.II.4.e)) und
- forschungsrelevante Rahmenbedingungen (Abschnitt D.II.4.f)).

a) Generelle Ziele der japanischen Forschungs- und Technologiepolitik in den 1990er Jahren

Nach Ende des Kalten Krieges hatte gemäß Reuhl (1994, S. 62) der Council for Science and Technology im Auftrag des Premierministers eine Stellungnahme zur zukünftigen F&T-Politik abzugeben, die am 24.1.1992 als 18. Empfehlung unter dem Namen „Comprehensive and Basic Science and Technology Policy Toward the New Century“ vorgelegt wurde. Darin enthalten ist „*The General Guideline for Science and Technology Policy*“, welche gemäß OECD (1995a, S. 79; auch Takeo 1992, S. 61) die drei grundsätzlichen Ziele der F&T-Politik für das kommende Jahrhundert enthält:

- Koexistenz der Menschen in Harmonie mit der Erde,
- Ausdehnung der intellektuellen Kapazität und

- Aufbau einer neuen Gesellschaft, in der die Menschen in Frieden leben können.

Derartige „General Guidelines“ für die F&T-Politik hat die STA seit einigen Jahren regelmäßig angefertigt (Übersicht bei STA und Japanese Government 1997, S. 163–164; Horres und Kreiner 1992, S. 41–42). Angeléht an diese Ziele werden in Japan konkretere Maßnahmen für die F&T-Politik abgeleitet, die in sieben allgemeinen Förderrichtlinien und 16 Hauptaufgabenfelder ausgedrückt werden.

Sieben Förderrichtlinien

Die Regierung nimmt für sich eine bedeutende Rolle zur Erreichung der drei Ziele in Anspruch. Sie definierte daran anknüpfend sieben allgemeine Förderrichtlinien (STA und Japanese Government 1996b, S. 159), die laut Plate (1996) bereits 1996 eine leichte Korrektur erfuhren:

- *Harmonisierung von Natur, Technik und Gesellschaft mit dem Menschen*, in der sich die japanische Vorstellung einer vereinten Welt widerspiegelt.
- *Sicherstellung einer ausreichenden Anzahl an Forschern und Wissenschaftlern*, im speziellen auch die Verbesserung der Ausbildung an den Universitäten und den sog. „Centers of Excellence“. Es sollen u. a. zwischen 1995 und 2000 ca. 10.000 Stellen für Post-Doktoranden geschaffen werden. Zusätzlich sollen Forschungsassistenten für Forschungsaktivitäten gezielt ausgebildet werden (STA und Japanese Government 1998, S. 179–182).
- *Erhöhung der Investitionen für Forschung und Entwicklung*, d. h. konkret u. a. die Verdoppelung der staatlichen FuE-Ausgaben im schnellstmöglichen Zeitraum (Näheres auch in STA und Japanese Government 1998, S. 200–201).
- *Verstärkung der FuE-Infrastruktur*, d. h. u. a. Erneuerung der Einrichtungen und Geräte an den Universitäten und nationalen Forschungseinrichtungen sowie Ausdehnung der Produktion und Verteilung von FuE-Information über Literatur- und Faktendatenbanken (STA und Japanese Government 1998, S. 189–200).
- *Aktivierung der Forschung und Verbesserung der Kreativität*, d. h. Steigerung der Mobilität von Forschern und Verbesserung der Kommunikation unter ihnen sowie Förderung des Forschergeistes und Etablierung verschiedener „Centers of Excellence“.
- *Intensivierung der internationalen Wissenschafts- und Technologieaktivitäten*, d. h. Förderung internationaler FuE-Projekte und Einbindung in sog. „Mega-Science“-Projekte sowie verstärkte Kooperation mit Entwicklungsländern. Es soll u. a. intensiver mit der UNO und den OECD-Ländern in verschiedenen internationalen Programmen zusammengearbeitet werden (STA und Japanese Government 1998, S. 208–216).

- *Förderung von Wissenschaft und Technologie in den Regionen*, d. h. Unterstützung von FuE-Projekten lokaler Regierungen, Unterstützung regionaler FuE-Aktivitäten, Aufbau exzellenter Forschungseinrichtungen in den Regionen. Hier gibt es eine Fülle von Fördermaßnahmen sowohl der Ministerien als auch der lokalen Regierungen (Übersicht in STA und Japanese Government 1998, S. 221–232).

Diese sieben Förderrichtlinien geben den Ministerien und Behörden die Richtung für die einzelnen F&T-Förderprogramme und -maßnahmen und die damit zu setzenden Schwerpunkte vor. Vor allem die geplante Verdoppelung der staatlichen FuE-Ausgaben, der weitere Ausbau der Infrastruktur sowie die Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit sind hervorhebenswert.

16 generelle Hauptaufgabenfelder

In Anknüpfung an die „General Guidelines“ und die sieben Förderrichtlinien hat die Regierung für die kommenden Jahre 16 allgemeine technologische Schwerpunkte festgelegt (STA und Japanese Government 1996b, S. 163–164). Diese Hauptaufgabenfelder haben eine unterschiedliche finanzielle Ausstattung und können zu drei Oberthemen zusammengefasst werden (Tab. 42):

Tabelle 42

16 Hauptaufgabenfelder der japanischen F&T-Politik

Main Areas of the Japanese Research and Technology Policy	
<i>Fundamental and Leading Science and Technology</i>	
1.	Material Science and Technology
2.	Information-Electronics Science and Technology
3.	Life Science and Biotechnology
4.	Soft Science and Technology
5.	Advanced Fundamental Science and Technology
6.	Space Science and Technology
7.	Ocean Science and Technology
8.	Earth Science and Technology
<i>Science and Technology for Human Coexistence</i>	
9.	Preservation of Natural Environment including Global Environment
10.	Development and Utilization of Energies
11.	Development and Recycling of Resources
12.	Continuous Production of Foods
<i>Science and Technology for Enriching Life and Society</i>	
13.	Maintenance and Improvement of Health
14.	Improvement of Living Environment
15.	Improvement of Socioeconomic Foundation
16.	Strengthening of Disaster-Preventive and Safety Missions

Quelle: STA und Japanese Government (1996b, S. 163–164)

- Zu „*Fundamental and Leading Science and Technology*“ gehören in erster Linie die Aktivitäten in der Grundlagenforschung zu acht Technologieberei-

DOI <https://doi.org/10.5790/978-3-428-49907-6>

chen bzw. -feldern (acht Hauptaufgabenfelder). Dieses enthält acht Schlüsseltechnologien.

- Unter „*Science and Technology for Human Coexistence*“ werden die Aktivitäten zur Umwelt- und Energieforschung gerechnet, die vier Hauptaufgabenfelder umfassen.
- „*Science and Technology for Enriching Life and Society*“ enthält vier Hauptaufgabenfelder aus dem Bereich der Lebenswissenschaften und der Gesundheitsforschung.

Auf diese 16 Hauptaufgabenfelder werden die F&T-Förderprogramme ausgerichtet. Dies gilt insbesondere für neue F&T-Förderprogramme, während schon länger laufende Programme meist leicht integrierbar sind.

Fazit

In Japan gibt es mit den allgemeinen Zielen und den generellen Richtlinien einen weitgespannten Rahmen für die F&T-Politik. Daran anknüpfend werden jeweils Hauptaufgabenfelder definiert. Zuletzt beinhaltete die 18. Empfehlung des Council of Science and Technology von 1992 eine Richtungsvorgabe für die F&T-Politik. Die daraus abgeleiteten Hauptaufgabenfelder umfassen neben einigen Schlüsseltechnologien auch einige umfassendere Themen. Ein anspruchsvolles Ziel ist vor allem die angestrebte Verdoppelung der staatlichen FuE-Ausgaben, obwohl kein konkreter Zeitraum genannt wurde. Japan scheint sich auch bewusst zu werden, dass nur über eine intensivere Grundlagenforschung eine Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit möglich ist, wie Plate (1996, S. 663) mit Verweis auf den Premierminister Hashimoto erwähnt.

b) Wichtige Förderprogramme der Forschungs- und Technologiepolitik

Die japanische Regierung setzt laut OECD (1995a, S. 81) verschiedene Schwerpunkte im Rahmen ihrer F&T-Politik, um damit den Ausbau der Wissenschaftsbasis und eine Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit zu erreichen. Die damit verbundenen F&T-Förderprogramme sollen in drei Schritten betrachtet werden:

- Zunächst wird ein Überblick über die staatliche F&T-Politik anhand einer Verteilung der staatlichen FuE-Ausgaben nach *sozio-ökonomischen Zielen* gegeben. Dieser bildet den Rahmen für die beiden weiteren Analysen.
- Zahlreiche *F&T-Förderprogramme* der verschiedenen Ministerien zielen auf die Verbesserung der FuE-Aktivitäten in unterschiedlichen Gebieten. Darunter haben die *Special Coordinating Funds for Promoting Science and Technology* zur Förderung der Grundlagenforschung das höchste Budget.

- Ein besonderes Augenmerk legt die Regierung auf die *Förderung der Grundlagenforschung*.

Schwerpunkte der Forschungs- und Technologiepolitik nach sozio-ökonomischen Zielen

Die Schwerpunkte der japanischen F&T-Politik werden zunächst nach sozio-ökonomischen Zielen unterschieden, wie es die OECD (1998, S. 44) in ihren Analysen regelmäßig vornimmt. Die FuE-Ausgaben des Staates in Höhe von 2,81 Billionen Yen in 1996 verteilen sich bei einer derartigen Unterscheidung vor allem auf die „Allgemeine Wissenserweiterung“, die „Energie“ und die „zivile Raumfahrt“ (OECD 1998, S. 44; NSB 1998, S. A-175). Diese drei Bereiche vereinen zusammen 78,9 % der FuE-Ausgaben auf sich. Der jeweilige Anteil an den staatlichen FuE-Ausgaben hat sich zwischen 1988 und 1996 nur unwesentlich verändert (Tab. 43):

Tabelle 43
**Prozentualer Anteil an den FuE-Ausgaben des Staates
nach sozio-ökonomischen Zielen**

Ziel	Anteil in Prozent				
	1988	1990	1992	1994	1996
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	3,9	3,6	3,6	3,5	3,4
Industrielle Entwicklung	4,8	4,3	3,9	3,7	3,8
Energie	22,3	22,6	21,3	20,5	19,8
Infrastruktur	1,7	1,7	1,9	1,9	2,0
Umweltschutz	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
Gesundheit	2,6	2,7	2,9	3,0	2,8
Sozialentwicklung	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
Erde und Atmosphäre	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3
Allgemeine Wissenserweiterung	51,3	50,6	50,8	51,2	52,1
Zivile Raumfahrt	6,1	6,5	7,1	7,5	7,0
Verteidigung	4,8	5,4	5,9	6,0	6,2
Total (Mrd. Yen)	1.715,7	1.920,9	2.134,7	2.358,5	2.810,5

Quelle: NISTEP (1995, Statistical Tables, Table 3-1-8); NSB (1996, S. 153); NSB (1998, S. A-175); OECD (1998, S. 44); eigene Berechnungen

- Zur „*Allgemeinen Wissenserweiterung*“ zählen in erster Linie die Ausgaben für die universitäre Forschung und Zuwendungen für andere, nicht klassifizierte Forschung. Von den FuE-Ausgaben in Höhe von 1,46 Billionen Yen entfielen allein 1,15 Billionen Yen auf das Budget der Universitäten. Der Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben betrug 52,1 %.
- Auf die „*Energieforschung*“ entfiel 1996 bei FuE-Ausgaben in Höhe von 557 Mrd. Yen der zweithöchste Anteil mit 19,8 %. Dabei hatte vor allem die Nuklearforschung eine große Bedeutung, insbesondere das Japanese Atomic Energy Research Institute und die Power Reactor and Nuclear Fuel Devel-

opment Corporation der STA. Für das New Sunshine Program wurden 1996 zur Erforschung rationeller Energieverwendung und neuer Energieträger 56 Mrd. Yen bereitgestellt (STA und Japanese Government 1998, S. 308).

- Die Forschung auf dem Gebiet der „*zivilen Raumfahrt*“ hatte 1996 mit 197 Mrd. Yen und 7,0 % Anteil an den staatlichen FuE-Ausgaben den drittgrößten Anteil erreicht. Von den staatlichen FuE-Ausgaben werden etwa drei Viertel von der STA für Arbeiten an der National Space Development Agency und am National Aerospace Laboratory vergeben. Im Juli 1994 veröffentlichte die Space Activities Commission in einer „Vision“ vier wesentliche Ziele des Raumfahrtprogramms (BfAI 1995b, S. 12–13): globales Erdbeobachtungssystem, Verstärkung des Wissenschaftsprogramms mit Planeten- und Monderkundung, Aktivitäten im Weltraum in einer internationalen Weltraumstation sowie Entwicklung und Betrieb einer neuen Weltrauminfrastruktur (Näheres in STA und Japanese Government 1998, S. 250–256; ausführlich auch bei Hild 1993). Zusammen mit den USA, den Mitgliedsstaaten der European Space Agency (ESA), Kanada und Russland arbeitet Japan an der Entwicklung der internationalen Weltraumstation (International Space Station) mit (OECD 1995a, S. 81–84). Japan ist dabei u. a. für ein experimentelles Modul zuständig.

F&T-Förderprogramme

Den verschiedenen sozio-ökonomischen Zielen liegen neben der institutionellen Förderung vor allem verschiedene F&T-Förderprogramme zugrunde. Die F&T-Förderprogramme werden im Allgemeinen von den Ministerien und Behörden verwaltet (Tab. 44). Das FuE-Budget für einige der wichtigsten F&T-Förderprogramme belief sich 1996 auf insgesamt 167,2 Mrd. Yen (STA und Japanese Government 1998, S. 306–308). Aus den zahlreichen F&T-Förderprogrammen lassen sich fünf F&T-Förderprogramme hervorheben, die nach der Höhe des finanziellen Budgets und nach Einschätzung der Regierung von großer Relevanz sind.

- Die *Special Coordinating Funds for Promoting Science and Technology* wurden 1981 von der STA zur Förderung der Grundlagenforschung, von bahnbrechenden Forschungsprojekten in wichtigen Wirtschaftszweigen, von FuE mit sozialen und nationalen Erfordernissen sowie zur Förderung von einigen internationalen Gemeinschaftsprojekten eingerichtet. Im Haushalt 1993 wurden z. B. etwa 13,3 Mrd. Yen zur Verfügung gestellt und 38 Großprojekte betrieben (OECD 1995a, S. 83), während es 1996 bereits 27,1 Mrd. Yen waren (STA und Japanese Government 1998, S. 306–307).
- Von der STA und der Research Corporation of Japan wurde 1991 das *Precursory Research for Embryonic Science and Technology* aufgelegt. Es wurde 1996 in die Japan Science and Technology Corporation überführt und hatte ein Budget von 15,0 Mrd. Yen. Mit 117 Forschungsthemen in sechs

Tabelle 44
**Die wichtigsten staatlichen F&T-Förderprogramme Japans und
das jeweilige FuE-Budget in Mrd. Yen in 1996**

Ministry / Agency	Program	Mrd. Yen
Science and Technology Agency	Special Coordinating Funds for Promoting Science and Technology	21,5
	Special Funds for Investigation and Research of Earth Science and Technology	0,8
	Core Research for Evolutional Science and Technology	n.a.
	Precursory Research for Embryonic Science and Technology	15,0
	Project for Promotion of Creative Science	7,8
	Frontier Research Program	4,1
Environment Agency	Research on Disaster Prevention at National Research Institutes	1,9
	Comprehensive Promotion Fund for the Promotion of Global Environmental Research	2,6
Ministry of Health and Welfare	Research Grant for Health Sciences	12,0
Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries	Long-term, Comprehensive Projects (10 years)	1,3
	Comprehensive Technical Research and Development (6–10 yrs.)	1,4
	Leading Technological Research Development on Key Issues in the Area of Biotechnology	2,9
	Semi Long-term Projects	0,5
	Projects of High Priority	0,4
	Promotion of Technical Research & Development Leading Directly to Agricultural Production	0,8
	Institute of Agricultural Machinery / Bio-oriented Technology Research Advancement Institution	5,0
Ministry of International Trade and Industry	Industrial Science and Technology Frontier Program	27,9
	Promotion of Creative Research and Development	2,7
	New Sunshine Program	56,1
Ministry of Transport	Investigation on Research and Development of Transport Technology	0,3
Ministry of Posts and Telecommunications	Research on the Frontier of Telecommunications	0,9
	Leading Research and Development on Telecommunications	0,3
Ministry of Construction	Comprehensive Technological Development Project	1,0
Total		167,2

Quelle: STA und Japanese Government (1998, S. 306–308)

Forschungsgebieten zielt es auf die Stärkung der strategischen Grundlagenforschung (STA und Japanese Government 1998, S. 307).

- Vom Ministry of Health and Welfare wird das Programm „*Research Grant for Health Sciences*“ aufgelegt, das 1996 insgesamt 12 Mrd. Yen an Fördermitteln hatte. Das Programm unterstützt in erster Linie die Gesundheitsforschung, die Forschung bezüglich medizinischer Versorgung und Heilungsverfahren etc. (STA und Japanese Government 1998, S. 307).
- Das MITI bzw. die AIST fördern auch das *Industrial Science and Technology Frontier-Program* (ISTF-Programm), das laut BfAI (1995b, S. 9–10) interdisziplinären Charakter hat und 1993 durch Zusammenlegung verschiedener AIST-Programme entstand. In langfristigen Verbundprojekten arbei-

DOI <https://doi.org/10.3790/978-3-428-49907-6>

ten gemäß OECD (1995a, S. 83) Unternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen gemeinsam auf einer Vielzahl von Technologiefeldern, z. B. neue Werkstoffe und Luft- und Raumfahrt. Das Gesamtbudget betrug 1996 ca. 27,9 Mrd. Yen (STA und Japanese Government 1998, S. 308).

- Das MITI und die AIST brachten 1993 mit dem *New Sunshine Program* ein neues F&T-Förderprogramm für die Bereiche Energie und Umwelt auf den Weg. In diesem Programm wurden nach OECD (1995a, S. 83) die drei seit längerem existierenden Projekte „Sunshine Project“, „Moonlight Project“ und „Global Environment Project“ vereinigt. Das Fördervolumen betrug 1996 insgesamt 56,1 Mrd. Yen. Ziel ist die Entwicklung von Technologien zur effizienteren Energieerzeugung und -nutzung sowie zum verbesserten Umweltschutz. Das Programm soll nach Ehrke (1994, S. 68) bis zum Jahr 2020 laufen und 500 Mrd. Yen für technologische Entwicklungen, 900 Mrd. Yen für Forschungsprojekte in internationaler Zusammenarbeit und 150 Mrd. Yen für die Entwicklung angepasster Technologien für Länder der Dritten Welt erhalten (auch STA und Japanese Government 1998, S. 308).

Förderung der Grundlagenforschung

Die Förderung der Grundlagenforschung ist in jüngster Vergangenheit ein besonderes Anliegen der japanischen Regierungen. Seit einigen Jahren wird in amtlichen Berichten regelmäßig auf die steigende Bedeutung der Grundlagenforschung für die technologische Wettbewerbsfähigkeit hingewiesen. Auf die Grundlagenforschung ausgerichtet sind seit längerem Programme der STA und des Monbusho, die seit 1996 von speziellen Förderprogrammen ergänzt werden.

Vor allem die STA und das Monbusho unterstützen in Japan die Grundlagenforschung. Bei der STA gibt es u. a. Exploratory Research Advanced Technology Project (ERATO) unter der Verwaltung der Japan Science and Technology Corporation, das Precursory Research for Embryonic Sciences and Technology System, das Frontier Research Program des Institute of Physical and Chemical Research, die Special Coordination Funds for Promoting Science and Technology (STA und Japanese Government 1998, S. 233). Das *Monbusho* finanziert in erster Linie die akademische Forschung an den Universitäten, doch hat dies keinen allzu hohen Stellenwert, so Tadao (1992, S. 46).

Die Förderung der Grundlagenforschung mit *speziellen Förderprogrammen* wurde 1996 etabliert (STA und Japanese Government 1998, S. 202). Sechs Ministerien und Behörden förderten 1996 mit 32 Mrd. Yen die Grundlagenforschung in staatlichen Forschungseinrichtungen und Universitäten (Tab. 45). Ziel ist die Schaffung eines möglichst hohen Maßes an kreativem Forschungs- und Entwicklungs-Know-how.

Tabelle 45
**Neue Programme zur Förderung der Grundlagenforschung
an staatlichen Forschungseinrichtungen**

Ministry / Agency	Science and Technology Agency	Ministry of Education, Science, Sports and Culture (Monbusho)	Ministry of Health and Welfare	Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries	Ministry of International Trade and Industry	Ministry of Posts and Telecommunications
Program name	Project for Promotion of Strategic Basic Research	Research for the Future Program	Program for Promotion of Fundamental Studies in Health Sciences	Program for Promotion of Basic Research for the Creation of New Technologies and New Fields	Program for the Promotion of Creative Industrial Technology Research and Development	Program for the Promotion of Creative Information Telecommunications Technology Research and Development
Implementing institution	Japan Science and Technology Corporation	Japan Society for the Promotion of Science	The Organization for Drug ADR Relief, R&D Promotion and Product Review	Bio-oriented Technology Research Advancement Institution	New Energy and Industrial Technology Development Organization	Telecommunications Advancement Organization of Japan
Overview	Seed-planting basic research into important research domains for the 21 st Century	University-led scientific research that will produce intellectual assets in the years leading up to the 21 st century	Basic research that contributes to the development of revolutionary drugs, medical implements, etc.	Basic research that promotes the advanced use, etc., of biological functions	Original research and development towards the creation of future industrial technologies that contribute to the appearance of new industries	Future creativity-oriented research development rich in originality and freshness that targets information and telecommunication technologies
Total Budget in FY 1996: 32 Mrd. Yen	15 Mrd. Yen	11 Mrd. Yen	1 Mrd. Yen	1,9 Mrd. Yen	2,65 Mrd. Yen	480 Mio. Yen

Quelle: STA und Japanese Government (1998, S. 202)

Diese sechs Förderprogramme der verschiedenen Ministerien werden bezüglich ihrer Orientierung an der Grundlagenforschung von Plate (1996, S. 663) kritisch beurteilt: „*In einem gewissen Widerspruch zu dieser auf langfristige Gewinne ausgerichteten Förderung von Grundlagenforschung steht die Absicht, die Zusammenarbeit und den Technologietransfer vom Staat in die Industrie, eine Stärke des japanischen Systems, weiter auszubauen. Der Wert der staatlichen Forschung wird hier also eher von der kurzfristigen Umsetzbarkeit in die Wirtschaft her beurteilt.*“ Dies mag insofern nicht überraschen, da in Japan laut Tadao (1992, S. 46) vor allem eine zielorientierte Grundlagenforschung, d. h. an einem zivilen Bedarf orientierte Grundlagenforschung, vorherrscht. Eine nach westlichen Maßstäben lineare Aufspaltung des Innovationsprozesses (vgl. Abschnitt B.I.) gibt es in Japan nicht. So kann es nach der Phase der Entwicklung wieder zur Grundlagenforschung zurückgehen.

Fazit

Die Schwerpunkte und die F&T-Förderprogramme verdeutlichen den Willen Japans, verstärkt in der Grundlagenforschung tätig zu werden. Nach wie vor bilden die Förderung von Schlüsseltechnologien zur sog. allgemeinen Wissenserweiterung und die Förderung der Energieforschung wichtige Säulen in der japanischen F&T-Politik. Als rohstoffarmes Land ist Japan gezwungen, sich sowohl auf hohe wertschöpfende Aktivitäten als auch auf energiesparende Verfahren zu konzentrieren. Bezüglich der Grundlagenforschung scheint weiterhin eine relativ starke Anwendungsorientierung vorzuherrschen und weniger eine rein auf wissenschaftlichen Erkenntniszuwachs ausgerichtete Grundlagenforschung, wie es sie in den westlichen Ländern gibt.

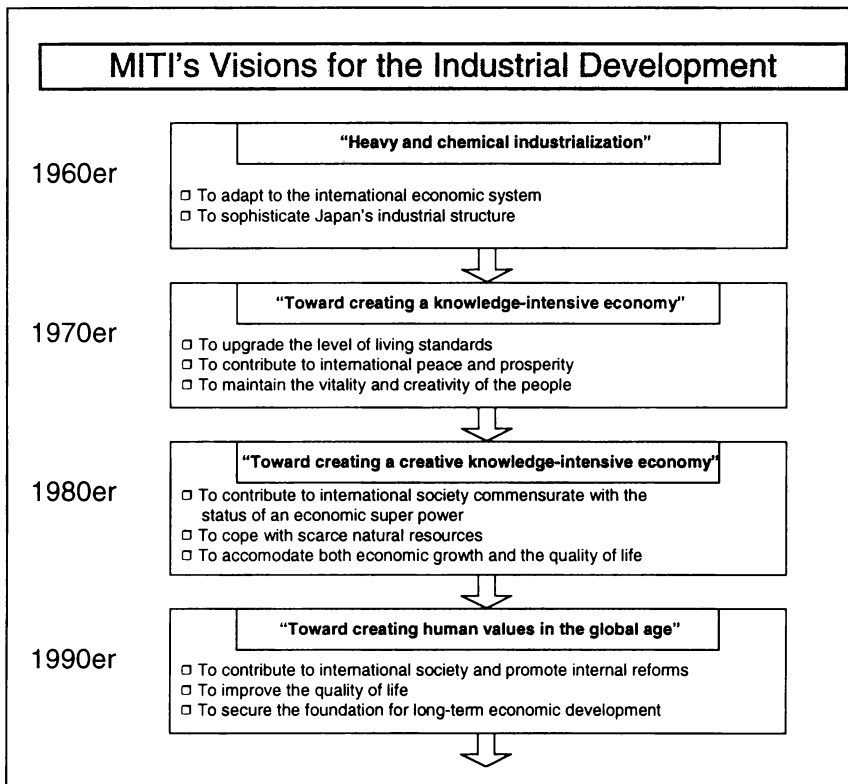
c) *Rolle des MITI und seiner „Administrative Guidance“*

Das japanische nationale Innovationssystem ist nach Holzkämper (1995, S. 60) durch eine auf Konsens und kontinuierlichen Informationsaustausch ausgerichtete Handlungsweise zwischen den einzelnen Akteuren des Staates, der Wirtschaft und der Wissenschaft geprägt. Für die staatliche Koordination der Industrieforschung ist vor allem das MITI verantwortlich. Die generelle Arbeitsweise des MITI mit seinen Visionen, mit der Administrative Guidance sowie mit Unterstützung der Gemeinschaftsforschung von Unternehmen wird im Folgenden in drei Schritten näher betrachtet:

- Im ersten Schritt werden die *Visionen* der STA und darauf aufbauend die des MITI analysiert. Sie bilden die Grundlage und Orientierung für die F&T-Politik.
- Im zweiten Schritt werden das Spezifische der „Administrative Guidance“ in der F&T-Politik und die daraus resultierenden Konsequenzen untersucht.
- Im dritten Schritt werden die Charakteristika der *Gemeinschaftsforschung von Unternehmen*, die vom MITI koordiniert wird, beschrieben.

Visionen

Für die Gewinnung des raschen Anschlusses Japans an die technologisch führenden Nationen bedurfte es neben der Schaffung institutioneller Rahmenbedingungen auch der Identifizierung der wichtigsten Schlüsseltechnologien, auf die die Investitionen und FuE-Aktivitäten konzentriert wurden (Freeman 1987, S. 55–56). Um Fehlinvestitionen zu vermeiden und die relevanten Schlüsseltechnologien zu identifizieren, werden in Japan „Visionen“ erstellt, und zwar sowohl auf nationaler und Unternehmensebene als auch an Universitäten und zahlreichen Forschungseinrichtungen (Übersicht bei Bowonder und Miyake 1993; Ehrke 1993, S. 38,). Zu den regelmäßig erstellten Visionen zäh-



Quelle: Yoshizaki (1994, S. 11)

Abbildung 38: Die Visionen des MITI für die industrielle Entwicklung seit 1960

len die langfristigen, auf der nationalen Ebene ansetzenden Visionen der STA sowie die auf Wirtschaftszweige und Unternehmen ausgerichteten Visionen des MITI. Die Visionen der STA bilden mit einem betrachteten Zeitraum von 30 Jahren den Rahmen für die Visionen des MITI, bei denen ca. zehn Jahre in die Zukunft geblickt wird.

Die STA veröffentlicht seit 1970/71 regelmäßig Visionen in einem Abstand von vier bis fünf Jahren. Diese Visionen basieren auf Ergebnissen einer Delphi-Befragung. Mit Hilfe der Delphi-Befragung von Fachleuten wird zu ermitteln versucht, welche technologische Entwicklungen bzw. Produktvisionen innerhalb der nächsten 30 Jahre realisiert werden können (Beschreibung des Delphi-Verfahrens bei Martin und Irvine 1989; auch Abschnitte E.1.2.–E.1.3.). Die Ergebnisse der Delphi-Befragung werden im Allgemeinen weit gestreut, um eine möglichst hohe Sensibilität für den erwarteten technischen Fortschritt zu erzielen (Bowonder und Miyake 1993, S. 759). Einige Fördermaßnahmen wie z. B. bezüglich Exploratory Research for Advanced Technology (ERATO) sind aus den Delphi-Ergebnissen abgeleitet worden.

DOI <https://doi.org/10.3790/978-3-428-49907-6>

Die Visionen der STA fließen ebenso wie verschiedene Studien der AIST in die *Visionen des MITI* (Abb. 38) ein. Die bisher erstellten vier Visionen des *MITI* umfassen jeweils in etwa dem Zeitraum einer Dekade und sind stärker auf die industrielle Anwendung ausgerichtet (Yoshizaki 1994, S. 11). Die Visionen waren bis in die 1970er Jahre konkreter an einzelnen Wirtschaftszweigen orientiert, werden seitdem aber allgemeiner ausgelegt. Der Sinn dieser Visionen ist der Entwurf eines Gesamtplanes unter Einbeziehung von Vertretern des Staates, der Wirtschaft und der Wissenschaft (Kokalji und Albach 1987, S. 75–76; Prognos 1983b, S. 185–188). Dieser Gesamtplan soll alle Teilbereiche aufeinander abstimmen, Prioritäten der Wirtschaftspolitik setzen, anhand denen die Wirtschaft ihre Investitionen ausrichten kann. Damit soll eine Übereinstimmung von privaten und staatlichen Plänen erreicht werden.

Die bisherigen vier Visionen sind laut Ehrke (1994, S. 64–65) lediglich eine Zusammenstellung allgemeiner Zielvorstellungen und stellen keine bindenden Wirtschaftspläne dar (Abb. 38). Zunächst wurde vom MITI der Ausbau der chemischen Industrie und der Schwerindustrie in den 1950er und 1960er Jahren verfolgt. Es schlossen sich dann die Liberalisierung und der Abbau alter Industrien wie der Grundstoff- und Schwerindustrien in den 1970er Jahren zugunsten wissensintensiver Industrien wie z. B. der Elektronikindustrie an. Begünstigt wurde der erfolgreiche Strukturwandel vor allem durch die Selbstorganisation der Wirtschaft, den informellen Zusammenschluss der größten Unternehmen zu Verbundgruppen, sog. Keiretsu (Näheres dazu bei Seifert 1989, S. 141–142; Botskor 1988, S. 18–19), sowie die hohen Investitionen der Industrie. Die Vision der 1980er Jahre richtet sich auf den Aufbau einer wissensintensiven Industrie und die der 1990er Jahre auf eine Berücksichtigung menschlicher Werte im Zeitalter der Globalisierung. Die Visionen wurden insgesamt im Laufe der Zeit immer allgemeiner und weniger sektorspezifisch formuliert.

Administrative Guidance des MITI in der F&T-Politik

In Japan versuchen der Staat bzw. die einzelnen Behörden durch ihr ausgeklügeltes Lenkungssystem und über Prozesse der „Moral Suasion“ gezielt Einfluss auf private Unternehmensentscheidungen zu nehmen (Holzkämper 1995, S. 60). Diese sog. „*Administrative Guidance*“ umfasst laut Neuschwander (1994, S. 55) Beratungs-, Regulierungs- und Schlichtungsaktivitäten. Die Charakteristika der „*Administrative Guidance*“ werden dargestellt und auf Stärken und Schwächen hin untersucht.

Bei der *Administrative Guidance* handelt es sich vornehmlich um administrative Leitsätze ohne Rechtswirkung, die für Grupp (1990, S. 147) dem Zwecke der Wirtschaftslenkung unterliegen und entweder weisenden, auffordernden, warnenden, empfehlenden oder ermunternden Charakter aufweisen. Der Appell des MITI an eine freiwillige Zusammenarbeit der Unternehmen in bestimmten Bereichen erhält gemäß Pohl (1985, S. 93) dadurch Nachdruck, dass die Behör-

den nicht teilnehmende Unternehmen in anderen Bereichen sanktionieren. Dies wird als „Moral Suasion“ (Holzkämper 1995, S. 60) bezeichnet. Insgesamt weist diese Praxis des MITI verschiedene *Stärken* und *Schwächen* auf. Ehrke (1993, S. 32–34) führt sie aus einer *Wettbewerbssicht*, einer *gesellschaftlichen Sicht* und einer *kulturellen bzw. soziologischen Sicht* auf:

- Auf dem Weltmarkt können die japanischen Unternehmen seit Ende des Zweiten Weltkrieges bedeutende Erfolge vorweisen, was aus einer *Wettbewerbssicht* für den Erfolg der staatlichen Wirtschaftslenkung spricht. Die großen Exporterfolge wurden in der Regel von der Wirtschaft weitgehend allein ohne direkte, staatliche, finanzielle Hilfe erreicht. So wurden z. B. die Unterhaltungselektronik-, die Uhren- und die Kameraindustrie allesamt nicht finanziell vom Staat gefördert. Bekanntestes Beispiel für eine ausbleibende Förderung durch das MITI ist Sony, das 1955 die Transistortechnologie von Western Electric gegen die Verfügung des MITI erwarb und in Radios und andere Konsumgüter erfolgreich einbaute (Ehrke 1993, S. 32). Ebenso scheiterte auch der Versuch des MITI, elf japanische Automobilunternehmen zu drei Konzernen zusammenzufassen (Porter 1991, S. 436).

Auf der anderen Seite hat das MITI *zwei* bedeutende Entwicklungen gestaltend mitgeprägt: Zum einen nahm das MITI beim Wiederaufbau der japanischen Wirtschaft in den 1950er und 1960er Jahren mit der verstärkten Hinwendung zur Petrochemie, Chemie und Schwerindustrie großen Einfluss auf den Strukturwandel. Zum anderen forcierte das MITI den Strukturwandel von der Schwerindustrie zu einer wissensintensiven Industrie in den 1970er Jahren (Näheres in Abschnitt D.II.4.d)).

- Aus *gesellschaftlicher* Sicht wird Japan vielfach wegen seiner Defizite im wirtschaftlichen und sozialen System kritisiert (Zusammenfassung der einzelnen Gründe bei Ehrke 1993, S. 33). Die Kehrseite der erfolgreichen staatlichen Lenkung wird z. B. in den hohen Inlandspreisen, der Ineffizienz bei Dienstleistungen und dem nicht ausreichenden Angebot an öffentlichen Gütern gesehen. Effizienzvorteile könnten nur größere Exportunternehmen aus der Automobil- und Elektronikindustrie vorweisen. Insgesamt mögen diese Argumente nicht überzeugen, denn Japan hat für diese Entwicklung lediglich 45 Jahre gebraucht, eine Entwicklung, die schneller und rasanter war als in jedem anderen Land der Welt.
- Weitere Autoren kritisieren Japan aus *kultureller bzw. soziologischer Sicht*, d. h., sie begründen die Industriepolitik bzw. F&T-Politik vor allem mit den kulturellen Unterschieden. Aber im Gegensatz zu den europäischen Ländern, die die Erhaltung einmal gezahlter Subventionen mit größter Vehemenz verteidigen, tritt ein derartiger Effekt in Japan meist nicht auf. Das MITI verfolgt auch nicht die französische Strategie der gezielten Förderung eines „nationalen Champions“, sondern unterstützt immer mehrere Unternehmen, die in einem intensiven Wettbewerb zueinander stehen.

Für Holzkämper (1995, S. 60) bietet die staatliche Lenkung die Möglichkeit einer räumlichen und sachlichen Differenzierung des staatlichen Handels. Eine gezielte Beeinflussung der FuE-Aktivitäten ist ohne größeren Aufwand möglich. Das MITI hat über die Administrative Guidance eine nach wie vor gute Steuermöglichkeit, nachdem es seit Ende der 1960er Jahren immer weniger direkte Eingriffsmöglichkeiten auf die FuE-Aktivitäten hat.

Insgesamt scheint aber die staatliche Lenkung für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes von weitaus geringerer Bedeutung zu sein, als im Allgemeinen angenommen wird. Vor allem der intensive Inlandswettbewerb, der weitgehend geschlossene Binnenmarkt und die starke Weltmarktorientierung begünstigten ein schnelles wirtschaftliches Wachstum (Näheres bei Porter 1991, S. 433). Auch heute noch gibt es in Japan – wie von List empfohlen (Abschnitt B.II.4.a)aa) – häufig Einfuhrbeschränkungen, die zum Schutz junger japanischen Wirtschaftszweige aufrecht erhalten werden.

Gemeinschaftsforschung von Unternehmen

Eine zentrale Rolle spielt bei der Förderung des MITI die Zusammenstellung von FuE-Kooperationen im vorwettbewerblichen Bereich. Für ein Projekt wird laut Kokalj und Albach (1987, S. 115) im Allgemeinen eine sog. „Research Association“ gegründet, welche die einzelnen Forschungsaktivitäten der beteiligten Unternehmen koordiniert. Bei dieser Art von FuE-Kooperationen knüpft das MITI die finanzielle Zuwendung an eine kooperative Gemeinschaftsforschung. So gibt z. B. die AIST nach Goerdeler (1987, S. 254) etwa 80 % ihrer Mittel für die Gemeinschaftsforschung aus.

Vornehmlich im Hochtechnologiesektor herrscht eine hohe Innovationsbereitschaft bei den Unternehmen vor, welche die Umsetzung von Know-how in konkrete Produkte und Dienstleistungen nach Beendigung der gemeinsamen Forschung im vorwettbewerblichen Bereich fördert. Dadurch lassen sich kostspielige Doppelentwicklungen vermeiden. Für Holzkämper (1995, S. 63) liegt eine Ursache für die nach wie vor praktizierte Gemeinschaftsforschung in der früheren Politik des MITI, Technologieimporte zuzuweisen und Unternehmen zur Mitarbeit aufzufordern.

Fazit

Die Rolle des MITI läßt sich insgesamt als die eines Koordinators und Moderators zusammenfassen (ähnlich auch Müller-Merbach 1993a, S. 54). Dabei bilden die erstellten Visionen eine Grundlage für die generelle Ausrichtung der Administrative Guidance. Die Moderatorenfunktion nimmt das MITI bei der Koordination der Gemeinschaftsforschung von Unternehmen wahr. Der generelle Einfluss auf die Wirtschaft ist insgesamt gegenüber den 1960er und 1970er Jahren deutlich geringer geworden. Für Lichtblau und Breuer (1996, S. 36) wird

das MITI daher in seiner Macht und Bedeutung überschätzt (ähnlich Holzkämper 1995, S. 46; Mcmillan 1984, S. 64; auch Porter 1991, S. 437).

d) Staatliche Förderung der Computer- und der Halbleiterindustrie und ihre Ergebnisse

Das herausragende Beispiel für den Erfolg der Administrative Guidance Japans ist der Aufbau der Elektronikindustrie inklusive der Computer- und der Halbleiterindustrie. Japan zählt in den 1990er Jahren beispielsweise zu den weltweit technologisch führenden Produzenten von Halbleiterbauelementen (Vogel 1994) und hat eine dominierende Position in der Unterhaltungselektronik. Dies wird im Allgemeinen als Verdienst der konsensorientierten Industriepolitik bzw. Forschungs- und Technologiepolitik Japans angesehen (ausführliche Darstellungen bei Anchordoguy 1990; Hart 1992, S. 72–86; Hilpert et al. 1994, S. 119–151; aus politologischer Sicht Bagger 1993).

Vom Beginn der Förderung der Computerindustrie 1957 bis hin zur Förderung von Computern der fünften Generation in den 1990er Jahren hat sich der Einfluss des Staates bzw. des MITI stark zurückgebildet. Diese Entwicklung wird im Folgenden kurz wiedergegeben, ergänzt um eine Zusammenstellung dreier bedeutender Förderprogramme sowie der Beschreibung gegenwärtiger Förderaktivitäten.

Förderung der Computerindustrie seit 1957

Ab 1957 bis Mitte der 1980er Jahre wurde zunächst die entstehende Computerindustrie, später dann auch die Halbleiterindustrie, kontinuierlich mit einem breiten F&T-politischen Instrumentarium gefördert. Bereits 1957 wurde mit dem „Gesetz für vorübergehende Maßnahmen zur Förderung der Elektronikindustrie“ eine gesetzliche Grundlage zur Förderung dieses Wirtschaftszweiges geschaffen. Japan erhob 1960 laut Hart (1992, S. 74–75) Zölle von 15 % bis 25 % auf ausländische Computer. Gleichzeitig genehmigte man IBM die Errichtung einer Produktionsstätte in Japan für den damals populären 1401 Computer. Im Gegenzug verkaufte IBM 1961 Lizenzen ihrer Halbleiter-Patente an japanische Unternehmen. Nach Anchordoguy (1990, S. 70) erlaubte das MITI IBM erst ab 1963 IBM die Fertigung der Computer in Japan, so dass die japanischen Unternehmen zwei Jahre lang Zeit hatten, die Technologien aus den amerikanischen Patenten in ihre Produkte zu integrieren.

Die gezielte *Förderung der Computerindustrie* begann u. a. mit der starken Unterstützung der 1961 auf Initiative des MITI gegründeten Japan Electronic Computer Corporation (JECC) durch die Japanese Development Bank. Die sechs führenden japanischen Computerhersteller NEC, Toshiba, Fujitsu, Hitachi, Mitsubishi und OKI finanzierten laut Anchordoguy (1990, S. 72–74) die

JECC. Die JECC ihrerseits kaufte von den japanischen Produzenten die Computer und verlieh diese an japanische Abnehmer, vor allem an kleine und mittlere Unternehmen sowie staatliche Behörden. Die Abnehmer erhielten von der Japanese Development Bank dafür zinsgünstige Kredite. Für Anchordoguy war die JECC die entscheidende Institution für den Aufschwung der japanischen Computerindustrie in den 1960er Jahren.

Erste Erfolge stellten sich bald ein: So nahm gemäß Hart (1992, S. 75) – bedingt durch die hohen Zölle und Investitionsbarrieren – der Importanteil am Verbrauch von Computern von 80 % in 1959 auf 20 % in 1968 ab. Der Marktanteil ausländischer Unternehmen – vornehmlich von IBM – am japanischen Computermarkt nahm in dieser Zeit von 93 % in 1958 auf 42,5 % in 1969 ab.

Ausgewählte F&T-Förderprogramme

Die Unterstützung der FuE-Aktivitäten der Computer- und später der Halbleiterindustrie war bis Mitte der 1980er Jahre von einer *Aufholstrategie* bestimmt. Zahlreiche F&T-Förderprogramme dienten dazu, die von IBM entwickelten und technologisch führenden Produkte in möglichst kurzer Zeit zu imitieren und den technologischen Rückstand aufzuholen (Zusammenstellung in Tab. 46). Unter diesen F&T-Förderprogrammen sind vor allem das FONTAC-Projekt, das Mainframe-Projekt sowie insbesondere das Very Large Scale Integration Project (VLSI-Projekt) hervorhebenswert.

- Mit *FONTAC*, dem ersten großen MITI-Computerprojekt, wurden ab 1962 FuE-Aktivitäten koordiniert (Hilpert 1994, S. 129). Ab 1966 kam das Projekt „Very High Speed Computer System“ zur Entwicklung des ersten japanischen Großrechners durch die sechs großen Computerunternehmen als Ergänzung hinzu. Das MITI förderte nach Anchordoguy (1990, S. 77) das Projekt mit 133 Mio. DM. Dessen Ziele waren zwar kurzfristig gesteckt, aber dennoch kam es zu großen Fortschritten bei den Integrierten Schaltkreisen (ICs) und Großrechner-Architekturen.
- Das von 1972 bis 1978 laufende „*Mainframe Project*“ hatte den Anschluss Japans an die 370er Serie von IBM zum Ziel und wurde mit insgesamt 751 Mio. DM bezuschusst, etwa sechsmal mal mehr als für das erste Projekt in den 1960er Jahren. Die gesamten Subventionen an die Computer-Unternehmen lagen laut Neuschwander (1994, S. 132) zwischen 1970 und 1975 bei etwa 1,9 Mrd. DM und machten zusammen mit diversen Steuervergünstigungen 57 % der privaten Investitionssumme aus. Die japanische Computerindustrie war ab Mitte der 1970er Jahre international wettbewerbsfähig.
- Mit dem *VLSI-Projekt* (Very Large Scale Integration) zielte das MITI auf die technologische Führerschaft bei den Speicherchips, d. h., es sollten vor allem DRAMs (Dynamic Random Access Memories) entwickelt werden.

Tabelle 46
**Übersicht über japanische F&T-Förderprogramme
mit Bezug zur Computer- und Halbleiterindustrie**

Programm	Laufzeit	Staatliche Förderung
FONTAC-Projekt	1962–	n.a.
Very High Speed Computer Systems (VHSC)	1966–1971	133
DIPS-1 / DIPS-2	1968–1975	394
Pattern Information Processing Systems	1971–1980	233
Mainframe Project	1972–1978	751
Software Module Project	1973–1975	24
VLSI-Projekt (NTT)	1975–1977	246
VLSI-Projekt (MITI)	1976–1980	378
Software Production Technology Development	1976–1981	82
Fourth Generation Computer Systems	1979–1983	194
Optical Measurement and Control Systems Project	1979–1985	165
Optoelectronic-IC-Programs	1981–1986	181
Future Electronic Devices	1981–1990	753
Supercomputing (VHSSC)	1981–1989	274
Fifth Generation Computer Systems	1982–1991	808
Interoperational Database System	1985–1992	453
Photoactive Materials	1985–1992	n.a.
Software Industrial Generator and Aid (SIGMA)	1985–1994	283
TRON (32-Bit-Microprocessor)	1984–1989	n.a.

Quelle: BMFT (1992); Hilpert et al. (1994, S. 129)

Das MITI bildete für die gemeinschaftliche Entwicklung neuer ICs zwei Gruppen: die eine mit Mitsubishi, Fujitsu und Hitachi, die andere mit Toshiba und NEC. Das gesamte Projekt dauerte von 1976 bis 1980 bei einer staatlichen Förderung von 378 Mio. DM. Zudem führte – so Hart (1992, S. 81) – auch Nippon Telegraph and Telephone (NTT) zusammen mit Fujitsu, Hitachi und NEC ein eigenes *VLSI-Projekt* durch, das in eine enge Kooperation mit dem MITI zwischen 1975 bis 1977 eingebunden war. Das Projekt erhielt 246 Mio. DM an staatlicher Förderung. Die Computer- und Halbleiterindustrie erhielt neben der direkten staatlichen Förderung zusätzlich auch Steuer- und Kreditvergünstigungen. Die gesamte Summe belief sich nach Neuschwander (1994, S. 132) zwischen 1976 und 1981 auf ca. 7,5 Mrd. DM.

Das VLSI-Projekt wurde nach Anchordoguy (1990, S. 79) zu einem *großen Erfolg*: Fast alle technischen Ziele wurden erreicht, und am Markt verkauften sich die Produkte exzellent. So lieferten laut Hart (1992, S. 80) japanische Unternehmen als erste 64KBit DRAMs in 1978 und 256KBit DRAMs in 1982 an ihre Kunden. Toshiba brachte 1985 als erstes Unternehmen den 1 MBit DRAM auf den Markt. Bis 1978 hatte Japan noch ein Handelsdefizit bei den ICs, seit 1978 gibt es aber deutliche Überschüsse. Der Marktanteil der japanischen Unternehmen hatte sich aufgrund der neuen Produkte in den USA erhöht und lag

1979 für 16 KBit DRAMs bei 40 %, wobei IBM einen Großteil aufgrund eigener Produktionsfehler von den japanischen Unternehmen kaufte. Der japanische Anteil an der Weltproduktion von DRAMs erhöhte sich mit jeder neuen Generation von Speicherchips, und zwar von 13 % in 1978 bei 4KBit DRAMs, über 34 % für 16 KBit DRAMs auf 91 % bei 1 MBit DRAMs in 1988.

Aktuelle F&T-Förderprogramme

Nachdem die technologische Führerschaft erreicht wurde, sollten sich anschließende Großprojekte helfen, den erreichten Vorsprung zu halten oder auszubauen. Zum einen sollten mit dem „Supercomputing-Project“ (1981–1989) extrem schnelle Chips entwickelt werden, was nach Meinung von Bletschacher und Klodt (1991, S. 119) nicht gelang, da sowohl kommerziell als auch technisch die hochgesteckten Ziele nicht erreicht wurden. Auch das zweite Projekt „Fifth Generation Computer Systems“ (1982–1991), das auf die Schaffung von Computern mit neuen Architekturen ausgerichtet war, brachte nicht die gewünschten Ergebnisse (Tyson 1992, S. 295, Cross 1989). Gemäß BfAI (1995b, S. 10–11) stehen Mitte der 1990er Jahre drei Förderungen im Mittelpunkt: *Digital Vision Laboratories*, das *Real World Computing Project* sowie *Speicherchips*:

- Mit Unterstützung vom MITI haben sich 1995 sieben große Unternehmen der Informationstechnik und Elektronik zu den *Digital Vision Laboratories* zusammengeschlossen, um gemeinsam Multimedia-Komponenten zu entwickeln. Ferner gibt es verschiedene Kooperationen von Unternehmen in den Informationstechnologien, z. B. zur Entwicklung von RISC-Prozessoren, Flüssigkristallanzeigen (Liquid Crystal Display; LCD) und Flash-Memories.
- Das Projekt „*Real World Computing*“ trat 1992 unter dem Namen „*New Information Processing Technologies*“ die Nachfolge des Projektes der „5. Computergeneration“ an. Unter der Beteiligung mehrerer japanischer Unternehmen und diverser Forschungseinrichtungen sowie ausländischer Partner, z. B. der deutschen GMD, sollen theoretische Grundlagen und neue Funktionen massiv-paralleler Rechner erforscht werden.
- Bei den *Speicherchips* gehen japanische Unternehmen vor allem mit großen westlichen Unternehmen in den 1990er Jahren verstärkt Allianzen ein, um einerseits die hohen Kosten für die Entwicklung neuer Chipgeneration tragen zu können und andererseits gegenüber der Konkurrenz aus Korea und Taiwan den technologischen Vorsprung zu halten (Übersicht über Allianzen bei Ostry und Nelson 1995, S. 54–55).

Fazit

Insgesamt ist die Förderung der Informationstechnologie ein nach wie vor bedeutendes Element in der japanischen F&T-Politik. Das gesamte jährliche

Fördervolumen belief sich seit Anfang der 1990er Jahre stets auf über 1 Billionen Yen. 1996 gab es laut STA und Japanese Government (1998, S. 242) insgesamt zwölf Projekte bzw. Forschungseinrichtungen in der Informationstechnologie. Neuschwander (1994, S. 133) kommt zu folgendem Fazit bezüglich der Rolle des MITI beim Aufbau einer Computerindustrie:

„Ohne Zweifel hat das MITI mit seiner strategischen Handelspolitik über die erpresserische Lizenzvergabe, die JECC, Importschranken und öffentliche Beschaffungsaufträge die anfangs wettbewerbsschwache Computerindustrie stark gestützt.“

e) Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen

Auch in Japan spielen kleine und mittleren Unternehmen (KMU) eine bedeutende Rolle für die gesamte wirtschaftliche Entwicklung des Landes. Laut OECD (1996a, S. 158) waren in Japan 1991 ca. 79 % aller Beschäftigten in KMU beschäftigt. *The Small and Medium Enterprise Agency* (SMEA), eine Behörde des MITI, ist hauptverantwortlich für die Förderung von KMU in Japan. Die einzelnen Fördermaßnahmen der SMEA werden von *steuerlichen Maßnahmen* ergänzt.

Maßnahmen der SMEA

Die SMEA fasst die Absichten der Regierung zur verstärkten Förderung von KMU in ihrem „White Paper“ zu fünf Punkten zusammen (SMEA, MITI 1995, S 208–210):

- Einführung eines Programms, das Unternehmensgründungen fördert, die Anzahl der FuE-Programme erhöht und die Ergebnisse des Programms vermarkten hilft.
- Spezielles Programm für Kleinunternehmen, das Unterstützung bei Einführung neuer Geschäftsmöglichkeiten bietet.
- Serie von Maßnahmen, die auf die Revitalisierung von KMU mittels finanzieller Unterstützung seitens des Staates ausgerichtet sind.
- Umfassende Reform des Distributionssystems, um KMU auf dem Weg ins 21. Jahrhundert zu unterstützen.
- Implementierung von Maßnahmen zur Einhaltung von Produktsicherheitsstandards.

Die Maßnahmen der SMEA sind bis auf eine Ausnahme nicht als spezielle Förderung von FuE in KMU ausgelegt.

Steuerliche Maßnahmen

Neben den Maßnahmen der SMEA gibt es seit langem in Japan vielfältige steuerliche Anreize für FuE-betreibende Unternehmen, insbesondere für die in den schnell wachsenden Wirtschaftszweigen (frühere Maßnahmen z. B. bei OECD 1978; Leyden und Link 1995, S. 19). Diese basieren auf dem Unternehmensrationalisierungsgesetz von 1952, in dem die Gewährung von Abschreibungen geregelt ist (Audretsch 1988, S. 239–240). Die steuerliche FuE-Förderung ist aber nicht global ausgerichtet, sondern es gibt für einzelne Technologien und Wirtschaftszweige spezifische Maßnahmen (Holzkämper 1995, S. 85). Im Einzelnen hat Harhoff (1994, S. 32–33; aktualisiert nach STA und Japanese Government 1998, S. 202–203) die Maßnahmen der 1990er Jahre zu drei Punkten zusammengefasst. Der maximal mögliche Gutschriftsbetrag liegt bei 15 % der gesamten Steuerschuld des Unternehmens:

- Erstens gibt es eine Steuergutschrift auf die *Körperschaftsteuer* in Höhe von 20 % des Zuwachses der FuE-Ausgaben. Für die Steuergutschrift sind sowohl laufende FuE-Ausgaben als auch Abschreibungen auf FuE-Investitionen anrechenbar.
- Zweitens gibt es Steuergutschriften in Höhe von 5 % auf *FuE-Investitionen* in sog. „Basic Technologies“, zu denen u. a. die Entwicklung neuerer Maschinen und die Biotechnologie gerechnet werden.
- Drittens richten sich spezielle Fördermaßnahmen auf KMU mit einer Kapitalbasis von weniger als 100 Mio. Yen. Diese können anstelle der 20-prozentigen inkrementellen Förderung für 6 % ihrer absoluten *FuE-Ausgaben* eine Steuergutschrift beantragen. Die Möglichkeit der Steuergutschrift für die „Basic Technologies“ bleibt davon unberührt.

Insgesamt spielt die Förderung von KMU in Japan keine sehr große Rolle. Vielmehr wird FuE in den großen Unternehmensverbänden, den Keiretsu, betrieben. Diese haben vor allem den Vorteil des Netzwerkes und der engen Beziehungen zu den Ministerialbeamten. Letztere haben nicht selten früher selbst eine Tätigkeit in der Wirtschaft wahrgenommen, bzw. streben diese noch an. Ein derartiges Lobbyismus-System weisen die KMU in Japan hingegen nicht auf.

f) Forschungsrelevante Rahmenbedingungen

Mit Japan werden im Allgemeinen gute forschungsrelevante Rahmenbedingungen in Verbindung gebracht. Vor allem für die inkrementalen Innovationen, mit denen Japan einen Großteil seiner Erfolge errungen hat, waren gute Rahmenbedingungen wie z. B. zur Analyse von Patentinformation notwendig. Im Einzelnen werden sechs für Japan forschungsrelevante Rahmenbedingungen untersucht.

- Rechtliche Rahmenbedingungen,
- Bildungs- und Wissenschaftspolitik,
- Technologieakzeptanz,
- Informations-Infrastruktur,
- Finanzierungsinfrastruktur und
- Technologietransfer.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Unter den rechtlichen Rahmenbedingungen seien hier zum einen das Patentgesetz und zum anderen die Regulierungen bei der Bio- und Gentechnologie betrachtet:

Das *Patentgesetz* wurde in Japan relativ spät während der Meiji-Herrschaft 1885 erlassen (Holzkämper 1995, S. 87). Das Patentrecht Japans weist gegenüber dem amerikanischen und dem deutschen Patentrecht eine Besonderheit auf. Leichte Modifikationen einer technischen Lösung können in Japan bereits zum Patent angemeldet werden. Hieraus erklärt sich die auch im Vergleich zu anderen Ländern deutlich erhöhte Anzahl nationaler japanischer Patentanmeldungen (Pohl 1985, S. 91). Das sehr offen gehaltene Patentgesetz scheint die japanischen Unternehmen aber nicht daran zu hindern, die Anforderungen der strengeren Patentgesetze im Ausland mit großem Erfolg zu erfüllen (vgl. Abschnitte E.III.2.–E.III.4.).

Bei der *Bio- und Gentechnologie* gibt es in Japan kein einziges Gesetz wie in Deutschland, sondern viele Einzelverordnungen, weshalb es auch Regelungslücken gibt (Hohmeyer et al. 1994, S. 176–178). Beklagt werden daher in Japan aufgrund der Dezentralisierung der Genehmigungen die zum Teil langen Antragsverfahren. Im Patentrecht gibt es keinerlei Ausschluss für Erfindungen aus dem Bereich der Biotechnologie (BMBF 1997c, S. 26), so dass hier die Forschungsaktivitäten eine sinnvolle Unterstützung erfahren.

Bildungs- und Wissenschaftspolitik

Japan ist aufgrund seines Mangels an Rohstoffen und verfügbarem Land auf eine gut ausgebildete Bevölkerung angewiesen. Das Humankapital war nach Porter (1991, S. 417) für den Aufschwung Japans nach dem Zweiten Weltkrieg mitverantwortlich. Die japanische Gesellschaft wird daher auch oft als Bildungsgemeinschaft bezeichnet (Mathias-Pauer 1985, S. 13). Diese positive Grundeinstellung wird laut Prognos (1983b, S. 51) durch die hohe Leistungsmotivation der Bevölkerung, die hohe Lern- und Kommunikationsbereitschaft sowie eine breite naturwissenschaftliche Ausbildung unterstützt. In den 1990er Jahren scheint die *Qualität von Bildung und Wissenschaft* jedoch etwas zurück-

zugehen, weshalb die Regierung für beide Bereiche einige *Maßnahmen* ergreifen hat.

Haruo (1992, S. 709) weist auf eine zurückgehende *Qualität im Bildungswesen* hin. Durch eine einseitige Fokussierung auf das Auswendiglernen von Fakten anstelle eines ausgewogenen Mixes der Schulung von Wissen und Denkfähigkeit leidet die Qualität der Schüler (Plate 1996, S. 661). Dies verursacht seiner Ansicht nach auch die zum Teil fehlende Kreativität japanischer Forscher. Dies gilt auch für die Schüler der Oberschule, die von etwa 95 % aller Schüler nach Beendigung der Pflichtschulzeit besucht wird. Laut STA und Japanese Government (1998, S. 229) zielt das Monbusho auf die Intensivierung von Ausbildung in Naturwissenschaften und Technik in den Schulen.

Im Bereich der *Wissenschaft* bildet Japan immer noch ein weitgehend geschlossenes System, in das Ausländer aufgrund der Sprachschwierigkeiten kaum Eingang finden. Große Anstrengungen werden in Japan unternommen, um die Mobilität der eigenen Forscher zu erhöhen und Japan für ausländische Wissenschaftler attraktiver zu machen. Dies stellt die japanische Regierung im „White Paper“ mit dem Titel „*Striving for an Open Research Community*“ (STA und Japanese Government 1998, insbesondere S. 1–88) heraus. Ziel der Maßnahmen ist die Förderung kreativer Forschung und Entwicklung. Die Strategien umfassen u. a. die Sicherung und Verbesserung der Qualität der Ausbildung (Abschnitt D.II.4.a)), den Ausbau der Informations-Infrastruktur für FuE, die Entwicklung des FuE-Systems, z. B. durch Zusammenarbeit mit ausländischen Forschern und Wissenschaftlern und durch die Förderung von Kooperationen und Austausch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (STA und Japanese Government 1998, S. 13).

Insgesamt will Japan große Anstrengungen unternehmen, um mit Bildung und Wissenschaft die Grundlagen für eine zukünftig bessere Forschungsleistung zu schaffen.

Technologieakzeptanz

Die *Technologieakzeptanz* der japanischen Bevölkerung ist im internationalen Vergleich eher durchschnittlich. Das Vertrauen in Wissenschaft und Technologie hat 1995 durch das große Hanshin-Erdbeben abgenommen (ausführlich bei STA und Japanese Government 1996a, S. 79–82, NISTEP 1995, S. 237–270). So stimmen z. B. auf der einen Seite nur 54 % der Japaner der Aussage „Wissenschaft macht das Leben gesünder, sicherer und angenehmer“ zu. Gleichzeitig erwarten 57 % größere Schwierigkeiten für ihr Leben durch die Wissenschaft. Auf der anderen Seite glauben 43 % an eine Zunahme der Arbeit durch die verstärkte Computerisierung.

In ähnlicher Art und Weise äußerte sich 1995 die Bevölkerung gemäß STA und Japanese Government (1996b, S. 90) bei einer Umfrage des Büros des Mi-

nisterpräsidenten: Für mehr als 50 % geht der technische Fortschritt zu schnell voran, so dass sie ihn nicht mehr verstehen können. Aufgrund der starken Spezialisierung können nach Meinung von mehr als 60 % nur noch Experten die Technik verstehen. Fast 80 % sind der Ansicht, Wissenschaft und Technik werden auch für negative Zwecke missbraucht. Insgesamt ist die japanische Bevölkerung, die sich weitgehend über das Fernsehen und aus Tageszeitungen über Technologien informiert, zurückhaltend bei einer positiven Beurteilung des technischen Fortschritts. Ihr Interesse an Wissenschaft und Technik ist laut NISTEP (1995, S. 263) im Allgemeinen deutlich geringer als in den USA, u. a. eine Folge verschiedener Großprojekte mit starken Eingriffen in die Natur.

Doch nach wie vor ist in der meinungsbildenden „Öffentlichkeit“ ein großes Interesse an neuen Technologien vorhanden (Prognos 1983b, S. 80). Dazu tragen sicherlich auch die jährliche japanweit durchgeführte „Wissenschafts- und Technologiewoche“ sowie der jährliche „Atomtag“ bei (STA und Japanese Government 1998, S. 230).

Informations-Infrastruktur

Japan übernimmt große Anstrengungen, um den Anschluss an die führende Nation USA im Aufbau moderner Informations-Infrastrukturen zu schaffen. Angestiegen ist nach STA und Japanese Government (1996b, S. 17) im Zuge der stärkeren Aktivitäten u. a. die Anzahl der Internet-Service-Provider. Insgesamt hat Japan 1997 mit 23 PCs pro 100 Einwohner, 13 ISDN-Anschlüssen pro 1.000 Einwohner sowie mit nur 3,8 Mio. Internet-Abonnenten eine im internationalen Vergleich eher durchschnittliche Position (Zahlen aus BA&H 1998, S. 7–9).

Zu den wichtigsten Gebieten, in denen Japan zu den USA einen Rückstand aufholen muss, zählen für STA und Japanese Government (1996b, S. 27) die Netzübertragungsraten, die Datenbankentwicklung sowie die Etablierung von Programmen und Anwendungen, die die Benutzung von Netzwerken unterstützen. Neben den Netzwerk- und Softwaredefiziten haben in einer Umfrage unter Forschern und Ingenieuren des Hightech-Bereiches 37 % der Befragten geantwortet, dass die Informations-Infrastruktur Japans nicht zufriedenstellend sei, 30% stuften sie als zufriedenstellend ein.

Zur Verbesserung dieser Situation gibt es auch in Japan eine Informations-Infrastruktur Initiative im Rahmen der „Basic Guidelines on the Promotion of an Advanced Information and Telecommunications Society“ (OECD 1996b, S. 109). Nicht nur für die Forschungs- und Wissenschaftslandschaft, sondern auch für das gesamte Land existiert ein Plan, bis zum Jahr 2010 ein Glasfasernetzwerk in Japan aufzubauen. Zwar wird die fehlende Bedarfsorientierung kritisiert, aber 45 Industrieunternehmen haben sich gemäß BfAI (1995b, S. 10–11) zu gemeinsamen Forschungsarbeiten am Glasfasersystem zusammengeschlossen.

Finanzierungsinfrastruktur

Die Finanzierungsinfrastruktur ist in Japan aufgrund der geringen direkten staatlichen Förderung von großer Bedeutung für die technologische Wettbewerbsfähigkeit. Im Folgenden werden ein generelles allgemeines Finanzierungsprogramm und die Unterstützung von *Unternehmensgründern* mit Risikokapital betrachtet.

Das sog. *Financial Loan and Investment Program* (FILP), das vom staatlichen Trust Fund Bureau über Finanzintermediäre treuhänderisch verwaltet wird, spielte beim Wiederaufbau eine große Rolle (ausführlich bei Lichtblau und Breuer 1996, S. 29–31). Der Anteil der Mittel für den Bereich „Industrie und Technologie“ am gesamten FILP-Budget lag 1955 noch bei 15,8 %, reduzierte sich aber auf 2,7 % in 1994. Durch die Deregulierung der Finanzmärkte, die 1993 weitgehend abgeschlossen wurde, können Unternehmen direkt auf den Finanzmarkt, ohne auf Kredite der meist vom MITI kontrollierten Hausbanken angewiesen sein zu müssen.

Die *Unterstützung von Unternehmensgründern* mit Risikokapital ist in Japan kaum verbreitet. Im Wesentlichen gibt es drei Einrichtungen (Struktur aus Pohl 1985, S. 99–103):

- Das 1970 gegründete *Venture Enterprise Center* (VEC) fördert Neugründungen von technologieorientierten Unternehmensgründungen. Dabei übernimmt das VEC Bankbürgschaften und unterstützt die Jungunternehmen bis zum Markteintritt.
- Die *Small Business Investment Corporation* existiert seit 1963 und unterstützt kleine erfolgreiche Technologieunternehmen mit 200 bis 300 Mitarbeitern bei der Börseneinführung. Mit staatlichem und privatem Risikokapital wird die SBIC für eine bestimmte Zeit stiller Teilhaber an den jeweiligen Technologieunternehmen.
- Die *Japan Research and Development Corporation* (JRDC) ist neben der Koordination von Wissenschaft und Wirtschaft auch für die Durchführung von Projekten mit erhöhtem finanziellen Risiko zuständig. Im Falle eines Misserfolgs müssen die angeschafften Geräte an die JRDC zurückgegeben werden. Bei Erfolg muss das erhaltene Kapital in einem bestimmten Zeitraum zurückgezahlt werden.

Zwar besteht ähnlich wie in den USA seit 1984 eine Computerbörse JASDAQ (Japanese Association of Securities Dealers Automated Quotation) und eine Sektion für KMU an der Tokyo Stock Exchange „TSE-II“ (OECD 1996b, S. 29). An der JASDAQ gab es Ende 1993 insgesamt 477 Unternehmen und an der TSE-II 433 Unternehmen. Insgesamt ist die Ausstattung mit Risikokapital aber nach wie vor unbefriedigend (vgl. auch Busch 1987, S. 291; auch OECD 1982, S. 200–201).

Technologietransfer und Informationsbereitstellung

Der Technologietransfer und die Informationsbereitstellung sind Säulen für die japanischen FuE-Aktivitäten. Sie bilden seit langem einen Erfolgsfaktor für die FuE-Aktivitäten. Für den institutionell verankerten *Technologietransfer* sind in Japan laut Becker (1992, S. 206) drei Einrichtungen maßgeblich verantwortlich:

- Die *Japan Society for Promotion of Science (JSPS)* ist hauptsächlich für den Technologietransfer aus dem akademischen Bereich zuständig. Neben Publikationen und Forscheraustausch vermittelt sie auch Patente aus der Universitätsforschung in die Wirtschaft.
- Die *Japan Industrial Technology Association (JITA)* unterstützt die Verbreitung der Forschungsergebnisse, d. h. Patente und Technologien, aus den Forschungseinrichtungen des MITI.
- Seit 1987 werden ferner vom Monbusho auf regionaler Ebene *Centers for Cooperative Research* eingerichtet (Reuhl 1994, S. 164–165). Diese sind auf die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft ausgelegt und auf dem Gebiet der angewandten Forschung tätig. Neben der Forschung bieten sie auch Beratung und Fortbildung an.

Eine große Bedeutung im japanischen NIS haben die systematische Suche, Aufbereitung und die *Bereitstellung von Information* über neue Technologien, Märkte und Aktivitäten ausländischer Unternehmen im internationalen technologischen Umfeld. In Japan gilt eine aktive Informationspolitik als staatliche Dienstleistung für die Wirtschaft. Informationsbereitstellung ist nach Becker (1993, S. 207–211; ähnlich auch Martsch 1996) eine der Hauptaufgaben von folgenden sechs Institutionen, die von einer Fülle an Fördermaßnahmen ergänzt werden (aktualisiert aus STA und Japanese Government 1998, S. 195–200):

- Das *Japan Science and Technology Corporation* erstellt seit 1957 Kurzfassungen internationaler Artikel und Forschungsergebnisse zu Wissenschaft und Technologie und stellt sie in der Datenbank JCST Online Information System bereit. Laut Wattenberg (1994, S. 291) liegt der Anteil japanischer Beiträge an den jährlich etwa 800.000 Neuzugängen bei etwa 20 %. Diese Datenbank wird auch auf Englisch angeboten. Ferner enthält die Datenbank JICST-Clearing Information zu ca. 17.000 laufenden FuE-Projekten, die mit öffentlichen Geldern finanziert werden.
- Die *Japan Small Business Corporation (JSBC)* bietet flächendeckend Information für KMU an und verfügt über eine Online-Datenbank SMIRS (Small and Medium Enterprise Information Research System) sowie über ein Small Business Information Center. Ferner organisiert die JSBC regelmäßig Technologiebörsen.
- Das *Japan Technomart* ist ein elektronisches Informationssystem, das 1985 vom MITI zur Verbesserung des Technologietransfers eingerichtet wurde.

Zugang zur Information haben in erster Linie die Mitgliedsunternehmen. Über Beratungsfirmen können aber auch Nicht-Mitglieder das Informationsangebot abrufen.

- Die *Japan Patent Information Organisation* bietet Patentinformation mit der Online-Datenbank „PATOLIS“ an, in der sowohl in- als auch ausländische Patentanmeldungen erfasst sind.
- Das *National Center for Science Information Systems (NACSIS)* des Monbusho wurde 1986 als interuniversitäres Forschungsinstitut gegründet und soll u. a. die Aktivitäten bezüglich wissenschaftlicher Informationssysteme koordinieren (OECD 1992b, S. 277). Zusätzlich soll es ein landesweites Netzwerk für die Verbesserung des Informationsflusses wissenschaftlicher Information aufbauen, u. a. zusammen mit der amerikanischen National Science Foundation.
- Die *National Diet Library* sammelt alle unklassifizierten Publikationen in Japan, speichert sie in einer Datenbank und macht sie online verfügbar (STA und Japanese Government 1998, S. 196).

Fazit

In Japan sind die forschungsrelevanten Rahmenbedingungen mit einigen Stärken und Schwächen eher durchschnittlich ausgeprägt. Deutliche *Stärken* liegen in der hohen Qualifikation der Arbeitskräfte und in dem exzellenten System der Informationsbereitstellung und des Technologietransfers. Bei den rechtlichen Rahmenbedingungen hat das Patentrecht eine Ausnahmestelle im internationalen Vergleich, wirkt aber wohl eher stimulierend auf die Innovationsaktivitäten. Als eher durchschnittlich einzustufen sind die Technologieakzeptanz und die Informations-Infrastruktur. Bei der Finanzierungsinfrastruktur zeigt Japan deutliche Defizite, insbesondere im Angebot von Risikokapital. Die von der STA beklagte fehlende Kreativität mag auch auf das starre Schulsystem zurückzuführen zu sein.

5. Fazit

Japan hat nach dem Zweiten Weltkrieg eine rasante Entwicklung vollzogen. Das nationale Innovationssystem (NIS) und die Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) haben diese Entwicklung stark begünstigt. Das japanische NIS, das durch die Wiederaufbauphase ab 1945 nachhaltig geprägt wurde, ist vor allem durch eine außerordentliche Konsensorientierung gekennzeichnet. Diese findet besonders in der Politik des MITI ihren Ausdruck. Das MITI trieb auch den Aufbau der Wirtschaft mit gezielten Programmen voran. In den 1990er Jahren ist das japanische NIS und die japanische F&T-Politik durch Stärken und Schwächen gekennzeichnet.

Stärken des japanischen NIS liegen in seiner Homogenität und seiner Konsensorientierung, die für den Erfolg beim Wiederaufbau mitverantwortlich waren. Das Harmonieverständnis ermöglicht eine Abstimmung im vorwettbewerblichen Bereich, was in der Halbleiterindustrie zu einer technologischen Führungsposition japanischer Unternehmen geführt hat. Eng damit verbunden ist die gestaltende Rolle des MITI, das in dem engen Netzwerk von Staat, Wirtschaft und Wissenschaft bei der wirtschaftsnahen FuE die Fäden häufig in der Hand hält. In der F&T-Politik wurde auf Basis der zahlreichen Technologievoraussetzungen schon frühzeitig ein Schwerpunkt auf die Informations- und Kommunikationstechnologien gelegt. Begünstigt wird die vorausschauende F&T-Politik vor allem durch den intensiven Inlandswettbewerb, der nach der FuE-Phase eine schnelle Vermarktung der Forschungsergebnisse garantiert. Zudem ist das NIS so gestaltet, dass die Wirtschaft den Großteil von FuE finanziert und durchführt. Diese gewachsene Anwendungsorientierung wird durch ein gutes Technologietransfersystem sowie von den zahlreichen Informationsangeboten unterstützt.

Schwächen zeigt das japanische NIS bei der Sicherung der technologischen Führungsposition. Hierfür scheint die Konsensorientierung sowie das bisherige Instrumentarium der F&T-Politik nicht uneingeschränkt geeignet zu sein. Ein Grund liegt auch in der geringen Förderung der Grundlagenforschung, demzufolge Japan wohl nicht ausreichend neues technisches Wissen für die Sicherung der technologischen Führungsposition generiert. Die Ausstattung mit Risikokapital, die Dominanz großer Konzerne sowie die geringe Förderung der kleinen und mittleren Unternehmen hemmen das Entstehen neuer Unternehmen in dynamischen Wirtschaftszweigen bzw. Technologien.

Insgesamt scheint Japan seit Anfang der 1990er Jahre einige Schwierigkeiten bei der Formulierung neuer Schwerpunkte für die F&T-Politik zu haben. Waren bis in die 1980er Jahre noch die Halbleiter- und Computerindustrie im Fokus, so finden sich in den aktuellen Förderprogrammen kaum noch umfassende Maßnahmen für diese beiden Bereiche. Es wird eher an einer Reform des Bildungswesens und einer Förderung der Grundlagenforschung gearbeitet, wobei die Früchte dieser Anstrengungen erst in einigen Jahren geerntet werden dürfen.

III. Die Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Union

Die Europäische Union (EU) hat seit dem Maastricht-Vertrag eine deutlich höhere Kompetenz für die Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) erhalten. Im Rahmen der F&T-Politik muss die EU vor allem europäische Interessen wahrnehmen. Sie konzentriert sich dabei auf die Förderung von Schlüs-

selstechnologien. Im Unterschied zu unabhängigen Staaten verfügt die EU über keinen eigenen Haushalt und ist daher bei der Gestaltung der F&T-Politik von den Mitgliedsländern abhängig. Die F&T-Politik der EU wird im Folgenden in fünf Aspekten näher analysiert:

- Die *Entwicklung der F&T-Politik* der EU in vier Phasen werden nachgezeichnet (Abschnitt D.III.1.).
- Die wichtigsten *Akteure* in der F&T-Politik der EU und ihr Zusammenspiel bei der Entstehung des vierten Rahmenprogramms werden untersucht (Abschnitt D.III.2.).
- Die Schwerpunkte im vierten Rahmenprogramm werden anhand der *Förderungsschwerpunkte*, des *Inhalts* und der sog. „*Task Forces*“ erläutert (Abschnitt D.III.3.).
- Einige besondere europäische *Forschungsprogramme* werden hinsichtlich ihrer Charakteristika sowie den resultierenden Ergebnisse diskutiert (Abschnitt D.III.4.).
- Abschließend folgt eine *Beurteilung* der F&T-Politik der EU (Abschnitt D.III.5.).

1. Die Entwicklung der Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Union

Die Forschungs- und Technologiepolitik war innerhalb der Europäischen Gemeinschaft (EG) lange Zeit ein Randgebiet. Erst Mitte der 1980er Jahre gab es eine Neuorientierung aufgrund der nachlassenden Konkurrenz- und Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft. Ein wichtiges Ereignis für den Bedeutungszuwachs der europäischen F&T-Politik war die Verabschiedung der Einheitlichen Europäischen Akte (EEA) 1986. Damit waren die Weichen für eine aktive F&T-Politik gestellt. Die Entwicklung der F&T-Politik seit 1951 bis zur Gegenwart wird hier in Anlehnung an Weiler (1995, S. 68) und Stremmel (1988, S. 10) mit wichtigen Ereignissen in vier Phasen erläutert (Übersicht in Tab. 47):

- Erste Phase (1951–1973): Aufbau der Gemeinschaftspolitiken und sektorale Forschung.
- Zweite Phase (1974–1980): Erweiterung der Zuständigkeiten auf dem Gebiet der F&T-Politik.
- Dritte Phase (1981–1987): F&T-politische Neuorientierung und Entwicklung einer offensiven Industriepolitik.
- Vierte Phase (seit 1987): Europa auf dem Weg zur Technologiegemeinschaft.

Tabelle 47

Die vier Phasen der europäischen F&T-Politik mit bedeutenden Ereignissen

Phase	Zeitraum	Name	Wichtige Ereignisse
1	1951–1973	Aufbau der Gemeinschaftspolitiken und sektorale Forschung	• 1951 Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) • 1954 Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) • 1957 Europäische Atomgemeinschaft (EURATOM) • 1957 Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (EWG) • 1965 Arbeitsgruppe „Politique de la Recherche Scientifique et Technique“ (PREST) • 1971 Coopération Européenne dans le Domaine de la Recherche Scientifique et Technique“ (COST)
2	1974–1980	Erweiterung der Zuständigkeiten auf dem Gebiet der F&T-Politik	• 1974 Comité pour la Recherche Scientifique et Technique (CREST) • 1974 Beteiligung an der European Science Foundation • 1974 Erstes Aktionsprogramm der Gemeinschaft auf dem Gebiet der Wissenschaft und Technologie • 1975 European Space Agency (ESA) • 1978 Forecasting and Assessment in the Field of Science and Technology (FAST)-Programm
3	1981–1987	F&T-politische Neuorientierung und Entwicklung einer offensiven Industriepolitik	• 1984–1987 Erstes Rahmenprogramm • 1985 European Research Co-ordination Agency (EUREKA) • 1986 Einheitliche Europäische Akte (EEA)
4	seit 1987	Europa auf dem Weg zur Technologiegemeinschaft	• 1987–1991 Zweites Rahmenprogramm • 1989 Joint European Submicron Silicon Initiative (JESSI) • 1990–1994 Drittes Rahmenprogramm • 1992 Maastricht-Vertrag • 1993 Weißbuch „Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung“ • 1994 Bericht „Eine Politik der industriellen Wettbewerbsfähigkeit für die Europäische Union“ • 1994–1998 Viertes Rahmenprogramm • 1998–2002 Fünftes Rahmenprogramm

Quelle: Stremmel (1988), Weiler (1995, S. 68–96)

Erste Phase: Aufbau der Gemeinschaftspolitiken und sektorale Forschung (1951–1973)

Die F&T-Politik war bereits in den Anfängen des europäischen Integrationsprozesses ein Bestandteil der abgeschlossenen Verträge. In der ersten Phase von 1951 bis 1973 wurde z. B. 1954 das Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) gegründet, die europäische Organisation für Kernforschung (BMBF 1984, S. 204). Im wesentlichen war diese Phase geprägt von den ersten Gründungsverträgen zum *Aufbau von Gemeinschaftspolitiken und einer sektoralen Forschung*, an deren Ende die Krise der 1957 gegründeten Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) stand (Starbatty und Vetterlein 1990, S. 19–20).

In den 1950er Jahren wurden die ersten drei Europäischen Gemeinschaften gegründet (Übersichten bei Schulze 1986, S. 14; Kantzenbach und Pfister 1995, S. 60–61; Stremmel 1988, S. 13): 1951 die Europäische Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS), 1957 die Europäische Atomgemeinschaft (EURATOM) und die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (EWG), ergänzt ab 1965 von der Arbeitsgruppe „Politique de la Recherche Scientifique et Technique“ (PREST).

Bereits 1951 mit der EGKS-Gründung wurde laut Holzkämper (1995, S. 32) eine rechtliche Grundlage für eine Zusammenarbeit in der Forschung geschaffen, jedoch seinerzeit beschränkt auf Kohle und Stahl. Statt einer ursprünglich beabsichtigten Strukturanpassung kam es zu einer strukturerhaltenden Politik, die bis 1986 durch hohe Subventionen an die Stahlunternehmen gekennzeichnet war, so Starbatty und Vetterlein (1990, S. 19).

Infolge der Unterzeichnung des Vertrages zur Gründung der EWG durch zwölf Staaten im Jahre 1957 wurde die Zusammenarbeit um die Landwirtschaft erweitert.

Ebenfalls in 1957 wurde EURATOM gegründet. Diese Gründung stellte einen großen Fortschritt in Richtung gemeinsamer europäischer F&T-Politik dar. Fischer-Dieskau (1979, S. 35) merkt dazu an:

„Aufgrund der allgemeinen Ausrichtung des EURATOM-Vertrages auf die Kernenergie bleibt aber auch die Forschungsförderung auf das Gebiet der Kernenergie beschränkt. Eine allgemeine Forschungspolitik ermöglicht der EURATOM-Vertrag nicht. Ohne Zweifel ist aber die im Rahmen des EURATOM-Vertrages entwickelte Forschungstätigkeit der europäischen Gemeinschaft die Grundlage für unsere heutige Forschungspolitik.“

Mit anfänglichen Erfolgen in den ersten zehn Jahren, u. a. hervorgerufen durch Arbeiten in den vier eigenen Anlagen der Gemeinsamen Forschungsstelle (GFS), schaffte es die europäische Reaktorbauindustrie, wieder auf dem Weltmarkt wettbewerbsfähig zu werden (Stremmel 1988, S. 17). Ab 1967 kam es dann aber zur sog. EURATOM-Krise. Insbesondere zwischen Frankreich und der Bundesrepublik Deutschland gab es größere Differenzen bei der Festlegung auf einen neuen Reaktortyp. Jeder wollte seine eigenen nationalen Reaktortypen entwickeln und nutzen, wodurch es laut Weiler (1995, S. 69) zu Parallelentwicklungen kam und die EURATOM-Gemeinschaft zerbrach. Neben den verschiedenen nationalen Interessen spielten gemäß Felder (1992, S. 83) auch die macht- und außenpolitischen Interessen der einzelnen Mitgliedsstaaten eine Rolle für die Krise.

Bereits während der heraufziehenden Schwierigkeiten bei EURATOM wurde vom Ministerrat 1965 die Arbeitsgruppe PREST eingesetzt (Stremmel 1988, S. 20–21). PREST sollte die F&T-politischen Kooperationsmöglichkeiten erkunden und diesbezügliche Maßnahmen vorschlagen. PREST sollte ferner auch

auf verschiedenen Technologiegebieten Kooperationsmöglichkeiten für europäische Unternehmen eruieren.

Am Ende der ersten Phase gab es mehrere Ansätze zur Schaffung einer gemeinsamen europäischen F&T-Politik (ausführlich bei Starbatty und Vetterlein 1990, S. 21–24; Stremmel 1988, S. 24–31). Das 1971 initiierte Programm „Coopération Européenne dans le Domaine de la Recherche Scientifique et Technique“ (COST) war laut Weiler (1995, S. 71) dabei ein erster lockerer Kooperationsversuch für FuE-Projekte in der Grundlagenforschung auf Gemeinschaftsebene. Insgesamt lieferten die damaligen F&T-politischen Ansätze der EG aber keine befriedigenden Lösungsideen zur Schließung der „technologischen Lücke“ (OECD 1968; Servan-Schreiber 1968, S. 104–105; Abschnitt B.III.2.) gegenüber den USA.

2. Phase: Erweiterung der Zuständigkeiten auf dem Gebiet der F&T-Politik (1974–1980)

Die zweite Phase der *Erweiterung der Zuständigkeiten auf dem Gebiet der F&T-Politik* von 1974 bis 1980 beinhaltete u. a. die Gründung der European Space Agency (ESA) in 1975, welche auf die Förderung der Weltraumforschung und der Satellitenforschung ausgerichtet ist (BMBF 1984, S. 203). In dieser Phase gab es vier zentrale Entschlüsse des EG-Ministerrates, die auf dem EWG-Vertrag ansetzten (Stremmel 1988, S. 33):

- „Koordinierung der nationalen Politiken im Bereich von Wissenschaft und Technologie sowie Gründung des Comité pour la Recherche Scientifique et Technique (CREST).“
- „Beteiligung der Gemeinschaft an der European Science Foundation.“
- „Erstes Aktionsprogramm der Gemeinschaft auf dem Gebiet der Wissenschaft und Technologie.“
- „Aktionsprogramm der Gemeinschaften auf dem Gebiet der Vorausschau, Bewertung und Methodik.“

Erstens sollten zur *Koordinierung der nationalen Politiken* sowohl die Politiken innerhalb der EG als auch zwischen den EG-Ländern und Drittländern einbezogen werden. Damit sollten u. a. Doppelentwicklungen vermieden werden. Zur Unterstützung wurde das „Comité pour la Recherche Scientifique et Technique“ (CREST) eingesetzt (Stremmel 1988, S. 34–35). Dem CREST gehören Vertreter der Mitgliedsstaaten und der Europäischen Kommission an. CREST ersetzte PREST und hatte größere Kompetenzen, blieb seinerzeit aber laut Weiler (1995, S. 72) zunächst ohne klares Aufgabenprofil.

Zweitens billigte der Ministerrat 1974 auch die Beteiligung an der *European Science Foundation*, einer *europäischen Wissenschaftsstiftung*, welche von den Forschungseinrichtungen und Akademien der europäischen Länder errichtet wurde (Stremmel 1988, S. 37–38).

Drittens war das „*Erste Aktionsprogramm der Gemeinschaft auf dem Gebiet der Wissenschaft und Technologie*“ ein wichtiges Element bei den Entschlüssen (Näheres bei Mennicken 1974). Es sollte den Rahmen für die diversen Einzelprogramme bilden, wie z. B. die Programme für die schwachen Wirtschaftszweige Kohle, Stahl und Textil (Starbatty und Vetterlein 1990, S. 24). Das Aktionsprogramm sollte in einer Pilotphase bis 1976 dauern (Rat der EG 1974, S. 6–7). Im Grunde gab es aber kein koordiniertes Vorgehen oder eine Gesamtstrategie. Vielmehr versuchten die Mitgliedsstaaten mit nationalen Lösungen die Folgen der Ölkrise zu bekämpfen.

Viertens wurden ab 1978 mit dem Programm „*Forecasting and Assessment in the Field of Science and Technology*“ (FAST) u. a. eine institutionalisierte Technologiefolgenabschätzung unterstützt (Weiler 1995, S. 72). Die FAST-Gruppe lieferte fünf Hauptstrategien für die 1980er Jahre, darunter auch Vorschläge für das spätere European Strategic Programme for Research and Development in Information Technologies (ESPRIT) und eine Zusammenarbeit mit Ländern der Dritten Welt (FAST-Gruppe und Kommission der EG 1987, S. 172–173).

Insgesamt stellte die zweite Phase eine Weichenstellung in Richtung einer aktiveren Rolle der EG dar. Vor allem das Aktionsprogramm bedeutete eine formale Grundlage für eine gemeinschaftliche F&T-Politik (Stremmel 1988, S. 41). Laut Felder (1992, S. 84) blieb das jährliche Fördervolumen in den 1970er Jahren immer unter 300 Mio. ECU, was den relativ geringen Stellenwert der F&T-Politik in der EG unterstreicht.

3. Phase: F&T-politische Neuorientierung und Entwicklung einer offensiven Industriepolitik (1981–1987)

Die dritte Phase der europäischen F&T-Politik von 1981 bis 1987 war geprägt von einer verschärften Wettbewerbssituation für die europäischen Länder. Zum einen gab es Anfang der 1980er Jahre einen Rückstand gegenüber den USA und Japan in den Produktgruppen der Hochtechnologie, zum anderen entstanden mit den asiatischen Schwellenländern neue Konkurrenten in den eher traditionellen Produktgruppen (Kraus 1984, S. 191). Laut Stremmel (1988, S. 80–81) entstanden eine *F&T-politische Neuorientierung und die Entwicklung einer offensiven Industriepolitik* aus der Identifizierung von Schwachstellen. Diese waren z. B. ein nicht erreichter Binnenmarkt, die fehlende Abstimmung zwischen den Mitgliedsstaaten und dadurch Doppelarbeiten sowie eine zu langsame Umsetzung von technischen Erkenntnissen in marktfähige Produkte.

Die Kommission der EG legte 1983 einen umfassenden Vorschlag für eine europäische Strategie auf dem Gebiet von Wissenschaft und Forschung vor (Rat der EG 1983). Diese Strategie sah nach Sälzer (1986, S. 56–57) vier Punkte vor: eine stärkere Ausrichtung der Forschung auf sozio-ökonomische Themen, Betonung von sachübergreifenden anstelle sektorspezifischen Themen, stärkere

Verzahnung nationaler und gemeinschaftlicher Technologiepolitik sowie eine mittelfristige Gesamtplanung.

Im Einzelnen gab es daran anknüpfend in den 1980er Jahren das erste Rahmenprogramm von 1984 bis 1987, die Gründung der European Research Coordination Agency (EUREKA) 1985 sowie die Verabschiedung der Einheitlichen Europäischen Akte (EEA) 1986.

Das *erste Rahmenprogramm (1984–1987)* richtete sich auf die Konsolidierung der bisher eher unkoordinierten Aktivitäten in der F&T-Politik und sollte den Überbau für weitere Programme liefern, so Starbatty und Vetterlein (1990, S. 26). Das geplante Fördervolumen lag bei 3,75 Mrd. ECU (Zahlen aus Kantzenbach und Pfister 1995, S. 61). Laut Weiler (1995, S. 75) besaß dieses erste Rahmenprogramm aber noch keine Bindungswirkung, so dass die Ziele von den Mitgliedsstaaten noch modifiziert werden konnten. Förderschwerpunkte lagen in der Förderung der Energietechnik sowie der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft (Schulze 1986, S. 15). Wirtschaftsnahe Programme wie z. B. ESPRIT von 1984 und Research and Development in Advanced Communication in Europe (RACE) gewannen daher auch finanziell an Bedeutung.

Die Gründung der EG-übergreifenden *EUREKA* 1985 ist als Antwort auf die amerikanische Strategic Defense Initiative (SDI) zu verstehen (Riesenhuber 1986, S. 185–187). Sie war nach Gemper (1986, S. 628) als Ergänzung zu den bestehenden Förderprojekten der EG gedacht und stand neben weiteren europäischen Ländern auch Schwellenländern zur Teilnahme offen. Insgesamt zehn Forschungsprojekte im Bereich der Hochtechnologie sind in einer ersten Welle von Unternehmen und Forschungseinrichtungen aus mindestens zwei der beteiligten Staaten festgelegt worden. Die Projekte sind vornehmlich auf die Entwicklung marktfähiger Produkte ausgelegt, um die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft zu steigern.

Mit der *Einheitlichen Europäischen Akte* (EEA) kam nach Kantzenbach und Pfister (1995, S. 61) 1986 der endgültige Durchbruch für eine gemeinsame F&T-Politik der EG. Mittels der EEA wurden weitere Kompetenzen von den Mitgliedsstaaten auf die EG verlagert und das Abstimmungsverfahren vereinfacht. In Artikel 130f (1) des EWG-Vertrages wurde das Ziel für die F&T-Politik festgelegt: „*Die Gemeinschaft setzt sich zum Ziel, die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen der europäischen Industrie zu stärken und die Entwicklung ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit zu fördern.*“ (Kommission der EG 1986a, S. 14) Festgelegt sind in der EEA weiterhin auch die Arten der Aktionen der F&T-Politik, die generelle Koordination, die Gestaltung der Rahmenprogramme und ihre Umsetzung sowie die internationale Zusammenarbeit mit Drittländern.

Insgesamt hat die F&T-Politik in der dritten Phase einen deutlichen Aufschwung erfahren. Die F&T-Politik hat durch die EEA den gleichen Status er-

halten wie die Regional- oder Strukturpolitik. Die FuE-Ausgaben der EG haben sich zwischen 1981 und 1987 verdreifacht, jedoch von einem niedrigen Niveau aus kommend (Felder 1992, S. 84). Ebenso nahm auch die Anzahl der F&T-Programme und Projekte beachtlich zu.

4. Phase: Europa auf dem Weg zur Technologiegemeinschaft (seit 1987)

Mit der EEA und dem Ziel eines europäischen Binnenmarktes 1992 gewannen die F&T-politischen Maßnahmen der EG in der vierten Phase seit 1987 an Kontur. Dabei gab es auf dem *Weg Europas zur Technologiegemeinschaft* vor allem eine Konkretisierung und stärkere Akzentuierung in den Rahmenprogrammen. Zusätzlich wurde mit dem Maastricht-Vertrag von 1992 ein weiterer Schritt in Richtung europäische Integration unternommen (Kommission der EG 1992, S. 6). In diese Phase fallen zum einen das *zweite Rahmenprogramm* und das *dritte Rahmenprogramm*, zum anderen das *Weißbuch „Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung“* (Europäische Kommission 1994a) und der Bericht *„Eine Politik der industriellen Wettbewerbsfähigkeit für die Europäische Union“* (Europäische Kommission 1994b). Hieran knüpfen das *vierte Rahmenprogramm* und auch das *fünfte Rahmenprogramm* an.

Das *zweite Rahmenprogramm* (1987–1991) wurde 1987 verabschiedet und war gegenüber dem ersten Rahmenprogramm deutlich umfangreicher und detaillierter (Holzkämper 1995, S. 34). Diese inhaltliche Erweiterung wurde nach dem Abschluss der EEA möglich. Ziel des zweiten Rahmenprogramms war in erster Linie die Entwicklung von „Technologien der Zukunft“ (Europäische Kommission 1995a, S. 5). Aufgrund der beabsichtigten Stärkung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft lag der Schwerpunkt nun auf der Förderung von Schlüsseltechnologien. Vom gesamten Fördervolumen von 5,40 Mrd. ECU entfielen 42 % auf die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und 22 % auf die Energietechnik (Zahlen aus Kantzenbach und Pfister 1995, S. 62–63). Parallel zum Rahmenprogramm startete 1989 das Programm *„Joint European Submicron Silicon Initiative“* (JESSI). JESSI hatte ein Budget von ca. 4 Mrd. ECU und sollte die europäischen Halbleiterhersteller zusammenbringen, um u. a. einen 64 MBit-DRAM auf Basis der Röntgenlithographie bis 1996 zu entwickeln (Bletschacher und Klodt 1991, S. 26). Das Programm scheiterte jedoch schon kurz nach Beginn, nachdem sich Philips und Siemens gegen eine Teilnahme und für einen eigenen Weg entschieden hatten.

Das *dritte Rahmenprogramm* von 1990 bis 1994 sollte dann eine weitere Priorisierung der F&T-Förderung erfahren. Aufgrund der Überlappung mit dem zweiten Rahmenprogramm ging es vor allem um Kontinuität in den Programmen. Das Budget von 6,6 Mrd. ECU wurde hauptsächlich für die Förderung von IKT verwendet, während die Förderung der Energietechnik weiter reduziert wurde, so Ochel und Penzkofer (1996, S. 40). Eine Bedeutungszunahme erfuh-

ren nach Weiler (1995, S. 85) die Querschnittsaufgaben über eine Zunahme horizontaler Maßnahmen sowie die Förderung der Biotechnologie und der Umweltforschung. Zwar hat das dritte Rahmenprogramm nur noch drei Aktionslinien und 15 spezifische Programme, nachdem es beim zweiten Rahmenprogramm noch acht Aktionslinien und 37 spezifische Programme gab, so Weiler (1995, S. 86). Aber laut Starbatty und Vetterlein (1994, S. 47) gab es nur scheinbar eine Straffung der Programmvieffalt, denn die Programme aus dem zweiten Rahmenprogramm waren als Unterprogramme auch im dritten Rahmenprogramm enthalten.

Mit ihrem Weißbuch „*Wachstum Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung*“ (Europäische Kommission 1994a) stellte die Europäische Kommission die Weichen für eine Neugestaltung der Rahmenprogramme, die aufgrund des Maastrichter-Vertrages notwendig wurde. Den Organen der EU sollten zusätzliche Handlungsbefugnisse zuteil werden, damit sie u. a. kleine und mittlere Unternehmen besser unterstützen, eine europäische Infrastruktur aufbauen und die Grundlagen für die Informationsgesellschaft schnellstmöglich schaffen konnten (Europäische Kommission 1994a, S. 23). Die Programmpunkte des Weißbuchs umfassten zahlreiche industriepolitischen Ideen (ausführlich in Kommission der EG 1991), die den forcierten Aufbau von Informations- und Energieinfrastrukturen sowie eine *gemeinschaftliche F&T-Politik* betrafen (Europäische Kommission 1994a, S. 108–114). Die gemeinschaftliche F&T-Politik sollte ihr Augenmerk neben der Stärkung der europäischen Wirtschaft auch auf fünf Punkte legen: bessere Koordinierung der FuE-Aktivitäten, Konzentration der Förderung auf einige Schlüsselbereiche, Vereinfachung der Verfahren, besserer Zugang für KMU zu den Programmen sowie Verbesserung der Verbreitung und Verwertung der FuE-Ergebnisse.

Ähnlich wie im Weißbuch wird von der Europäischen Kommission (1994b) auch in dem Bericht „*Eine Politik der industriellen Wettbewerbsfähigkeit für die Europäische Union*“ das Verständnis der zukünftigen Industriepolitik dargestellt. Im wesentlichen sieht die Europäische Kommission vier Aktionsschwerpunkte zur Erreichung ihrer Ziele, d. h. Wiederherstellung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft und Reduzierung der Arbeitslosenzahlen (Europäischen Kommission 1994b, S. 7–10): Förderung immaterieller Investitionen, Entwicklung der industriellen Zusammenarbeit, Gewährleistung gleichberechtigter Wettbewerbsbedingungen und Modernisierung staatlicher Eingriffe. Für die F&T-Politik sieht die Europäische Kommission – unter Wahrung des Subsidiaritätsprinzips (ausführlich für die F&T-Politik diskutiert bei Sturm 1996) – eine stärkere Berücksichtigung der Markterfordernisse vor. Starbatty und Vetterlein (1994, S. 52) beurteilen aus ordnungspolitischer Sicht diese Konzeption einer europäischen F&T- bzw. Industriepolitik:

„Weder Kommission noch Unternehmen sind an einer allzu großen Ferne von den Märkten interessiert, und der Einfluss der Regierungen, die auf möglichst viel Wettbewerb setzen, auf die europäische Technologiepolitik geht zurück. Diese ge-

DOI <https://doi.org/10.3790/978-3-428-49907-6>

meinschaftliche Forschungs- und Technologiepolitik schlägt eine Richtung ein, die vom vorwettbewerblichen Stadium zur Einflussnahme auf den Wettbewerb selbst geht.“

Auf der neuen Ausrichtung der F&T-Politik basiert das *vierte Rahmenprogramm* (Abschnitt D.III.3.) von 1994 bis 1998. Das Rahmenprogramm hat ein Budget von 12,3 Mrd. ECU, was in etwa eine Verdoppelung gegenüber dem vorherigen Programm ist (Europäische Kommission 1995a, S. 8). Erreicht wird die Verdoppelung laut Ochel und Penzkofer (1996, S. 44) vor allem durch Hinzunahme von internationalen technologischen Kooperationen sowie von Forschungstätigkeiten, die nicht Bestandteil im dritten Rahmenprogramm waren. Das vierte Rahmenprogramm zielt in erster Linie auf die Verbesserung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft. Im wesentlichen gibt es vier Aktionsbereiche, darunter der „Aktionsbereich 1“ mit 15 Schlüsseltechnologien und Förderbereichen. Die Förderung von IKT, Industrietechnologien und Energietechnik nimmt dabei weiterhin einen großen Raum ein. Neu eingerichtet wurden acht „*Task Forces*“ zur Koordination und Bündelung der FuE-Aktivitäten in Europa bei wichtigen Zukunftsthemen. Eingeflossen sind hier u. a. die Ideen zum Aufbau einer globalen Informationsgesellschaft (Bangemann et al. 1994).

Bereits in der Vorbereitungsphase befindet sich das *fünfte Rahmenprogramm*, welches von 1998 bis 2002 laufen soll. Dieses wird im Wesentlichen auf sechs prioritäre Bereiche konzentriert sein (ausführlich in Europäische Kommission 1996a, S. 27–36; Kommission der EG 1997, S. 4; Europäische Kommission 1997a). Darunter sind zum einen drei „*thematische*“ Programme mit „Erforschung der biologischen Ressourcen und der Ressourcen des Ökosystems“, „Entwicklung einer sozialen Informationsgesellschaft“ und „Förderung eines wettbewerbsorientierten und nachhaltigen Wachstums“. Zum anderen gibt es darunter drei „*horizontale*“ Programme mit der „Sicherung der internationalen Stellung der europäischen Forschung“, „Innovation und Einbeziehung von KMU“ und „Ausbau des Potenzials der Humanressourcen“.

Zwei Elemente sind neu im fünften Rahmenprogramm (Kommission der EG 1997, S. 3b-3c; 5): So werden einerseits verschiedene *Kriterien* zur Auswahl von spezifischen Programmen bzw. Projekten verwendet: Erfüllung gesellschaftlicher Bedürfnisse, Zusammenhang von wirtschaftlicher Entwicklung und wissenschaftlichen und technologischen Perspektiven sowie Zusammenhang eines „zusätzlichen Nutzens“ eines europäischen Vorgehens und dem Subsidiaritätsprinzip. Andererseits sind sog. *Leitaktionen* für die verschiedenen „thematischen“ Programme geplant, d. h., es sind 16 Großprojekte zu den drei Themen vorgeschlagen worden. Das Budget wird real unter dem des vierten Rahmenprogramms liegen, da vom Rat der Forschungsminister lediglich 14 Mrd. ECU als Budget festgelegt wurden (Kommission der EG 1998, S. 3).

Fazit

Die F&T-Politik der Europäischen Union hat in den letzten 40 Jahren deutlich an Konturen gewonnen. Seit Beginn der Förderung über Rahmenprogramme wurde eine Verbesserung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft angestrebt. Vom finanziellen Volumen her ist die Ausstattung der Rahmenprogramme mit ca. 4,0 % am Gesamthaushalt (Kommission der EG 1998, S. 102) immer noch dürftig. So hat sich dies auch mit dem vierten Rahmenprogramm nur etwas gewandelt. Die Ausrichtung auf eine stark sektorale Förderung hat sich im Zeitablauf nicht geändert. Mit dem Weißbuch und der damit untermauerten Ausrichtung auf die Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit wurde dies noch verstärkt. Die Europäische Kommission versucht also weiterhin, zukunftssträchtige Wirtschaftszweige zu identifizieren und gezielt zu fördern.

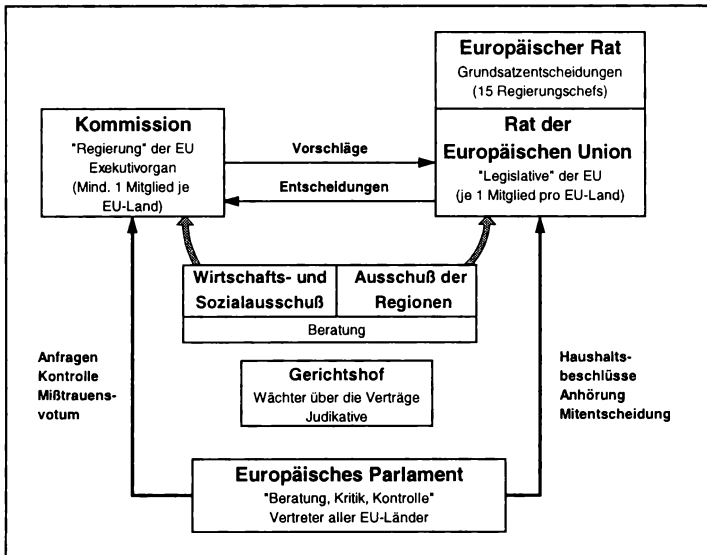
2. Die wichtigsten Akteure der Europäischen Union und ihr Zusammenspiel beim vierten Rahmenprogramm

Die Europäische Union (EU) ist kein Staat mit eigener Verfassung, in der die Staatsaufgaben der jeweiligen Organe festgelegt sind. Die Gründungsverträge in ihrem aktuellen Stand enthalten die Aufgaben der EU und ihrer Organe. Die Organe bzw. Akteure und ihr Zusammenspiel im Rahmen der Forschungs- und Technologiepolitik sollen am Beispiel der Gestaltung des vierten Rahmenprogramms analysiert werden. Dazu werden zunächst die *Akteure* mit ihren allgemeinen Aufgaben dargestellt, ergänzt von spezifischen *Beratungsgremien für die F&T-Politik*. Anschließend wird die *Entstehung des vierten Rahmenprogramms* näher beschrieben.

Akteure der EU

In den Gründungsverträgen der EU sind fünf Akteure mit ihren Aufgaben festgelegt worden (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung 1996, S. 44–75, 95; Klodt und Siebert 1992, S. 202–206). Hierzu zählen das Europäische Parlament, der Rat der EU, die Europäische Kommission, der Europäische Gerichtshof und der Europäische Rechnungshof. Eine besondere Rolle fällt dem Europäischen Rat zu. Für die Beratung gibt es zudem zwei zentrale Ausschüsse (Abb. 39).

Das *Europäische Parlament* (EP) hat Gesetzgebungsrechte, Haushaltsrechte, Kontrollrechte und Rechte in den Außenbeziehungen. Es spielt seit dem Maastricht-Vertrag von 1992 eine stärkere Rolle im Gesetzgebungsverfahren, in das es vielfach aktiv eingebunden ist.



Quelle: eigene Darstellung; angelehnt an Lepkowski (1993, S. 9)

Abbildung 39: Die wichtigsten Organe der Europäischen Union

Im *Rat der Europäischen Union* sind die einzelnen Mitgliedsstaaten durch ihre jeweiligen Fachminister vertreten. Der Rat der EU – meist nur als Rat bzw. als Ministerrat bezeichnet – trifft die gesetzgeberischen Entscheidungen gemeinsam mit dem Europäischen Parlament. Auf der Ebene des Ministerrates wird an Kompromissen gearbeitet. Hemmend wirken dabei die oftmals konträren nationalen Interessen.

Die *Europäische Kommission* ist das Exekutivorgan – quasi die „Regierung“ der EU. Die Europäische Kommission hat das alleinige Initiativrecht für Gesetzentwürfe, da sie nicht nationalen, sondern allein europäischen Interessen verpflichtet ist. Neben der Gesetzesformulierung stellt sie den Haushaltsentwurf auf, verwaltet die Fonds und überwacht die Einhaltung der Verträge („Hüterin der Verträge“) durch die Mitgliedsstaaten. Im Falle eines Verstoßes muss die Europäische Kommission einschreiten. Zudem sorgt sie auch für die Umsetzung der verabschiedeten Gesetze, jedoch müssen viele Gesetze von den nationalen Parlamenten in nationales Recht übernommen werden. Insgesamt ist die Europäische Kommission in 24 Generaldirektionen (Direction général DG) aufgeteilt. Darunter sind von Bedeutung für die F&T-Politik die DG III „Industrie“, die DG XIII „Telekommunikation, Informationsmarkt und Nutzung der Forschungsergebnisse“, die DG VII „Verkehr“, die DG XVII „Energie“ und insbesondere die DG XII „Wissenschaft, Forschung und Entwicklung“, die ca. 60 % des Forschungshaushaltes vergibt (Reuhl 1994, S. 120).

Der *Europäische Gerichtshof* ist das Organ der Judikative. Er ist unabhängig und überwacht die Einhaltung der Verfassung durch die Exekutive und die Einhaltung der Gesetze durch die Verwaltung.

Dem *Europäischen Rechnungshof* obliegt die Kontrolle der europäischen Finanzen. Er ist in erster Linie ein Kontrollorgan, das die Rechtmäßigkeit und Ordnungsmäßigkeit der Einnahmen und Ausgaben überprüft.

Der *Europäische Rat* setzt sich aus den 15 Staats- und Regierungschefs der Mitgliedsstaaten sowie dem Präsidenten der Kommission zusammen. Er trifft sich mindestens einmal pro Halbjahr. Er legt die allgemeinen Leitlinien der europäischen Politik fest, an die sich der Ministerrat zu halten hat, so z. B. die Teilnehmerstaaten an der Währungsunion.

Als *beratende Ausschüsse* gibt es den Wirtschafts- und Sozialausschuss sowie den Ausschuss der Regionen. Der *Wirtschafts- und Sozialausschuss* ist ein Ausschuss mit Vertretern des wirtschaftlichen und sozialen Lebens, der Empfehlungen schon im Stadium des Gesetzentwurfs abgibt. Er berät den Ministerrat und die Kommission. Der *Ausschuss der Regionen* hat eine ähnliche Funktion, äußert sich aber insbesondere zu Fragen der Regionalpolitik.

Beratungsgremien für die F&T-Politik

Im Rahmen der Konzeption eines Rahmenprogramms sowie der spezifischen Programme wird die Europäische Kommission vor allem von drei *Gremien* beraten, ergänzt von einem weiteren Ausschuss (Übersicht bei Ochel und Penzkofer 1996, S. 69; BfAI 1995c, S. 2):

- Das *Comité pour la Recherche Scientifique et Technique* (CREST) ist für die Koordination der Forschungspolitik zwischen den Mitgliedsstaaten und der Gemeinschaft verantwortlich. Dieses Gremium setzt sich aus je zwei Mitgliedern der nationalen Regierungen zusammen.
- Seit 1994 gibt es die *European Science and Technology Assembly* (ESTA), die das Committee for the Development of Science and Technology (CODEST) ablöst. ESTA ist ein fachübergreifendes Gremium von 64 – ursprünglich 100 – hochrangigen Wissenschaftlern und Forschungsleitern aus der Wirtschaft. Es soll die Europäische Kommission bei der Entwicklung und Umsetzung der F&T-Politik unterstützen.
- Das *Industrial Research and Development Advisory Committee* unterstützt die Kommission bei der Förderung der industriellen FuE. Die 14 Mitglieder dieses Komitees werden von der Europäischen Kommission ernannt.

Ergänzend gibt es noch den auf Nuklearfragen spezialisierten *Ausschuss für Wissenschaft und Technologie*.

Entstehung des vierten Rahmenprogramms

Im Maastricht-Vertrag ist die Förderung von Forschung und Technologie in der EU und das Zusammenspiel der Organe geregelt (Näheres bei Reuhl 1994, S. 116–117). In den mehrjährigen Rahmenprogrammen werden die Ziele, die grundsätzlich erforderlichen Maßnahmen sowie die Finanzierung festgelegt. Umgesetzt werden die Rahmenprogramme über spezifische Programme, die vom Rat mit qualifizierter Mehrheit auf Vorschlag der Europäischen Kommission beschlossen werden. Vor dem Beschluss muss der Rat das Europäische Parlament sowie den Wirtschafts- und Sozialausschuss anhören. Zunächst wird der Prozess der Entstehung eines Rahmenprogramms mit den beteiligten Akteuren allgemein dargestellt und anschließend anhand des vierten Rahmenprogramms näher erläutert.

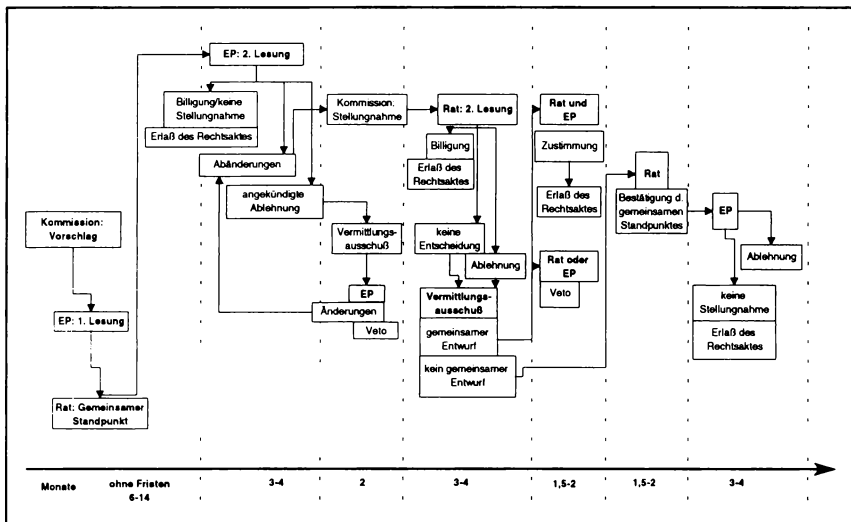
An der *Entstehung eines Rahmenprogramms* sind die Europäische Kommission, das Europäische Parlament und der Rat der Forschungsminister sowie – nur in beratender Funktion – verschiedene Ausschüsse beteiligt (Reuhl 1994, S. 116–117, Kantzenbach und Pfister 1995, S. 62). Maßgeblich für die Forschungs- und Technologieförderung der Europäischen Union ist Artikel 130i des EG-Vertrages. Danach werden alle Maßnahmen der Gemeinschaft auf dem Gebiet von Forschung und Technologie in einem Rahmenprogramm zusammengefasst. In dem Rahmenprogramm werden sowohl der finanzielle Umfang als auch Prioritäten der Forschungsförderung für einen Zeitraum von fünf Jahren festgelegt. Die Entscheidung über die Annahme des Rahmenprogramms liegt – gemäß Artikel 189b des Vertrages über die Europäische Union – beim Europäischen Parlament und beim Rat der Forschungsminister. Für Unstimmigkeiten bei der Etatfestlegung gibt es seit 1994 die Möglichkeit, ein Vermittlungsverfahren einzuleiten bzw. den Vermittlungsausschuss anzurufen (Schema in Abb. 40).

Die *Entstehung des vierten Rahmenprogramms* vollzog sich im Wesentlichen in folgenden sechs Schritten, die im großen und ganzen dem gezeigten Schema entsprechen (Zusammenfassung nach Weiler 1995, S. 167–192):

- Im September 1992 legte die Europäische Kommission einen Vorschlag mit dem ersten Arbeitsdokument vor, den sie 1993 in einem zweiten Arbeitsdokument präzisierete. Den *offiziellen Vorschlag* unterbreitete die Kommission im Juni 1993.
- Vom Europäischen Parlament wurden in *erster Lesung* am 18. November 1993 insgesamt 118 Änderungsvorschläge unterbreitet und eine Erhöhung des Budgets von 13,1 Mrd. ECU auf 13,7 Mrd. ECU gefordert.
- Zur Erarbeitung des *gemeinsamen Standpunktes* war der Ministerrat unter Zugzwang und unterbreitete ihn nach zahlreichen erfolglosen Sitzungen am 14. Januar 1994. Er wurde u. a. vom Europäischen Rat unter Druck gesetzt, der in einer Sitzung am 10/11. Dezember eine Gesamtausstattung von nicht

weniger als 12 Mrd. ECU und einer Reserve von 1 Mrd. ECU ab 1996 festlegte.

- Das Europäische Parlament brachte dann in seiner *zweiten Lesung* am 28. Februar 1994 zehn Änderungsvorschläge ein.
- Der *Ministerrat* billigte in seiner *zweiten Lesung* die vorgeschlagenen Änderungen nicht, weshalb es erst zu einem Konsens in der zweiten *Sitzung des Vermittlungsausschusses* am 21. März 1994 kam.
- Im April 1994 beschloss der *Ministerrat* und das *Europäische Parlament* die *Annahme* des Rahmenprogramms (Weule 1995, S. 16).



EP: Europäisches Parlament
Quelle: Weule (1995, S. 17)

Abbildung 40: Entstehung eines Rahmenprogramms der EU im Zeitablauf

Der gesamte Prozess nahm insgesamt 19 Monate in Anspruch. Die sich anschließende Ausarbeitung der 20 spezifischen Programme wurde im Dezember 1994 abgeschlossen. Insbesondere der Ministerrat war für die Zeitverzögerungen verantwortlich, da er sich aufgrund der unterschiedlichen nationalen Interessen nicht schnell genug einigen konnte.

Fazit

Unter den Organen bzw. Akteuren hat zweifelsohne die Europäische Kommission eine zentrale Rolle, denn über den Vorschlag des Rahmenprogramms als auch über die Abwicklung der FuE-Projekte hat sie einen großen Einfluss auf die europäische F&T-Politik. Durch den Maastricht-Vertrag hat das Europäische Parlament an Einfluss gewonnen, ist jedoch im Vergleich zum Rat der

Forschungsminister eher von nachgeordneter Wichtigkeit. Insbesondere im Rat der Forschungsminister werden die unterschiedlichen Auffassungen der Mitgliedsstaaten über die Gestaltung der F&T-Politik ausgetragen. Hinderlich ist im Rat vor allem das vorgeschriebene Einstimmigkeitsprinzip, das den Konsensfindungsprozess hemmt (Weiler 1995, S. 195). Daher ist auch die lange Zeit zu erklären, die zur Verabschiedung eines Rahmenprogramms benötigt wird. Die lange Dauer ist für Weule (1995, S. 16) per se noch akzeptabel, wenn am Ende wie in Japan gute Ergebnisse ausgewiesen werden. Für Ochel und Penzkofer (1996, S. 71) ist es aber notwendig, nach Möglichkeiten zur Verkürzung des Programmprozederes zu suchen.

3. Das vierte Rahmenprogramm der Europäischen Union

Mit dem vierten Rahmenprogramm von 1994 bis 1998 leitet die Europäische Union (EU) eine neue Epoche ein, da mit dem Maastricht-Vertrag die generelle Bedeutung der F&T-Politik erhöht wurde. Mit dem vierten Rahmenprogramm verfolgt die EU vor allem drei Ziele (Europäische Kommission 1995b, S. 15):

- „Festigung der Stellung von Wissenschaft und Technologie in Europa, um den Bedürfnissen der Industrie gerecht zu werden und die Lebensqualität in den Mitgliedsstaaten zu verbessern.“
- „Förderung der wissenschaftlichen und technologischen Zusammenarbeit in Europa; Verbesserung der Koordinierung der Forschungsarbeiten in den Mitgliedsstaaten und Verwertung der Ergebnisse von Forschungsprojekten.“
- „Beitrag zu anderen politischen Arbeitsfeldern der Gemeinschaft (Umwelt, Verkehr, usw.).“

Anknüpfend an die Ziele sind insgesamt vier Aktionsbereiche definiert worden, die 20 spezifische Programme enthalten. Im Folgenden wird das vierte Rahmenprogramm in drei Aspekten näher beschrieben:

- Die *Förderschwerpunkte* des vierten Rahmenprogramms werden zunächst mit denen der Vorgängerprogramme *verglichen*.
- Der *Inhalt des vierten Rahmenprogramms* mit den vier Aktionsbereichen und 20 Schwerpunktprogrammen wird erläutert.
- Eine Besonderheit des vierten Rahmenprogramms ist die Einrichtung von acht *Task Forces* für Forschung und Wirtschaft.

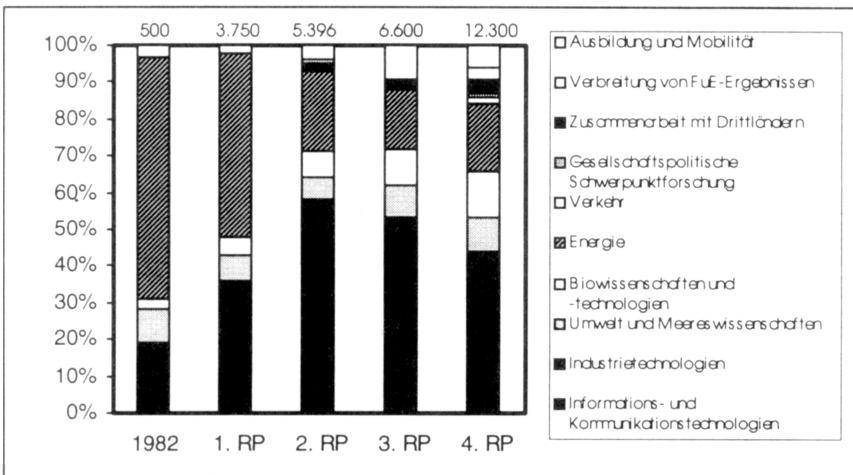
Vergleich der Förderschwerpunkte in den Rahmenprogrammen

Das vierte Rahmenprogramm hat mit 12,3 Mrd. ECU das mit Abstand größte Budget aller bisherigen Rahmenprogramme. Die Europäische Kommission hat zehn allgemeine *Förderschwerpunkte* definiert, darunter sechs Schlüsseltech-

nologien sowie vier Querschnittsthemen (European Commission 1994 S. 219; Tableau IV.2).

Zu den *Schlüsseltechnologien* zählen die Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), die Industrietechnologien, Umwelt und Meereswissenschaften, Biowissenschaften und -technologien, Energie und Verkehr. Die vier *Querschnittsthemen* umfassen die gesellschaftspolitische Schwerpunktforschung, die Zusammenarbeit mit Drittländern und internationalen Organisationen, die Verbreitung und Verwertung der Forschungsergebnisse sowie die Förderung der Ausbildung und Mobilität von Forschern.

Seit 1982 haben sich bezüglich der Schwerpunkte in den Rahmenprogrammen – unterschieden in Schlüsseltechnologien und in Querschnittsthemen – einige Veränderungen ergeben, welche eine neue Orientierung der F&T-Politik verdeutlicht (Abb. 41).



Zahlen über den Säulen bedeuten die Gesamtförderung in Mio. ECU.

Quelle: European Commission (1994 S. 219; Tableau IV.2)

Abbildung 41: Übersicht über die Förderung im Jahre 1982 sowie über die vier Rahmenprogramme nach Förderschwerpunkten

Bei den *Schlüsseltechnologien* hat seit 1982 die Förderung von Energietechnik zugunsten der IKT und seit dem zweiten Rahmenprogramm ferner zugunsten der Biowissenschaften und -technologien abgenommen. Hatte die IKT im zweiten Rahmenprogramm einen Anteil von 42 % an der Gesamtförderung, so beträgt er im vierten Rahmenprogramm lediglich noch 28 %. Der Anteil der Energietechnik an der Gesamtförderung nahm von 66 % in 1982, auf 22 % im zweiten Rahmenprogramm ab und liegt bei 18 % im vierten Rahmenprogramm. Die Biowissenschaften und -technologien erhöhten ihren Anteil von nur 3 % in 1982 kontinuierlich auf 13 % im vierten Rahmenprogramm. Auch die Indu-

strietechnologien legten von 9 % in 1982 auf 16 % im vierten Rahmenprogramm zu.

Die Förderung der vier *Querschnittsthemen* hat – außer der seit 1982 existierenden „Förderung der Ausbildung und Mobilität von Forschern“ – mit dem zweiten Rahmenprogramm begonnen. Der Anteil aller vier Querschnittsthemen an der Förderung im zweiten Rahmenprogramm lag bei 7 % und wuchs auf 16 % im vierten Rahmenprogramm an.

Die Europäische Kommission (1995a, S. 3) zielt mit der stärkeren Förderung der Querschnittsthemen auf eine bessere Berücksichtigung gesellschaftlicher Bedürfnisse und eine Verknüpfung mit anderen Politikbereichen. Dies zeigt sich im Inhalt des vierten Rahmenprogramms.

Inhalt des vierten Rahmenprogramms

Das vierte Rahmenprogramm besteht aus vier Aktionsbereichen inklusive 20 spezifischen Programmen (Europäische Kommission 1995a, S. 32). Die vier Aktionsbereiche betreffen dabei sowohl Schlüsseltechnologien (Aktionsbereich 1) als auch Querschnittsthemen (Aktionsbereiche 2 bis 4), wobei der Aktionsbereich 1 mit 10,7 Mrd. ECU einen Anteil von 86,9 % am gesamten Budget hat (Tab. 48).

Beim *Aktionsbereich 1 „Programme für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration“* haben die IKT mit 3,4 Mrd. ECU den größten Anteil, gefolgt von der Energietechnik mit 2,3 Mrd. ECU, den Industrietechnologien mit 2,0 Mrd. ECU sowie den Biowissenschaften und -technologien mit 1,6 Mrd. ECU. Auf den erstmals erwähnten Förderbereich „Verkehr“ entfallen 240 Mio. ECU. Es soll u. a. ein einheitliches europäisches Verkehrsnetz aufgebaut werden (Europäische Kommission 1995a, S. 25). Die gesellschaftspolitische Schwerpunktforchung, bei der u. a. ein Netz von Technologievorauschaun errichtet und die Technologieakzeptanz innerhalb der EU gesteigert werden sollen, erhält 138 Mio. ECU (Europäische Kommission 1995a, S. 32).

Mit dem *Aktionsbereich 2* zielt die EU auf die Intensivierung der „*Zusammenarbeit mit Drittländern und internationalen Organisationen*“. Das Budget liegt bei 540 Mio. ECU. Hierbei geht es um die Beteiligung von Drittländern am Rahmenprogramm und um die Fortführung bestehender Forschungskooperationen. Die EU arbeitet z. B. mit den USA seit 1958 im Bereich der Kernenergie, später dann auch in den Bereichen der Kernfusion, Molekularbiologie und Neurowissenschaften zusammen (Europäische Kommission 1995a, S. 27).

Mit dem *Aktionsbereich 3 „Verbreitung und Verwertung der Forschungsergebnisse“* soll der Technologietransfer verstärkt werden. Das veranschlagte Budget liegt bei 330 Mio. ECU und soll z. B. zum weiteren Ausbau der EU-

Tabelle 48
Übersicht über das vierte Rahmenprogramm (1994–1998)

Schwerpunkte	Finanzierung	
	Mio. ECU	%
<i>Aktionsbereich 1 – Programme für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration</i>	10.686	86,9
I. Informations- und Kommunikationstechnologien	3.405	27,7
1. Informationstechnologien	1.932	
2. Telematik	843	
3. Kommunikationstechnologien	630	
II. Industrietechnologien	1.995	16,2
4. Industrielle und Werkstofftechnologien	1.707	
5. Normung, Mess- und Prüfverfahren	288	
III. Umwelt und Meereswissenschaften	1.080	8,8
6. Umwelt und Klima	852	
7. Meereswissenschaften und –technologien	228	
IV. Biowissenschaften und –technologien	1.572	12,8
8. Biotechnologie	552	
9. Biomedizin und Gesundheit	336	
10. Landwirtschaft und Fischerei	684	
V. Energie	2.256	18,3
11. Nichtnukleare Energien	1.002	
12. Sicherheit bei der Kernspaltung	414	
13. Kontrollierte Kernfusion	840	
VI. Verkehr	240	2,0
14. Verkehr	240	
VII. Gesellschaftspolitische Schwerpunktforschung	138	1,1
15. Gesellschaftspolitische Schwerpunktforschung	138	
<i>Aktionsbereich 2 – Zusammenarbeit mit Drittländern und internationalen Organisationen</i>	540	4,4
<i>Aktionsbereich 3 – Verbreitung und Verwertung der Forschungsergebnisse</i>	330	2,7
<i>Aktionsbereich 4 – Förderung der Ausbildung und Mobilität von Forschern</i>	744	6,0
Gesamt	12.300	100,0

Quelle: Europäische Kommission (1995a, S. 32)

Verbindungsstellen, den sog. „Value Relay Centres“, und für den Telematikdienst „Community R&D Information Service“ (CORDIS) verwendet werden.

Der *Aktionsbereich 4 „Förderung der Ausbildung und Mobilität von Forschern“* zielt auf die Unterstützung von Forschern bei Forschungsaufenthalten außerhalb ihres Heimatlandes, die Zusammenführung von Laboratorien sowie auf die Öffnung von 50 europäischen Großforschungseinrichtungen für Forscher und Wissenschaftler (Europäische Kommission 1995a, S. 31).

Task Forces

Entsprechend den Empfehlungen des Weißbuchs „Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung“ (Europäische Kommission 1994, S. 109) hat die Europäische Kommission zur Verbesserung der Koordination übergreifende *Task*

DOI <https://doi.org/10.3790/978-3-428-49907-6>

Forces eingesetzt (Europäische Kommission 1996a, S. 32). Die insgesamt acht Task Forces sollen Projekte in folgenden Zukunftsbereichen entwickeln (ausführliche Beschreibung in Europäische Kommission 1997b):

- Flugzeug der neuen Generation,
- Multimediale Lernsysteme,
- Auto von morgen,
- Intermodalität im Verkehr,
- Umwelt und Wasser,
- Impfstoffe und Viruserkrankungen,
- Züge und Bahnsysteme der Zukunft sowie
- Maritime Systeme der Zukunft.

In den Task Forces wird in enger Zusammenarbeit zwischen den Kommissionsmitgliedern, den Mitgliedern aus Forschungseinrichtungen sowie der Wirtschaft an der Eruiierung technologischer Schwierigkeiten in den einzelnen Gebieten gearbeitet. Die ausgewählten Themen sind stark an den „Cross Cutting Initiativen“ der USA (Abschnitt D.I.4.d)) orientiert. Ziel ist auch hier die Stärkung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft und der Lebensqualität der europäischen Bürger. Ochel und Penzkofer (1996, S. 55) sehen in den Task Forces und den zu definierenden Leitprojekten einen geeigneten Weg, um Spitzentechnologien mit Breitenwirkung zu fördern, sofern dies nicht in eine sektorspezifische Förderung münde. Ein weiterer Nutzen entstünde, wenn Normen und Standards ein Ergebnis der Leitprojekte wären.

Fazit

Das vierte Rahmenprogramm der EU knüpft inhaltlich im Wesentlichen an das dritte Rahmenprogramm an. Eine große Änderung gibt es bei der Förderung von IKT, die im Vergleich zum dritten Rahmenprogramm einen Rückgang um 10 Prozentpunkte verzeichnete. Die intensivere Verknüpfung mit anderen Politikbereichen dokumentiert sich in der zunehmenden Förderung von Querschnittsthemen. Mit der Einrichtung der Task Forces gibt es ein neues Instrument zur Förderung einer abgestimmten Zusammenarbeit der Mitgliedsstaaten.

4. Ausgewählte europäische Förderprogramme

Die Europäische Union verfügt mit ihrem vierten Rahmenprogramm über zahlreiche Möglichkeiten der Beeinflussung des technischen Fortschritts. Dabei steht – ähnlich wie bei einzelnen Staaten (vgl. Abschnitt C.I.4.) – ein Mix an Instrumenten zur Verfügung, der für die Förderprogramme verwendet werden kann. Dies soll im Folgenden näher anhand von *vier Gestaltungsvarianten* der

Förderprogramme, am Beispiel von *vier zentralen Förderprogrammen* des vierten Rahmenprogramms sowie bezüglich der *internationalen Zusammenarbeit der EU* untersucht werden.

Vier Gestaltungsvarianten

Das Spektrum der Maßnahmen für die spezifischen Programme ist vielfältig und weist laut Starbatty und Vetterlein (1990, S. 65–75, ähnlich auch BfAI 1995c, S. 3; Kantzenbach und Pfister 1995, S. 73; Oberender und Daumann 1995, S. 55) im Wesentlichen vier Gestaltungsvarianten auf:

- *Direkte Aktionen* finden in Form der Eigenforschung in der Gemeinsamen Forschungsstelle (GFS) sowie auch in dem Gemeinschaftsunternehmen „Joint European Torus“ (JET) ihren Niederschlag. Die *GFS* besteht aus sieben Instituten und ist das Labor der EU. Sie hat ein Budget von ca. 950 Mio. ECU im vierten Rahmenprogramm inklusive EURATOM. Sie arbeitet u. a. auf dem Gebiet der modernen Werkstoffe, der Kernbrennstoffe und Reaktorsicherheit, der Umwelt und der technologischen Zukunftsperspektiven (BfAI 1995c, S. 3). Das *JET* ist die weltgrößte Forschungsanlage auf dem Gebiet der Kernfusion. Es hat wichtige Erkenntnisse geliefert, aufgrund dessen der Bau des International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) beschlossen wurde. Für die gesamte Forschung auf dem Gebiet der Kernfusion sind im vierten Rahmenprogramm 840 Mio. ECU vorgesehen.
- *Indirekte Aktionen* sind Programme mit Forschungsaufträgen auf Kostenteilungsbasis. Auf diese Variante der Vertragsforschung entfallen etwa 80 % der gesamten Mittel des vierten Rahmenprogramms (Zahl aus BfAI 1995c, S. 3). Die Vertragsforschung wird in der Regel als Verbundforschung von Unternehmen und Forschungseinrichtungen durchgeführt, wobei die Europäische Gemeinschaft bis zu maximal 50 % der Forschungskosten übernimmt. Projekte werden laut Starbatty und Vetterlein (1994, S. 40) in der Regel nach ihrer Bedeutung für das jeweilige Themengebiet und für die Wettbewerbsfähigkeit Europas, nach der Einschätzung ihres europäischen „Mehrerts“ und nach ihrem Beitrag zur europäischen Kooperation ausgewählt.
- *Konzertierte Aktionen* bilden den Versuch der EU, FuE-Aktivitäten anzustoßen und zu koordinieren. Die EU selbst bestimmt dabei die Forschungsprioritäten, macht die Arbeitspläne und übernimmt auf nationaler Ebene die Koordinierung (Kantzenbach und Pfister 1995, S. 73). Die EU trägt lediglich bis zu 100 % der Verwaltungskosten, fördert diese Projekte ansonsten nicht. Diese Variante wendet die EU vor allem auf dem Gebiet der Biomedizin und in der Gesundheitsforschung an.
- *Horizontale Aktionen* bzw. „ergänzende Programme“ betreffen im Allgemeinen die Zukunftsforschung, Bewertung und Stimulierung von Forschungsaktivitäten, den Austausch von Wissenschaftlern sowie den Tech-

nologietransfer (ausführlich bei Starbatty und Vetterlein 1990, S. 73–74). Aus dem vierten Rahmenprogramm fallen darunter die Aktionsbereiche 2 bis 4 sowie die gesellschaftspolitische Schwerpunktforschung aus dem Aktionsbereich 1. Zusammen sind es immerhin über 14 % der Gesamtausgaben, die mit dieser Variante vergeben werden. Die Bezuschussung seitens der EU kann bis zu 100 % betragen, falls die Europäische Kommission ein direktes Interesse an den Ergebnissen hat.

Vier Förderprogramme der EU

Die Förderprogramme der EU betreffen unterschiedliche Technologiebereiche und werden meist über indirekte Aktionen abgewickelt. Mit vier F&T-Förderprogrammen versucht die EU die technologische Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft in den Schlüsseltechnologien der Informationstechnologie, der Kommunikationstechnologie, der Industrie- und Werkstofftechnologien sowie der Biotechnologie zu stärken.

- Das „*European Strategic Programme for Research and Development in Information Technologies*“ (ESPRIT) ist auf die *Informationstechnologie* ausgerichtet. Es erhielt laut Kantzenbach und Pfister (1995, S. 73–74) zwischen 1988 und 1994 insgesamt 3 Mrd. ECU an Fördermitteln. ESPRIT geht auf eine Initiative der zwölf größten europäischen Unternehmen der Informationstechnologie im Jahre 1980 zurück. Der Einfluss dieser zwölf großen Unternehmen schlug sich sodann auch in der Projektauswahl in ESPRIT I (1983–1988) nieder. Allein 180 Projekte von den 225 geförderten Projekten führten sie durch. Bei ESPRIT II (1988–1992) sank ihr Anteil an den 153 Projekten auf 62%. Ursache für diesen Anteilsrückgang war die verlorene Aufholjagd der europäischen Halbleiterproduzenten und das damit verbundene Fehlschlagen des EUREKA-Projektes „*Joint European Submicron Initiative*“ (JESSI) bei der Entwicklung von Halbleiter-Speicherchips (Abschnitt D.III.1.). Die Förderung konzentrierte sich anschließend auf die Entwicklung anwendungsspezifischer ICs, den sog. ASICs, sowie die Entwicklung spezieller Bauelemente (Kantzenbach und Pfister 1995, S. 82). Auch im vierten Rahmenprogramm ist ESPRIT mit ca. 2 Mrd. ECU das mit Abstand größte Programm der EU und steht ganz im Zeichen des Aufbaus einer Informationsgesellschaft.
- Auf die *Kommunikationstechnologien* war das Programm „*Research and Development in Advanced Communication in Europe*“ (RACE) ausgerichtet, welche im Zeitraum von 1987 bis 1994 insgesamt 1 Mrd. ECU an Fördermitteln erhielt (Kantzenbach und Pfister 1995, S. 75). Das Nachfolgeprogramm „*Advanced Communication Technology Systems*“ (ACTS) knüpft an RACE an und hat zudem enge Verknüpfungen zu ESPRIT. ACTS zielt mit einem Fördervolumen von 630 Mio. ECU auf die Entwicklung

fortgeschrittener Kommunikationssysteme und Multimediadienste sowie auf die soziale Kohäsion in Europa.

- Das Programm „*Basic Research in Industrial Technology for Europe/European Research on Advanced Materials*“ (BRITE/EURAM III) will die Anwendung von Industrie- und Werkstofftechnologien in KMU fördern. Die Mittelausstattung für die Jahre 1994 bis 1998 liegt bei 1,6 Mrd. ECU. Davon entfallen mehr als ein Drittel auf die Förderung von Werkstoffen und Technologien zur Produktinnovation sowie ebenfalls mehr als ein Drittel auf die Förderung von Produktionstechnologien. Jeweils ca. 14 % gehen in die Erforschung von Technologien für die Luftfahrt und von Technologien für andere Verkehrsmittel (Europäische Kommission 1994c, S. 2).
- Seit 1995 gibt es in der EU das Förderprogramm „*Biotechnologie*“, das auf die Förderung der biotechnologischen und gentechnischen Forschung ausgerichtet ist. Das Fördervolumen im vierten Rahmenprogramm beläuft sich auf 553 Mio. ECU.

Internationale Zusammenarbeit der EU

Neben der eigenen Forschungsförderung über die Rahmenprogramme verstärkt die EU auch die internationale wissenschaftliche und technische Zusammenarbeit. Im Mittelpunkt steht die Intensivierung der Zusammenarbeit vor allem mit anderen europäischen Initiativen sowie mit den mittel- und osteuropäischen Ländern, den außereuropäischen Industrieländern und den Entwicklungsländern (Europäische Kommission 1996b, S. 6–7). Die EU arbeitet u. a. mit zwei europäischen Forschungsverbünden sowie mit europäischen Forschungseinrichtungen und internationalen Organisationen zusammen. Für die Zusammenarbeit mit Drittländern steht im vierten Rahmenprogramm ein Budget von 575 Mio. ECU zur Verfügung:

- *Coopération Européenne dans le Domaine de la Recherche Scientifique et Technique (COST)* ist ein seit 1971 existierender Forschungsverbund. Er richtet sich auf die Zusammenarbeit von 28 Mitgliedsstaaten (BMBF 1998a, S. 229). Insgesamt sind die 1.900 COST-Aktionen in 1997 nicht an ein Programm gebunden, sondern es besteht Wahlfreiheit bezüglich der Themen. Die Aktionen werden gemeinsam von den Beteiligten geplant, aber national finanziert, wobei die Kommission mit Sekretariatsdiensten und gelegentlicher Finanzierung von Studien unterstützend zur Seite steht.
- Die *European Research Co-ordination Agency (EUREKA)* wurde 1985 von Deutschland und Frankreich als Antwort auf das amerikanische SDI-Forschungsprogramm initiiert. Der Titel lehnt sich laut Stremmel (1988, S. 111) an den Freudensruf „*Heureka*“ von Archimedes bei der Entdeckung des spezifischen Gewichtes an (die Frühphase von EUREKA ausführlich analysiert bei Klodt 1987, S. 89–107). An den ausschließlich zivilen EUREKA-Projekten können sich Unternehmen und Forschungseinrichtun-

gen beteiligen, die in mindestens zwei der 26 EUREKA-Ländern angesiedelt sind (BMBF 1998a, S. 227–228). Ferner müssen die Projekte den Einsatz von Hochtechnologie enthalten und das Ziel der Entwicklung ausgereifter Produkte, Verfahren und Dienstleistung mit hohen Absatz- und Gewinnchancen auf den internationalen Märkten anstreben. Verantwortlich für die Förderung eines Projektes ist die EUREKA-Ministerkonferenz. Zwei wichtige EUREKA-Projekte sind die Entwicklung des „High Definition Television“ (HDTV) und JESSI (Reuhl 1994, S. 122–125). Ende 1997 gab es rund 660 Projekte mit einem Finanzvolumen von 12 Mrd. DM. Darunter waren 131 Projekte zur Biotechnologie und Medizinforschung, 129 Projekte zur Umweltforschung und -technologie und 126 Projekte zur Informationstechnologie.

- Mit dem vierten Rahmenprogramm wird auch eine Festigung der Beziehungen zu *internationalen Organisationen* wie der OECD und zu verschiedenen europäischen Forschungseinrichtungen angestrebt. Zu den bedeutenden *europäischen Forschungseinrichtungen* zählen zwei Einrichtungen (Europäische Kommission 1996b, S. 7; BMBF 1998a, S. 230–232): Das CERN in Genf betreibt seit 1953 Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Elementarteilchenphysik. Die *European Space Agency (ESA)* ist seit 1975 als europäische Weltraumbehörde für die extraterrestrische Forschung und den Aufbau einer Weltrauminfrastruktur verantwortlich. Die ESA arbeitet z. B. am Ariane-Programm und am Bau eines Labormoduls für die internationale Weltraumstation (Näheres bei Kantzenbach und Pfister 1996, S. 84–86). Ihr Etat betrug 1996 ca. 3 Mrd. ECU.

Fazit

Die EU setzt die in ihrem vierten Rahmenprogramm festgelegten Schwerpunkte vor allem mit indirekten Aktionen um. Die Ausrichtung auf Schlüsseltechnologien zeigt sich dementsprechend auch in den Förderprogrammen. Bezüglich der Kooperationen, die im vierten Rahmenprogramm angestrebt werden, wird eine Fokussierung auf bedeutende europäische Forschungseinrichtungen deutlich. Von hoher Kompetenz und Bedeutung innerhalb der europäischen Forschungslandschaft ist zweifelsohne die ESA, die das gesamte europäische Weltraumprogramm koordiniert. Die ESA ist zusammen mit CERN auch eine der wenigen von der EU geförderten Aktivitäten in der Grundlagenforschung. Insgesamt haben die Förderprogramme und die Forschungseinrichtungen eine typische Struktur, wie sie auch in Einzelstaaten zu finden ist. Lediglich die Programme zur Kernfusion, die Arbeiten am CERN und an der ESA erfordern eine internationale Beteiligung.

5. Bewertung der Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Union

Die Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Union hat in den 1990er Jahren eine gewichtige Rolle bei der Förderung von Forschung und Technologie in Europa erlangt. Aufgrund des im Maastricht-Vertrag verankerten Subsidiaritätsprinzips soll nur das, was auf nationaler Ebene nicht durchführbar ist, auf die europäische Ebene gebracht werden (Sturm 1996). Die F&T-Politik der EU befindet sich generell in einer schwierigen Situation, da die FuE-Vorhaben die Interessen der Mitgliedsstaaten widerspiegeln sollen, diese sich aber häufig mit nationalen Programmen überschneiden (Reuhl 1994, S. 111).

Die F&T-Politik der EU ist vor allem auf die Stärkung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft ausgerichtet, was sich auch im vierten Rahmenprogramm dokumentiert. Im Folgenden sollen in Anlehnung an Ochel und Penzkofer (1996, S. 73) die Konzeption sowie die Durchführung der F&T-Politik der EU hinsichtlich ihrer Stärken und Schwächen zusammengefasst und beurteilt werden (Tab. 49).

Tabelle 49
Stärken und Schwächen der europäischen F&T-Politik

	Stärken	Schwächen
Konzeption	• Finanzielle Unterstützung • Technologie- und Know-how-Transfer • Grenzüberschreitende Kooperationen	• Koordinierung der Forschungsanstrengungen • Zielkonflikt zwischen Förderung der Spitzenforschung und der Verringerung des wirtschaftlichen Gefälles in der EU • Weitergabe von Forschungsergebnissen an Dritte
Durchführung	• Kostenteilung • Risikoteilung • Überparteilichkeit der Kommission bei der Projektauswahl • Hohe Beteiligung von KMU	• Hohe Ablehnungsquoten • Transparenz und Dauer des Auswahlverfahrens • Erfolgskontrolle • Umsetzung der Forschungsergebnisse in marktfähige Produkte

Quelle: Ochel und Penzkofer (1996, S. 73, 93)

Stärken und Schwächen der Konzeption

Bezüglich der generellen Konzeption der europäischen F&T-Politik besteht für die Europäische Kommission die Aufgabe darin, geeignete Forschungsfelder für die Verbesserung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen zu identifizieren. Dabei setzt sie vor allem auf die Förderung ausgewählter Schlüsseltechnologien, denen sie eine hohe Bedeutung für die Zukunft zumisst. Diese *Konzeption* weist neben einigen Stärken auch diverse Schwächen auf.

Bezüglich der Konzeption wird verschiedentlich auf *Stärken* der F&T-Politik der EU hingewiesen: Laut Ochel und Penzkofer (1996, S. 72–74) werden einige Forschungsprojekte – wie es für alle staatlichen Förderprogramme gilt – nur aufgrund der existierenden EU-Programme durchgeführt, und das in einem größeren Umfang und in kürzerer Zeit. Auch das breite Netz an Technologietransfer-Einrichtungen und die multinationalen Kooperationen sind prinzipiell gute Ansätze zur Diffusion neuen technischen Wissens. Von den Großunternehmen wird der Aufbau von Netzwerken als positiv eingestuft (Umfrageergebnisse bei Tulder und Junne 1991, S. 231).

Schwächen hingegen liegen aus ordnungspolitischer Sicht u. a. in der geringen Ausrichtung der Förderung auf die Grundlagenforschung. Holzkämper (1995, S. 186) sieht in diesem Zusammenhang das Risiko einer Fehllenkung von einer nationalen Ebene auf die europäische Ebene aggregiert und eine Einschränkung des Innovationswettbewerbs. Zwar will die EU die Doppelforschung reduzieren, doch hat sich mit EUREKA und den EU-Programmen eine Doppelförderung etabliert (Holzkämper 1995, S. 188; Ochel und Penzkofer 1996, S. 56–58; Peterson 1991). Die Koordination der Forschungsanstrengungen scheint daher verbesserungswürdig zu sein.

Zudem bestehen – bis auf die Förderung einiger Großtechnologien – gemäß Reuhl (1994, S. 120) und Holzkämper (1995, S. 188) Schwierigkeiten bei der Argumentation bezüglich der Schaffung eines europäischen Mehrwerts. Ein Zielkonflikt besteht darin, einerseits die technologische Wettbewerbsfähigkeit europäischer Großunternehmen steigern zu wollen, andererseits mit der F&T-Politik das Forschungspotenzial in strukturschwachen Regionen zu erhöhen.

Stärken und Schwächen der Durchführung

Die Projekte der EU sollen im Allgemeinen im vorwettbewerblichen Bereich bzw. in der Grundlagenforschung liegen und unter Beteiligung von kleinen und mittleren Unternehmen und Hochschulen realisiert werden. Wie bei der Konzeption, so lassen sich laut Ochel und Penzkofer (1996, S. 91–95) auch bezüglich der *Durchführung* der F&T-Politik der EU verschiedene Stärken und Schwächen gegenüberstellen (Tab. 49):

Als *Stärken* auf der Durchführungsseite gibt es vor allem bei den Großtechnologien eine Risiko- und Kostenteilung für die beteiligten Länder. Bezüglich der Durchführung der Programme zählt die Überparteilichkeit der Kommissionsmitglieder zu einer grundsätzlichen Stärke. Zudem hat laut Europäische Kommission (1996a, S. 21) die Beteiligung von KMU mittlerweile eine Quote von 40 % erreicht.

Die *Schwächen* bezüglich der Durchführung betreffen vier Bereiche: Nachteilig wirkt die nach wie vor hohe *Ablehnungsquote* von über 80 %, d. h., nur jedes sechste beantragte Projekt kann finanziert werden (Europäische

Kommission 1996a, S. 21). Dies bedeutet für die nicht geförderten Antragsteller eine Ressourcenverschwendung (ausführlich auch bei Schulte-Hillen 1993).

Laut Reuhl (1994, S. 117) werden einige spezifische Programme stark auf einzelne nationale Interessen zugeschnitten, so dass sie nur auf ein bestimmtes nationales Projekt und auf keine anderen Projekte passen (zur Kritik an eingereichten Anträgen Europäische Kommission 1997a, S. 12). Die fehlende *Transparenz* und die lange *Antragsdauer* im Antragsverfahren wirken zusätzlich hemmend (Ochel und Penzkofer 1996, S. 79; ähnlich auch Europäisches Parlament 1993, S. 18–19).

Eine *stärkere Ergebniskontrolle* erscheint ebenfalls angebracht. Denn eine erste Evaluation des zweiten und dritten Rahmenprogramms brachte zum Teil deutliche organisatorische und instrumentelle Schwachpunkte hervor (Europäisches Parlament 1993, u. a. S. 12–19). Die Eignung der Förderung europäischer Großunternehmen stellt Felder (1993, S. 92) grundsätzlich in Frage: „*Als unrealistisch dagegen ist die ... vorgeschlagene gemeinsame Aufholjagd Europas anzusehen, da sie eine primär europäische Orientierung multinationaler Konzerne vorsieht. Deren Strategie ist jedoch vielfach global orientiert.*“ Oberender und Daumann (1995, S. 75) merken in diesem Zusammenhang auch die *Mitnahmeeffekte* seitens der Großunternehmen an.

Ein generelles Problem ist die unzureichende Umsetzung von Forschungsergebnissen in Innovationen und marktfähige Produkte (Europäische Kommission 1996c, S. 14). Eine Ursache sehen Ochel und Penzkofer (1996, S. 83) in der geringen Anzahl an Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft bei EU-Projekten.

Fazit

Insgesamt weist die F&T-Politik der EU bezüglich Konzeption und Durchführung mehr Schwächen als Stärken auf. Sie überschneidet sich in vielen Fällen mit den Schwerpunkten der nationalen F&T-Politik der Mitgliedsländer und kann ihre Eigenständigkeit nur bei Großtechnologien unter Beweis stellen. Seit Anbeginn der F&T-Politik der EU steht nach wie vor das Aufholen der „technologischen Lücke“ im Vordergrund. Ein Rückstand Europas wird regelmäßig in den amtlichen Berichten der EU herausgestellt, so z. B. 1996 ausführlich im Grünbuch zur Innovation (Europäische Kommission 1996c, u. a. S. 14): „*Eine wesentliche Schwäche Europas ist demnach seine mangelnde Fähigkeit, seine Forschungsergebnisse und technologische Kompetenz in Innovationen und Wettbewerbsvorteil umsetzen.*“ Diese Einschätzung hebt die Kommission in einem Vergleich der EU mit den USA und Japan hervor, wonach die EU nach wie vor deutliche Schwächen gegenüber den beiden anderen Ländern aufweist (Tab. 50).

Tabelle 50
Stärken und Schwächen der USA und Japan
im Vergleich zur Europäischen Union

USA	Japan
• Größerer Forschungsaufwand • Größerer Anteil von Ingenieuren und Wissenschaftlern an den Erwerbstätigen • Besser koordinierte Forschungsmaßnahmen, besonders zwischen ziviler und militärischer Forschung (insbesondere im Flugzeugbau, in der Elektronik und in der Raumfahrt) • Enge Verbindung zwischen Universität und Industrie, günstig geführtes Entstehen einer Vielzahl hochtechnologischer Unternehmen • Besser entwickeltes Risikokapital, effektive Investition in Hochtechnologien. Ein dynamischer Markt für dynamische KMU: NASDAQ • Eine kulturelle Tradition der Risikobereitschaft und des Unternehmungsgeistes; eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz für Innovation • Geringere Kosten für Patente, ein einheitliches Rechtsschutzsystem, das die geschäftliche Nutzung der Erfindung begünstigt • Kurze Fristen und geringe Formalitäten für die Gründung von Unternehmen	• Ibidem • Ibidem • Große Fähigkeit, technologische Informationen anzupassen, aus welcher Quelle auch kommend. Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen in FuE • Starke Verbesserung der Zusammenarbeit Universitäten-Industrie, besonders durch Entsendung von Forschern aus der Industrie in die Universitäten • Starke und beständige Beziehungen zwischen Finanzwelt und Industrie, günstig für langfristige Bindung und Strategien • Eine Kultur, die positiv zur Anwendung von Technologien und für ständige Neuerungen eingestellt ist • Eine bewährte Praxis der gemeinsamen Strategien zwischen Unternehmen, Universitäten und öffentlicher Hand • Eine hohe Mobilität des Personals innerhalb der Unternehmen

Quelle: Europäische Kommission (1996c, S. 15)

IV. Vergleich der nationalen Innovationssysteme sowie der Forschungs- und Technologiepolitik mit Deutschland

Die nationalen Innovationssysteme (NIS) Deutschlands, der USA und Japans weisen einige wesentliche Differenzen auf, die sich dementsprechend auch in der Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) widerspiegeln. Dadurch gab es in der Vergangenheit eine unterschiedliche Schwerpunktsetzung in der F&T-Politik, die sich dann auch in der technologischen Wettbewerbsfähigkeit sowie in der generellen technologischen Kompetenz niederschlug. Im Folgenden werden die wesentlichen Unterschiede und Gemeinsamkeiten der NIS, der F&T-Politik und der forschungsrelevanten Rahmenbedingungen zusammengefasst (Übersicht in Tab. 51).

Die *nationalen Innovationssysteme* sind in den drei Vergleichsländern im Wesentlichen vom Zweiten Weltkrieg geprägt worden. Besonders in Deutschland, aber auch zum Teil in den USA sind einige Grundlagen bereits im 19. Jahrhundert gelegt worden. Das NIS der USA wurde zudem nach dem Zweiten Weltkrieg durch den Rüstungswettlauf mit der Sowjetunion sehr beeinflusst, während Japan all seine Anstrengungen auf den Aufbau bzw. Wiederaufbau seiner Wirtschaft legte.

Tabelle 51

Übersicht über die Ausprägungen der nationalen Innovationssysteme und der F&T-Politik Deutschlands, der USA, Japans und der Europäischen Union

	Deutschland	USA	Japan	EU
Entwicklung des NIS	Ab Mitte des 19. Jahrhunderts, Zweiter Weltkrieg	19. Jahrhundert, Zweiter Weltkrieg bis Anfang der 1960er Jahre	ab 1945 bis Ende 1960	ab 1951
Generelle Ausrichtung der F&T-Politik	Verbundforschung, Nachahmung der USA	Nationale Interessen, Missionsorientierung, Dual-Use-Strategie	Anwendungsorientierung, Konsensorientierung	Förderung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft
Wichtigste staatliche Akteure	BMBF, BMWi	DOD, HHS	Monbusho, STA, MITI	Europäische Kommission
Schwerpunkte der staatlichen F&T-Politik	Förderung der Grundlagenforschung	Förderung der militärischen FuE	Förderung von Schlüsseltechnologien	Förderung von Schlüsseltechnologien
Förderung von KMU	gering	mittel	Gering	mittel bis hoch
militärische FuE	mittel	hoch	Gering	keine
Rechtliche Rahmenbedingungen	mittel	gut	Gut	mittel
Bildungs- und Wissenschaftspolitik	gut	mittel	mittel bis gut	–
Technologieakzeptanz	mittel	gut	mittel bis gut	–
Informations-Infrastruktur	gut	sehr gut	mittel	–
Finanzierungsinfrastruktur	mittel	gut	mittel	–
Technologietransfer	mittel	gut	gut	mittel

Bei der EU sind nur diejenigen Felder ausgefüllt, bei denen die EU einen signifikanten Einfluss und Gestaltungsspielraum besitzt und die Heterogenität der Mitgliedsstaaten nicht zu groß ist.

Die generelle Ausrichtung des NIS und der F&T-Politik ist in den drei Ländern unterschiedlich. In *Deutschland* gibt es zwar eine Konsensorientierung, aber im Wesentlichen wird aus ordnungspolitischen Gründen die Förderung der Grundlagenforschung und der Verbundforschung verfolgt. Generell scheint sich Deutschland mit seiner F&T-Politik in der Vergangenheit an den Schwerpunkten der USA orientiert zu haben. In den *USA* werden die nationalen Interessen betont, wenn es um die F&T-Förderung geht. An diese lehnt sich die Förderung über sog. Missionen an. In *Japan* herrscht eine klare Ausrichtung auf die anwendungsorientierte Forschung und Förderung der Wirtschaft vor. Bis in die 1980er Jahre importierte Japan in hohem Maße ausländisches technisches Wissen. Die *EU* zielt vorwiegend auf die Verbesserung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft.

Die grundsätzlichen Ausrichtungen der F&T-Politik fasst Chiang (1991, S. 339) stark vereinfachend zusammen: „*In technology policy the US ... could be described as 'mission-oriented' .. , as compared with 'diffusion-oriented' countries, such as Germany ... and Japan.*“ Die missionsorientierte F&T-Politik richtet sich auf die Generierung radikaler Innovationen und das Hervorbringen neuer Wirtschaftszweige auf Basis neuer Technologien (Chiang 1991,

S. 339–340). Die diffusionsorientierte F&T-Politik hingegen konzentriert sich auf Erwerb, Diffusion und Anpassung von Technologien in Wirtschaftszweigen. Sie ist eher auf inkrementale Innovationen ausgelegt. Diese generellen Ausrichtungen werden auch in den spezifischen Aspekten der F&T-Politik der jeweiligen Länder deutlich:

In *Deutschland* geben das BMBF und auch das BMWi von staatlicher Seite die Richtung in der F&T-Politik an. Insbesondere steht dabei die Förderung der Grundlagenforschung im Vordergrund. Die Förderung von KMU hat in den 1990er Jahren kaum noch eine größere Bedeutung erfahren. Die Förderung der militärischen FuE erreicht – bezogen auf die FuE-Ausgaben des Bundes – ein mittleres Gewicht.

In den *USA* steht die F&T-Politik unter dem Einfluss des Verteidigungsministeriums „DOD“ und der damit verbundenen Förderung der militärischen FuE. In den 1990er Jahren haben sowohl die Förderung ziviler – insbesondere der Gesundheitsforschung über das HHS – als auch die Förderung sog. „Dual-Use-Technologien“ zugenommen. Im Zuge dessen werden zunehmend staatliche Forschungseinrichtungen auch für zivile Zwecke geöffnet. Die spezielle Förderung von KMU wird in den 1990er Jahren intensiviert. Nach wie vor ein hohes Gewicht hat die Förderung von Großtechnologien wie z. B. die gesamte Weltraumforschung.

In *Japan* geben in der F&T-Politik das Monbusho sowie die STA den Ton an, ergänzt vom MITI, das sich um die Förderung der Industrieforschung kümmert. Bedingt durch die Strategie des Aufholens nach Kriegsende gibt es eine intensive Förderung von Schlüsseltechnologien, auf die das gesamte NIS ausgerichtet ist. In den 1990er Jahren unternimmt Japan große Bemühungen, seine Grundlagenforschung auszubauen. Die Förderung von KMU und von militärischer FuE ist vergleichsweise unbedeutend.

Die *Unterschiede in der F&T-Politik* sind insgesamt recht deutlich, wenngleich z. B. Reuhl (1994, S. 167) aufgrund der Betonung der Grundlagenforschung in allen Ländern ein Annäherung in den 1990er Jahren sieht. Unterschiede zeigen sich auch bezüglich der Finanzierung von FuE, die in Japan fast ausschließlich die Wirtschaft übernimmt, während in Deutschland der Staat einen mittleren Anteil und in den USA einen vergleichsweise hohen Anteil an den gesamten FuE-Ausgaben hat. Die FuE-Ausgaben nehmen in den USA und in Japan insgesamt zwar wenig, aber deutlich mehr als in Deutschland zu.

Bezüglich der *forschungsrelevanten Rahmenbedingungen* haben die USA eine weitaus bessere Situation als Deutschland und Japan. Deutschland hat lediglich bei Bildung und Wissenschaft eine Führungsposition inne. Die rechtlichen Rahmenbedingungen und die Technologieakzeptanz sind nur mittelmäßig ausgeprägt. Bei der Informations-Infrastruktur kann Deutschland mithalten, weist aber hinsichtlich Finanzierungsinfrastruktur – vornehmlich bei der Verfügbarkeit von Risikokapital – und beim Technologietransfer Mängel auf.

In den *USA* herrscht ein innovationsfreundliches Klima mit guten rechtlichen Rahmenbedingungen und einer hohen Technologieakzeptanz. Neben der umfangreichen Ausstattung mit Risikokapital, der exzellenten Informations-Infrastruktur und dem guten Technologietransfersystem fällt lediglich der Bereich der Bildung und Wissenschaft etwas ab. Insgesamt dokumentieren die vielen erfolgreichen Unternehmensgründungen den Erfolg amerikanischer F&T-Politik.

In *Japan* gibt es vor allem ein gut funktionierendes Technologietransfersystem inklusive einer systematischen Bereitstellung von Information. Im Bereich von Bildung und Wissenschaft ist die Situation durch Stärken und Schwächen gekennzeichnet, ebenso bei der Technologieakzeptanz. Die Informations-Infrastruktur sowie Finanzierungsinfrastruktur sind im internationalen Vergleich eher Mittellaß. Die rechtlichen Rahmenbedingungen werden den Anforderungen einer hochentwickelten Industrienation gut gerecht.

Die *EU* hat aufgrund der fehlenden Befugnis bei den rechtlichen Rahmenbedingungen nach wie vor das Defizit zu tragen, dass kein Patent für alle europäischen Länder auf einmal angemeldet werden kann. Im Bereich Normen und Standards hingegen sind die europäischen Lösungen eine große Hilfe für die Wirtschaft. Den Technologietransfer kann die EU trotz eines guten Netzes an Einrichtungen noch deutlich verbessern.

Beim Vergleich der Länder werden die unterschiedlichen Ausprägungen des NIS sowie die verschiedenen Akzente in der F&T-Politik klar. Aufgrund der Globalisierung und der gestiegenen Bedeutung von Schlüsseltechnologien kam es aufgrund ähnlicher Schwerpunkte in den 1980er Jahre zu Handelskonflikten (Übersicht z. B. bei Ostry und Nelson 1994, S. 62–78; Tyson 1992) und einen Technologiewettlauf (Jackson 1993; Klodt 1987). In den 1990er Jahren nähern sich die Länder in vielen Bereichen nach und nach an, ohne ihre grundsätzlichen Ausrichtungen aufzugeben. Dies mag auch eine Folge der von zahlreichen Autoren – insbesondere von amerikanischen Autoren (z. B. Branscomb 1992; Krugman 1990) – geforderten Fokussierung auf Schlüsseltechnologien sein.

E. Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im internationalen Vergleich

Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands hat im internationalen Vergleich in den letzten Jahren Höhen und Tiefen erlebt. In den 1980er Jahren war Deutschland die führende Exportnation und verzeichnete die höchsten Ausgaben für Forschung und Entwicklung aller Industrienationen. Bereits in jener Phase und verstärkt seit der Wiedervereinigung hat die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands abgenommen. Verschiedene Indikatoren der technologischen Wettbewerbsfähigkeit zeigen zum einen den Erfolg früherer Innovationsanstrengungen an, zum anderen decken sie Stärken und Schwächen gegenüber den Wettbewerbern auf.

Schmietow (1988, S. 25) versteht unter der technologischen Wettbewerbsfähigkeit „*die Fähigkeit einer Wirtschaftseinheit, technologische Vorsprünge erzielen und aus diesen Vorsprüngen ökonomische Vorteile gewinnen zu können.*“ Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands wird im Folgenden anhand eines breiten Indikatorensystems beurteilt, um neben den Ergebnissen der Analyse der Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik; Kapitel C. und D.) auch eine aktuelle Positionsbestimmung in die Handreichungen für die F&T-Politik (Kapitel F.) einfließen zu lassen.

Zunächst werden *fünf Technologiestudien*, die in der F&T-politischen Debatte eine große Bedeutung haben, hinsichtlich der in ihnen betrachteten Schlüsseltechnologien und der Position Deutschlands ausgewertet (Abschnitt E.I.). Die fünf Technologiestudien werden im Einzelnen vorgestellt. Darauf aufbauend wird eine Klassifikation der Schlüsseltechnologien in fünf Komponenten- und sechs Systemtechnologiebereiche vorgenommen. Anhand der Klassifikation wird Deutschlands Position im Vergleich zu Japan und den USA beurteilt.

Die anschließend bei der statistischen Analyse verwendeten Indikatoren setzen am Input und Output des Innovationsprozesses (Abschnitt B.I.) sowie am Markt an. Hier wird eine Dreiteilung von Schmietow (1988, S. 124–126) in *input-, output- und marktorientierte Indikatoren* als Analyserahmen gewählt, wobei die Aussagekraft von drei Gruppen von Indikatoren dargestellt wird. Dann wird Deutschland anhand der Indikatoren mit den Hauptwettbewerbern USA und Japan sowie auch mit Frankreich und Großbritannien verglichen (Gedankenflussplan in Abb. 42; Übersicht über die verwendeten Indikatoren in Tab. 52):

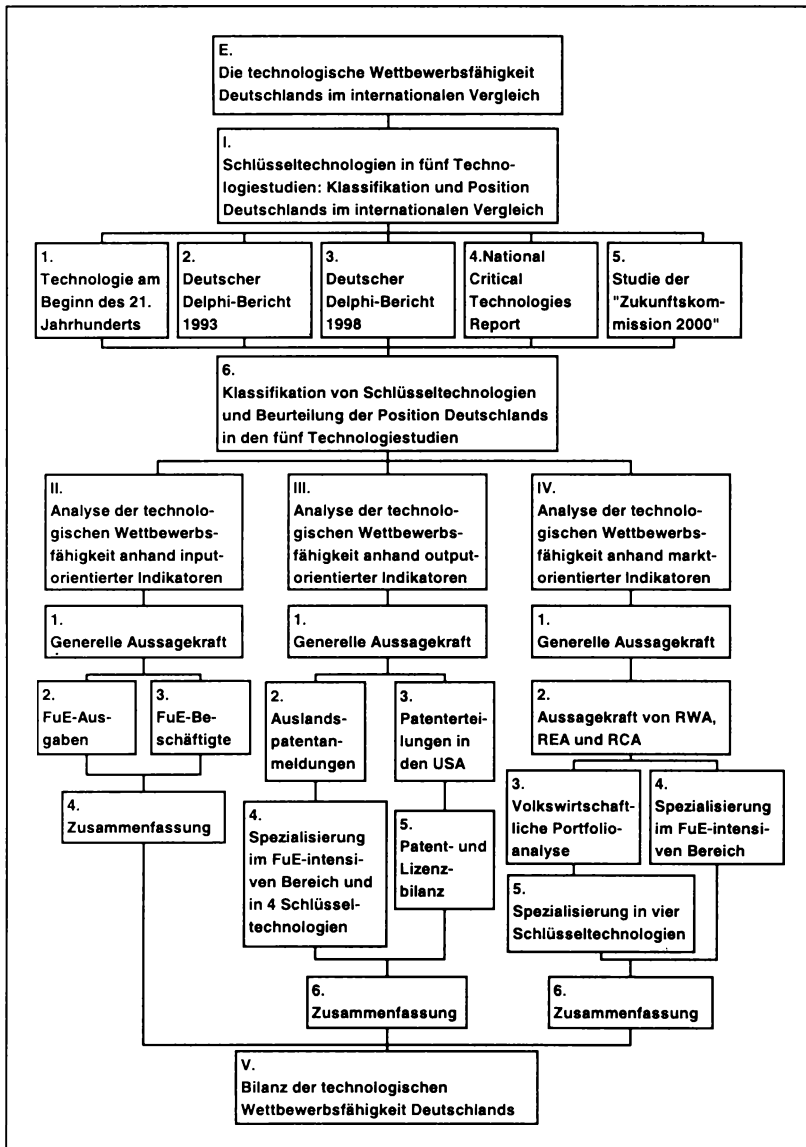


Abbildung 42: Gedankenflussplan von Kapitel E.

- *Inputorientierte Indikatoren*, z. B. FuE-Ausgaben oder FuE-Beschäftigte, zeigen die Anstrengungen eines Landes zur Produktion neuen technischen Wissens (Abschnitt E.II.). Deutschland weist z. B. bei den FuE-Ausgaben pro Kopf gegenüber den USA und Japan seit der Wiedervereinigung einen wachsenden Rückstand auf. Bei den FuE-Ausgaben bezogen auf das Brut-

Tabelle 52
**Systematik der verwendeten Indikatoren zur Beurteilung
 der technologischen Wettbewerbsfähigkeit**

Inputorientierte Indikatoren (Abschnitt E.II.)	Outputorientierte Indikatoren (Abschnitt E.III.)	Marktorientierte Indikatoren (Abschnitt E.IV.)
• Absolute FuE-Ausgaben • FuE-Ausgaben pro Kopf • Verhältnis von FuE-Ausgaben zu Bruttoinlandsprodukt • Ausgaben für militärische FuE und für zivile FuE • FuE-Finanzierung und FuE-Durchführung • FuE-Ausgaben des Staates und FuE-Ausgaben der Wirtschaft • FuE-Beschäftigte	• Patentanmeldungen • Patenterteilungen • Relative Patentaktivität (RPA) • Patent- und Lizenzbilanz	• Absoluter und Relativer Welthandelsanteil (RWA) • Revealed Comparative Advantage (RCA) • Relativer Einfuhranteil (REA) • Relativer Handelssaldo (RHS)

toinlandsprodukt (BIP) liegen die fünf Vergleichsnationen (s.o.) etwa auf dem gleichen Niveau. Auch die Anzahl der Wissenschaftler und Ingenieure in Forschung und Entwicklung bezogen auf die Anzahl der Erwerbstätigen haben die gleiche Größenordnung – absolut betrachtet haben jedoch die größeren Nationen Vorteile gegenüber den kleineren Ländern.

- Die Ergebnisse der FuE-Aktivitäten werden von den *outputorientierten Indikatoren* angezeigt (Abschnitt E.III.). Die Anzahl der Patentanmeldungen bzw. Patenterteilungen gibt beispielsweise einen Aufschluss über die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit eines Landes. Bei der Analyse zeigen sich beachtliche Unterschiede in den Triade-Ländern, die vor allem bedingt sind durch die gewachsene Industriestruktur und die Schwerpunkte der FuE-Aktivitäten. Insbesondere Japan hat in den 1980er und 1990er Jahren eine exzellente Patentposition erreicht. Die fünf Vergleichsländer nehmen je nach Betrachtung unterschiedliche Plätze ein.
- Die *marktorientierten Indikatoren* zeigen an, wie erfolgreich die Unternehmen bzw. Wirtschaftszweige eines Landes neues technisches Wissen in Produkte umgesetzt und diese erfolgreich am Markt abgesetzt haben (Abschnitt E.IV.). Deutschland hat Stärken bei Produktgruppen der Höherwertigen Technik und bei Produktgruppen mit kleinen Wachstumsraten. Schwächen liegen hingegen bei Massenprodukten, bei Produktgruppen der Spitzentechnik sowie bei Produktgruppen mit hohen Wachstumsraten. Dieser Trend manifestierte sich in den 1980er Jahren und setzte sich in den 1990er Jahren fort.

Die einzelnen Analyseergebnisse geben jeweils einen Ausschnitt der technologischen Wettbewerbsfähigkeit wider. Sie werden abschließend *zusammengefasst und beurteilt* (Abschnitt E.V.).

I. Schlüsseltechnologien in fünf Technologiestudien: Klassifikation und Position Deutschlands im internationalen Vergleich

Die technologische Wettbewerbsfähigkeit der Industrienationen und ihrer Unternehmen hängt wesentlich von der eigenen *technologischen Kompetenz* ab, jeweils im Vergleich mit der technologischen Kompetenz der Wettbewerber. Ohne eine überlegene technologische Kompetenz wird eine Wirtschaftseinheit in ihrer Wettbewerbskraft zurückfallen (vgl. auch Kapitel B.).

Eine treibende Kraft des technischen Fortschritts bilden die *Schlüsseltechnologien*. Aus diesem Grunde denkt man in vielen Ländern und Unternehmen über die Schlüsseltechnologien der Zukunft nach. Zur Klassifikation von Schlüsseltechnologien und zur Beurteilung der Position Deutschlands in den Schlüsseltechnologien werden hier zwei Schritte vorgenommen.

Zunächst werden fünf Technologiestudien, in denen Schlüsseltechnologien näher analysiert wurden, erläutert. Die Technologiestudien haben in der forschungs- und technologiepolitischen Diskussion in Deutschland eine große Aufmerksamkeit erfahren und werden mit ihren Inhalten und – wo möglich – mit den Ergebnissen bezüglich der Wettbewerbsposition Deutschlands erläutert (ausführlicher Vergleich von Technologiestudien u. a. bei Müller-Merbach et al. 1995; ferner auch NSB 1998, S. 6-7–6-8):

- 1. Technologiestudie: „*Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts*“ (Grupp 1995a); im Folgenden zitiert als „ISI-Studie“ (Abschnitt E.I.1.).
- 2. Technologiestudie: „*Deutscher Delphi-Bericht zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik*“ (BMFT 1993b), im Folgenden zitiert als „Deutscher Delphi-Bericht 1993“ (Abschnitt E.I.2.).
- 3. Technologiestudie: „*Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik*“ (ISI 1998a), im Folgenden zitiert als „Deutscher Delphi-Bericht 1998“ (Abschnitt E.I.3.).
- 4. Technologiestudie: „*National Critical Technologies Report*“ (OSTP 1995; Abschnitt E.I.4.).
- 5. Technologiestudie: „*Aufbruch aus der Krise: Bericht der Zukunftskommission Wirtschaft 2000*“ (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993), im Folgenden zitiert als „BW-Studie 2000“ (Abschnitt E.I.5.).

Unter diesen fünf Technologiestudien befinden sich zum einen mit der ISI-Studie sowie mit den beiden Delphi-Berichten Technologievorausschau. Zum anderen stellt der „National Critical Technologies Report“ eine Bewertung der amerikanischen technologischen Position dar. Die „BW-Studie 2000“ ist vor allem eine Handreichung für die Politik.

Auf Basis der Technologiestudien werden anschließend die relevanten Technologien *klassifiziert*, und zwar unterschieden in fünf Komponenten- und in

sechs Systemtechnologiebereiche, denen insgesamt 100 Technologiefelder zugeordnet werden. Mit Hilfe dieser Klassifikation werden die Einschätzungen aus den fünf Technologiestudien bezüglich der technologischen Position Deutschlands zusammengefasst und *bewertet* (Abschnitt E.I.6.).

Doch was genau sind Schlüsseltechnologien? Schlüsseltechnologien befinden sich im Technologielebenszyklusmodell in der Wachstumsphase (Abschnitt B.I.3.). Sie erfordern gemeinhin hohe Investitionen in die anwendungsorientierte Forschung mit dem Ziel, eine wachsende Anzahl an Einsatzgebieten zu realisieren. Zudem verfügen sie über ein großes Potenzial an Wettbewerbsdifferenzierung. Nach Becker (1993, S. 270) und Leonhardt (1985, S. 6) sind Schlüsseltechnologien durch *fünf Merkmale* gekennzeichnet (Müller-Merbach et al. 1995, S. 5):

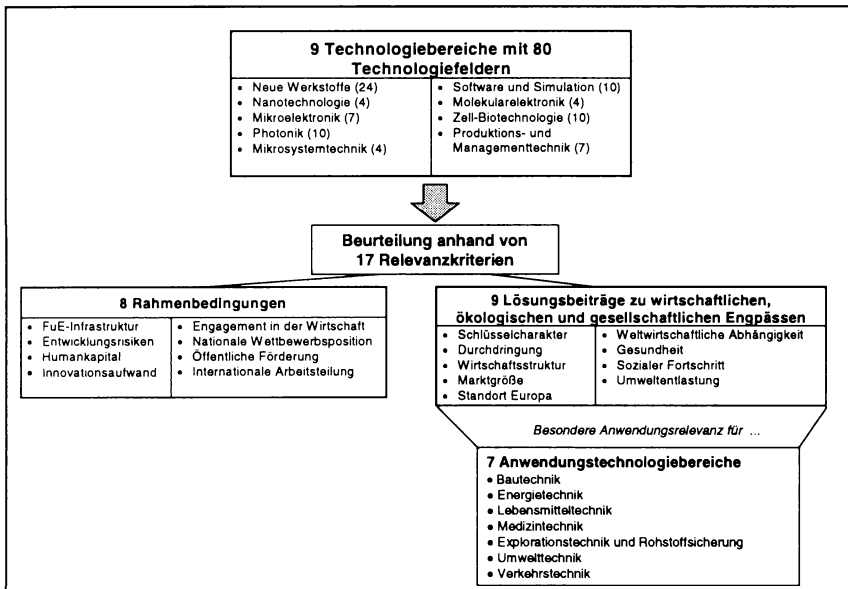
- „*Sie erfordern umfangreiche Forschungseinsätze und setzen ein hohes Entwicklungspotenzial voraus, lassen aber auch bedeutende Erfolge erwarten.*“
- „*Ihre Anwendungsfelder sind weit und haben sowohl branchen- als auch produktübergreifende Bedeutung.*“
- „*Sie haben maßgebenden Einfluß auf den technischen Fortschritt und spielen eine zentrale Rolle bei der wirtschaftlichen Entwicklung einzelner Wirtschaftszweige.*“
- „*Sie induzieren industrielle Strukturveränderungen.*“
- „*Sie geben Impulse für den gesellschaftlichen Wandel.*“

Mit diesem Verständnis von Schlüsseltechnologien werden im Folgenden die fünf Technologiestudien ausgewertet und eine Positionsbestimmung Deutschlands vorgenommen.

1. Erste Technologiestudie: „Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts“

An der Technologiestudie „Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts“ (Grupp 1995a) – im Folgenden als „*ISI-Studie*“ bezeichnet – haben unter Führung des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) sieben weitere Institutionen mitgewirkt. Diese Institutionen haben insgesamt neun Technologiebereiche und 80 Einzelthemen – hier als Technologiefelder bezeichnet – analysiert. Bewertet wurden die 80 Technologiefelder anhand von 17 sog. Relevanzkriterien – darunter acht „Rahmenbedingungen“ und neun „Lösungsbeiträge“ – sowie insbesondere hinsichtlich ihrer Bedeutung für sieben Anwendungstechnologiebereiche. Der Zeitrahmen der zukünftigen Entwicklung lag bei zehn Jahren (Abb. 43).

Unter den 17 Relevanzkriterien befinden sich zum einen acht sog. Rahmenbedingungen sowie neun sog. „Lösungsbeiträge“. Die *Rahmenbedingungen* bil-



Quelle: Grupp (1995a, S. 26, 248–249)

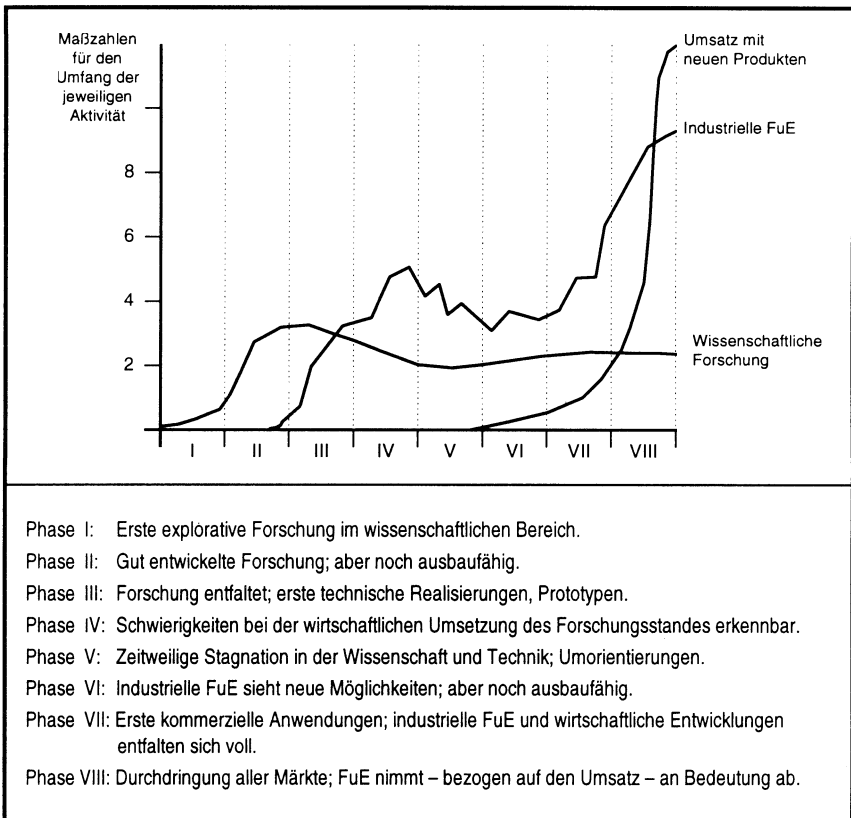
Abbildung 43: Die neun Technologiebereiche und die Anzahl der behandelten Technologiefelder sowie Einordnung der 17 Relevanzkriterien, aufgeteilt in „Rahmenbedingungen“ und „Lösungsbeiträge“

den die Voraussetzung für die Entwicklung einer Technologie. Hierzu zählen z. B. die FuE-Infrastruktur oder der Innovationsaufwand (Tab. 53). Demgegenüber spiegeln die „*Lösungsbeiträge*“ die Attraktivität einer Technologie wider, z. B. der Effekt auf die Wirtschaftsstruktur oder die Marktgröße. Insbesondere wurde dabei untersucht, inwieweit die Technologien einen Beitrag zur Lösung wirtschaftlicher, ökologischer und gesellschaftlicher Engpässe liefern (Grupp 1995a, S. 248–249).

Ein besonderes Augenmerk wurde bei den neun Technologiebereichen hinsichtlich ihrer Relevanz für sieben verschiedene *Anwendungstechnologiebereiche* (Abb. 43) gelegt, da diese für die Lösung der verschiedenen wirtschaftlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Engpässe von Bedeutung sind (einzeln aufgeführt bei Grupp 1995a, S. 142–155).

Auffallend ist das Fehlen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) als eigener Technologiebereich (Abb. 43) und als Anwendungstechnologiebereich. Statt dessen sind Teilgebiete der IKT als Technologiefelder unter den Technologiebereichen der Mikroelektronik, Photonik, Molekularelektronik und vor allem der Software und Simulation aufgeführt (Grupp 1995a, S. 143).

Zur Erfassung des Entwicklungsstandes der 80 Technologiefelder wurde ein Standardschema mit acht Phasen (Abb. 44) verwendet. Dieses Schema stellt den idealtypischen Verlauf einer Technologie von der wissenschaftlichen Grundlagenforschung über die industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung bis zur kommerziellen Produktion dar. Für jedes Technologiefeld wurden für das Jahr 1992 und für den „Zeitpunkt unmittelbar nach dem Jahr 2000“ (Grupp 1995a, S. 39) die jeweilige Phase des Entwicklungsstandes identifiziert.



Quelle: Grupp (1995a, S. 38)

Abbildung 44: Standardisiertes Schema zur Einordnung des Entwicklungsstandes der einzelnen Technologiefelder in acht Phasen

Insgesamt gibt es pro Technologiebereich und den zugehörigen Technologiefeldern eine Vielfalt an Information, die eine gute Ausgangsbasis für Analysen und die zukünftige Gestaltung der F&T-Politik bietet. Exemplarisch für die neun Technologiebereiche sei hier die Mikrosystemtechnik herausgegriffen (Tab. 53). Neben der insgesamt positiven Beurteilung hinsichtlich Anwen-

Tabelle 53

**Struktur der Beurteilung eines Technologiebereiches inklusive den zugehörigen
Technologiefeldern in der ISI-Studie**

	Anwendungsrelevanz für ...							Rahmenbedingungen							Lösungsbeiträge									
Mikro- system- technik	Bau-technik	Energie-technik	Lebensmittel-technik	Medizin-technik	Rohstoffsicherung	Umwelt-technik	Verkehr-technik	F&E-Infrastruktur	Entwicklungsrisiken	Humankapital	Innovationsaufwand	Engagement in der Wirtschaft	Nationale Wettbewerbsposition	Öffentliche Förderung	Internationale Arbeitsteilung	Schlüsselcharakter	Durchdringung	Wirtschaftsstruktur	Markgröße	Standort Europa	Wirtschaftliche Abhängigkeit	Gesundheit	Sozialer Fortschritt	Umweltanpassung
	Mikrosystem-technik	✓		✓		✓	✓		groß	schlecht	hoch	hoch	stark	gut	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Mikroelektronik	✓		✓		✓	✓				hoch	hoch	stark			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Signalverarbeitung für Mikrosystem-technik							gut	gering	gut			stark			✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
	Mikrosensoren	✓	✓	✓	✓	✓	✓	gut		gut	hoch	gering	stark	gut		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Aufbau- & Verbindungstechnik							schlecht	groß	schlecht	hoch		schwach	schlecht		✓	✓	✓	✓					
	Fertigungsverfahren der Mikroelektronik			✓					groß	schlecht	hoch		schwach		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓

Quelle: Grupp (1995a, S. 261–262), angepasst an die Klassifikation von Müller-Merbach et al. (1995, S. 43)

dungsrelevanz, Rahmenbedingungen und Lösungsbeiträge erwarten die Befragten nach Grupp (1995a, S. 97–98) für alle Technologiefelder das Erreichen der „Phase V: Umorientierung“ (gemäß Abb. 44) für das Jahr 2000, für die „Signalverarbeitung für Mikrosystemtechnik“ sieht man sogar Phase VII mit ersten kommerziellen Anwendungen.

Bei all diesen isolierten Betrachtungen von Technologiebereichen bleibt jedoch eines außer acht, worauf Grupp (1995a, S. 26) hinweist: *„Die Technologie des 21. Jahrhunderts ist nach herkömmlichen Gesichtspunkten nicht mehr auf-trennbar. So verschieden die einzelnen Entwicklungslinien auch sein mögen, sie wirken letztlich alle zusammen.“* Daher bedürfe es neben einer detaillierten Analyse einzelner Technologiebereiche auch einer integrierten Betrachtung aller Technologien.

2. Zweite Technologiestudie: „Deutscher Delphi-Bericht 1993“

Systematische und regelmäßige Technologievorausschau werden in Japan seit langem durchgeführt (Abschnitt D.II.4.c)). Beispielsweise wird seit 1971 etwa alle fünf Jahre ein Delphi-Bericht erstellt, so 1992 der fünfte Delphi-Bericht *„Future Technology in Japan Toward the Year 2020: The Fifth Technology Forecast Survey“* (NISTEP 1993). Parallel zu diesem japanischen Delphi-Bericht wurde in Deutschland 1993 zum ersten Mal ein Delphi-Bericht erstellt (BMFT 1993b; auch Grupp 1995b). Im Folgenden werden zunächst *Methodik und Inhalte* des deutschen Delphi-Berichts erläutert. Es folgt ein Überblick über *Deutschlands Stand bei Forschung und Entwicklung*. Nach einem

Vergleich zwischen dem deutschen und dem japanischen Delphi-Bericht schließen sich eine Zusammenfassung der inhaltlichen Kritik sowie eine Kurzbeschreibung des sog. „Mini-Delphi“ (BMBF 1996g) an, welcher eine methodische Weiterentwicklung gegenüber dem ersten deutschen Delphi-Bericht ist.

Methodik und Inhalte

Der erste deutsche Delphi-Bericht wurde mit derselben *Methodik* und mit den gleichen *Inhalten* erstellt wie der fünfte japanische Delphi-Bericht. Beim Delphi-Verfahren handelt es sich um eine Ideenfindungs-, Meinungsbildungs- und Prognosemethode. Mit ihr werden die Ansichten und Einschätzungen der Zukunft von Fachleuten systematisch ermittelt. Das Verfahren wird in den Technologiestudien in zwei oder mehr Befragungsrunden durchgeführt. Nach jeder Runde werden den beteiligten Fachleuten die Umfrageergebnisse der vorherigen Runde vorgelegt. Sie können dann (außer nach der letzten Runde) anhand der anderen Meinungen ihre eigene Meinung überprüfen und ggf. ihre Antwort revidieren (Tab. 54).

Tabelle 54
Fachgebiete und Anzahl an Innovationsvorhaben pro Fachgebiet im japanischen und deutschen Delphi-Bericht von 1993

Fachgebiete	Anzahl an Fragen / Innovationsvorhaben
1. Werkstoffe und Verfahrenstechnik	108
2. Elektronik und Informationstechnik	107
3. Biowissenschaften	98
4. Kern- und Elementarteilchenphysik	46
5. Raumfahrt	40
6. Meeres- und Geowissenschaften	82
7. Rohstoffe und Wasserressourcen	39
8. Energie	51
9. Ökologie und Umwelttechnik	50
10. Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	73 *
11. Produktion	72
12. Städteplanung, Architektur und Bauwesen	65
13. Kommunikationstechnik	65
14. Verkehr	62
15. Medizin	108 *
16. Gesellschaft, Kultur und Technik	81 *
Summe	1147

*: In diesem Fachgebiet enthält der japanischen Delphi-Bericht eine Frage mehr.

Quellen: NISTEP (1993, S. 2); BMFT (1993b, S. 23)

Der deutsche Delphi-Bericht basiert auf Einschätzungen von Fachleuten – zu je einem Drittel stammen die Fachleute aus der Wirtschaft, Universitäten sowie aus anderen Forschungseinrichtungen, aus dem öffentlichen Dienst und aus Verbänden –, zu konkreten Fragen bzw. Innovationsvorhaben („topics“ im Englischen). Als Bedingung wurde zugrunde gelegt, dass es innerhalb von 30

Jahren keine Weltkriege und keine die Wirtschaft gefährdenden Naturkatastrophen geben werde. Jede der 1.147 Fragen bzw. Innovationsvorhaben in den 16 Fachgebieten basiert entweder auf einer „Vision von gesellschaftlichem Rang“ oder einer „Produktvision“ (BMFT 1993b, S. XVII). Für die einzelnen Innovationsvorhaben wurden in zwei Befragungsrunden standardisierte Antworten zu einzelnen Fragen erbeten, wobei ein langfristiger Zeithorizont von bis zu 30 Jahren zur Einschätzung vorgegeben wurde.

Im deutschen Delphi-Bericht wurden dieselben Fragen zu denselben Innovationsvorhaben gestellt wie im fünften japanischen Delphi-Bericht, wobei geographische Details den deutschen Gegebenheiten angepasst wurden. Die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten betreffen die Fachkenntnis des Befragten, die Wichtigkeit, den Zeitraum der Verwirklichung, die Genauigkeit der Zeitangabe, die Notwendigkeit einer weltweiten Zusammenarbeit, mögliche Hemmnisse bzw. Realisierungshindernisse, sowie – als Ergänzung in der zweiten Runde – den Vergleich des Forschungs- und Entwicklungsstandes (Tab. 55).

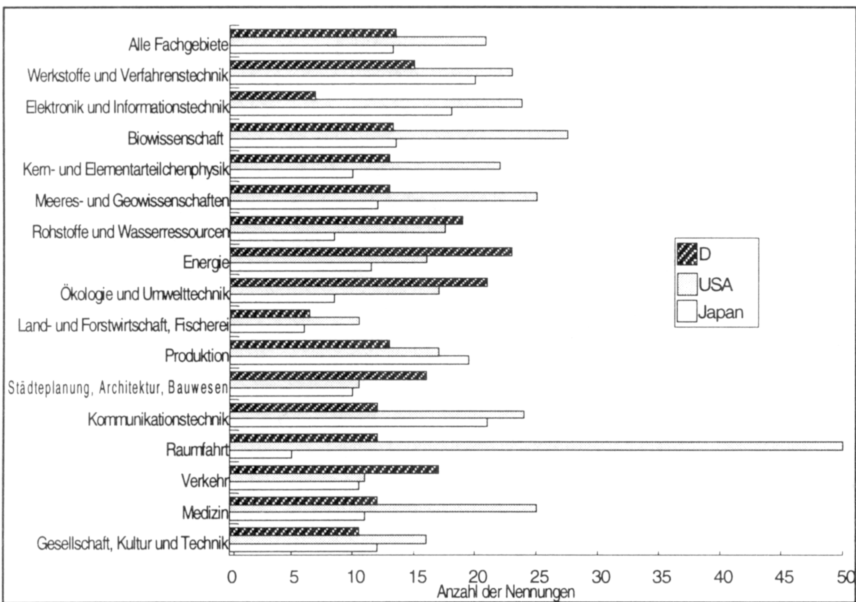
Tabelle 55
**Fragenstruktur für den Delphi-Bericht in der ersten Runde
und Ergänzung in der zweiten Runde**

Erste Runde	
Fragen	Antwortmöglichkeiten
Fachkenntnis des Befragten auf dem Gebiet	groß, mittel, gering, fachfremd
Wichtigkeit des Innovationsvorhabens	groß, mittel, gering, nicht nötig
Zeitraum der Verwirklichung des Innovationsvorhabens	1) vor 1995 2) 1996–2000 3) 2001–2005 4) 2006–2010 5) 2011–2015 6) 2016–2020 7) bis 2020 nicht realisierbar 8) keine Meinung
Genauigkeit der Zeitangabe	groß, mittel, gering
Notwendigkeit der weltweiten Zusammenarbeit	groß, mittel, gering, nicht nötig
Mögliche Hemmnisse bzw. Realisierungshindernisse	1) Technische Probleme 2) Vorschriften 3) Kulturelle Faktoren 4) Kostenfaktoren 5) Kapitalmangel 6) Geringer Ausbildungsstand, fehlende Arbeitskräfte 7) Unzureichendes Forschungs- und Entwicklungssystem 8) Andere Probleme
Ergänzung in der zweiten Runde	
Vergleich des Forschungs- und Entwicklungsstandes	1) USA führend 2) Japan führend 3) Ausland führend 4) Deutschland führend 5) keine Meinung

Quelle: BMFT (1993b, S. 25–28)

Deutschlands Stand bei Forschung und Entwicklung

Im ersten Delphi-Bericht wurde auch nach dem Stand von Forschung und Entwicklung gefragt, und zwar welches der drei Länder USA, Deutschland und Japan bei dem jeweiligen Innovationsvorhaben bzw. Thema in Führung liegt. Über alle 1.147 Innovationsvorhaben aus den 16 Fachgebieten hinweg wurde eine klare Führungsposition der USA gesehen, während Japan und Deutschland in etwa gleichauf liegen (Abb. 45). Insgesamt wurde Deutschlands Stand bei Forschung und Entwicklung in den 16 Fachgebieten im Delphi-Bericht mit fünf ersten Plätzen, fünf zweiten und sechs dritten Plätzen differenziert eingestuft (BMFT 1993b, S. 99–100):



Quelle: BMFT (1993b, S. 100).

Abbildung 45: Vergleich des Standes bei Forschung und Entwicklung zwischen Deutschland, Japan und den USA im deutschen Delphi-Bericht 1993

- Stärken hat Deutschland mit *Platz 1* vor den USA in fünf Fachgebieten: „Energie“, „Ökologie und Umwelttechnik“, „Rohstoffe und Wasserressourcen“, „Städteplanung, Architektur und Bauwesen“ sowie „Verkehr“.
- Deutschland nimmt *Platz 2* hinter den USA bei „Kern- und Elementarteilchenphysik“, „Raumfahrt“ – deutlich hinter den USA –, „Meeres- und Geowissenschaften“, „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei“ sowie „Medizin“ ein.

- Schwächen offenbart Deutschland hingegen bei sechs Fachgebieten mit *Platz 3*: mit knappem Rückstand in „Biowissenschaften“, „Produktion“, „Gesellschaft, Technik und Kultur“ und „Werkstoffe und Verfahrenstechnik“ sowie mit deutlichem Rückstand in „Elektronik und Informationstechnik“ und „Kommunikationstechnik“.

Insgesamt zeigt sich die Stärke der *USA* über alle Fachgebiete hinweg, mit deutlichen Ausprägungen in der „Raumfahrt“, in der „Medizin“ sowie in den „Biowissenschaften“. *Japan* ist lediglich in der „Produktion“ vorne und ist ferner gut positioniert bei „Elektronik und Informationstechnik“, bei „Kommunikation“ sowie bei „Werkstoffen und Verfahrenstechnik“. Deutschland liegt insgesamt gut im Rennen, jedoch ist der Rückstand bei „Elektronik und Informationstechnik“ und „Kommunikationstechnik“ recht deutlich.

Vergleich des deutschen und des japanischen Delphi-Berichts

Die Ergebnisse des ersten deutschen Delphi-Berichts und des korrespondierenden japanischen Delphi-Berichts sind eingehend analysiert worden (Übersichten in BMFT 1994c; Cuhls und Kuwahara 1994). Dabei wurden insbesondere Unterschiede der Einschätzung der „*Wichtigkeit*“ und des „*Zeitraums der Verwirklichung*“ ausgewertet und zusammengestellt (Tab. 56). Bezüglich vieler

Tabelle 56
**Gegenüberstellung der Einschätzung von Wichtigkeit
und Zeithorizont nach 16 Fachgebieten, zusammengefasst aus dem
japanischen und dem deutschen Delphi-Bericht**

		Einschätzung der Wichtigkeit		
		Relativ hoch in Japan	Etwa gleich	Relativ hoch in Deutschland
Einschätzung des Zeitraums der Verwirklichung	Relativ spät in Japan	• Raumfahrt	• Meeres- und Geowissenschaften • Kommunikationstechnik	• Werkstoffe und Verfahrenstechnik
	Etwa gleich	• Rohstoffe und Wasserressourcen • Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	• Biowissenschaften • Kern- und Elementarteilchenphysik • Energie • Städteplanung, Architektur und Bauwesen	• Ökologie und Umwelttechnik • Medizin
	Relativ spät in Deutschland	• Gesellschaft, Kultur und Technik	• Elektronik und Informationstechnik • Produktion • Verkehr	

Quelle: BMFT (1994c, S. 12); Cuhls und Kuwahara (1994, S. 94)

Innovationsvorhaben stimmen die Aussagen beider Delphi-Berichte überein. Doch gibt es auch Unterschiede. Diese sind auf länderspezifische Besonderheiten zurückzuführen (BMFT 1994c, S. 9–14).

Beide Delphi-Berichte sind bezüglich der erwarteten Realisierungszeitpunkte weitgehend *deckungsgleich*. Das gilt sowohl bei einer Gesamtbetrachtung als auch bei der Einzelbetrachtung der Innovationsvorhaben. Diese Übereinstimmung überrascht insofern nicht, als dass Wissenschaftler und Technologiefachleute in den internationalen Informationsaustausch eingebunden sind.

Unterschiede bei den Ergebnissen sind weitgehend auf Spezialisierungen in dem einen oder dem anderen Land zurückzuführen. Unterschiede sowohl in der Einschätzung der „Wichtigkeit“ als auch hinsichtlich des „Zeitraums der Verwirklichung“ bestehen nur in den drei Fachgebieten „Werkstoffe und Verfahrenstechnik (Fachgebiet 1)“, „Raumfahrt (Fachgebiet 4)“, „Gesellschaft, Kultur und Technik (Fachgebiet 16)“. Diese drei Fachgebiete nehmen Eckpositionen in der Vergleichsmatrix (Tab. 56) ein (Müller-Merbach et al. 1995, S. 11–12):

- Die Unterschiede im Fachgebiet „Werkstoffe und Verfahrenstechnik“ beruhen auf der stärkeren Chemischen Industrie in Deutschland, weswegen die deutschen Fachleute eine höhere Wichtigkeit sehen und einen kürzeren Zeitraum der Verwirklichung erwarten.
- Die „Raumfahrt“ wird hinsichtlich der Wichtigkeit in Japan höher eingeschätzt als in Deutschland, doch die Verwirklichung erwarten die Japaner später als die Deutschen. Eine Ursache dafür ist die unterschiedliche organisationelle Verflechtung, denn Deutschland ist Mitglied der Europäischen Weltraumagentur ESA. Dagegen betreibt Japan seine Weltraumforschung ohne eine derartige institutionalisierte internationale Kooperation.
- Im Fachgebiet „Gesellschaft, Kultur und Technik“ spielen vor allem die unterschiedlichen gesellschaftlichen Wertvorstellungen eine entscheidende Rolle bei der Bewertung der technischen Entwicklung.

Neben den Unterschieden zwischen den deutschen und japanischen Delphi-Ergebnissen ist in Deutschland die gesamte Vorgehensweise aufgrund der vollständigen Übernahme des japanischen Originals kritisiert worden. Die geäußerte Kritik und die Erfahrungen führten zu einem sog. „Mini-Delphi“, der 1996 vorgestellt wurde (BMBF 1996g).

Die *Kritik* richtete sich u. a. auf ungenaue Definitionen und pauschale Formulierungen, die zum Teil Übersetzungsbedingt waren (BMFT 1993b, S. 127–128). Für einige der gestellten Fragen sollten manche Technologien bzw. Lösungen bereits existieren (BMFT 1993b, S. 128). Bemängelt wurde ferner das Fehlen der Einschätzung der wirtschaftlichen Realisierbarkeit (BMFT 1993b, S. 129). Schließlich wurden die generellen Wertvorstellungen nicht an deutsche Verhältnisse angepasst, so dass z. B. die sich in einigen Fragen widerspiegelnde

technisch orientierte Krankenpflege in Japan bei den deutschen Fachleuten auf Ablehnung stieß (BMFT 1993b, S. 130–132). Das Fehlen der Chemie als Fachgebiet stellt aus deutscher Sicht ebenfalls eine wichtige Einschränkung dar.

„Mini-Delphi“

Aufgrund der Kritikpunkte und der insgesamt sehr positiven Ergebnisse beschloß das BMBF – quasi als Vorstufe für einen zweiten Delphi-Bericht – 1995 einen sog. „*Mini-Delphi*“ erstellen zu lassen. Dieser wurde in Kooperation Deutschland mit Japan durchgeführt und diente vor allem der Weiterentwicklung der Methodik (BMBF 1996g, S. 2). Der Mini-Delphi hatte drei wesentliche Aspekte:

- Es wurden zunächst vier gesellschaftliche Engpaßbereiche bestimmt und diesen dann je zwei Leitthemen zugeordnet (BMBF 1996g, S. IX-X). Im Einzelnen gab es Werkstoffe und Verfahrenstechnik (Photovoltaik, Supraleitung), Mikroelektronik und Informationsgesellschaft (kognitive Systeme und künstliche Intelligenz; Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik), Biowissenschaften und Zukunft der Medizin (Krebsforschung und -heilung; Hirnforschung), Auswege aus der Umweltzerstörung (Abfallverarbeitung und Recycling; Klimaforschung und -technologie).
- *Konkretisiert* wurde die Kategorie der „Wichtigkeit“ (BMBF 1996g, S. X). Es wurden fünf Möglichkeiten eines *Lösungsbeitrages* ausgewählt, und zwar Lösungsbeitrag für den „Fortschritt von Wissenschaft und Technik“, für die „Wirtschaft“, für die „Umwelt“, für die „Dritte Welt“ und für die „Gesellschaft“.
- *Aufgenommen* wurden Fragen zu sog. *Rahmenbedingungen* wie Engagement der deutschen Wirtschaft, Ausmaß staatlicher Regulierung, öffentliche Förderung, internationale Zusammenarbeit, Technikakzeptanz, Infrastruktur in Forschung und Entwicklung, Verfügbarkeit und Ausbildungsstand von Fachpersonal sowie Startbedingungen für Innovationen. Ferner gab es auch die Möglichkeit, Bedingungen bezüglich der Lösbarkeit wissenschaftlich-technischer Schwierigkeiten, der Größe der zukünftigen Marktnachfrage sowie der preislichen Konkurrenzfähigkeit am Markt einzuschätzen (BMFT 1996g, S. X-XI).

Die Ergebnisse dieses Mini-Delphi wurden vom BMBF (1996g, S. XXIV) wie folgt zusammengefasst:

„Sowohl die allgemeine Betrachtung der Ergebnisse des Mini-Delphi wie auch der Durchgang durch die ausgewählten Leitthemen bestätigen, dass sich die methodischen Verbesserungen des Mini-Delphi ausgezahlt haben. ... Aus methodischer Sicht kann daher uneingeschränkt empfohlen werden, bei zukünftig wieder umfassenden Delphi-Befragungen die hier verwendete Methodik des Mini-Delphi anzuwenden.“

Fazit

Der erste deutsche Delphi-Bericht stellt für die F&T-Politik und für technologische Prospektionen einen wichtigen Meilenstein dar. Durch die Übernahme der japanischen Delphi-Methodik, die in 20 Jahren erprobt wurde, wurde ein erster und guter Schritt für eigene technologische Vorausschau geschaffen. Die angeführten Kritikpunkte bezüglich der starken Orientierung am japanischen Original wurden in einem „Mini-Delphi“ aufgegriffen und durch eine spezifisch auf Deutschland ausgerichtete Fragebogenstruktur weitestgehend ausgeräumt.

3. Dritte Technologiestudie: „Deutscher Delphi-Bericht 1998“

Nach dem ersten Delphi-Bericht von 1993 und dem Mini-Delphi von 1996 wurde 1998 der zweite Delphi-Bericht vorgestellt (ISI 1998a). Dieser wurde parallel zum sechsten japanischen Delphi-Bericht erstellt, wies aber sowohl gegenüber dem japanischen Bericht als auch gegenüber seinen deutschen Vorgängern einige Modifikationen auf. Es werden zum zweiten Delphi-Bericht im Folgenden *Methodik und Inhalte* sowie die Haupteergebnisse bezüglich *Deutschlands Stand bei Forschung und Entwicklung* erläutert.

Methodik und Inhalte

Die Organisation der Delphi-Befragung unterlag einem neunköpfigen Lenkungsausschuss mit Vertretern der Wirtschaft und der Hochschulen, welcher bei der Formulierung der wichtigsten Thesen von 100 fachkundigen Personen unterstützt wurde (ISI 1998a, S. 9). Auf wissenschaftlicher Ebene war als Koordinator der Befragung das FhG-ISI beteiligt. Insgesamt wurden wiederum zwei Befragungsrunden mit einem für Deutschland spezifischen Fragebogen durchgeführt. Diese Spezifikation spiegelt sich sowohl in der Anzahl der Thesen als auch im Inhalt des Fragebogens wider.

Es wurden zwölf *Themenfelder* gebildet, denen 1.070 *Thesen*, d. h. Innovationsvorhaben bzw. Produktvisionen, zugeordnet wurden (Tab. 57). Gegenüber dem ersten Delphi-Bericht zeigen sich dabei deutliche Änderungen: Nur 113 Thesen stimmten mit dem ersten Delphi-Bericht und 323 Thesen mit dem sechsten japanischen Delphi-Bericht überein (ISI 1998b, S. 5). Deutsche Belange scheinen weitestgehend berücksichtigt worden zu sein, wenn man vereinfacht als Kriterium die Anzahl der nur für Deutschland definierten Thesen annimmt.

Die spezifische *Gestaltung des Fragebogens* führte zu einer hohen Rücklaufquote von mehr als 30 % (ISI 1998b, S. 7) – in neun der zwölf Themenfelder von Runde 2 gab es mehr als 100 auswertbare Antworten (Tab. 57) –, wofür

Tabelle 57

Themenfelder mit der korrespondierenden Anzahl an Thesen (Innovationsvorhaben) sowie der Anzahl der Antworten aus der ersten und der zweiten Runde

Delphi Themenfelder	Anzahl der ...			Anzahl der Antworten	
	Thesen im Delphi-Bericht 1998	gleichen Thesen in Japan	Gleichen Thesen im Delphi-Bericht 1993	1. Runde	2. Runde
1. Information & Kommunikation	111	68	16	287	206
2. Dienstleistung & Konsum	78	21	6	215	163
3. Management & Produktion	71	14	7	229	179
4. Chemie & Werkstoffe	104	33	24	260	206
5. Gesundheit & Lebensprozesse	104	36	7	255	182
6. Landwirtschaft & Ernährung	101	20	7	206	140
7. Umwelt & Natur	76	15	2	282	209
8. Energie & Rohstoffe	114	32	14	246	187
9. Bauen & Wohnen	75	32	9	110	94
10. Mobilität & Transport	107	18	5	150	122
11. Raumfahrt	78	24	9	97	77
12. Großexperimente	51	10	7	116	91
Gesamt	1.070	323	113	2.453	1.856

Quelle: ISI (1998b, S. 5, 8)

auch der modifizierte Inhalt des Fragebogens verantwortlich zu sein scheint. In die Modifikationen sind Erfahrungen aus dem „Mini-Delphi“ (s.o.) sowie aus der ISI-Studie (Abb. 43) eingeflossen. Drei Aspekte sind gegenüber dem ersten Delphi-Bericht neu (Ausschnitt aus dem Fragebogen in Abb. 46 als Übersicht):

		Fachkenntnis	Wichtigkeit für	Zeitraum	Höchster FuE-Stand	Wichtige Maßnahmen	Folgeprobleme	Alternative Thesen
Dienstleistungen & Konsum		groß mittel gering keine	Erweiterung menschlichen Wissens wissenschaftliche Erfindung gesellschaftliche Erfindung Lösung der ökologischen Probleme Arbeits- und Beschäftigung umwichtig unwichtig	bis 2000 2001 - 2005 2006 - 2010 2011 - 2015 2016 - 2020 2021 - 2025 nach 2025 nicht realisierbar	USA Japan Deutschland andere EU - Land andere Land	bessere Ausbildung Personalaustausch Wirt.-Wiss. Internationale Kooperation F&E-Infrastruktur Förderung durch Dritte Regulierungsänderung andere	Umwelt Sicherheit soziale, kulturell - gesellschaftliche andere	
Nutzung mehrfacher Zahlungsmittel	1	Elektronische Supermärkte sind weit verbreitet, in denen man zu jeder Tages- und Nachtzeit einkaufen kann (von der Bestellung bis zum Ausliefern zu vereinbarten Zeiten)						
	2	Mehr als 30% der Güter des täglichen Lebens für Kleidung, Nahrung und Wohnung werden in Deutschland durch Teleshopping erworben						
	3	Bestellsysteme werden von zu Hause aus genutzt, mit denen der Besteller sein persönliches Lieblingsfabrikat (z.B. ein Auto nach eigenen Wünschen) gestalten kann.						

Quelle: ISI (1998b, S. 6)

Abbildung 46: Ausschnitt aus dem Fragebogen der zweiten deutschen Delphi-Befragung

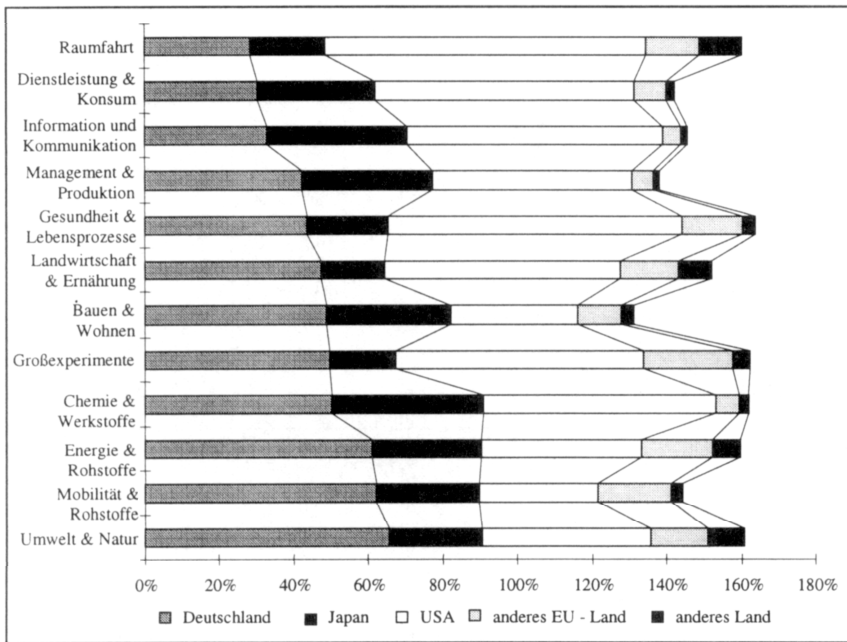
- Erstens wurde die Kategorie „Wichtigkeit“ wie beim „Mini-Delphi“ aufgeteilt in fünf Dimensionen (ISI 1998b, S. 6), d. h. „*Wichtigkeit der Lösungsbeiträge*“ für „Erweiterung menschlichen Wissens“, für die „wirtschaftliche Entwicklung“, für die „gesellschaftliche Entwicklung“, für die „Lösung ökologischer Probleme“ sowie für „Arbeit und Beschäftigung“. Bei insgesamt 50 % aller Thesen sehen die Fachleute einen Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung, die anderen Dimensionen sind etwas weniger gewichtig (ISI 1998b, S. 17).
- Zweitens wurden Einschätzungen zu wichtigen *Maßnahmen* (ISI 1998b, S. 6–7) abgefragt, die auf den „Rahmenbedingungen“ des Mini-Delphi und der ISI-Studie ansetzen. Im Einzelnen wurden als Maßnahmen vorgegeben: „bessere Ausbildung“, „Personalaustausch zwischen Wirtschaft und Wissenschaft“, „internationale Kooperation“, „FuE-Infrastruktur“, „Förderung durch Dritte“ sowie „Regulationsänderung“. Über alle Thesen hinweg wurden internationale Kooperationen mit 45 % aller Nennungen als die bedeutendste Maßnahme angesehen, gefolgt von der Verbesserung der FuE-Infrastruktur mit mehr als 30 % (ISI 1998b, S. 20).
- Drittens wurde nach „*möglichen Folgeproblemen*“ gefragt, und zwar ob sie im Bereich der „Umwelt“, der „Sicherheit“ oder im „sozialen bzw. kulturell-gesellschaftlichen Bereich“ zu erwarten sind. Am stärksten wurden bei 40 % aller Antworten die sozialen, kulturell-gesellschaftlichen Folgeprobleme genannt (ISI 1998b, S. 20).

Deutschlands Stand bei Forschung und Entwicklung

Für die zwölf Themenfelder wurde in einer Kategorie auch danach gefragt, welches Land mit seiner Forschung und Entwicklung bezüglich der Realisierung der jeweiligen Zukunftsvision am weitesten ist. Nach Einschätzung der befragten deutschen Fachleute liegen die USA meist an der Spitze vor Deutschland und Japan (Abb. 47). Deutschland erreicht viermal Platz 1, fünfmal Platz 2 und dreimal Platz 3 (ISI 1998b, S. 18–19):

- Deutschland liegt im weltweiten Vergleich in den vier Themenfeldern „Umwelt und Natur“, „Mobilität und Transport“, „Energie und Rohstoffe“ sowie „Bauen & Wohnen“ auf *Platz 1*.
- In fünf Themenfeldern liegt Deutschland hinter den USA auf *Platz 2*, darunter gut positioniert bei „Management & Produktion“, „Landwirtschaft & Ernährung“, sowie „Chemie und Werkstoffe“.

Rückständig im weltweiten Vergleich wird die Position Deutschlands bei FuE in den drei Themenfeldern „Raumfahrt“, „Dienstleistung und Konsum“ sowie „Information und Kommunikation“ eingestuft, in denen lediglich *Platz 3* erreicht wurde. Bezüglich des FuE-Standes fällt die recht schlechte Position Ja-



Wegen Mehrfachnennungen wird die 100 %-Marke überschritten.
Quelle: ISI (1998b, S. 19)

Abbildung 47: Stand Deutschlands bei Forschung und Entwicklung aus Sicht deutscher Fachleute in den zwölf Themenfeldern

pans im deutschen Delphi-Bericht auf. Bei detaillierterer Betrachtung einzelner Themenfelder zeigt sich in Teilbereichen wie z. B. der Optoelektronik (ISI 1998a, S. 38–39) jedoch eine sehr starke Position Japans, die aber aggregiert über das gesamte Themenfeld nicht mehr durchschlägt. Zudem könnten bei der Einschätzung in nicht unerheblichem Maße landesspezifische Auffassungen eine Rolle gespielt haben. Denn in den 323 Themenfeldern, die auch im japanischen sechsten Delphi-Bericht vorhanden waren, schätzte man in Japan den Stand Japans bei FuE auf Platz 2 hinter den USA und vor Europa als Ganzes ein, während es die deutschen Fachleute umgekehrt sahen (ISI 1998b, S. 19). Eine mögliche Erklärung hierfür liefert ISI (1998b, S. 19):

„Neigen die Experten also zu Nationalzentrismus? Dies ist anzunehmen, kann aber aus der Studie heraus wegen der unterschiedlichen Abgrenzung der Länder und Ländergruppen nicht belegt werden.“

Im Detail zeigen sich über die zwölf Themenfelder unterschiedliche Schwerpunkte. Betrachtet man die Anzahl der ersten Plätze in den jeweiligen Themenfeldern, so zeigen sich die deutliche Führungsrolle der USA über alle Themenfelder, der zweite Platz Deutschlands und der dritte Platz Japans (Tab. 58).

Tabelle 58
**Anzahl der ersten, zweiten, dritten, vierten und fünften Plätze
je Themenfeld im deutschen Delphi-Bericht 1998**

Land	Platz beim FuE-Stand	Information & Kommunikation	Dienstleistung & Konsum	Management & Produktion	Chemie & Werkstoffe	Gesundheit & Lebensprozesse	Landwirtschaft & Ernährung	Umwelt & Natur	Energie & Rohstoffe	Bauen & Wohnen	Mobilität & Transport	Raumfahrt	Großexperimente	Summe
Deutschland	1	7	9	23	33	7	29	47	72	42	75	0	13	358
	2	48	28	22	28	76	41	17	26	9	23	41	32	393
	3	56	38	26	41	21	21	6	12	22	8	25	5	284
	4	0	3	0	2	0	5	5	2	2	0	10	1	34
	5	0	0	0	0	0	5	1	2	0	1	2	0	16
USA	1	86	62	37	56	93	64	22	40	19	23	78	40	621
	2	24	13	19	37	8	27	29	37	26	22	0	11	255
	3	1	3	14	11	1	7	16	27	17	32	0	0	132
	4	0	0	1	0	2	3	9	10	10	21	0	0	60
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	0	0	17
Japan	1	18	7	11	17	2	6	4	3	15	5	0	1	90
	2	40	34	27	39	15	15	14	36	31	39	24	2	318
	3	50	30	26	48	45	29	33	46	20	38	16	14	398
	4	3	6	5	0	37	33	16	22	7	23	24	26	206
	5	0	1	2	0	5	18	9	7	2	2	14	8	73
Anderes EU-Land	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4	0	0	7
	2	0	3	2	0	4	12	11	13	12	25	5	5	94
	3	3	7	5	4	36	40	21	25	10	29	24	29	236
	4	95	67	61	89	61	47	37	57	47	45	28	15	653
	5	13	1	3	11	2	2	7	18	6	4	21	2	95
Anderes Land	1	0	0	0	0	1	3	3	0	0	0	0	0	8
	2	0	0	1	1	2	9	5	0	1	1	12	0	34
	3	0	2	0	0	1	7	7	9	3	4	16	1	53
	4	26	3	12	18	6	15	4	22	13	14	15	14	166
	5	85	73	58	85	94	67	57	83	58	88	35	36	824

Quelle: eigene Auswertung auf Basis der Daten von ISI (1998b, S. 37–335)

- Auf *Platz 1* liegt Deutschland in den vier Themenfeldern „Umwelt & Natur“, „Energie & Rohstoffe“, „Bauen & Wohnen“ sowie „Mobilität & Transport“.
- Auf *Platz 2* hinter den USA liegt Deutschland in den sechs Themenfeldern „Dienstleistung und Konsum“, „Management & Produktion“, „Chemie & Werkstoffe“, „Gesundheit & Lebensprozesse“, „Raumfahrt“ und „Großexperimente“.
- Auf *Platz 3* ist Deutschland lediglich im Themenfeld „Information & Kommunikation“ hinter den USA und Japan.

Die weiteren EU-Länder bzw. die sonstigen Länder spielen insgesamt eher eine Nebenrolle. Das schlechte Abschneiden Japans im Vergleich zu Deutschland und die meist umgekehrte Einschätzung im japanischen Delphi-Bericht

scheint die These zu bestätigen, dass die Fachleute eine „second-best“-Position für ihr Heimatland hinter den USA sehen (ISI 1998b, S. 19).

Fazit

Insgesamt stellt der zweite Delphi-Bericht aufgrund der Ergebnisse und der guten Beteiligung einen bedeutenden Fortschritt der Technologievorausschau in Deutschland dar. Die Auswahl der verschiedenen Thesen und die speziell auf deutsche Verhältnisse zugeschnittenen Formulierungen lassen ihn zu einem guten Fundus an Information über den in den nächsten 30 Jahren zu erwartenden technischen Fortschritt werden. Deutschlands Stand bei FuE wird insgesamt als gut angesehen, gleichwohl in einigen Themenfeldern der Rückstand zu den USA groß ist.

4. Vierte Technologiestudie: National Critical Technologies Report

In den USA wird seit 1991 alle zwei Jahre von der National Critical Review Group ein „National Critical Technologies Report“ (OSTP 1995) erstellt. In der Gruppe gibt es 13 Vertreter des öffentlichen und des privaten Sektors. Sie haben die Aufgabe, nicht mehr als 30 Schlüsseltechnologien zu identifizieren, die für die langfristige nationale Sicherheit und ökonomische Wohlfahrt der USA essentiell sind (OSTP 1995, S. 189). Eine führende Rolle bei der operativen Erstellung übernehmen die verschiedenen Komitees des National Science and Technology Council.

Seit der ersten Technologiestudie 1991 wird eine Klassifizierung von sieben Technologiebereichen fortgeschrieben, denen dann jeweils die bedeutendsten Technologiefelder zugeordnet werden, so zuletzt 27 (Tab. 59). Die 27 Technologiefelder werden ausführlich beschrieben und ihre Bedeutung sowie Anwendungsfelder herausgestellt.

Ein zentraler Bestandteil ist die Darstellung der Ergebnisse eines weltweiten Benchmarkings für die 27 ausgewählten Technologiefelder, in dem die USA mit Europa und Japan bezüglich der technologischen Führerschaft verglichen werden (Tab. 60). Die amerikanische Position in den Technologiefeldern hat sich – aus amerikanischer Sicht – zwischen 1990 und 1994 in den meisten Technologiefeldern verbessert und nur in einigen wenigen verschlechtert. In keinem der aufgeführten Technologiefelder ist ein Rückstand gegenüber den Wettbewerbern konstatiert worden, in einigen Technologiefeldern der Information und Kommunikation wird sogar eine deutliche Führung gegenüber Japan angenommen. Setzt man für Europas Position stellvertretend Deutschland als wirtschaftlich größtes europäisches Land ein, so decken sich die Ein-

Tabelle 59

Sieben Technologiebereiche und 27 Technologiefelder (Critical Technologies)

Technologiebereich	Technologiefeld
1. Energie	• Energieeffizienz • Speicherung, Aufbereitung, Verteilung, Übertragung • Verbesserung der Stromerzeugung
2. Umweltqualität	• Überwachung und Bewertung • Bekämpfung der Umweltverschmutzung • Sanierung und Wiederherstellung
3. Information und Kommunikation	• Komponenten • Nachrichtentechnik • Datenverarbeitungssysteme • Informationsmanagement • Intelligente, komplexe, anpassungsfähige Systeme • Sensoren • Software und Zubehör
4. Biowissenschaften	• Biowissenschaften • Technologien im Medizinbereich • Agrar- und Lebensmitteltechnologien • Humansysteme
5. Verarbeitendes Gewerbe	• Kundenspezifische Fertigung • Kontinuierliche Werkstoffverarbeitung • Mikro-/Nanofertigung und -bearbeitung
6. Werkstoffe	• Werkstoffe • Strukturen
7. Verkehr	• Aerodynamik • Luftfahrtelektronik und Steuerung • Antrieb und Leistung • Systemintegration • Schnittstelle Mensch-Maschine

Quelle: OSTP (1995, S. VI), Übersetzung nach Europäische Kommission (1996a, S. 9)

schätzungen in der amerikanischen Technologiestudie mit denen im Delphi-Bericht 1998.

Insgesamt ist der National Critical Technologies Report eine stark amerikanisch ausgerichtete Technologiestudie, was sich vor allem an der durchweg positiven Beurteilung der amerikanischen Position zeigt. Durch das Benchmarking und die Ausrichtung auf die Zielgruppe der politischen Verantwortungsträger hat die Technologiestudie eine hohe Praxisrelevanz und gute Aussagekraft. Sie ist in den USA eine allgemeine und weit akzeptierte Studie, auf deren Aussagen und Prognosen vielfach zurückgegriffen wird. Sowohl für die Gestaltung der amerikanischen F&T-Politik als auch als Basis für die Beurteilung der Europäischen Union (Bezugnahme z. B. in Europäische Kommission 1996a, S. 9) hat sie eine große Bedeutung erlangt. Aufgrund der langjährigen Erfahrungen der USA mit Technologieprognosen gilt sie eine gute Quelle für weitergehende Untersuchungen auf Ebene der Technologiefelder.

Tabelle 60

Die Position der USA im Vergleich zu Japan und Europa zwischen 1990 und 1994

Technologiebereiche und -felder	Rückstand		Gleichstand	Führung	
	deutlich	leicht		leicht	deutlich
Energie					
Energieeffizienz			△	○	
Speicherung, Aufbereitung, Verteilung und Übertragung			○	○	
Verbesserung der Stromerzeugung			○	○	
Umweltqualität					
Überwachung und Bewertung				▽	▽
Bekämpfung der Umweltverschmutzung			○	○	
Sanierung und Wiederherstellung				▽	
Information und Kommunikation					
Komponenten			△	○	
Nachrichtentechnik				○	▽
Datenverarbeitungssysteme				○	▽
Informationsmanagement				△	△
Intelligente, komplexe, anpassungsfähige Systeme			○	▽	
Sensoren			△	△	
Software und Zubehör				○	△
Biowissenschaften					
Biowissenschaften				○	△
Technologien im Medizinbereich				△	○
Agrar- und Lebensmitteltechnologien				▽	△
Humansysteme				△	△
Verarbeitendes Gewerbe					
Kundenspezifische Fertigung				○	○
Kontinuierliche Werkstoffverarbeitung			○	○	
Mikro- / Nanofertigung und -bearbeitung			△	○	
Werkstoffe					
Werkstoffe				▽	○
Strukturen				○	▽
Verkehr					
Aerodynamik				○	▽
Luftfahrtelektronik und Steuerung				▽	▽
Antrieb und Leistung				▽	○
Systemintegration				○	○
Schnittstelle Mensch-Maschine					△
Entwicklung zwischen 1990 und 1994					
Die USA haben sich gegenüber verbessert nicht verändert verschlechtert					
Europa	△	○		▽	
Japan	△	○		▽	

Quelle: OSTP (1995, S. VII)

5. Fünfte Technologiestudie: „Aufbruch aus der Krise“ – Studie der „Zukunftskommission 2000“

Neben den vier bisher skizzierten Technologiestudien mit internationaler bzw. nationaler Ausdehnung betrifft die Studie der „Zukunftskommission Wirt-

schaft 2000“ mit dem Titel „Aufbruch aus der Krise“ (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993) nur ein Bundesland (Müller-Merbach et al. 1995, S. 19–21). Im Auftrag des Staatsministeriums von Baden-Württemberg wurde sie 1993 von einer Kommission mit 49 Mitgliedern aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft angefertigt.

Die Kommission sollte die Herausforderungen zum Erhalt und Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit der baden-württembergischen Wirtschaft analysieren und Lösungsvorschläge erarbeiten. Im Wesentlichen erarbeitete die Kommission drei Teile heraus:

- Im ersten Teil sind *Strategien* zur Sicherung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der baden-württembergischen Wirtschaft aufgezeigt.
- Der zweite Teil ist der *Aufholstrategie* in sog. neuen Technologien und industriellen Feldern gewidmet. Dabei werden u. a. die Stärken und Schwächen der deutschen Industrie in neuen Technologien aufgezeigt und Empfehlungen für die Politik gegeben.
- Im dritten Teil stehen die allgemeinen zukünftigen *Entwicklungen* auf dem *Arbeitsmarkt* und in der *Beschäftigungspolitik* im Mittelpunkt, denen sich weitere Empfehlungen der Kommission anschließen.

Insgesamt werden – vor allem in den ersten zwei Teilen – acht Technologiebereiche kurz und ohne detaillierte Analyse behandelt (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993, S. 19 bzw. S. 48–49):

- Informationstechnische Industrie mit den Schlüsseltechnologien Computertechnik, Halbleiter-Chips, magnetische und optische Speichertechnik für Daten, optische und optoelektronische Übertragungs- und Vermittlungstechnik sowie Displaytechnik,
- Biotechnik mit Gentechnik,
- neue Werkstoffe,
- neue Energietechnik,
- Luft- und Raumfahrttechnik,
- Umwelttechnik,
- Softwaretechnologie und
- Mikrosystemtechnik.

Die einzelnen Technologiefelder wurden nicht anhand eines systematischen Schemas bewertet, sondern es wurden generelle Aussagen bezüglich ihrer Bedeutung und für Baden-Württemberg gemacht. Ein Beispiel zur Verkehrstechnik (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993, S. 58–59):

„Neue Technologien können die Leistungsfähigkeit bestehender Verkehrswege erhöhen und zeigen damit einen Weg aus dem drohenden ‘Verkehrsinfarkt’ auf. Die neuen Technologien zielen auf die Verbesserung sowohl des öffentlichen als auch des

Individualverkehrs. Mit neuen Verkehrsleitsystemen, Hochgeschwindigkeitszügen und Verbundkonzepten von Schiene, Straße, Luftverkehr und Wassertransport wird die Entwicklung intensiv vorangetrieben.“

6. Klassifikation von Schlüsseltechnologien und Beurteilung der Position Deutschlands in den fünf Technologiestudien

In den fünf vorgestellten Technologiestudien wurden aus unterschiedlicher Perspektive die jeweils für wichtig erachteten Schlüsseltechnologien analysiert. Neben den Technologievorausschau (ISI-Studie in Abschnitt E.I.1.; Delphi-Berichte in Abschnitten E.I.2.–E.I.3.) gab es auch zwei F&T-politisch orientierte Studien, einmal mit dem National Critical Technologies Report (Abschnitt E.I.4.) global für die USA und einmal für Baden-Württemberg mit der BW-Studie 2000 (Abschnitt E.I.5.). Doch welches sind nun die relevanten Schlüsseltechnologien, die in Technologiestudien genannt sind, und wie lassen sie sich klassifizieren? Und wie ist die Position Deutschlands im internationalen Vergleich in diesen Schlüsseltechnologien?

Klassifikation von Schlüsseltechnologien

Hier wird in Anlehnung an Müller-Merbach et al. (1995, S. 21–27) und Becker (1993, S. 268–290) eine Gliederung der Schlüsseltechnologien in fünf Komponententechnologiebereiche und sechs Systemtechnologiebereiche vorgenommen (vgl. auch Abschnitt B.I.3.): Erstere gehen als Komponenten in Produkte und Verfahren, z. B. mikroelektronische Bauelemente, ein, während letztere die Gestaltung ganzer technischer Systeme, z. B. die der Telekommunikation, betreffen. Den ausgewählten Schlüsseltechnologien werden die jeweils entsprechenden Bezeichnungen aus den fünf Technologiestudien zugeordnet (Tab. 61).

Weitgehend sind alle Komponenten- und Systemtechnologiebereiche in den Technologiestudien genannt worden, wenn auch im Einzelfall unterschiedliche Begriffe und teilweise unterschiedliche Inhalte damit verbunden sind. Den elf Technologiebereichen werden hier zudem 100 ausgewählte Technologiefelder zugewiesen (Tab. 62). Die Liste mit der Klassifikation der Schlüsseltechnologien wird im Folgendem für die Beurteilung der Schlüsseltechnologien verwendet, wobei die Technologiefelder jeweils dann näher beleuchtet werden, wenn sie einen Einfluss auf die Beurteilung eines gesamten Technologiebereiches haben.

Tabelle 61

Die fünf Komponententechnologiebereiche und sechs Systemtechnologiebereiche mit der Zuordnung der jeweiligen Technologie aus fünf Technologiestudien

	ISI-Studie	Deutscher Delphi-Bericht (1993)	Deutscher Delphi-Bericht (1998)	National Critical Technologies Report	BW-Studie 2000
Komponententechnologiebereiche					
Neue Werkstoffe	Neue Werkstoffe	Werkstoffe und Verfahrenstechnik	Chemie & Werkstoffe	Werkstoffe	Neue Werkstoffe
Mikro- und Nanoelektronik	Mikroelektronik; Nanoelektronik	Elektronik und Informationstechnik	Information und Kommunikation; Chemie & Werkstoffe	Mikro-/Nanofertigung und -bearbeitung, Komponenten	Halbleitertechnologie, Speichertechnologie
Biotechnologie	Zell-Biotechnologie; Molekularelektronik	Biowissenschaften	Gesundheit & Lebensprozesse; Chemie & Werkstoffe	Biowissenschaften	Biotechnik mit Gentechnik
Photonik	Photonik	–	Chemie & Werkstoffe	Mikro-/Nanofertigung und -bearbeitung	optische und optoelektronische Übertragungs- und Vermittlungstechnologie
Mikrosystemtechnik	Mikrosystemtechnik	–	Chemie & Werkstoffe	Sensoren	Mikrosystemtechnik
Systemtechnologiebereiche					
Energietechnik	Energietechnik	Energie	Energie & Rohstoffe	Energie	Neue Energietechnik
Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)	IKT Software und Simulation	Elektronik und Informationstechnik; Kommunikationstechnik	Information und Kommunikation	Information und Kommunikation	Informationstechnik, Softwaretechnologie
Produktionstechnik	Produktions-Managementtechnik	Produktion	Management & Produktion	Verarbeitendes Gewerbe	–
Weltraumtechnik	–	Raumfahrt	Raumfahrt	Aerodynamik; Luftfahrtelektronik und Steuerung; Antrieb und Leistung	Luft- und Raumfahrttechnik
Umwelttechnik	Umwelttechnik	Ökologie und Umwelttechnik	Umwelt & Natur	Umweltqualität	Umwelttechnik
Verkehrstechnik	Verkehrstechnik	Verkehr	Mobilität & Verkehr	Verkehr	–

Beurteilung der Position Deutschlands in den fünf Technologiestudien

In den fünf vorgestellten Technologiestudien wurde neben der Identifizierung und Beschreibung der jeweils betrachteten Schlüsseltechnologien auch ein Vergleich verschiedener Länder bzw. Regionen vorgenommen. Die Einschätzung der technologischen Position basiert in den fünf ausgewählten Technologiestudien auf den Einschätzungen von Fachleuten (Übersicht in Tab. 63).

Für jeden Technologiebereich folgt eine kurze Beschreibung sowie anschließend die Einschätzung zur Position Deutschlands im internationalen Vergleich.

Tabelle 62

Gliederung der fünf Komponententechnologiebereiche in 60 Technologiefelder und der sechs Systemtechnologiebereiche in 40 Technologiefelder

Komponententechnologiebereiche und -felder		
Neue Werkstoffe • Hochleistungskeramik • Hochleistungspolymere • Hochleistungsmetalle • Glas • Funktionelle Gradientenwerkstoffe • Energetische Werkstoffe • Organische Materialien magnetisch • Organische Materialien elektrisch • Oberflächen- und Dünnschichttechnik • Oberflächenwerkstoffe • Diamantschichten und -filme • Molekulare Oberflächen • Nichtklassische Chemie • Mesoskopische Systeme • Organisierte supramolekulare Systeme • Cluster • Adaptronik • Multifunktionale Werkstoffe • Leichtbauwerkstoffe • Verbundwerkstoffe • Aerogele • Fullerene • Materialsynthese in der Gebrauchsform • Implantatmaterialien • Fertigungsverfahren für neue Werkstoffe	Mikro- und Nanoelektronik • Informationsspeicherung • Signalverarbeitung • Mikroelektronikwerkstoffe • Hochgeschwindigkeitselektronik • Plasmatechnologie • Supraleitung • Hochtemperaturelektronik • Nanoelektronik • Single-Electron-Tunneling • Nanowerkstoffe • Fertigungsverfahren Mikro-/Nanoelektronik Mikrosystemtechnik • Mikroaktuatorik • Signalverarbeitung für Mikrosystemtechnik • Mikrosensorik • Aufbau- und Verbindungstechnik • Fertigungsverfahren der Mikrotechnik	Photonik • Optoelektronik • Photonische Werkstoffe • Lasertechnik • Displaytechnik • Leuchtendes Silizium Biotechnologie • Molekulare Biotechnologie • Biomedizin • Katalyse und Biokatalyse • Biologische Produktionssysteme • Bionik • Biomimetische Werkstoffe • Biologische Wasserstoffgewinnung • Nachwachsende Wirk- und Werkstoffe • Umweltbiotechnologie • Pflanzenzüchtung und -schutz • Bioelektronik • Biosensorik • Neurobiologie • Neuroinformatik
Systemtechnologiebereiche und -felder		
Energietechnik • Kohle und andere fossile Energieträger • Erneuerbare Energien und rationelle Energieverwendung • Nukleare Energieforschung • Beseitigung kerntechnischer Anlagen • Kernfusionforschung Produktionstechnik • Computer Integrated Manufacturing (CIM) • Fertigungssystemtechnik • Lager- und Transportsysteme • Neue Fertigungsverfahren/-techniken • Qualitätssicherung	Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) • Computertechnologie • Telekommunikation • Breitbandkommunikation • Photonische Digitaltechnik • Hochauflösendes Fernsehen (HDTV) • Optische Rechner • Software • Modellbildung und Simulation • Molecular Modeling • Bioinformatik • Werkstoffsimulation • Nichtlineare Dynamik • Simulation in der Fertigungstechnik • Künstliche Intelligenz • Unschärfe Logik • Datensicherheit in Netzen	Weltraumtechnik • Extraterrestrische Grundlagenforschung • Satellitentechnik • Orbitalsystemtechnik • Raumtransportsysteme Umwelttechnik • Wasserschutztechnik • Abfallwirtschaft • Luftreinhaltetechnik • Schadstoffvermeidende Produktionstechnik und Produkte • Sicherheitsforschung und -technik Verkehrstechnik • Luftfahrttechnik • Hyperschalltechnik • Schienenverkehrssysteme • Straßenverkehrssysteme • Wasserverkehrssysteme

Quelle: Müller-Merbach et al. (1995, S. 26–27); in Anlehnung an Grupp (1995a, S. 260–263) und an die Gliederung der Förderbereiche des BMBF (Abschnitt C.III.2.c))

Tabelle 63
Übersicht über die Beurteilung der technologischen Position
in den fünf ausgewählten Technologiestudien

Technologie	ISI-Studie					Deutscher Delphi-Bericht (1993)	Deutscher Delphi-Bericht (1998)	National Critical Technologies Report	BW-Studie 2000
	F&E-Infrastruktur	Humankapital	Engagement der Wirtschaft	Wettbewerbsposition	Öffentliche Förderung				
Komponententechnologiebereiche									
Neue Werkstoffe	gut	gut	hoch	mittel	mittel	USA vor Japan vor D	USA vor Japan vor D	USA leicht vor Europa leicht vor Japan	D stark / schwach
Mikro- und Nanoelektronik	gut	gut	hoch	mittel	mittel	USA vor Japan klar vor D	USA vor Japan klar vor D	USA/Japan leicht vor Europa	D schwach
Biotechnologie ¹⁾	mittel	mittel	mittel	stark	gut	USA klar vor D/Japan	USA klar vor D vor Japan	USA leicht vor Europa/Japan	D schwach
Photonik ²⁾	gut	gut	hoch	stark	gut	USA vor Japan klar vor D	Japan/USA klar vor D	-	-
Mikrosystemtechnik	mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	-	USA klar vor D/Japan	USA/Japan leicht vor Europa	Chancen
Systemtechnologiebereiche									
Energietechnik	-	-	-	-	-	D vor USA vor Japan	D vor USA vor Japan	USA/Europa leicht vor Japan	D stark
Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)	mittel	schlecht	mittel	mittel	gut	USA vor Japan klar vor D	USA vor Japan vor D	USA leicht vor Europa vor Japan	D stark
Produktionstechnik	gut	gut	hoch	mittel	-	Japan vor USA vor D	D vor USA vor Japan	USA/Japan leicht vor Europa	-
Weltraumtechnik	-	-	-	-	-	USA klar vor D vor Japan	USA klar vor D vor Japan	USA leicht vor Europa leicht vor Japan	USA klar vor D vor Japan
Umwelttechnik	-	-	-	-	-	D vor USA vor Japan	D klar vor USA vor Japan	USA/Europa leicht vor Japan	D führend
Verkehrstechnik ³⁾	-	-	-	-	-	D vor USA/Japan	D klar vor USA vor Japan	USA leicht vor Europa klar vor Japan	-

In die Bewertung der Delphi-Berichte gingen die jeweils relevanten Themenfelder ein; bei der ISI-Studie wurden die einzelnen Technologiefelder zusammengefasst. 1) Schlechte Position bei molekularer Biotechnologie (Gentechnik) in der ISI-Studie. 2) Schlechte Position bei Displaytechnik in der ISI-Studie. 3) Nur Luftverkehrssysteme im National Critical Technologies Report betrachtet.

Neue Werkstoffe

Die neuen Werkstoffe haben durch ihre Breite eine große Bedeutung für andere Technologiebereiche, so für die Informations- und Kommunikationstechnologie, die Produktionstechnik und die Umwelttechnik. Die Vielfalt der Forschungsaktivitäten in den 25 Technologiefeldern macht es daher auch schwierig, eine allgemeingültige Aussage bezüglich der technologischen Position Deutschlands zu treffen.

Deutschland ist im großen und ganzen aufgrund der starken Chemischen Industrie im internationalen Vergleich mittel bis gut positioniert, obwohl in den beiden Delphi-Berichten die USA und Japan in den meisten Technologiefeldern vorn liegen. In der ISI-Studie schneidet Deutschland gut ab – mit Schwächen der nationalen Wettbewerbsposition in sechs der 25 Technologiefelder (Grupp

1995a, S. 260, 45–64). In der BW-Studie (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993, S. 49) wird auf einzelne Schwächen der deutschen Chemischen Industrie bei Hochleistungskeramiken oder Kohlenstoffverbundwerkstoffen, welche für den Automobilbau von Bedeutung sind, hingewiesen. Ein deutlicher Vorsprung Japans bei Hochleistungskeramiken wird auch im National Critical Technologies Report (OSTP 1995, S. 70) vermerkt.

Mikro- und Nanoelektronik

Die *Mikro- und Nanoelektronik* gilt als eine der bedeutenden Schlüsseltechnologien, da sie für zahlreiche Anwendungen maßgeblich von Relevanz sind, wie z. B. für die Unterhaltungselektronik oder die Telekommunikation. Sowohl in der Mikroelektronik als auch in der Nanoelektronik wird an der Miniaturisierung elektronischer Bauteile geforscht. Insgesamt elf Technologiefelder umfasst dieser Technologiebereich, in dem Deutschland schwach positioniert ist.

In den beiden Delphi-Berichten liegt Deutschland mit klarem Rückstand hinter den USA und Japan auf dem dritten Platz. In der Mikroelektronik sind große Schwächen bezüglich der Informationsspeicherung identifiziert worden, und das sowohl in der ISI-Studie (Grupp, 1995, S. 261) als auch in den Delphi-Berichten (BMFT 1993b, S. 175–177; ISI 1998b, S. 42–43). Zudem ist Deutschland bei der Hochgeschwindigkeitselektronik oder der Fertigungstechnik für Mikro- und Nanoelektronik schwach, jedoch stark z. B. bei den Mikroelektronik-Werkstoffen und der Supraleitung. Ähnlich wird Europa auch im National Critical Technologies Report im Bereich der Mikro- und Nanofertigung als deutlich rückständig gegenüber den USA und Japan angesehen (OSTP 1995, S. 90). In der BW-Studie (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993, S. 49) heißt es dazu:

„In den beiden Basisindustrien, Halbleiter und Computer, sind der Weltmarkt und selbst der deutsche Heimmarkt jedoch weitgehend in den Händen amerikanischer und japanischer Unternehmen. Dasselbe gilt in diesen Technologien auch für die Forschung und Entwicklung, also für zukünftige Produkte.“

Biotechnologie

Neben der Mikro- und Nanoelektronik gilt die *Biotechnologie* als eine der großen Komponententechnologien für das 21. Jahrhundert. Es geht in der Biotechnologie vor allem um die Erforschung, Veränderung sowie Anwendung lebender Organismen, um so bestimmte Leistungen und Stoffe zu erzeugen (BEO 1994, S. 12). Einen maßgeblichen Beitrag zum Fortschritt in der Biotechnologie liefert die Gentechnik, welche *„die Summe aller Methoden zur Isolierung, Charakterisierung und gezielten Veränderung und Übertragung von Erbgut“*

(Schell und Mohr 1995, S. 1) ist. Die Biotechnologie mit ihren 14 Technologiefeldern – seit der Gentechnik spricht man auch oft von der neuen Biotechnologie – erschließt ein breites Anwendungsfeld von der Medizintechnik bis zur Nahrungsmittelbe- und -verarbeitung (Bertram und Gassen 1990; Vogel 1995a, S. 136). In den Technologiestudien wird Deutschland in der Biotechnologie eine eher wechselhafte technologische Position bescheinigt.

In der ISI-Studie wird Deutschlands nationale Wettbewerbsposition über alle Technologiefelder hinweg zwar als stark beurteilt, aber eindeutige Schwächen zeigen sich in der molekularen Biotechnologie bzw. Gentechnik (Grupp 1995, S. 175, 263). Zudem offenbaren sich in der FuE-Infrastruktur, bei der Ausbildung (Humankapital) sowie beim Engagement der Wirtschaft Defizite gegenüber den führenden Ländern. Im Delphi-Bericht 1993 lagen die USA deutlich vor Deutschland und Japan, welche gemeinsam auf dem zweiten Platz eingeschätzt wurden (BMBF 1993b, S. 228). Im Delphi-Bericht 1998 führen zwar nach wie vor die USA mit großem Vorsprung, aber Deutschland hat sich vor Japan geschoben. Die amerikanischen Fachleute sehen Europa und Japan etwa gleichauf leicht hinter den USA und weisen auf die gute Grundlagenforschung in den beiden Regionen hin (OTSP 1995, S. 70–71). In der BW-Studie fällt das Urteil negativer aus (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993, S. 49):

„Für diese Industrie, die zu Beginn der 90er Jahre zu einer der am schnellsten wachsenden Industrien der Welt geworden ist, fällt Deutschland ... als Produktionsstandort bisher so gut wie gänzlich aus.“

Photonik

Bei der *Photonik* werden auf Basis ladungsfreier Lichtteilchen, sog. Photonen, Daten verarbeitet bzw. übertragen (Grupp 1995, S. 77). Durch die Kombination von Mikroelektronik, Optoelektronik, integrierter Optik und Mikrooptik erschließen sich vor allem vielfältige und neue Anwendungen in der Computerindustrie und in der Telekommunikation, für die ein großes Marktvolumen erwartet wird (BMFT 1994d, S. 9–25). Beispielsweise wird eine Umstellung der Infrastruktur multimedialer Systeme auf optische Systeme für den Zeitraum zwischen 2006 und 2013 erwartet (ISI 1998a, S.23). In der Photonik – oftmals auch mit Optoelektronik gleichgesetzt – und ihren fünf Technologiefeldern ist Deutschlands Position insgesamt eher als mittelmäßig in den Technologiestudien beurteilt worden.

Deutschlands nationale Wettbewerbsposition in der Photonik wird in der ISI-Studie differenziert beurteilt. Es zeigen sich *Stärken* in der Photonik als Ganzer, bei Hochleistungslasersystemen (Optoelektronik) sowie beim leuchtenden Silizium. *Schwächen* offenbaren sich hingegen bei der informationsorientierten Optoelektronik und in großem Maße in der Displaytechnik (Grupp 1995,

S. 175, 261). Sowohl im Delphi-Bericht 1993 (BMFT 1993b, S. 189) als auch insbesondere im Delphi-Bericht 1998 wird im Themenfeld „Information & Kommunikation“ ebenfalls auf die schlechte Position Deutschlands hingewiesen (ISI 1998a, S. 38): „*Die Japaner nehmen nach Ansicht der deutschen Experten eine eindeutige Führerschaft in der Forschung und Entwicklung im Bereich der Displaytechniken ein.*“ Dies deckt sich auch mit einer früheren Einschätzung des BMFT (1994d, S. 26) sowie mit dem Urteil amerikanischer Fachleute bezüglich der Displaytechnik (OSTP 1995, S. 34; 36–37).

Mikrosystemtechnik

Der Technologiebereich der *Mikrosystemtechnik* ist noch recht jung, steht aber an der Schwelle zu großem Wachstum. Mikrosysteme sind häufig ausgestattet mit sog. Selbststeuereinrichtungen, d. h. mit Sensoren, Signalverarbeitung und Aktoren (Vogel 1995b, S. 89). Die Mikrosystemtechnik wird auch als die „*potenzielle 'Keimzelle' der Systemtechnik von morgen*“ (Grupp 1995, S. 91) gesehen und umfasst fünf Technologiefelder, in denen Deutschland eine mittlere Position einnimmt.

In der ISI-Studie (Grupp 1995, S. 91–97) wird Deutschlands nationale Wettbewerbsposition uneinheitlich beurteilt, denn der guten Ausgangssituation in der Aktorik und den Mikrosystemen als solchen stehen Schwächen bei der Aufbau- und Verbindungstechnik sowie bei den Fertigungsverfahren gegenüber. Im Delphi-Bericht 1998 wird in zwei Themenfeldern (ISI 1998b, S. 37–65, 110–135) die Mikrosystemtechnik beurteilt, in denen die USA in Führung liegen vor Deutschland und Japan. Hier gibt es allerdings auch eine Ausnahme: bei den Mikromaschinen für die Medizintechnik liegt Deutschland klar vorn (ISI 1998b, S. 28, 56–58). In der BW-Studie wird lediglich auf die Chancen der Mikrosystemtechnik hingewiesen, während im National Critical Technologies Report (OSTP 1995, S. 24, 90) der amerikanische Vorsprung in der Fertigungstechnik für Mikrosysteme und in der Sensorik erwähnt wird.

Energietechnik

Die Energietechnik ist aufgrund der hohen Energieeinfuhrabhängigkeit Deutschlands von großer Wichtigkeit. Dieser Systemtechnologiebereich wird einerseits durch die Forschung an regenerativen Energieträgern, z. B. Solarenergie, und andererseits durch die Aktivitäten zur rationellen Energieverwendung geprägt (Grupp 1995, S. 145–146). Für Fortschritte in der Energietechnik sind sämtliche Komponententechnologien von Bedeutung. Der Technologiebereich der *Energietechnik* umfasst insgesamt fünf Technologiefelder, in denen Deutschland eine starke Wettbewerbsposition aufweist.

Im ersten Delphi-Bericht 1993 wurde Deutschland bis auf den Bereich der fossilen Brennstoffe auf Platz 1 vor den USA und Japan eingestuft. Deutsche Fachleute kritisierten die Fragenstruktur im ersten Delphi-Bericht (BMFT 1993b, S. 343–344), die zu stark auf die Energieversorgung statt auf eine sparsame Energieverwendung ausgerichtet war. Im Delphi-Bericht 1998 wurde dies dann berücksichtigt, und das Ergebnis ist gleich: Deutschland liegt klar vor den USA und Japan. *„Interessanterweise sehen die japanischen Forscher dies mit genau vertauschten Rollen, d. h. Japan vor Europa“* (ISI 1998a, S. 81). Aus amerikanischer Sicht stellt sich die Situation anders dar, und zwar liegen Europa und die USA gleichauf mit leichtem Vorsprung vor Japan. In der BW-Studie wird eine gute, aber nicht ungefährdete Position Deutschlands gesehen (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993, S. 49):

„Solarenergie, Brennstoffzellen usw. sind erst am Anfang ihrer kommerziellen Entwicklung. Deutschland hat hier eine gute Ausgangsposition. Aber es scheint, dass vor allem die Japaner mit größerer Entschlossenheit industriell vorangehen.“

Informations- und Kommunikationstechnologie

Die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) ist ein Technologiebereich mit starkem und zukünftig stärker werdendem Einfluss auf die Arbeits- und private Welt. Multimedia, Internet, weltweite Kommunikationsnetze und „Virtual Reality“ – all diese Entwicklungen werden einerseits durch fortschrittliche Hardware möglich gemacht, andererseits wird ihre Verbreitung durch anwendungsnahe Software forciert (Müller-Merbach et al. 1995, S. 83). Die IKT umfasst vornehmlich Entwicklung, Einsatz und Anwendung von Hardware- und Softwaretechnologien und ist in 16 Technologiefelder gegliedert. Deutschlands Wettbewerbsposition wird als mittelmäßig bis schwach eingestuft.

In der ISI-Studie (Grupp 1995, S. 261–263) gibt es bei der Beurteilung der nationalen Wettbewerbsposition mehr schwache (sieben) als starke Technologiefelder (vier). Schwächen werden u. a. bei Datensicherheit in Netzen, bei der Fuzzy Logik und vor allem bei der Software ausgemacht, die verstärkt werden durch die Defizite beim Humankapital und dem eher mittelmäßigen Niveau der FuE-Infrastruktur und des Engagements der Wirtschaft. Dies wird in den beiden Delphi-Berichten gleich beurteilt. Bei den Informationssystemen lagen laut Delphi 1993 (BMFT 1993b, S. 189–191) die USA und Japan gleichauf mit deutlichem Vorsprung vor Deutschland, in der Software waren die USA allein vorn vor Japan und Deutschland. In der Kommunikationstechnik führten ebenfalls die USA vor Japan und Deutschland (BMFT 1993, S. 510). Auch im Delphi-Bericht 1998 (ISI 1998a, S. 38) werden die USA weiterhin klar vorn gesehen vor Japan und Deutschland. Gleiches Ergebnis zeigt sich auch im National Critical Technologies Report (OSTP 1995, S. 34), jedoch mit einer besseren

Position Europas als in den anderen Studien und einer etwas schlechteren Position Japans. In der BW-Studie wird Deutschland eher positiv in den betrachteten Technologiefeldern beurteilt (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993, S. 49):

„Die deutsche Industrie hat Weltniveau in wichtigen Bereichen der Telekommunikation (Übertragungs- und Übermittlungssysteme, digitaler Mobilfunk), in der Industrieautomatisierung (wo Deutschland z. B. bei SPS-Steuerungen führt), in der Autoelektronik und in der Medizinelektronik.“

Produktionstechnik

Die *Produktionstechnik* hat nach wie vor eine große Bedeutung für das Verarbeitende Gewerbe (Müller-Merbach et al. 1995, S. 73). Die Fortschritte in der Mikroelektronik sowie bei den neuen Werkstoffen und in der IKT haben große Veränderungen in der Produktion hervorgerufen, z. B. Computer Integrated Manufacturing und flexible Fertigungssysteme, sowie Produktivitätsfortschritte in den vergangenen Jahren ermöglicht. Der Technologiebereich der Produktionstechnik umfasst fünf Technologiefelder (Einteilung nach Becker 1993, S. 280), in denen Deutschland aufgrund der starken ingenieurwissenschaftlichen Ausrichtung in der Ausbildung eine gute Rolle spielt.

Laut ISI-Studie (Grupp 1995, S. 263) ist das Engagement der Wirtschaft in allen Technologiefeldern hoch. Die nationale Wettbewerbsposition ist stark in der Produktionslogistik und in der umwelt- und ressourcenschonenden Produktion, schwach hingegen bei der Fertigungsleittechnik. Lag Deutschland im Delphi-Bericht 1993 noch hinter Japan und den USA an dritter Stelle (BMFT 1993b, S. 448), so hat sich laut Delphi-Bericht 1998 die Position – ohne Betrachtung von Management und Arbeitsorganisation – deutlich verbessert: Deutschland liegt nun vor den USA und Japan an erster Stelle (ISI 1998a, S. 49; ISI 1998b, S. 90–98). Aus amerikanischer Sicht wird dagegen ein leichter Vorsprung der USA und Japans vor Europa ausgemacht (OSTP 1995, S. 90).

Weltraumtechnik

Der Technologiebereich der *Weltraumtechnik* umfasst u. a. den Auf- und Ausbau von Telekommunikationsnetzen sowie die bemannte und unbemannte Raumfahrt (Müller-Merbach et al. 1995, S. 80). Die Weltraumtechnik wird von der Grundlagenforschung geprägt und richtet sich u. a. auf die Medizinforschung, die Materialforschung und die Mess- und Regeltechnik. In den vier Technologiefeldern der Weltraumtechnik wird in den Technologiestudien eine eindeutige Führerschaft der USA ausgemacht, wobei Deutschland vor allem im

europäischen Verbund der European Space Agency (ESA) einen guten zweiten Platz einnimmt.

In beiden Delphi-Berichten führen die USA mit deutlichem Vorsprung vor Deutschland und Japan (BMFT 1993b, S. 537, ISI 1998a, S. 99). Gleiches stellt auch der National Critical Technologies Report heraus, wobei vor allem Russland in der Raumfahrt als Konkurrent gesehen wird (OSTP 1995, S. 124; 131–132, 137–138). In der BW-Studie wird die Situation treffend und mit einer Warnung an Europa zusammengefasst (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993, S. 49):

In der Luft- und Raumfahrttechnik „führen mit weitem Abstand die Amerikaner. Die Deutschen und Europäer liegen vor den Japanern. Es ist aber zweifelhaft geworden, ob wir weiterhin die Mittel aufbringen werden, um diesen Vorsprung zu halten.“

Umwelttechnik

Die *Umwelttechnik* gilt als eine der zukunftssträchigsten Schlüsseltechnologien mit ansteigender Bedeutung (Müller-Merbach et al. 1995, S. 148). Durch das zunehmende Umweltbewusstsein in der Bevölkerung wird die Nachfrage nach umweltverträglichen Produkten und Dienstleistungen in Zukunft voraussichtlich weiter zunehmen. Die Forschung in diesem Technologiebereich richtet sich einerseits auf Verfahren zur Vermeidung und Verhinderung von Umweltbelastungen, andererseits auf die Beseitigung von entstehenden Abfällen. Insgesamt enthält dieser Technologiebereich fünf Technologiefelder, in denen Deutschland eine gute nationale Wettbewerbsposition vorweisen kann.

Im Delphi-Bericht 1993 wird von den Fachleuten eine Führungsposition Deutschlands in der Umwelttechnik vor den USA und deutlich vor Japan konstatiert (BMFT 1993b, S. 386). Die gleiche Einschätzung findet sich auch im Delphi-Bericht 1998 (ISI 1998a, S. 75). Nur bei einigen wenigen Technologiegebieten werden die USA bzw. Japan vorn gesehen. Nach dem National Critical Technologies Report liegen die USA mit Europa leicht vor Japan (OSTP 1995, S. 24). In der BW-Studie heißt es dazu: In der Umwelttechnik „ist Deutschland und gerade Baden-Württemberg in vielen Bereichen führend in der Welt“ (Staatsministerium Baden-Württemberg 1993, S. 49).

Verkehrstechnik

Die existierende Verkehrsinfrastruktur kann nicht mehr beliebig erweitert werden, um das steigende Verkehrsaufkommen zu kompensieren. Im Technologiebereich *Verkehrstechnik* wird daher gezielt sowohl an der Verbesserung der bestehenden Verkehrsinfrastruktur geforscht als auch an der Schaffung neuer Verkehrssysteme gearbeitet (Müller-Merbach et al. 1995, S. 89). Dabei spielen

insbesondere die durch IKT geprägten Verkehrsleitsysteme sowie die Entwicklung von Verbundkonzepten eine wichtige Rolle. Ferner wird die Entwicklung und Optimierung von Hochgeschwindigkeitszügen der Rad-Schiene-Technik oder der Magnetschwebetechnik intensiv vorangetrieben. Zur Verkehrstechnik werden vier Technologiefelder gezählt, in denen Deutschland eine gute Wettbewerbsposition bescheinigt wird.

Im Delphi-Bericht 1993 wurde Deutschland vor den USA und Japan auf den ersten Platz eingestuft, auch wenn die USA bei den Luftverkehrssystemen als deutlich führend eingeschätzt wurden (BMFT 1993b, S. 562–563). Auch im Delphi-Bericht 1998 wird Deutschland mit großem Vorsprung vor den USA und Japan als führende Nation gesehen (ISI 1998a, S. 92–93). Im National Critical Technologies Report wurden nur die Luftverkehrssysteme betrachtet, bei denen die USA leicht vor Europa und deutlich vor Japan liegen (OSTP 1995, S. 124).

Fazit

In den Technologiestudien ist Deutschlands Position bei Forschung und Entwicklung insgesamt gut beurteilt worden. Sowohl in den Komponententechnologien als auch in den Systemtechnologien kann Deutschland im internationalen Geschäft mithalten. Bei einigen Technologiebereichen wie z. B. der Raumfahrt oder auch in Technologiefeldern der Verkehrstechnik wird die Notwendigkeit zur europäischen Kooperation deutlich. Im Einzelnen sind im internationalen Vergleich unter den elf Technologiebereichen

- vier Technologiebereiche mit einer *führenden Position* Deutschlands: Energietechnik, Produktionstechnik, Umwelttechnik, Verkehrstechnik;
- vier Technologiebereiche mit einer *durchschnittlichen Position* Deutschlands: neue Werkstoffe, Mikrosystemtechnik, Photonik, Biotechnologie,
- drei Technologiebereiche mit einer *rückständigen Position* Deutschlands: Mikro- und Nanoelektronik, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Weltraumtechnik.

II. Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand inputorientierter Indikatoren

Inputorientierte Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit setzen am Anfang des Innovationsprozesses an. Aus der Vielzahl an Indikatoren werden hier zwei häufig verwendete Indikatoren betrachtet: die FuE-Ausgaben sowie die Anzahl der FuE-Beschäftigten. Beide Indikatoren beziehen sich auf Produktionsfaktoren: der Indikator der FuE-Ausgaben auf den

Produktionsfaktor Kapital und der Indikator der Anzahl der FuE-Beschäftigten auf den Produktionsfaktor Arbeit. Im Folgenden wird die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in drei Punkten aus inputorientierter Sicht analysiert:

- Die inputorientierten Indikatoren der FuE-Ausgaben und der FuE-Beschäftigten sind aufgrund ihrer einfachen statistischen Erfäßbarkeit gut für Analysen verwendbar. Bezüglich ihrer *Aussagekraft* sollten einige Punkte berücksichtigt werden, z. B. die schwer durchführbare Ableitung zukünftiger ökonomischer Erfolge auf Basis inputorientierter Indikatoren (Abschnitt E.II.1.).
- Anhand der *FuE-Ausgaben* (Abschnitt E.II.2.) und der *FuE-Beschäftigten* (Abschnitt E.II.3.) zeigt sich eine schwächer werdende technologische Wettbewerbsposition Deutschlands in den 1990er Jahren. Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern liegen u. a. bei der FuE-Finanzierung, der FuE-Durchführung sowie in der Höhe der FuE-Ausgaben für militärische Zwecke und für zivile Zwecke.
- Abschließend werden die Ergebnisse *zusammengefasst* und *beurteilt* (Abschnitt E.II.4.).

1. Generelle Aussagekraft inputorientierter Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit

Inputorientierte Indikatoren geben Auskunft über das Potenzial einer Nation zur Erzeugung neuen technischen Wissens und damit auch zur Sicherung und Steigerung ihrer technologischen Wettbewerbsfähigkeit. Zwei der gängigen inputorientierten Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit sind die FuE-Ausgaben sowie die Anzahl der in Forschung und Entwicklung beschäftigten Wissenschaftler und Ingenieure, d. h. der FuE-Beschäftigten. Beide Indikatoren sind in amtlichen Statistiken enthalten und geben eine gute Auskunft über die Bedeutung, die ein Land der Forschung und Entwicklung beimisst. Verschiedene methodische und statistische Gründe beeinträchtigen jedoch laut Schmietow (1988, S. 127) die generell gute Aussagekraft der beiden Indikatoren.

Aussagekraft des Indikators „FuE-Ausgaben“

Der Indikator „FuE-Ausgaben“ ist einer der am häufigsten verwendeten inputorientierten Indikatoren. Die Höhe der FuE-Ausgaben der einzelnen Wirtschaftseinheiten wird in vielen Ländern seit langem erfasst und in amtlichen Statistiken ausgewiesen, auf einheitlicher Basis insbesondere in den OECD-Mitgliedsstaaten.

Sechs unterschiedliche Aspekte bezüglich der Aussagekraft des Indikators „FuE-Ausgaben“ sind bei der Beurteilung der technologischen Wettbewerbsposition zu berücksichtigen, die nachfolgend näher erläutert werden (Zusammenfassungen bei Schmietow 1988, S. 137–141; Bellendorf 1994, S. 135–141):

- statische Skalenerträge,
- dynamische Skalenerträge,
- unterschiedliche Höhe der erfassten und der tatsächlichen FuE-Aktivitäten,
- Unterscheidung von Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Entwicklung,
- Unterscheidung von ziviler und militärischer FuE sowie
- wachsende Bedeutung von internationalen FuE-Kooperationen.

Große Unternehmen können gemäß Bellendorf (1994, S. 136) bei ihren FuE-Aktivitäten steigende *statische Skalenerträge*, d. h. „*economies of scale*“, realisieren. Sie können einerseits Großlaboratorien einrichten, andererseits auch spezielle technische Einrichtungen mit großem Investitionsbedarf einsetzen, um – so Scherer und Ross (1990, S. 652) – mit Spezialisten unterschiedlicher Fachrichtungen ein Problem zu bearbeiten. Daher komme es bei großen Unternehmen auch im FuE-Bereich zu „*economies of scale*“, die kleine Unternehmen nicht realisieren können. Eine Beurteilung des Verhältnisses der FuE-Ausgaben zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) impliziert beispielsweise meistens die Annahme, dass eine Steigerung der technologischen Wettbewerbsposition eines Landes auf seinen wachsenden FuE-Ausgaben beruht. Hat nun aber ein Land aufgrund seiner Industriestruktur eine absolut größere Anzahl an Großunternehmen als ein anderes Land, so wird nach Bellendorf (1994, S. 136) bei einem statischen Vergleich der FuE-Ausgaben die technologische Wettbewerbsposition des Landes mit den größeren Unternehmen relativ zu dem Land mit der geringeren Anzahl an Großunternehmen unterschätzt.

Die FuE-Ausgaben als Indikator zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsposition eignen sich insbesondere für eine dynamische Analyse. So führen z. B. kontinuierliche FuE-Aktivitäten, d. h. „*Learning by doing*“, zum Aufbau eines Humankapitalstocks (Brooks 1985, S. 343–344). Aufgrund *dynamischer Skalenerträge* bzw. Lerneffekte reicht ein rein statischer Vergleich der FuE-Ausgaben nicht aus, denn der kumulative Vorteil langjähriger FuE-Aktivitäten würde in diesem Fall nicht erfasst werden.

Weiterhin können sich die *erfassten und die tatsächlichen FuE-Aktivitäten in ihrer Höhe* unterscheiden. Die statistische Erfassung der tatsächlichen FuE-Ausgaben wird gemäß Bellendorf (1994, S. 137) zum einen durch die Größe der Unternehmen, zum anderen durch die Innovationspraxis in den Unternehmen erschwert. So weisen z. B. kleine Unternehmen ihre eigenen FuE-Ausgaben häufig nicht gesondert aus, sondern geben die Höhe ihrer FuE-Ausgaben

Ausgaben bei Befragungen an, wie z. B. bei der von der SV Wissenschaftsstatistik (1996) in Deutschland. Neben der dadurch zum Teil bedingten Unterschätzung der FuE-Aktivitäten kleinerer Unternehmen werden die Statistiken auch durch die marktgetriebenen Innovationen beeinflusst. So können Produktinnovationen, die von den Kunden an ein Unternehmen herangetragen werden, auch ohne Einschaltung der eigenen FuE-Abteilung in der Produktions- und Absatzabteilung eines Unternehmens realisiert werden.

Die FuE-Ausgaben lassen sich nach der *Forschungsart* analysieren, d. h. nach den Ausgaben für Grundlagenforschung, für angewandte Forschung und für Entwicklung (Abgrenzung in Abschnitt B.I.). Für eine eher kurzfristig orientierte Interpretation der technologischen Wettbewerbsfähigkeit eignen sich nach Schmietow (1988, S. 34) eher die Ausgaben für angewandte Forschung und Entwicklung, da sie näher am Markt orientiert sind als die Ausgaben für Grundlagenforschung. Die Ausgaben für Grundlagenforschung sind hingegen für eine Beurteilung langfristiger Entwicklungen von größerer Bedeutung.

In einigen Ländern wie z. B. in Großbritannien und in den USA haben die *militärische* Forschung und deren staatliche Förderung im Vergleich zur zivilen Forschung eine große Bedeutung. Militärische FuE-Aktivitäten haben nach Hughes (1990, S. 62) u. a. zwei Auswirkungen: Einerseits führen sie zu einem verstärkten Wettbewerb um knappes FuE-Personal und zu steigenden Kosten im zivilen FuE-Bereich, andererseits verdrängen sie auch zivile FuE-Aktivitäten. Da militärische FuE-Aktivitäten meist mit hohen Personalkosten verbunden sind, kann ein Land bei einer reinen Betrachtung der Höhe der FuE-Ausgaben aufgrund der darin enthaltenen hohen Personalkosten überschätzt werden, so Bellendorf (1994, S. 139). Bei der Beurteilung militärischer FuE-Aktivitäten ist zum einen die Erfassung von Spin-off-Effekten schwierig, zum anderen sind positive externe Effekte von militärischer FuE im Vergleich zu externen Effekten ziviler FuE von geringerer Bedeutung.

Im Rahmen der internationalen Arbeitsteilung haben *internationale FuE-Kooperationen* in der Vergangenheit stark zugenommen und gewinnen weiterhin an Bedeutung, so u. a. in Europa aufgrund der Fördermaßnahmen der EU (vgl. Abschnitt D.III.). FuE-Kooperationen sorgen gemäß Hughes (1990, S. 64) zum einen für eine Reduzierung von Parallelforschung und führen zum anderen zu einer verstärkten Diffusion neuen technischen Wissens, d. h. Erhöhung von „*Spill-over*“-Effekten. Durch die weltumspannenden FuE-Aktivitäten innerhalb eines multinationalen Unternehmens wird das technische Wissen nicht nur im Inland angewendet, sondern diffundiert über die Tochtergesellschaften relativ schnell ins Ausland. Unter der Annahme einer vollständigen Mobilität technischen Wissens spiegeln FuE-Ausgaben laut Bellendorf (1994, S. 141) kaum die wirkliche technologische Wettbewerbsposition eines Landes wider, denn jeder könnte unabhängig von der Wissensquelle auf das weltweit vorhandene technische Wissen zugreifen. Klodt (1987, S. 59) weist in diesem Zusammenhang auf

die Immobilität technischen Wissens hin, denn bei der Entstehung von neuem technischen Wissen sind qualifizierte Arbeitskräfte beschäftigt, die nicht vollständig mobil sind. Ferner können auch die Kosten der Wissensübertragung zu hoch sein, wodurch eine Standortverlagerung der Produktion aufgrund erhöhter Transaktionskosten nicht stattfinden kann.

Die FuE-Ausgaben, sowohl als absolute Werte als auch in Relation zu verschiedenen Bezugsgrößen, eignen sich generell trotz der aufgeführten Einschränkungen als inputorientierter Indikator zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit. Insbesondere die umfassende Datenbasis mit einheitlicher Erhebungsmethode der OECD- und auch der UN-Staaten machen internationale Vergleiche leicht durchführbar. Die angeführten Einschränkungen sollen einer Überbewertung der empirischen Ergebnisse vorbeugen.

Aussagekraft des Indikators „FuE-Beschäftigte“

Als zweiten bedeutenden inputorientierten Indikator gibt es neben den FuE-Ausgaben den Indikator der FuE-Beschäftigten. Der Indikator der FuE-Beschäftigten gibt Auskunft über die Anzahl der Beschäftigten für die Generierung neuen technischen Wissens und die generelle Bedeutung von Innovationsaktivitäten eines Landes bzw. eines Wirtschaftszweiges. Ähnlich wie die FuE-Ausgaben wird auch die Anzahl der FuE-Beschäftigten regelmäßig in den OECD-Ländern erhoben. Bezüglich der Aussagekraft des Indikators der FuE-Beschäftigten sind methodische und statistische Einschränkungen bezüglich der Erfassung zu berücksichtigen.

Bei der *Anzahl der FuE-Beschäftigten* schränken – so Majer (1973, S. 41) – uneinheitliche Standards der FuE-Statistiken die Aussagekraft ein. So weist zwar die OECD in ihren amtlichen Statistiken die FuE-Beschäftigten nach Vollzeitäquivalenten aus, aber dennoch bleibt die unterschiedliche Erfassung für Lörcher (1983, S. 86) in den einzelnen Mitgliedsstaaten ein Unwägbarkeitsfaktor. In Japan werden beispielsweise die in FuE beschäftigten Personen nach Köpfen und nicht wie bei den anderen OECD-Ländern als Vollzeitäquivalente gemeldet. Die OECD gibt daher beispielsweise in ihren Statistiken oftmals reduzierte Schätzungen für die japanischen Werte an.

Ferner erfassen einzelne Länder nicht die *Unterschiede bezüglich des Bildungs- und Ausbildungsniveaus*. So unterscheidet sich die Ingenieurausbildung in den führenden Industrieländern, z. B. zwischen Großbritannien und Deutschland, so deutlich, dass sich der wahre Wissensstand anhand der Anzahl der FuE-Beschäftigten in den Statistiken kaum widerspiegelt.

Fazit

Die beiden inputorientierten Indikatoren der FuE-Ausgaben und der FuE-Beschäftigten sind für die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit eines Landes gut geeignet. Beide Indikatoren geben einen guten Eindruck über die unterschiedlichen Strategien und Schwerpunkte bei Forschung und Entwicklung. Zudem kann man neben den Größenverhältnissen auch die Bedeutung von FuE aufgrund der Quantifizierung prägnant beurteilen. Beide Indikatoren zeichnen sich durch eine gute und langjährige Verfügbarkeit und eine allgemein hohe Akzeptanz aus. Sie gewinnen insbesondere durch die Relativierungen auf einzelne Bezugsgrößen an Aussagekraft. Da beide Indikatoren jedoch nur auf den Input ausgerichtet sind, sind zum einen andere, d. h. output- und marktorientierte Indikatoren zu integrieren. Zum anderen sind auch die angeführten Einschränkungen bei der jeweiligen Beurteilung ins Kalkül zu ziehen.

2. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indikators „FuE-Ausgaben“

Die FuE-Ausgaben sind ein Indikator für die Bedeutung, die der Forschung und Entwicklung in einem Land beigemessen wird. Dabei ist zum einen die absolute Höhe der FuE-Ausgaben interessant, da sie vor allem die absoluten Größenverhältnisse der gesamten FuE-Ausgaben angibt; und dabei haben im Allgemeinen größere Länder höhere Werte als kleinere Länder. Zum anderen ist auch die Relation der FuE-Ausgaben zur Bevölkerung bzw. zum Bruttoinlandsprodukt aussagekräftig, denn hier sind die Unterschiede in der Bevölkerungszahl eliminiert. Neben der Größe unterscheiden sich Länder auch in ihrer Schwerpunktsetzung. Aus den vielfältigen Analysemöglichkeiten der FuE-Ausgaben werden im Folgenden vier Aspekte ausgewählt:

- FuE-Ausgaben, sowohl *absolut* als auch *pro Kopf* und im *Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt* (BIP),
- FuE-Ausgaben nach FuE-Finanzierung und nach FuE-Durchführung,
- FuE-Ausgaben nach *Art der Forschungstätigkeit*, d. h. nach Grundlagenforschung, angewandter Forschung und Entwicklung, sowie
- FuE-Ausgaben für militärische bzw. zivile Forschung und Entwicklung.

Absolute FuE-Ausgaben

Die FuE-Ausgaben geben die Anstrengungen eines Landes an, technologische Kompetenz aufzubauen und die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Bei den hier zunächst betrachteten absoluten FuE-Ausgaben weisen größere Länder in der Regel höhere absolute FuE-Ausgaben als kleinere Länder

auf. Die absoluten Zahlen geben insbesondere die Dimension von Forschung und Entwicklung der betrachteten Länder wieder. Zur Relativierung werden anschließend die FuE-Ausgaben zum einen auf die Bevölkerungszahl (Abb. 48) und zum anderen auf das Bruttoinlandsprodukt (Abb. 49) bezogen, um die Größeneffekte auszugleichen (Tab. 64).

Tabelle 64

**FuE-Ausgaben, FuE-Ausgaben pro Kopf in US-\$-Kaufkraftparitäten
sowie das Verhältnis von FuE-Ausgaben zum BIP in Prozent**

Jahr	Deutschland *)			Frankreich			Großbritannien			Japan			USA		
	FuE-Ausgaben (Mio. US-\$)	FuE-Ausgaben pro Kopf (US-\$)	FuE-Ausgaben zu BIP (%)	FuE-Ausgaben (Mio. US-\$)	FuE-Ausgaben pro Kopf (US-\$)	FuE-Ausgaben zu BIP (%)	FuE-Ausgaben (Mio. US-\$)	FuE-Ausgaben pro Kopf (US-\$)	FuE-Ausgaben zu BIP (%)	FuE-Ausgaben (Mio. US-\$)	FuE-Ausgaben pro Kopf (US-\$)	FuE-Ausgaben zu BIP (%)	FuE-Ausgaben (Mio. US-\$)	FuE-Ausgaben pro Kopf (US-\$)	FuE-Ausgaben zu BIP (%)
1975	8.245	133,4	2,24	5.539	105,1	1,79	6.380	113,5	2,17	10.639	95,4	2,01	36.726	170,0	2,32
1981	15.985	259,2	2,43	11.114	205,1	1,97	11.613	206,0	2,37	24.652	209,5	2,32	73.693	320,2	2,43
1985	22.998	376,9	2,72	16.337	296,1	2,25	15.158	267,7	2,31	41.029	339,8	2,77	116.026	484,9	2,93
1986	24.126	395,1	2,73	16.943	305,9	2,23	16.325	287,6	2,34	42.588	350,5	2,75	121.592	503,2	2,91
1987	26.561	434,9	2,88	18.149	326,2	2,27	16.905	296,9	2,25	46.926	384,4	2,82	127.626	523,2	2,87
1988	28.311	460,7	2,86	19.540	349,7	2,28	18.060	316,5	2,23	52.185	425,6	2,86	136.312	553,4	2,83
1989	30.510	491,6	2,88	21.544	383,6	2,34	19.525	341,1	2,27	59.131	480,3	2,98	144.821	582,2	2,82
1990	31.956	505,2	2,75	23.762	418,8	2,41	20.319	353,9	2,23	66.965	542,1	3,04	154.467	618,1	2,81
1991	35.428	442,9	2,61	24.932	437,0	2,41	19.444	336,4	2,16	71.103	573,8	3,00	160.652	635,9	2,84
1992	37.448	464,6	2,48	26.738	466,0	2,42	21.357	368,2	2,18	74.494	599,2	2,95	164.904	645,7	2,78
1993	36.484	449,4	2,43	26.431	458,3	2,45	21.698	372,9	2,20	74.382	596,6	2,88	165.480	641,1	2,64
1994	37.313	458,3	2,33	26.502	457,7	2,38	21.753	372,5	2,11	75.112	601,1	2,84	168.478	646,3	2,51
1995	38.412	470,4	2,30	27.044	465,1	2,33	21.375	364,7	2,05	81.515	649,2	2,98	179.126	680,7	2,55

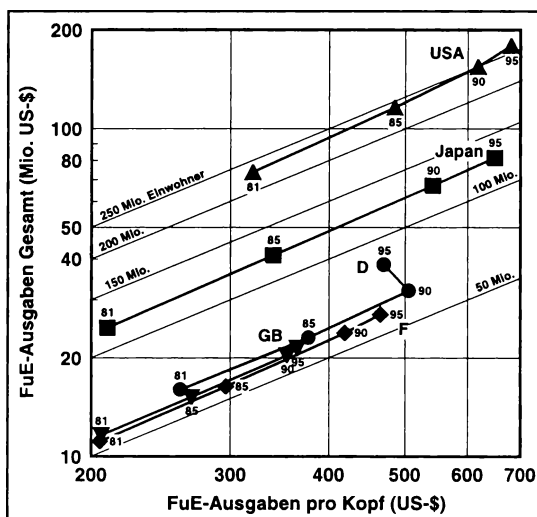
*) Ab 1991 Werte für Gesamtdeutschland, vorher nur Bundesrepublik Deutschland

Quelle: OECD (1997, S. 14–16), Werte für 1985 bis 1989 aus OECD (1992c, S. 16–18), Werte für 1975 und 1981 aus BMBF (1996a, S. 580–581), Werte für 1994 und 1995 aus OECD (1998b, S. 14–16); eigene Berechnungen. Basis für Abb. 48 und 49

Bei den absoluten FuE-Ausgaben lagen 1995 die USA mit 179,1 Mrd. US-\$ deutlich an der Spitze vor Japan mit 81,5 Mrd. US-\$ und Deutschland mit 38,4 Mrd. US-\$. Die FuE-Ausgaben der USA waren demnach 4,7mal so hoch und diejenigen Japans mehr als doppelt so hoch wie die FuE-Ausgaben Deutschlands. Frankreich mit 27,0 Mrd. US-\$ und Großbritannien mit 21,4 Mrd. US-\$ lagen mit deutlichem Abstand auf den Plätzen vier und fünf.

FuE-Ausgaben pro Kopf

Neben den absoluten FuE-Ausgaben lassen sich die FuE-Ausgaben auch auf verschiedene Größen wie die Bevölkerungszahl und das BIP beziehen (Abb. 48). Hierdurch sollen verschiedene Länder trotz unterschiedlicher Bevöl-



Angaben in US-\$-Kaufkraftparitäten
Zahlenquelle: Tabelle 64

Abbildung 48: FuE-Ausgaben in Mio. US-\$ zu FuE-Ausgaben pro Kopf der fünf größten OECD-Länder für die Jahre 1981, 1985, 1990 und 1995

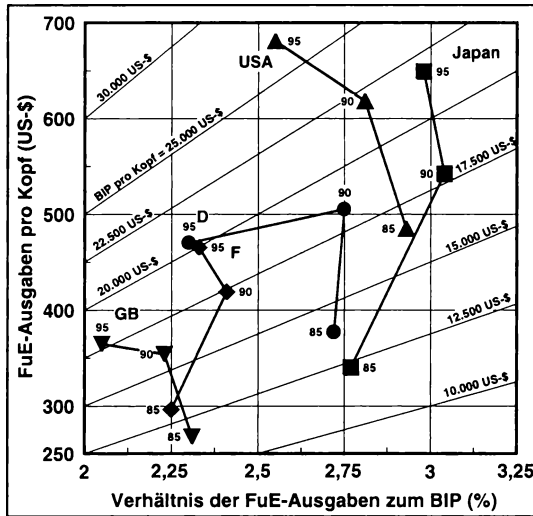
kerungszahlen besser vergleichbar gemacht werden. Wie bei den absoluten FuE-Ausgaben, so liegen die USA und Japan auch bei den FuE-Ausgaben pro Kopf vorn.

Die FuE-Ausgaben pro Kopf der USA waren 1995 mit 680,7 US-\$ mehr als 1,4mal so hoch wie die deutschen FuE-Ausgaben pro Kopf mit 470,4 US-\$. Vor Deutschland lag auch Japan, welches seit 1990 höhere FuE-Ausgaben pro Kopf als Deutschland verzeichnet und 1995 einen Wert von 649,2 US-\$ aufwies. Frankreich hat nach der Wiedervereinigung zu Deutschland aufgeschlossen und fast ähnlich hohe FuE-Ausgaben pro Kopf wie Deutschland, in 1995 zuletzt 465,1 US-\$. Großbritannien war 1995 mit 364,7 US-\$ klares Schlusslicht der Fünfergruppe.

Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP

Neben der Bezugsgröße der Bevölkerungszahl werden die FuE-Ausgaben häufig auch auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP) bezogen. Beim Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP liegt Japan unter den betrachteten fünf Ländern seit 1988 an erster Stelle (Daten der 1980er Jahre aus OECD 1992c), gefolgt von den USA (Abb. 49). Mit einem Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP von 2,98 % lag Japan 1995 deutlich vor den USA mit 2,55 %, Frankreich mit 2,33 %, Deutschland mit 2,30 % und Großbritannien mit 2,05 %. Deutschland

hatte von 1975 bis 1988 unter diesen Ländern die höchsten Werte, fiel aber in den 1990er Jahren deutlich zurück. Japan hatte im Zuge seiner Aufholstrategie seine Wettbewerbsposition in den 1980er Jahren deutlich verbessert, während die USA stetig hohe Werte erzielten, ohne aber auf dem ersten Platz zu liegen.



Zahlenquelle: Tabelle 64

Abbildung 49: FuE-Ausgaben pro Kopf in US-\$ und Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP in Prozent für die Jahre 1985, 1990 und 1995

FuE-Finanzierung

Neben den absoluten FuE-Ausgaben, den FuE-Ausgaben pro Kopf und den FuE-Ausgaben im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) lassen sich die Länder auch hinsichtlich ihrer sektoralen Herkunft und Verwendung der FuE-Ausgaben beurteilen. Hierbei geht es zum einen um die FuE-Finanzierung und zum anderen um die FuE-Durchführung, jeweils differenziert nach verschiedenen Sektoren.

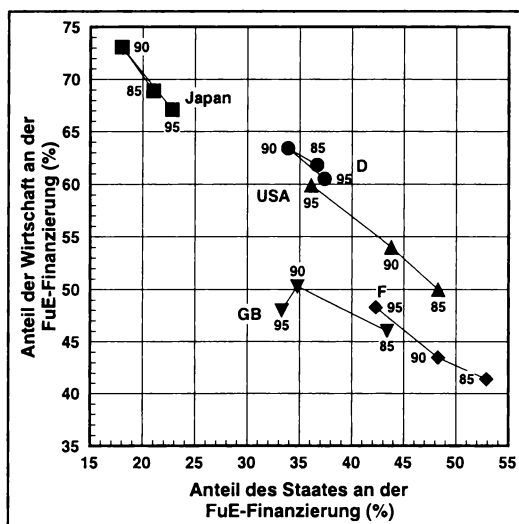
Für die *FuE-Finanzierung* werden in den meisten Statistiken die Sektoren der Wirtschaft, des Staates, des sonstigen Inlands, d. h. z. B. Stiftungen, sowie des Auslandes verwendet (Tab. 65; Abb. 50). Unter den fünf Vergleichsländern ist der Anteil der Wirtschaft an der FuE-Finanzierung in Japan am höchsten. Der Anteil des Staates stieg in den letzten zehn Jahren lediglich in Deutschland und in Japan.

Mit 67,1 % war der Anteil der japanischen Wirtschaft an den gesamten japanischen FuE-Ausgaben 1995 im Vergleich der fünf Länder am höchsten, gefolgt von Deutschland mit einem Anteil von 60,5 %, den USA mit 59,9 % sowie

Tabelle 65
FuE-Finanzierung nach Sektoren in Prozent

Land	FuE-finanzierender Sektor	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Deutschland	Wirtschaft	61,8	63,1	63,6	63,7	63,3	63,4	61,7	61,6	61,4	60,7	60,5
	Staat	36,7	35,3	34,7	34,2	34,1	33,9	35,8	36,0	36,7	37,2	37,4
	sonstiges Inland	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4
	Ausland	1,2	1,2	1,3	1,7	2,1	2,1	1,9	2,0	1,6	1,7	1,7
Frankreich	Wirtschaft	41,4	41,2	41,8	43,3	43,9	43,5	42,5	46,6	47,0	48,7	48,3
	Staat	52,9	52,5	51,7	49,9	48,1	48,3	48,8	43,5	43,5	41,6	42,3
	sonstiges Inland	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	1,3	1,3	1,4	1,3
	Ausland	4,8	5,6	5,9	6,2	7,4	7,5	8,0	8,7	8,1	8,3	8,0
Großbritannien	Wirtschaft	46,0	47,0	49,3	51,3	50,0	50,3	50,4	51,4	51,3	50,3	48,0
	Staat	43,4	41,5	39,1	36,6	36,9	34,8	34,2	33,5	32,7	32,3	33,3
	sonstiges Inland	2,7	2,6	2,8	3,1	3,2	3,2	3,6	3,9	4,3	4,7	4,3
	Ausland	7,8	8,9	8,9	9,1	9,8	11,7	11,7	11,2	11,7	12,7	14,3
Japan	Wirtschaft	68,9	68,7	68,5	70,5	72,3	73,1	72,7	71,1	68,2	68,2	67,1
	Staat	21,0	21,3	21,5	19,9	18,6	18,0	18,2	19,4	21,6	21,5	22,8
	sonstiges Inland	10,0	10,0	10,0	9,5	9,0	8,8	9,1	9,5	10,1	10,3	9,9
	Ausland	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
USA	Wirtschaft	50,0	50,2	49,1	49,1	49,6	54,0	57,6	58,5	58,4	59,0	59,9
	Staat	48,3	48,1	49	48,9	48,3	43,8	38,7	37,7	37,7	36,9	36,1
	sonstiges Inland	1,7	1,7	1,9	2,0	2,1	2,2	3,7	3,8	3,9	4,1	4,0
	Ausland	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Quelle: OECD (1992c, S. 22–23), OECD (1997, S. 20–21), für 1995 OECD (1998b, S. 20–21). Basis für Abb. 50



Zahlenquelle: Tabelle 65

Abbildung 50: Verhältnis des Anteils der Wirtschaft an der FuE-Finanzierung zum Anteil des Staates an der FuE-Finanzierung in Prozent für die Jahre 1985, 1990 und 1995

Großbritannien mit 48,0 % und Frankreich mit 48,3 % (Zahlenangaben aus OECD 1998b, S. 20–21). Während sich der Anteil der Wirtschaft an den gesamten FuE-Ausgaben in den 1990er Jahren in den USA, Frankreich und Groß-

britannien deutlich erhöhte, nahm hingegen in Deutschland und Japan der Anteil der staatlichen FuE-Ausgaben leicht zu.

Der Anteil der staatlichen FuE-Ausgaben an den gesamten FuE-Ausgaben hat sich aufgrund der gestiegenen FuE-Ausgaben der Wirtschaft in den meisten Ländern verringert. Bei der FuE-Finanzierung sind zwei Punkte hervorzuheben: Erstens lag der Anteil der FuE-Ausgaben von gemeinnützigen Einrichtungen an den gesamten FuE-Ausgaben 1995 in Japan mit 9,9 % weit über dem Durchschnitt der anderen Länder; es handelt sich dabei um Hochschulen als FuE-Finanzierer. Zweitens lag in demselben Jahr die FuE-Finanzierung des Auslandes in Frankreich mit 8,0 % und in Großbritannien mit 14,3 % weit über dem Niveau der anderen Länder. Ursachen sind in den zwei Ländern u. a. die Förderung der Raumfahrtforschung durch die Europäische Union sowie die FuE-Förderung durch ausländische Unternehmen, insbesondere in Großbritannien.

FuE-Durchführung

Neben der FuE-Finanzierung steht die *FuE-Durchführung*, bei der im Allgemeinen zwischen den Sektoren der Wirtschaft, der Hochschulen, der staatlichen Forschungseinrichtungen und der privaten, gemeinnützigen FuE-Einrichtungen unterschieden wird (Tab. 66; Abb. 51). Neben der Verteilung der FuE-Ausgaben nach Sektoren wird hier zudem analysiert, wie viel Prozent der Ausgaben der Wirtschaft für die FuE-Durchführung von der Wirtschaft selbst, vom Staat und vom Ausland finanziert wird.

Hinsichtlich der FuE-Durchführung gab es bezüglich der Verteilung pro Sektor in Deutschland nur einige wenige Veränderungen. So ging der Anteil der Wirtschaft an den gesamten FuE-Ausgaben von 73,1 % in 1985 auf 65,7% in 1995 zurück. In den übrigen Ländern blieb der Anteil der Wirtschaft nahezu konstant bzw. erhöhte sich leicht wie in Frankreich und Großbritannien. Während in Deutschland die FuE-Durchführung in staatlichen Forschungseinrichtungen zugenommen hat, ging der Anteil in vier Ländern – mit Ausnahme von Japan – deutlich zurück. Ein einheitlicher Trend zeigt sich in allen Ländern bei der Verstärkung der FuE-Aktivitäten im Bereich der Hochschulen in den letzten zehn Jahren.

Anhand der Struktur, wieviel Prozent der Ausgaben der Wirtschaft für die FuE-Durchführung von der Wirtschaft selbst, vom Staat und vom Ausland finanziert wird, lassen sich u. a. die Verflechtung von Staat und Wirtschaft sowie die Abhängigkeit der FuE-betreibenden Unternehmen vom Staat ableiten (Tab. 67).

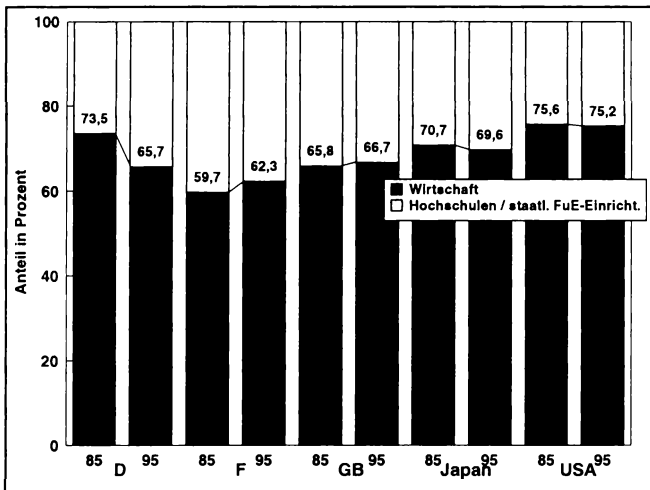
In vier Ländern – eine Ausnahme bildet Japan – ist der prozentuale Anteil derjenigen Ausgaben zur FuE-Durchführung, die von der Wirtschaft selbst finanziert werden, zwischen 1971 und 1995 deutlich nach oben gegangen. In

Tabelle 66
FuE-Durchführung nach Sektoren in Prozent

FuE-durchführender Sektor	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Deutschland											
Wirtschaft	73,1	73,2	72,2	72,4	72,2	71,9	69,3	68,5	66,8	66,0	65,7
Hochschulen	13,5	13,6	14,6	14,6	14,4	14,8	16,3	17,2	18,0	18,7	18,9
staatl. Forschungseinrichtungen	12,9	12,8	12,7	12,5	12,9	12,9	13,9	14,3	15,2	15,2	15,4
private gemeinnützige FuE-Einrichtungen	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	...	...	...	...
Frankreich											
Wirtschaft	58,7	58,7	58,9	59,5	60,3	60,4	61,5	62,5	61,7	61,8	61,0
Hochschulen	15,0	15,0	15,0	14,8	14,9	14,6	15,1	15,3	15,8	16,2	16,7
staatl. Forschungseinrichtungen	25,3	25,3	25,2	24,9	23,9	24,2	22,7	20,9	21,1	20,6	21,0
private gemeinnützige FuE-Einrichtungen	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	1,3	1,4	1,3	1,3
Großbritannien											
Wirtschaft	62,5	66,5	67,1	66,5	66,1	68,0	65,6	65,4	65,6	65,2	65,5
Hochschulen	14,3	14,3	14,8	15,3	15,3	15,3	16,3	16,4	16,7	17,5	15,2
staatl. Forschungseinrichtungen	19,9	15,4	14,4	14,2	14,5	12,8	14,2	14,2	13,9	13,8	14,5
private gemeinnützige FuE-Einrichtungen	3,3	3,8	3,7	3,9	4,2	3,9	4,0	4,0	3,8	3,5	1,2
Japan											
Wirtschaft	66,8	66,6	66,0	67,9	69,7	70,9	70,7	68,7	66,0	66,1	65,2
Hochschulen	20,1	19,9	19,9	19,0	18,0	17,6	17,5	18,5	20,1	20,2	22,9
staatl. Forschungseinrichtungen	9,1	9,1	9,6	8,8	8,1	7,5	7,6	8,3	9,3	9,0	9,6
private gemeinnützige FuE-Einrichtungen	3,9	4,4	4,5	4,3	4,2	4,1	4,2	4,4	4,5	4,7	4,4
USA											
Wirtschaft	72,6	72,2	72,2	71,8	70,2	71,0	72,8	72,2	70,9	71,0	71,8
Hochschulen	12,7	13,6	14,4	14,9	15,3	15,4	14,1	14,6	15,2	15,6	15,2
staatl. Forschungseinrichtungen	11,7	11,4	10,7	10,7	11,8	10,5	9,8	9,8	10,3	9,8	9,5
private gemeinnützige FuE-Einrichtungen	3,0	2,8	2,7	2,6	2,7	3,0	3,3	3,4	3,5	3,6	3,4

Quelle: OECD (1992c, S. 22–23), OECD (1997, S. 20–21), für 1995 aus OECD (1998b, S. 22–23). Basis für Abb. 51

Japan – hier lag der Anteil bereits 1971 bei 97,9 % – finanzierte 1995 die Wirtschaft 98,2 % ihrer Ausgaben zur FuE-Durchführung selbst, in Deutschland 88,9 % und in den USA 81,6 %. In Frankreich waren es nur 76,1 % und in Großbritannien 69,1 %. Während in Japan und in den USA FuE der Wirtschaft kaum vom Ausland finanziert wird, erhielten die Wirtschaft Frankreichs 11,1 % und die Wirtschaft Großbritanniens 19,0 % ihrer FuE-Ausgaben vom Ausland. Die finanzielle Verflechtung von Staat und Wirtschaft bezüglich der FuE-Durchführung ist in den USA am stärksten, wo 18,4 % der Ausgaben der Wirtschaft zur FuE-Durchführung vom Staat stammt. Eine zentrale Ursache hierfür ist der große Anteil der Ausgaben für militärische FuE in Unternehmen (s.u.). Insgesamt hat in allen Ländern die Bedeutung des Staates als FuE-Finanzierer für die Wirtschaft in den letzten 20 Jahren deutlich abgenommen.



Zahlenquelle: Tabelle 66

Abbildung 51: Verhältnis des Anteils der Wirtschaft (inklusive private gemeinnützige Einrichtungen) an der FuE-Durchführung zum Anteil der Hochschulen und staatlichen FuE-Einrichtungen an der FuE-Durchführung in Prozent für die Jahre 1985 und 1995

Tabelle 67
**Prozentualer Anteil an der Finanzierung der Ausgaben
 der Wirtschaft zur FuE-Durchführung**

Land	Wirtschaft				Staat				Ausland			
	1971	1981	1991	1995	1971	1981	1991	1995	1971	1981	1991	1995
Deutschland	80,3	81,7	87,1	88,9	18,2	16,9	10,0	9,0	1,3	1,2	2,6	1,9
Frankreich	63,0	68,2	66,2	76,1	31,6	24,6	22,3	12,7	5,4	7,0	11,4	11,1
Großbritannien	60,5	61,3	69,4	69,1	33,1	30,0	14,6	12,0	6,3	8,7	16,0	19,0
Japan	97,9	97,9	98,4	98,2	2,0	1,9	1,4	1,6	0,1	0,1	0,1	0,1
USA	58,2	68,4	77,5	81,6	41,8	31,6	22,5	18,4	...	...	...	...

Sonstige nationale Finanzierer haben eine sehr geringe Bedeutung, da ihr Anteil in allen Ländern unter 1 % liegt.
 Quelle: OECD (1996a, S. 239), OECD (1997, S. 30–32), für 1995 aus OECD (1998b, S. 29–31)

FuE-Ausgaben nach Art der Forschungstätigkeit

Aufschluss über die grundsätzlichen Schwerpunkte von Forschung und Entwicklung liefert die Verteilung der FuE-Ausgaben nach Art der Forschungstätigkeit, d. h. nach Grundlagenforschung, angewandter Forschung oder Entwicklung. Hier zeigt sich z. B. die starke Fokussierung Japans und der USA auf

die Entwicklung und die große Bedeutung der Grundlagenforschung in Frankreich und Deutschland.

Auf die Entwicklung entfielen 1994 in Japan insgesamt 60,9 % (Abb. 52), ähnlich viel auch in den USA mit 59,5 % in 1995, während es in Frankreich 1992 nur 47,5 % waren (Zahlenangaben aus STA 1996b, S. 113). Bei der angewandten Forschung lag Frankreich mit 31,5 % vor Deutschland (1989) mit 29,2 %, Japan mit 24,6 % und den USA mit 23,2 %. Eine starke Ausrichtung auf die Grundlagenforschung haben Frankreich mit einem Anteil von 21 % und Deutschland mit einem Anteil von 19,8 %, während der Anteil in Japan mit 14,5 % und in den USA mit 17,3 % niedriger war.

Land (Fiskal- jahr)	Grundlagen- forschung	Angewandte Forschung	Entwicklung
Japan (1994)	14,5%	24,6%	60,9%
USA (1995)	17,3%	23,2%	59,5%
Deutsch- land (1989)	19,8%	29,2%	51,0%
Frank- reich (1992)	21,0%	31,5%	47,5%

Quelle: STA (1996b, S. 113); Europäische Kommission (1996c, S. 90)

Abbildung 52: Prozentuale Verteilung der FuE-Ausgaben nach Art der Forschungstätigkeit

Ausgaben für militärische und zivile Forschung und Entwicklung

Neben der Schwerpunktsetzung bezüglich der Art der Forschungstätigkeit wird die generelle FuE-Fokussierung auch anhand der Aufteilung der staatlichen FuE-Ausgaben in Ausgaben für zivile FuE und in militärische FuE deutlich. Schwerpunkte auf die Förderung militärischer FuE setzten 1996 die USA mit 54,7 % ihrer staatlichen FuE-Ausgaben, Großbritannien mit 37,0 % und Frankreich mit 29,0 %, wobei aber die Anteile in den vergangenen Jahren deutlich zurückgegangen sind (Zahlenangaben aus OECD 1998b, S. 45). Japan und Deutschland hingegen bevorzugen die Förderung ziviler FuE. So lag 1996 der Anteil der Ausgaben für militärische FuE an den staatlichen FuE-Ausgaben in Japan lediglich bei 5,9 % und in Deutschland bei 9,8 %.

In vier der fünf Länder ist u. a. infolge der weltpolitischen Entspannung der Anteil der militärischen FuE an den staatlichen FuE-Ausgaben zwischen 1985 und 1996 zurückgegangen, in Deutschland von 11,9 % auf 9,8 %, in Frankreich von 32,5 % auf 29,0 %, in Großbritannien von 51,0 % auf 37,0 % und in den USA von 67,6 % auf 54,7 %. Der Anteil stieg hingegen in Japan leicht von 5,4 % auf 5,9 %.

Generell ist die Bedeutung der militärischen FuE in den USA sehr hoch. Aufgrund der starken Ausrichtung der staatlichen FuE-Ausgaben auf militärische FuE fließt zum einen ein hoher Anteil in die Wirtschaft und zum anderen in viele Projekte auf dem Gebiet der Entwicklung (Abschnitt D.I.).

Fazit

Deutschland hat bei den FuE-Ausgaben gegenüber den großen Wettbewerbern USA und Japan in den 1990er Jahren insgesamt an Boden verloren. So sind die gesamten FuE-Ausgaben Deutschlands seit 1991 kaum gestiegen. Ähnliches gilt für die FuE-Ausgaben pro Kopf, während das Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP auf 2,30 % in 1995 nach noch 2,88 % in 1989 zurückging. Japan und die USA hingegen haben zwar auch ihre absoluten FuE-Ausgaben nicht stark gesteigert bzw. leicht reduziert, dennoch liegen sie bei den FuE-Ausgaben bezogen auf die Bevölkerungszahl und auf das BIP deutlich vor Deutschland.

Die FuE-Finanzierung durch den Staat hatte 1995 dabei in Deutschland mit 37,4 % wie auch in Japan mit 22,8 % den Stellenwert aus den 1980er Jahren gut erreicht, während die anderen Länder die staatliche FuE-Finanzierung im Vergleich zur FuE-Finanzierung durch die Wirtschaft zurückschraubten. Bei der FuE-Durchführung unterschieden sich die Vergleichsländer bezüglich des Anteils der Wirtschaft (ca. 60 % bis 70 %) kaum, wobei die Wirtschaft nur in Deutschland einen starken Rückgang ihres Anteils in den letzten zehn Jahren verzeichnete. Der Anteil der Grundlagenforschung an den gesamten Forschungsaktivitäten liegt in Deutschland und Frankreich mit 21 % deutlich vor den anderen Ländern – ein Zeichen für eine ausgeprägte Wissenschaftsorientierung in diesen beiden Ländern. Die militärische FuE ist hingegen nur in den USA, Großbritannien und Frankreich stark ausgeprägt, während sie in Deutschland eine bescheidene Rolle innehat.

Insgesamt zeigen die verschiedenen Indikatoren geringere Wachstumsraten in Deutschland bei den FuE-Ausgaben als in den anderen Ländern. Hieran mag ein Anzeichen für eine nachlassende Bedeutung von FuE in Deutschland zu sehen sein.

3. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indikators „FuE-Beschäftigte“

Neben den FuE-Ausgaben ist die Anzahl der in FuE beschäftigten Wissenschaftler und Ingenieure – im Folgenden FuE-Beschäftigte – ein weiterer input-orientierter Indikator, der in den internationalen Statistiken oft aufgeführt wird. Der Indikator gibt an, welches Potenzial an qualifiziertem Personal, d. h. am Produktionsfaktor Arbeit, für Forschung und Entwicklung in einem Land eingesetzt wird. Wie bei den FuE-Ausgaben liegen große Länder auch bei den FuE-Beschäftigten zahlenmäßig vorn, weswegen hier die Anzahl der FuE-Beschäftigten auch auf die gesamte Beschäftigtenzahl eines Landes bezogen wird.

Die USA hatten 1993 – nach Vollzeitäquivalenten – 962.700 FuE-Beschäftigte (Zahlenangaben aus OECD 1998b, S. 18–19; Tab. 68). Japan folgt dahinter mit 673.421 in 1995 – nach Anzahl der Köpfe. Da aber die Anzahl der FuE-Beschäftigten im Allgemeinen nach Vollzeitäquivalenten angegeben werden, korrigierte die OECD (1998b, S. 79) in einer eigenen Schätzung die Anzahl auf 551.990 FuE-Beschäftigte. Mit einem deutlichen Abstand schließen sich Deutschland mit 230.401 FuE-Beschäftigten (1993), Frankreich mit 151.249 FuE-Beschäftigten (1995) und Großbritannien mit 148.000 FuE-Beschäftigten (1995) an.

Tabelle 68

FuE-Beschäftigte (Wissenschaftler und Ingenieure) in den fünf großen OECD-Ländern und Anteil der FuE-Beschäftigten pro 10.000 Beschäftigte für 1971–1995

Jahr	Deutschland		Frankreich		Großbritannien		Japan		USA	
	FuE-Beschäftigte	FuE-Beschäftigte pro 10.000 Besch.	FuE-Beschäftigte	FuE-Beschäftigte pro 10.000 Besch.	FuE-Beschäftigte	FuE-Beschäftigte pro 10.000 Besch.	FuE-Beschäftigte	FuE-Beschäftigte pro 10.000 Besch.	FuE-Beschäftigte	FuE-Beschäftigte pro 10.000 Besch.
1985	143.627	50	102.253	43	124.900	45	380.761	64	849.200	72
1986	..	..	104.953	44	127.700	46	392.981	65	869.500	75
1987	165.616	56	109.359	45	128.100	46	415.553	68	922.500	76
1988	..	..	115.163	48	130.000	46	434.643	70	946.600	77
1989	176.401	59	120.430	50	133.000	47	457.522	73	924.200	74
1990	..	..	123.938	50	133.000	47	477.866	75	..	..
1991	241.869	61	129.780	52	131.000	46	491.102	75	960.500	76
1992	234.280	59	141.710	56	134.000	47	511.407	78	..	..
1993	230.401	58	145.898	58	140.000	49	526.501	80	962.700	74
1994	..	..	149.193	59	142.000	50	541.015	81	..	..
1995	..	..	151.249	60	148.000	52	551.990	83	..	..

Quelle: OECD (1997, S. 18–19), Werte für 1985 bis 1988 aus OECD (1992c, S. 20–21); für 1994 und 1995 aus OECD (1998b, S. 18–19). *) Für Japan geschätzte Werte nach OECD (1998b, S. 79); OECD (1992c, S. 78)

Beim Anteil der in FuE beschäftigten Wissenschaftler und Ingenieure pro 10.000 Beschäftigte lag Japan mit einem Anteil von 83 in 1995 gegenüber 64 in 1985 an der Spitze, gefolgt von den USA mit einem Anteil von 74 in 1993 gegenüber 72 in 1985. In Deutschland lag der Anteil bei 58 in 1993 nach 50 in 1985. Frankreich erreichte 60 in 1995 gegenüber 43 in 1985, und Großbritannien verzeichnete 52 in 1995 nach 45 in 1985.

Insgesamt nahm in allen Ländern die Anzahl der FuE-Beschäftigten sowohl absolut als auch relativ zu. Dies kann als ein Zeichen für die wachsende Bedeutung wissensintensiver Wirtschaftszweige gelten, vor allem der Wirtschaftszweige mit starker Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologie wie den Softwareunternehmen. Deutschland hat den Abstand zu den USA verringert. Japan nimmt seit 1993 den ersten Platz ein.

4. Zusammenfassung der inputorientierten Indikatoren: Deutschlands nachlassende technologische Wettbewerbsfähigkeit

Deutschlands Position hat sich nach inputorientierten Indikatoren seit der Wiedervereinigung vor allem bei den relativen Indikatoren verschlechtert. Die Wiedervereinigung und die damit verbundene Zunahme der Bevölkerung hat in erster Linie einen statistischen Effekt bei all den Indikatoren, die als Bezugsbasis die Bevölkerungs- bzw. Beschäftigtenzahlen verwenden. Die Wettbewerbsposition Deutschlands wird hier im Vergleich zu den beiden großen Wettbewerbern USA und Japan sowie gegenüber Frankreich und Großbritannien zusammengefasst:

Die FuE-Ausgaben *Deutschlands* haben seit der Wiedervereinigung kaum zugenommen. Deutschland ist sowohl bei den FuE-Ausgaben pro Kopf mit Platz 3 als auch beim Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP mit Platz 4 in 1995 deutlich gegenüber früheren Jahren zurückgefallen. Die stagnierenden FuE-Ausgaben sind sowohl auf die verhaltenen FuE-Ausgaben der Wirtschaft als auch des Staates zurückzuführen, wobei die Wirtschaft Anfang der 1990er Jahre u. a. aufgrund der Sonderkonjunktur in Ostdeutschland ihre FuE-Aktivitäten nicht ausbaute. Bei den FuE-Beschäftigten pro 10.000 Beschäftigte liegt Deutschland mittlerweile mit großem Abstand hinter Japan und den USA und knapp hinter Frankreich. Eine starke Position bei den inputorientierten Indikatoren haben hingegen die USA und Japan.

Die *USA* liegen bei den gesamten FuE-Ausgaben und den FuE-Ausgaben pro Kopf deutlich vorne, beim Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP hinter Japan auf Platz zwei. In den USA hat eine Umorientierung von militärischer zur zivilen FuE stattgefunden, die mittlerweile knapp 45 % aller FuE-Ausgaben auf sich vereint.

Japan hat im Gegensatz zu den USA kaum eine militärische FuE. Der Spitzenplatz beim Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP geht daher vollständig auf das Konto ziviler FuE. Japan hat in den 1980er Jahren massive Anstrengungen bei FuE unternommen und damit Platz zwei hinter den USA bei den FuE-Ausgaben und bei den FuE-Ausgaben pro Kopf erreicht. Bei Japan ist die nach wie vor gering ausgeprägte Grundlagenforschung ein Schwachpunkt, der eine breite, technologisch führende Position in Zukunft nicht unbedingt erwarten läßt.

Frankreich hat Deutschland 1995 bei den FuE-Ausgaben pro Kopf nahezu erreicht und beim Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP sowie beim Anteil der FuE-Beschäftigten pro 10.000 Beschäftigte vom dritten Platz verdrängt. Frankreich ist das einzige Land mit nach wie vor konstant hohen FuE-Ausgaben für militärische FuE.

Großbritannien liegt bei allen betrachteten Indikatoren an fünfter Stelle.

Alle fünf Länder haben in den 1990er Jahren das Wachstum ihrer FuE-Ausgaben zurückgeschraubt, aber in Deutschland fiel der Rückgang relativ betrachtet am schärfsten aus. Die Entwicklung in den 1990er Jahren knüpft an Schmietows (1988, S. 136) Feststellung zur Entwicklung in den 1980er Jahren an:

„Die vergleichsweise niedrigen Wachstumsraten der FuE-Ressourcen in der Bundesrepublik Deutschland in den 80 Jahren könnten als Hinweis gedeutet werden, dass die Herausforderungen der Zukunft von der bundesdeutschen Industrie nicht in dem Maße erkannt werden wie von ihren Konkurrenten in Japan oder den USA.“

III. Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand outputorientierter Indikatoren

Während inputorientierte Indikatoren am Beginn des Innovationsprozesses ansetzen, betrachtet man mit outputorientierten Indikatoren den Output des Innovationsprozesses. Eine der wenigen Indikatoren, die Auskunft über ökonomisch bedeutende Ergebnisse des Innovationsprozesses geben können, sind die Patentanmeldungen bzw. Patenterteilungen. Patentanmeldungen sind aufgrund der Unterschiede in nationalen Patentgesetzen jedoch nicht einfach miteinander zu vergleichen. Zwischen den nationalen Patentgesetzen bestehen zum Teil erhebliche Differenzen, wodurch ein Vergleich der jeweiligen nationalen Patentanmeldungen kaum sinnvoll möglich ist. Es werden daher im Folgenden ausnahmslos ausländische Patentanmeldungen und -erteilungen auf verschiedenen Märkten betrachtet, da dadurch die Vergleichbarkeit aufgrund des für den betreffenden Markt geltenden Patentgesetzes gewährleistet ist. Im Einzelnen werden die outputorientierten Indikatoren in sechs Punkten behandelt:

- Patentstatistiken werden seit langem erstellt und bieten eine umfangreiche und gute Basis zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit (Abschnitt E.III.1.). Bei der *Aussagekraft* sind einige Einschränkungen zu berücksichtigen, z. B. ist das ökonomische Potenzial eines Patentes kaum zu erfassen, und die Patentgesetze der einzelnen Länder unterscheiden sich.
- Um weltmarktrelevante Patentanmeldungen zu bestimmen, kann man zum einen sog. *Triade-Patente* analysieren, d. h. Patente, die für alle drei Triade-Regionen (Europa, USA und Japan) angemeldet wurden (Abschnitt E.III.2.). Ein weiterer Indikator über die technologischen Stärken der einzelnen Länder sind die *Auslandspatente*, die in mindestens zwei Ländern angemeldet wurden. Deutschland offenbart dabei wenige Stärken und viele Schwächen.
- Der *amerikanische* Technologiemarkt läßt sich aufgrund der fehlenden Offenlegungspflicht einer Patentanmeldung nur mittels der *Anzahl der Patenterteilungen* beurteilen (Abschnitt E.III.3.). Hier weist Japan eine außerordentliche Stärke auf, Deutschland hingegen konnte sich in den 1980er Jahren kaum verbessern.
- Die allgemeine *Spezialisierung* einzelner Länder im FuE-intensiven Bereich wird anhand der Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt (EPA) herausgestellt (Abschnitt E.III.4.). Eine detaillierte Analyse der Patentanmeldungen bei der *Mikroelektronik*, *Multimediatechnik*, *Umwelttechnik* und
- *Biotechnologie* zeigt zudem die Schwächen Deutschlands bei wichtigen Schlüsseltechnologien.
- Die *Patent- und Lizenzbilanz* gibt Auskunft über die Einnahmen und Ausgaben eines Landes für Patente und Lizenzen (Abschnitt E.III.5.). Während die USA große positive Salden verzeichnen, wächst das Defizit Deutschlands stetig an.
- Die Ergebnisse werden schließlich *zusammengefasst* und *beurteilt* (Abschnitt E.III.6.).

1. Generelle Aussagekraft outputorientierter Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit

Den Erfolg der FuE-Aktivitäten spiegeln outputorientierte Indikatoren wider. Überwiegend wird bei den outputorientierten Indikatoren auf Patentstatistiken zurückgegriffen. Dabei lassen sich sowohl aus der Anzahl der Patentanmeldungen als auch aus der Anzahl der Patenterteilungen Rückschlüsse auf die zukünftige technologische Wettbewerbsfähigkeit eines Landes und seiner Unternehmen ziehen. Schmoch et al. (1988, S. 21) weisen in diesem Zusammenhang auf die Notwendigkeit einer starken Disaggregierung hin, um je nach Technologie einen Vorlauf der Patentindikatoren von zwei bis drei Jahren bei den FuE-intensiven Bereichen vor den Wirtschaftsindikatoren, z. B. Produktions- oder

Außenhandelskennziffern, anzuzeigen. Schmoch et al. (1988, S. 27) stellen auch die generelle Doppelfunktion von Patenten heraus: Einerseits zeigen Patente den Erfolg von Forschung und Entwicklung an, andererseits auch die Strategien der anmeldenden Unternehmen.

Bei der Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand von Indikatoren, die auf Patentstatistiken beruhen, sind acht Aspekte bezüglich der Aussagekraft zu berücksichtigen:

- Erstens haben Unternehmen *unterschiedliche Beweggründe* für die Anmeldung eines Patentes (Beispiele bei Täger 1986, S. 25–26). Einige Unternehmen wollen mit Patentanmeldungen die Konkurrenz vom Markt fernhalten, andere versuchen mit einer Patentanmeldung langfristig ausländische Märkte zu sichern. Weitere Unternehmen melden Patente an, verwerten sie aber erst zu einem späteren Zeitpunkt. Diese sog. *Vorratspatente* sind aber aus einer amtlichen Statistik nicht zu eliminieren, wenn die ökonomisch relevanten Innovationen für einen bestimmten Zeitpunkt ermittelt werden sollen.
- Zweitens werden gemäß Greif und Potkowik (1990, S. 6) in Deutschland beispielsweise nur ca. 20 % aller technischen Erfindungen zum Patent angemeldet. Ein wichtiger Grund dafür ist die *enge Definition des Patentgesetzes*, nachdem nur Erfindungen, die neu sind und auf einer erfinderischen Tätigkeit beruhen, patentierbar sind.
- Drittens unterscheiden sich Unternehmen auch bezüglich ihrer Neigung zur Patentierung, d. h. in ihrer „*Patentmentalität*“. So gibt es Unternehmen, die ihr Recht zur Patentierung wahrnehmen, andere hingegen melden ihre Erfindungen nicht zum Patent an (Schmoch et al. 1988, S. 51–52).
- Viertens können bei einer Analyse der Patentstatistiken aufgrund der *einheitlichen Auswertung* der Patentanmeldungen bzw. der Patenterteilungen Verzerrungen auftreten, denn bahnbrechende Entdeckungen bzw. Schlüsselinnovationen können nicht gesondert erfasst und ausgewiesen werden, so Bellendorf (1994, S. 146).
- Fünftens weist Griliches (1989, S. 291–330) auf die *Beeinflussung der Statistiken durch die Patentämter* hin. Aufgrund kapazitiver Engpässe sowohl beim Personal als auch beim Budget sowie aufgrund steigender Komplexität der Patentanmeldungen kann es bei einer wachsenden Anzahl von Patentanmeldungen zu einer Verlängerung des Zeitraums zwischen Patentanmeldung und -erteilung kommen. In diesem Fall würde die technologische Wettbewerbsposition in den Patentstatistiken ungünstiger dargestellt, als sie tatsächlich aufgrund der erbrachten Innovationen ist.
- Sechstens variiert nach Bellendorf (1994, S. 148) die Neigung zur Anmeldung von Patenten von *Wirtschaftszweig* zu Wirtschaftszweig. So ist z. B. die Neigung zur Patentanmeldung in der Chemie sehr hoch, während die

Elektroindustrie eine geringere Patentneigung ausweist. Höherwertige Dienstleistungen sind oftmals gar nicht patentierbar, so fällt beispielsweise die Computersoftware in Deutschland unter das Urheberrechtsgesetz.

- Siebtens erschweren die *unterschiedlichen Patentgesetze* in den jeweiligen Ländern die Aussagekraft der Patentstatistiken (ausführliche Stellungnahme bei Schmoch et al. 1988, S. 30–47). So weist z. B. Japan eine fünfmal höhere Anzahl inländischer Patentanmeldungen aus als die USA, was gemäß Faust (1996, S. 10) aus der fehlenden Möglichkeit zur Behandlung mehrerer Ansprüche an einem Patent resultiert und die Unbrauchbarkeit nationaler Patentanmeldungen dokumentiert. Es muss in Japan laut Cohen und Levin (1989, S. 1063) für jeden Anspruch ein separates Patent, sog. „Ein-Anspruchs-Patent“, angemeldet werden.

Zur Behebung dieser Probleme analysiert man im Allgemeinen statt inländischer Patente jedes einzelnen Landes die Auslandspatentanmeldungen in einem Land bzw. die Patentanmeldungen für einen oder mehrere abgegrenzte Technologiemarkte wie z. B. innerhalb der „Triade-Regionen“, d. h. Europa, Japan und USA (Abschnitt E.III.2.).

- Achters hat der Indikator der *Patenterteilungen* auf der einen Seite gegenüber dem Indikator der Patentanmeldungen den Nachteil der Zeitverzögerung infolge des Anmeldeverfahrens, das bis zu mehreren Jahren dauern kann. Auf der anderen Seite zeigen Patenterteilungen eine bestimmte Qualität der Patente an, da für die Erteilung diverse Qualitätsanforderungen zu erfüllen sind.

Unter der Berücksichtigung der acht Aspekte sind die Patentanmeldungen und -erteilungen als gute outputorientierte Indikatoren für die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit einzustufen. Sie geben Aufschluss über den Erfolg der FuE-Aktivitäten und lassen Schlüsse bezüglich technologischer Vorsprünge zu.

2. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indikators „Auslandspatentanmeldungen“

Bei der Auswahl eines geeigneten Marktes zur Auswertung von Patentanmeldungen bieten sich im Allgemeinen die „Triade-Regionen“ Europa, Japan und USA an. Jede dieser einzelnen Regionen bzw. das jeweilig vorhandene Patentwesen eignen sich jedoch nicht uneingeschränkt zur Patentanalyse. So ist in Europa bisher noch kein gesamteuropäisches Patent erhältlich, sondern vielmehr werden Patente beim Europäischen Patentamt gleichzeitig für mehrere europäische Länder beantragt, so z. B. 1995 im Durchschnitt für 7,8 Staaten pro Anmeldung (Daten aus EPA 1997, S. 30–31). Der japanische Markt ist noch weitgehend abgeschlossen und aufgrund des unterschiedlichen Anmeldeverfahrens

rens, weshalb Japan weit erhöhte Patentanmeldezahlen ausweist, als Markt für Patentanalysen ungeeignet. Die USA hingegen weisen Patentanmeldungen nicht explizit aus. Im Folgenden werden drei Patentanalysen durchgeführt:

- Zum einen werden für die ausgewählten fünf großen OECD-Länder die Patentanmeldungen in den sog. „*Triade-Regionen*“ verglichen.
- Zum zweiten werden die *ausländischen Patentanmeldungen* analysiert, die auf mindestens zwei Märkten angemeldet wurden.
- Zum dritten werden die Patentanmeldungen nach Wirtschaftszweigen verglichen.

Triade-Patente

Triade-Patente sind Patente, die zusätzlich zum Inland auch in mindestens zwei Auslandsmärkten in verschiedenen Triade-Regionen angemeldet wurden (Definition aus BMBF 1997f, S. 35). Triade-Patente sind weltmarktrelevante Patente und eignen sich besser zur Analyse der Patentaktivitäten als nationale Patentanmeldungen. Denn bei Triade-Patenten erwartet man nach Faust (1996, S. 9) eine besondere kommerzielle Bedeutung, da die Kosten für ausländische Patentanmeldungen in der Regel sehr hoch sind. Die Patente werden dabei nach dem „Standortprinzip“ erfasst, d. h. nach Sitz des Betriebes bzw. des Erfinders oder Forschungslabors, um einen Zusammenhang zwischen Patentanmeldung und Innovationsprozess zu erhalten.

Im Einzelnen werden die Triade-Patentanmeldungen im Folgenden absolut betrachtet sowie auf 1 Mio. Einwohner, auf 1 Mio. Beschäftigte (sog. Triade-Patentintensität) und auf 1 Mrd. US-\$ Bruttoinlandsprodukt (in Kaufkraftparitäten) bezogen.

Bei der *absoluten Zahl* der Triade-Patente lagen die USA 1994 mit 18.318 Patenten an erster Stelle, gefolgt von Japan mit 10.355 Patenten und an dritter Stelle Deutschland mit 7.266 Patenten (Zahlen aus BMBF 1997f, S. 36; Tab. 69). In Relation zur Einwohnerzahl lag Deutschland hingegen an erster Stelle, ebenso auch bei der Anzahl der Triade-Patente pro 1 Mio. Beschäftigte und pro 1 Mrd. US-\$ BIP.

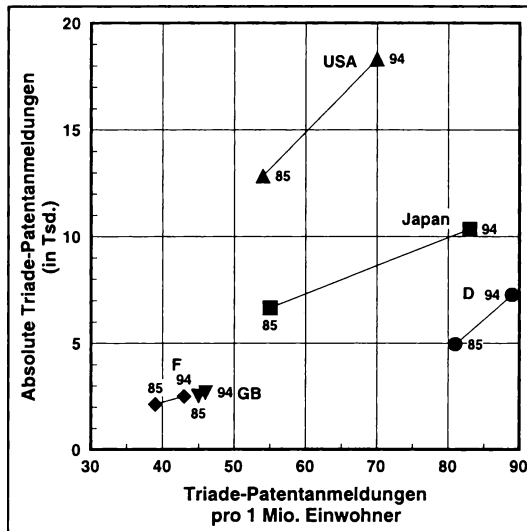
Insgesamt haben die absolute Zahl der Triade-Patentanmeldungen und die Triade-Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner aus den großen fünf Industrieländern in den 1980er und 1990er Jahren zugenommen (ausführliche Analyse von Grupp et al. 1997, S. 29–30). Während bei der absoluten Anzahl der Triade-Patentanmeldungen die USA 1994 deutlich vor Japan und Deutschland lagen, lag Deutschland mit 89 *Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner* auf dem ersten Platz, knapp vor Japan, das zwischen 1985 und 1994 den größten Zuwachs von 55 auf 83 Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner verzeichneten (Abb. 53).

Tabelle 69

Triade-Patente der fünf großen OECD-Länder in 1985 und 1994

Land \ Triade-Patente	absolut		pro 1 Mio. Einwohner		pro 1 Mio. Beschäftigte		pro 1 Mrd. KKP US-\$ BIP	
	1985	1994	1985	1994	1985	1994	1985	1994
Deutschland	4.946	7.266	81	89	190	183	5,8	4,5
Frankreich	2.130	2.508	39	43	98	99	2,9	2,3
Großbritannien	2.526	2.682	45	46	104	94	3,8	2,6
Japan	6.659	10.355	55	83	115	156	4,5	3,9
USA	12.845	18.318	54	70	120	138	3,2	2,8

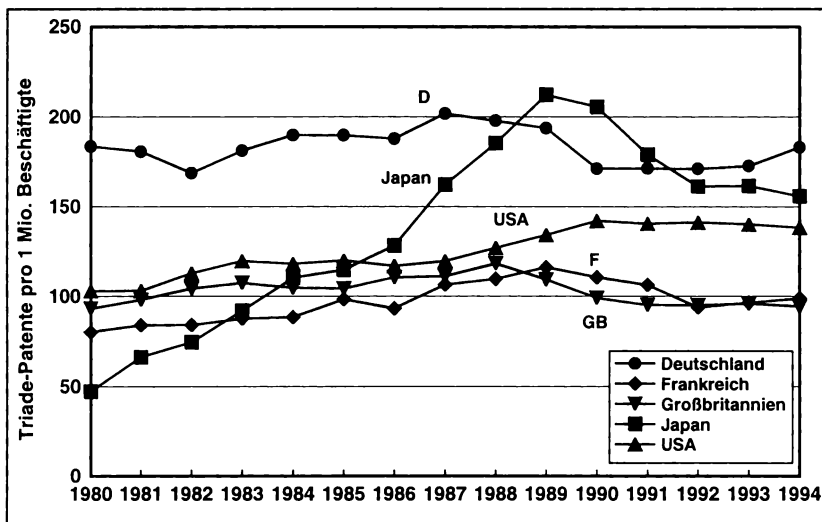
Quelle: BMBF (1997f, S. 36); eigene Aktualisierung auf Basis von unveröffentlichtem Datenmaterial des ISI. Einwohnerzahlen, Beschäftigtenzahl und BIP in Kaufkraftparitäten (KKP) US-\$ aus OECD (1997) und OECD (1992c). Basis für Abb. 53



Zahlenquelle: Tabelle 69

Abbildung 53: Absolute Triade-Patentanmeldungen zu Triade-Patentanmeldungen pro 1 Mio. Einwohner für die Jahre 1985 und 1994

Bei der *Triade-Patentintensität*, d. h. Triade-Patente pro 1 Mio. Beschäftigte, liegt Deutschland an der Spitze und hat sich dort – mit Ausnahme der Jahre 1989 bis 1991 – etablieren können (Abb. 54). An zweiter Stelle folgt Japan, das aufgrund von Rezession und stark gestiegener FuE-Kosten seine 1989 errungene Spitzenposition nicht halten konnte. Die USA haben – zwar nicht ganz so stark wie Japan – ebenfalls in den 1980er Jahren ihre Patentaktivitäten ausgedehnt, stagnieren aber wie Japan seit Beginn der 1990er Jahre.



Quelle: Grupp et al. (1997, S. 29), unveröffentlichtes Datenmaterial vom ISI

Abbildung 54: Triade-Patentintensität (Triade-Patente pro 1 Mio. Beschäftigte) von 1980 bis 1994

Die starke Ausdehnung der Patentaktivitäten Japans und der anderen Länder in den 1980er Jahren läßt sich nach Grupp et al. (1997, S. 30) anhand einer speziellen Analyse des Wachstums der Patentanmeldungen pro 1 Mio. Beschäftigte zeigen. Japan steigerte sich – bei einer Normierung der Mittelwerte der Jahre 1980 bis 1982 auf 100 – in den Jahren 1989 und 1990 auf über 350, d. h. um das 2,5-fache, und lag 1994 bei etwa 270. Auch die USA haben sich mit einer Steigerung um mehr als 50 % stärker als die europäischen Länder und Deutschland entwickelt, die ihr Niveau lediglich halten konnten.

Patentanmeldungen nach Wirtschaftszweigen

Zum Vergleich der Erfindungen mit internationaler Patentanmeldung bietet sich auch eine Analyse der Patentanmeldungen nach Wirtschaftszweigen an. Bei einer derartigen Analyse wird die starke Ausrichtung Deutschlands auf den Maschinenbau, die Elektroindustrie und die Chemische Industrie erkennbar. Dieser Schwerpunkt wird nach Faust (1996, S. 10–12) bei der Betrachtung des Anteils der jeweils relevanten Erfindungen an den gesamten Erfindungen des Ursprungslandes deutlich (Tab. 70).

In *Deutschland* hatte der Maschinenbau 1992 einen Anteil von 23,7 %, die Elektroindustrie von 20,8 % und die Chemische Industrie von 15,0 % an den gesamten Erfindungen. Für Deutschland hat zudem auch der Straßenfahrzeugbau mit einem Anteil von 8,9 % eine große Bedeutung.

Tabelle 70

**Anteil der jeweils relevanten Erfindungen mit internationaler Patentanmeldung
an den Erfindungen des Ursprungslandes insgesamt in Prozent**

Wirtschaftszweig	Deutschland		USA		Japan		Welt	
	1992*	Trend**	1992*	Trend**	1992*	Trend**	1992*	Trend**
Maschinenbau	23,7	-0,76	12,8	-3,36	13,9	-1,60	16,8	-2,48
Straßenfahrzeugbau	8,9	1,40	3,7	-	9,4	-2,18	5,7	-
Feinmechanik, Optik, Uhren	7,8	-	11,4	1,70	10,0	-1,67	9,5	-
Chemische Industrie, darunter	15,0	-	20,8	-	14,3	-	17,0	1,07
• Kunststoffe	4,0	2,71	3,6	-1,62	4,0	1,88	3,3	-
• Pharmazeutika	1,9	-	4,9	3,95	2,3	-	3,6	2,53
• Gentechnik	1,3	3,16	3,7	5,11	1,4	-	2,4	4,26
Elektroindustrie, darunter	20,8	0,59	29,3	1,29	42,2	1,48	28,1	1,79
• Elektrizitätsversorgung	3,9	-	2,8	-2,11	4,0	-	3,3	-0,70
• Mess-, Steuer- und Regeltechnik	3,5	-	2,7	-2,35	3,0	-3,20	2,9	-1,64
• Nachrichtentechnik	2,3	1,84	4,0	5,15	3,0	4,56	3,2	4,72
• Elektronische Bauelemente	1,2	1,44	2,9	-	5,7	5,32	2,8	4,04
• ADV und Bürotechnik	2,4	-	8,2	4,14	12,9	1,74	6,9	3,43
Ausgewählte Wirtschaftszweige	76,2	-	78,0	-	89,8	-	77,1	-
Gesamt	100,0	-	100,0	-	100,0	-	100,0	-

*) Anmeldejahr. **) Jährliche Veränderung der Anteile 1982–1992 in Prozent, Trendwerte mit höchstens 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit gegen 0 gesichert

Quelle: Faust (1996, S. 11)

Die *USA* hingegen werden hinsichtlich der Erfindungen dominiert von der Elektroindustrie mit 29,3 %, darunter stark vertreten der Bereich „ADV- und Bürotechnik“ mit 8,2 %, gefolgt von der Chemischen Industrie mit 20,8 % und dem Maschinenbau mit 12,8 % sowie mit großer Bedeutung der Bereich „Feinmechanik, Optik, Uhren“ mit 11,4 %.

Japan ist bei den Erfindungen spezialisiert auf die Elektroindustrie mit 42,2 %, darunter ADV- und Bürotechnik mit 12,9 %, gefolgt von der Chemischen Industrie mit 14,3 %, dem Maschinenbau mit 13,9 % und dem Bereich „Feinmechanik, Optik, Uhren“ mit 10,0 %.

Deutsche Anbieter haben in der dynamischen und in der stark wachsenden ADV und Bürotechnik sowie in der Gentechnik nicht mit den führenden Ländern mithalten. Sie lösten sich bezüglich der Erfindungen in der Vergangenheit zudem auch nicht von den Bereichen mit abnehmenden Innovationschancen. Faust (1996, S. 22–23) zieht aufgrund des Beharrens auf ältere Branchen daher ein insgesamt negatives Fazit:

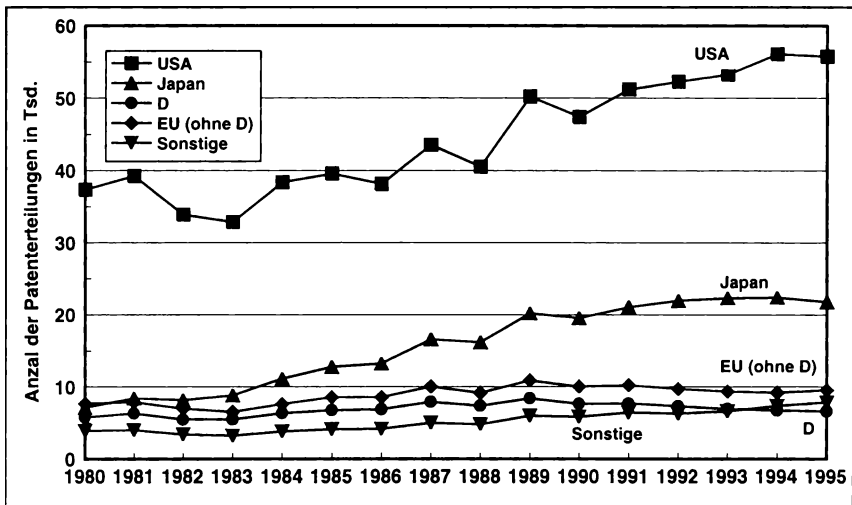
„Die Entwicklung der Innovationsdynamik der deutschen Industrie, wie sie in den Erfindungen mit internationaler Patentanmeldung zum Ausdruck kommt, ist unbefriedigend. Der Anteil der Erfindungen, die sich auf Industriezweige mit relativ geringer Wachstumsdynamik beziehen, konnten nicht im ausreichenden Maße variiert werden“. Und weiter: „Insgesamt hat sich der Anpassungsdruck auf die Branchen-

struktur der deutschen Industrieforschung erhöht. Die deutschen Unternehmen, die dieser Herausforderung mit einer Nischenstrategie begegneten, waren damit zum Teil sehr erfolgreich. Mit dieser Option ist allerdings ein weiterer Rückgang des Gewichts der deutschen Forschung im technologischen Wettbewerb verbunden.“ (Faust 1996, S. 23)

3. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indikators „Patenterteilungen in den USA“

Einer der bedeutendsten Technologiemarkte ist der amerikanische Markt. In den USA gibt es keine Offenlegungspflicht für Patentanmeldungen, d. h. Patentanmeldungen werden nicht – wie in den meisten anderen Ländern üblich – 18 Monate nach der Anmeldung veröffentlicht. Erst mit der Patenterteilung werden die in Amerika angemeldeten Erfindungen publiziert, was den Vergleich mit anderen Ländern anhand des US-amerikanischen Technologiemarktes schwierig macht (Erläuterung der Problematik bei Schmoch et al. 1988, S. 31–40). Für den US-amerikanischen Technologiemarkt wird daher hier die Anzahl der Patenterteilungen als Indikator verwendet.

Wie bei der Anzahl der Patentanmeldungen (vgl. Abschnitt E.III.2.) so zeigt sich auch bei der Analyse der Anzahl der Patenterteilungen die starke technologische Position Japans im internationalen Wettbewerb (Abb. 55).



Quelle: NSB (1996, S. 274); NSB (1998, appendix table 6-12)

Abbildung 55: Patenterteilungen in den USA zwischen 1980 und 1995 nach Herkunftsländern

An den 101.419 in den USA 1995 erteilten Patenten entfielen auf die USA selbst 55.739 Patenterteilungen, gefolgt von Japan mit 21.764 und Deutschland mit 6.600 Patenterteilungen (Daten aus NSB 1998, appendix table 6-12). Bemerkenswert ist auch hier die deutliche Zunahme der Patentanteile der Japaner. Lag z. B. 1980 die Zahl der Patenterteilungen an japanische Erfinder mit 7.124 nur geringfügig über der an Deutsche mit 5.782 Patenterteilungen, so hat sich die Schere zwischen Japan und Deutschland auf mehr als das Dreifache binnen 15 Jahren erhöht.

Während also Japan seine Position in den USA deutlich ausbaute, verharren die europäischen Länder inklusive Deutschland seit 1980 auf dem gleichen Niveau. Die USA selbst dokumentieren auf ihrem Binnenmarkt ihre verstärkten Erfindungsanstrengungen, wenn auch eine Betrachtung rein nationaler Patenterteilungen die amerikanische Position aufgrund des Heimvorteils etwas zu positiv darstellt.

4. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand der Patentspezialisierung im FuE-intensiven Bereich sowie bei vier Schlüsseltechnologien

Ein Land kann im Allgemeinen nicht in allen Produktgruppen gleich stark vertreten sein, denn aufgrund der internationalen Arbeitsteilung ist es zu einer Spezialisierung gezwungen. Eine derartige Spezialisierung spiegelt sich auch in den Patentstatistiken wider. Zur Feststellung der Patentspezialisierung der einzelnen Länder werden hier zentral die Indikatoren der Relativen Patentaktivität (RPA; Abschnitt E.III.4.a)) und der Patentanmeldungen pro Kopf verwendet.

Die Indikatoren der RPA und der Patentanmeldungen pro Beschäftigten oder pro Kopf werden auf den sog. FuE-intensiven Bereich im Vergleich der fünf großen OECD-Länder angewendet. Die *RPA-Analyse* wird zusätzlich auf vier Schlüsseltechnologien ausgedehnt. Der FuE-intensive Bereich wird dabei unterschieden in die Spitzentechnik und in die Höherwertige Technik. Als Differenzierungskriterium für die Abgrenzung des FuE-intensiven Bereichs sowie zur Unterscheidung zwischen den zwei Gruppen wird der Anteil der FuE-Ausgaben am Umsatz (FuE-Intensität) verwendet (Abschnitt E.III.4.b)).

Im internationalen Vergleich liegt Deutschland bei den *Patentanmeldungen* pro Kopf *beim Europäischen Patentamt* unter den Vergleichsländern in Führung (Abschnitt E.III.4.c)). Bei der RPA im FuE-intensiven Bereich führen die USA und Japan, während Deutschland in der Spitzentechnik Schwächen und in der Höherwertigen Technik Stärken zeigt.

Bei Anwendung der *RPA-Analyse* auf die vier bedeutenden *Schlüsseltechnologien* der Mikroelektronik, Multimedialechnik, Umwelttechnik und Bio-

technologie zeigt sich die schwache Position Deutschlands. Nur in der Umwelttechnik hat Deutschland eine führende Position inne (Abschnitt E.III.4.d)).

a) *Konzeption des Indikators „Relative Patentaktivität (RPA)“*

Spezielle Auskunft über die Patenterfolge eines Landes geben die verschiedenen Indikatoren der Patentanmeldungen sowie der Relativen Patentaktivität (RPA). Aus den outputorientierten Indikatoren der Patentanmeldungen pro Kopf bzw. der Patentanmeldungen pro Beschäftigten, der sog. „Patentintensität“, ergibt sich das Spezialisierungsmaß der *Relativen Patentaktivität* – manchmal auch als Relativer Patentanteil bezeichnet. Die RPA gibt über die relative Patentstärke eines Landes Auskunft und bildet sich ähnlich wie die drei marktorientierten Indikatoren des Relativen Welthandelsanteils (RWA), des Relativen Einfuhranteils (REA) und des Revealed Comparative Advantage (Abschnitt E.IV.2.).

$$RPA_{ij} = 100 \tanh \ln \left(\frac{P_{ij}}{\sum_i P_{ij}} \bigg/ \frac{\sum_j P_{ij}}{\sum_{ij} P_{ij}} \right) \quad \text{wobei:}$$

- i = Länderindex
- j = Produktgruppenindex
- P_{ij} = Anzahl der Patente eines Landes i in der Produktgruppe j
- Σ_i = Anzahl der Patente aller Länder in der Produktgruppe j
- Σ_j = Anzahl der Patente des Landes i in allen Produktgruppen
- Σ_{ij} = Anzahl der Patente aller Länder in allen Produktgruppen

Mit der RPA wird eine Norm als Durchschnittswert geschaffen, an der die einzelnen Produktgruppen gemessen werden. Bei der RPA ist die Norm das Verhältnis der gesamten Patentanmeldungen eines Landes zu den gesamten Patentanmeldungen aller Länder zusammen. Auf diese Norm wird das Verhältnis der Patentanmeldungen dieses Landes in der Produktgruppe j zu den Patentanmeldungen aller Länder in der Produktgruppe j bezogen.

Durch die Logarithmierung werden die Quotientenverhältnisse auf einer linearen Skala darstellbar, d. h. das Doppelte hat vom Einfachen denselben Abstand wie das Vierfache vom Doppelten etc. Durch den Tangens hyperbolicus (tanh) werden die Zahlen auf die Indexwerte ± 100 gebunden und aus „psychologischen“ Gründen dann mit 100 multipliziert (Näheres zur RPA-Methodik u. a. bei Legler et al. 1992, S. 45–47; Gehrke und Grupp 1994, S. 124–126; Grupp et al. 1997, S. 7; ähnlich wie bei RWA und RCA in Abschnitt E.IV.2.).

Falls der RPA-Wert positiv ist, meldet ein Land mehr Patente in einer Produktgruppe an als im Weltdurchschnitt aller übrigen Länder, es ist also stärker

und verzeichnet eine Spezialisierung. Bei einem negativen RPA-Wert ist das Land dagegen unterdurchschnittlich erfolgreich. Da nur die nationale Abweichung vom Welttrend berücksichtigt wird, findet sich die generelle Patentierung eines Landes bei der RPA nicht mehr wieder und ist davon unabhängig.

Grupp et al. (1997, S. 7) teilen die RPA-Werte der kontinuierlichen Skala in fünf Gruppen ein. Das Potenzial gilt als sehr hoch bei einem RPA-Wert von über +50, als überdurchschnittlich bei einem RPA-Wert von über +15 bis +50, als durchschnittlich bei einem RPA-Wert von über -15 bis +15, als unterdurchschnittlich bei einem RPA-Wert von über -50 bis -15 und als sehr gering bei einem RPA-Wert kleiner gleich -50.

*b) FuE-intensive Waren mit Spitzentechnik und Höherwertiger Technik:
Generelle Unterscheidung und Anpassung für die Analyse von Patentstatistiken*

Zur Ermittlung einer Spezialisierung sowohl im Außenhandel als auch bei Patentauswertungen bieten sich verschiedene Verfahren an, um Produktgruppen und Patentgruppen einzuteilen (Übersicht verschiedener Klassifikationen bei Legler 1987, S. 18–22; ferner auch Schmietow 1988, S. 29). Hier wird die in Deutschland gebräuchliche Einteilung FuE-intensiver Waren nach der sog. „ISI-Liste“ (Gehrke und Grupp 1994, S. 40) verwendet. Diese Liste der FuE-intensiven Waren wird zunächst in der Originalfassung und anschließend in einer für die Anwendung auf Patentklassifikationen modifizierten Form, der sog. Patentkonkordanzliste, erläutert.

ISI-Liste der FuE-intensiven Waren

Die Einteilung der FuE-intensiven Waren basiert auf der dritten Revision des internationalen Warenverzeichnisses für den Außenhandel, der Standard International Trade Classification (SITC) III. Sie beruht auf einer Zweiteilung der FuE-intensiven Waren in die Gruppe der Spitzentechnik und in die Gruppe der Höherwertigen Technik, und zwar anhand des Anteils der FuE-Ausgaben am Umsatz, der sog. FuE-Intensität (Tab. 71):

- Zur *Spitzentechnik* gehören alle Produktgruppen mit einer FuE-Intensität von mehr als 8,5 %. Innerhalb der Spitzentechnik gibt es einige Produktgruppen, bei denen der Staat einen beträchtlichen Einfluss über Subventionen, staatliche Nachfrage und Importschutz ausübt. Zu dieser sog. protektivierten Spitzentechnik zählen im Wesentlichen die radioaktiven Stoffe, die Produkte der Luft- und Raumfahrt, Produkte der Energieerzeugung sowie Waffen.
- Zur *Höherwertigen Technik* werden die Produktgruppen mit einer FuE-Intensität zwischen 3,5 % und 8,5 % gerechnet.

Tabelle 71
**Liste der FuE-intensiven Produktgruppen nach
der ISI-Terminologie, sog. „ISI-Liste“**

Spitzentechnik	Höherwertige Technik	
SITC III Kurzbezeichnung	SITC III Kurzbezeichnung	SITC III Kurzbezeichnung
Protektionierte Spitzentechnik	266 Synthesefasern	737 Schweißautomaten
525 Radioaktive Stoffe	277 Fortgeschrittene Schleifmittel	741 Industrielle Thermik
Luft- und Raumfahrt	515 Heterozyklische Chemie	744 Handhabungsmaschinen
714 Turbinen und -teile	522 Seltene anorg. Stoffe (Supraleiter)	745 Spezielle Maschinen
792 Luftfahrzeuge	524 Neuere anorganische Chemikalien	746 Wälzlager
718 Kern-, Wind- u. Wasserkraftwerke	531 Synthetische Farbstoffe	751 Büromaschinen, Textverarbeitung
891 Waffen	533 Pigmente, Beschichtungsmaterial	759 Fortgeschrittenes EDV-Zubehör
	542 Medikamente	
Übrige Spitzentechnik	551 Geruchs- und Geschmackstoffe	761 TV-, Videogeräte
516 Neuere organische Chemikalien	574 Fortgeschrittene Polyester	762 Mobilfunkgeräte
541 Pharmazeutische Produkte	598 Fortgeschrittene Chemikalien	763 Audiogeräte
575 Neuere Kunststoffe	663 Technische Keramik u. a.	772 Traditionelle Elektronik
591 Agrarchemie	689 Seltene Metalle	773 Glasfaserkabel
752 EDV-Anlagen	724 Textilmaschinen	781 Personenkraftwagen
764 Telekommunikation	725 Papiermaschinen	782 Nutzkraftwagen
774 Medizinische Elektronik	726 Druckmaschinen	791 Schienenfahrzeuge
776 Halbleiterbauelemente	727 Nahrungsmittelverarbeitung	872 Medizinische Instrumente
778 Fortgeschrittene Elektrotechnik	728 Fortgeschrittene Werkzeugmaschinen	873 Traditionelle Messgeräte
871 Fortgeschrittene Optik	731 Metall-Werkzeugmaschinen	881 Foto- und Filmgeräte
874 Fortgeschrittene Messgeräte	733 Cermet-Werkzeugmaschinen	882 Fotomaterial
	735 Werkzeugmaschinenteile	884 Glasfasern und Linsen

Quelle: Gehrke und Grupp (1994, S. 43)

Diese allgemeine Liste ist produktgruppenbezogen und nicht wirtschaftszweigbezogen. Die Differenzierung ist generell wertfrei, d. h. die Spitzentechnik ist nicht als „modern“ oder „neu“ einzustufen und die Höherwertige Technik nicht als „älter“ oder „weniger wertvoll“. Die ISI-Liste wird im Allgemeinen verwendet für die Analyse des Außenhandels, eignet sich aber auch zur Bestimmung der Patentspezialisierung.

Patentkonkordanzliste

Für die Verwendung der ISI-Liste zeigen Grupp et al. (1997, S. 21–25) eine Zuordnung in Form einer *Patentkonkordanzliste* auf (frühere Liste z. B. bei Legler et al. 1992, S. 39–44). Die Schwierigkeit bei der Analyse von Patentstatistiken liegt in der unterschiedlichen Klassifizierung der Patentdatenbanken gegenüber den Datenbanken, die auf der SITC-Klassifikation aufbauen. Daher kann die „ISI-Liste“ nicht in ihrer vollständigen Form verwendet werden, denn einige Produktgruppen, die in der Warenstatistik unterschieden werden, haben die gleiche Technologie und können in Patentdatenbanken nicht sauber voneinander getrennt werden. Beispielsweise werden die pharmazeutischen Wirkstoffe (unverpackt) in SITC 541 erfasst, während die Arzneiwaren (verpackt) in SITC

542 erfasst werden, obwohl sie beide auf der gleichen technologischen Erfindung beruhen.

In diesen und ähnlichen Fällen werden einzelne Produktgruppen zusammengefasst und eine modifizierte Patentkonkordanzliste mit 45 sog. Patentgruppen erstellt. In dieser Patentkonkordanzliste für den FuE-intensiven Bereich sind sowohl in der Spitzentechnik (15 Patentgruppen) als auch in der Höherwertigen Technik (30 Patentgruppen) einige Produktgruppen der ISI-Liste zusammengefasst und einige gestrichen worden (Tab. 72):

- In der *Spitzentechnik* fällt SITC 718 (Kern-, Wind- und Wasserkraftwerke) gegenüber der ISI-Liste weg, und durch verschiedene Zusammenlegungen verbleiben 15 Patentgruppen.
- In der *Höherwertigen Technik* wurde die Anzahl von 41 Produktgruppen auf 30 Patentgruppen zurückgeführt.

Tabelle 72

Patentkonkordanzliste mit 45 Patentgruppen mit einer Aufteilung des FuE-intensiven Bereiches in Spitzentechnik und Höherwertige Technik

Spitzentechnik	Höherwertige Technik	
SITC III Kurzbezeichnung	SITC III Kurzbezeichnung	SITC III Kurzbezeichnung
Protektionierte Spitzentechnik	<i>ex: Chemische Technik</i>	<i>ex: Kältetechnik, sonstige Maschinen</i>
525 Radioaktive Stoff	266 Synthesefasern	741 Industrielle Thermik
<i>ex: Luft- und Raumfahrt</i>	515 Heterozyklische Chemie	744 Handhabungsmaschinen
714 Turbinen und -teile	522 Seltene anorganisch Stoffe (Supraleiter)	745 Spezielle Maschinen
792 Luftfahrzeuge	524 Neuere anorganische Chemikalien	746 Wälzlager
891 Waffen	531 Synthetische Farbstoffe	761/Unterhaltungselektronik
	533 Pigmente, Beschichtungsmaterial	762/763
Übrige Spitzentechnik	551 Geruchs- und Geschmacksstoffe	<i>ex: Elektrotechnik</i>
<i>ex: Chemische Technik</i>	574/ Fortgeschrittene Polyester, Harze	772 Traditionelle Elektronik
516 Neuere organische Chemikalien	575	773 Glasfaserkabel
541/ Pharmazeutika, Medikamente	598 Fortgeschrittene Chemikalien	<i>ex: Kraftfahrzeugtechnik</i>
542	882 Fotomaterial	781 Personenkraftwagen
575 Neuere Kunststoffe	<i>ex: Arbeitsmaschinen</i>	782 Nutzkraftwagen
591 Agrarchemie	724 Textilmaschinen	791 Schienenfahrzeuge
751/ Büro- und Rechenmaschinen	725 Papiermaschinen	<i>ex: Mess-, Prüf- und Kontrolltechnik</i>
752/759	726 Druckmaschinen	872 Medizinische Instrumente
764 Telekommunikation	727 Nahrungsmittelverarbeitung	873 Traditionelle Messgeräte
<i>ex: Elektrotechnik</i>	728 Fortgeschrittene Werkzeugmaschinen	881/ Fotografie und Optik
774 Medizinische Elektronik	<i>ex: Metallverarbeitungsmaschinen</i>	884
776 Halbleiterbauelemente	731/ Spanabhebende Maschinen	<i>Patente nicht zuordnungsfähig</i>
778 Fortgeschrittene Elektrotechnik	733/735	277 Fortgeschrittene Schleifmittel
<i>ex: Mess-, Prüf- und Kontrolltechnik</i>	737 Schweißautomaten	663 Technische Keramik u. a.
871 Fortgeschrittene Optik		689 Seltene Metalle
874 Fortgeschrittene Messgeräte		

Unter „ex“ sind die früher verwendeten Bezeichnungen der Patentgruppen aufgeführt, wie sie z. B. Gehrke und Grupp (1994, S. 53) verwendeten. Drei Warengruppen können keiner Patentgruppe zugewiesen werden.

Quelle: Grupp et al. (1997, S. 23–24)

Diese Abbildung der Warenverzeichnisstruktur auf die Patentklassifikation enthält für Grupp et al. (1997, S. 24) zwei Extrema: Einige Patentgruppen weisen nur eine geringe Anzahl an Patentanmeldungen auf, während andere Patentgruppen eine sehr hohe Anzahl haben. Kleinere Patentgruppen, die nach Meinung von Grupp et al. (1997, S. 24) zu rechtfertigen sind, sind die Turbinen für Luftfahrzeuge (SITC 714) mit 25 deutschen und 326 weltweiten Patentanmeldungen, die synthetischen Spinnstoffe (SITC 266) mit 70 deutschen und 642 weltweiten Patentanmeldungen sowie die radioaktiven Stoffe (SITC 525) mit 71 deutschen und 569 weltweiten Patentanmeldungen zwischen 1989 und 1994. Bei allen anderen Patentgruppen gab es mehr als 100 deutsche Patentanmeldungen, wodurch eine gute empirische Basis gegeben ist.

Insgesamt stellten die ISI-Liste der FuE-intensiven Waren und die darauf aufbauende Patentkonkordanzliste mit 45 Patentgruppen eine gute Differenzierung zur Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mit outputorientierten Indikatoren (Abschnitt E.III.4.c)) bzw. mit marktorientierten Indikatoren (Abschnitte E.IV.3.–E.IV.5.) dar. Sie hat sich sowohl für internationale als auch nationale Analysen als sinnvoll erwiesen.

c) Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit im FuE-intensiven Bereich

Die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand outputorientierter Indikatoren wird nach der generellen Auswertung von Patentanmeldungen (Abschnitt E.III.2.) und Patenterteilungen (Abschnitt E.III.3.) nun auf den *FuE-intensiven Bereich* (Definition in Abschnitt E.III.4.b)) konzentriert. Für die Analyse des FuE-intensiven Bereichs der einzelnen Länder werden Daten vom Europäischen Patentamt (EPA) für die Jahre 1989 bis 1994 verwendet und anhand der Patentintensität, d. h. Patentanmeldungen pro 1 Mio. Beschäftigte, sowie anhand der Relativen Patentaktivität (RPA; Definition in Abschnitt E.III.4.a)) analysiert (ausführliche Ergebnisse bei Grupp et al. 1997, S. 32–33). Deutschland ist insgesamt gut im gesamten FuE-intensiven Bereich, schwach in der Spitzentechnik und stark in der Höherwertigen Technik.

Deutschland hat 1994 im gesamten *FuE-intensiven Bereich* eine recht gute Position und liegt bei der Patentintensität an erster Stelle, hat aber Defizite bei der RPA (Tab. 73). Bei der RPA ist dagegen Japan stark und liegt deutlich vor den drei europäischen Ländern und knapp vor den USA an erster Stelle. Ferner verzeichnet allein Japan positive RPA-Werte sowohl in der Spitzentechnik als auch in der Höherwertigen Technik (Abb. 56).

In der *Spitzentechnik* gibt es eine starke Spezialisierung der USA, die sogar stärker ist als diejenige Japans, während Deutschland 1994 zusammen mit den anderen europäischen Ländern eine schwache Position vorweist. Die USA sind

Tabelle 73

Patentintensität (Patentanmeldungen pro 1 Mio. Beschäftigte) und Relative Patentaktivität (RPA) am Europäischen Patentamt im FuE-intensiven Bereich, in der Spitzentechnik und in der Höherwertigen Technik

FuE-intensiver Bereich	Deutschland		Frankreich		Großbritannien		Japan		USA	
	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA
1989	214	-9	142	-10	100	-6	173	13	101	5
1990	189	-11	140	-8	90	-6	169	13	105	5
1991	193	-9	143	-7	86	-10	150	13	106	5
1992	198	-9	135	-6	93	-5	134	13	106	5
1993	194	-10	130	-10	87	-6	132	14	100	5
1994*	212	-8	146	-3	n.v.	n.v.	125	11	107	10
Spitzentechnik	Deutschland		Frankreich		Großbritannien		Japan		USA	
	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA
1989	64	-39	56	-13	43	0	79	24	49	22
1990	58	-39	57	-10	39	-1	78	23	52	20
1991	56	-41	59	-7	37	-6	69	22	52	22
1992	59	-39	54	-10	41	3	60	20	52	22
1993	58	-39	52	-13	38	-1	58	20	50	23
1994*	64	-39	58	-9	n.v.	n.v.	55	15	55	30
Höherwertige Technik	Deutschland		Frankreich		Großbritannien		Japan		USA	
	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA	Patentintensität	RPA
1989	150	8	86	-7	57	-9	94	5	52	-9
1990	131	6	83	-7	50	-9	91	5	54	-9
1991	136	11	84	-7	49	-13	81	5	54	-10
1992	139	9	82	-3	51	-11	75	7	54	-9
1993	135	8	78	-7	49	-11	73	9	50	-10
1994*	149	10	89	1	50	-9	70	7	52	-9

*) Zahlen für 1994 hochgerechnet.

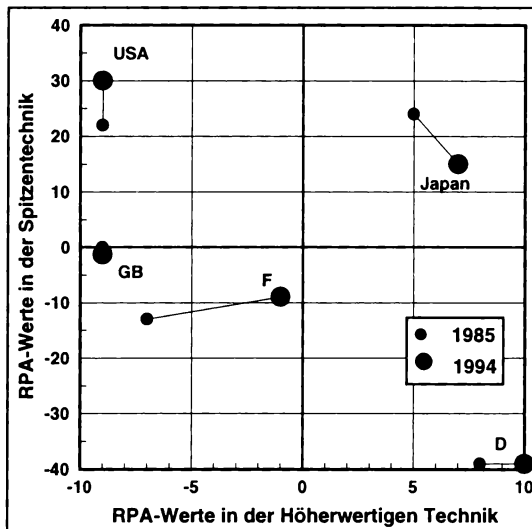
Quelle: Grupp et al. (1997, S. 32–34). Basis für Abb. 56

überdurchschnittlich stark vertreten mit einem RPA-Wert von 30. Japan ist recht stark spezialisiert mit einem RPA-Wert von 15, im Mittelfeld folgen Frankreich mit einem RPA-Wert von -9 und Großbritannien mit einem RPA-Wert von -1 (in 1993). Deutschland liegt klar an letzter Stelle mit einem RPA-Wert von -39.

Anders ist hingegen die Verteilung bei der *Höherwertigen Technik*. Hier erzielt Deutschland sowohl bei der Patentintensität als auch bei der RPA gute Werte und liegt 1994 vor Japan an erster Stelle, während die USA in der Hö-

herwertigen Technik nur mäßig erfolgreich sind. Die RPA-Werte der fünf Länder decken eine weite Spanne ab: der RPA-Wert reicht von dem führenden Land Deutschland mit einem RPA-Wert von 10 bis hin zu Großbritannien und den USA mit einem RPA-Wert von -9.

Bezüglich der technologischen Wettbewerbsfähigkeit kristallisieren sich bestimmte Stärken und Schwächen einzelner Länder heraus: Deutschland hat ausgewiesene Stärken in der Höherwertigen Technik und deutliche Schwächen in der Spitzentechnik. Japan zeichnet sich als einziges Land sowohl im gesamten FuE-Bereich als auch in der Spitzentechnik und in der Höherwertigen Technik mit sehr guten Werten aus. Die USA sind stark in der Spitzentechnik und schwächer in der Höherwertigen Technik. Frankreich ist bei beiden Gruppen etwa im Durchschnitt, und Großbritannien ist etwas schwächer in der Höherwertigen Technik als in der Spitzentechnik, aber auch insgesamt eher schwach.



Für Großbritannien sind die Werte aus 1993 verwendet worden.
Zahlenquelle: Tabelle 73

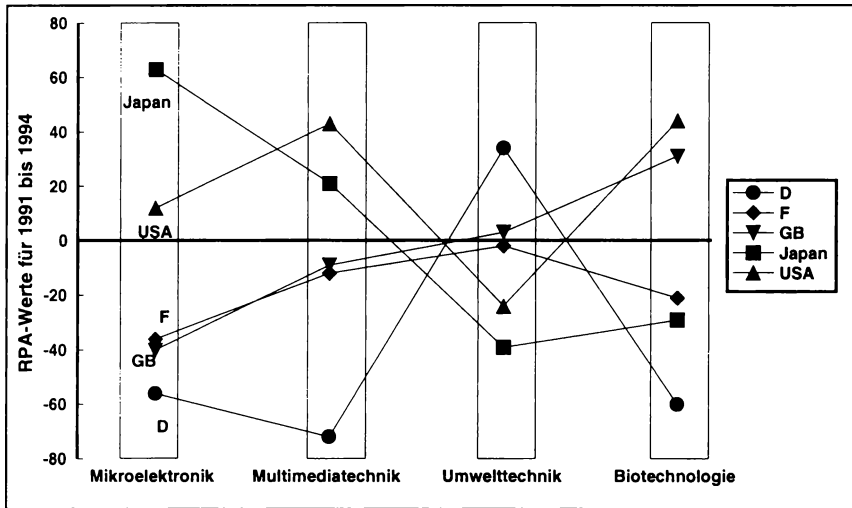
Abbildung 56: RPA-Werte in der Spitzentechnik zu RPA-Werten in der Höherwertigen Technik für 1985 und 1994

d) *Patentspezialisierung in der Mikroelektronik, Multimediatechnik, Umwelttechnik und in der Biotechnologie*

Bisher wurde die technologische Wettbewerbsfähigkeit aus outputorientierter Sicht anhand der Auswertungen von Patentanmeldungen, Patenterteilungen sowie der Patentspezialisierung im FuE-intensiven Bereich betrachtet. Nun soll

die Analyse auf vier ausgewählte Schlüsseltechnologien konzentriert werden, die in der forschungs- und wirtschaftspolitischen Diskussion gemeinhin als besonders bedeutend angesehen werden (Grupp 1997, S. 20; ähnlich auch Grupp 1995a).

Für die Mikroelektronik (Komponententechnologie gemäß Definition in Abschnitt E.I.6.; Tab. 62; Abb. 4), Multimedialechnik (Technologiefeld), Umwelttechnik (Systemtechnologie) und Biotechnologie (Komponententechnologie) verglichen Grupp et al. (1997, S. 50–57) die Position der Industrienationen anhand des *Mittelwertes der RPA-Werte von 1991 bis 1994*. An der Patentkonkordanzliste anknüpfend nahmen sie zunächst eine Stichwortsuche vor. Die vier Schlüsseltechnologien wurden dann in 20 einzelne abgetrennte Felder unterteilt, um Detailanalysen vornehmen zu können. Deutschland hat unter den vier Schlüsseltechnologien nur in der Umwelttechnik eine gute Position (Abb. 57).



Zahlenquelle: Tabellen 74–77

Abbildung 57: Mittelwert der RPA-Werte zwischen 1991 und 1994 in der Mikroelektronik, Multimedialechnik, Umwelttechnik und Biotechnologie

Mikroelektronik

Die Mikroelektronik gilt als eine der bedeutendsten Technologien für das 21. Jahrhundert (Abschnitt E.I.6.). Deutschland zeigt seit langem Schwächen in der Mikroelektronik (beispielhafte Analysen von Hess 1985; Gerstenberger 1992; Vogel 1994). Die allgemein fehlende Spezialisierung und die klare Schwäche Deutschlands in der Mikroelektronik werden auch bei der Analyse der RPA-Werte deutlich (Tab. 74).

Tabelle 74
**Patentspezialisierung anhand der RPA-Werte
 der fünf großen OECD-Länder in der Mikroelektronik**

Spezialisierung RPA 1991–94	LED¹⁾– Technik	Integrierte Halbleiter	nicht integrierte Halbleiter	Optische Halbleiter	Mikroelektronik gesamt
Deutschland	–36	–74	–61	–39	–56
Frankreich	–74	–16	–44	–5	–36
Großbritannien	44	–41	–76	10	–40
Japan	82	59	61	52	63
USA	–75	13	26	–6	12

1) LED = Light Emitting Diode

Quelle: Grupp et al. (1997, S. 55)

Als einziges Land mit durchgängig positiven Spezialisierungswerten liegt Japan klar an der Spitze. Die USA, die eine insgesamt positive Spezialisierung in der Mikroelektronik aufweisen, haben die LED-Technik fast aufgegeben und zeigen auch in der Optoelektronik nur durchschnittliche Aktivitäten (Grupp et al. 1997, S. 53). Deutschland liegt insgesamt, vor allem auch bei den integrierten Halbleitern, weit hinter den anderen Nationen zurück. Auch bei den zukünftigen Wachstumsfeldern, wie den optischen Halbleitern, ist Deutschland im Vergleich zu den anderen vier Nationen deutlich im Rückstand. Großbritannien konzentriert sich beispielsweise viel stärker auf die LED- und optoelektronische Technik. Beide Techniken gelten als vielversprechend, denn die Photonik soll in Teilbereichen die Mikroelektronik ablösen können (Grupp 1995a, S. 77–90). Es bestätigen sich hier die Ergebnisse der Technologiestudien bezüglich der nachhaltigen Schwäche Deutschlands in den meisten Technologiefeldern der Mikroelektronik (Abschnitt E.I.6.).

Multimediatechnik

Die Multimediatechnik vereinigt Text, Grafik, Bild, Ton und Film (Video) in digitaler Form (Kellerhals 1993, S. 160). Für die breite Anwendung von Multimedia bedarf es neben einer guten PC-Ausstattung auch geeigneter Software, oftmals verbunden mit einer Anschlussmöglichkeit an das Internet. Aufgrund der weitreichenden Wirkungen der Multimediatechnik in der Berufs- und Freizeitwelt, z. B. über Telearbeit oder Homebanking, kreierte in Deutschland das BMBF den Slogan „Multimedia möglich machen“ für Förderaktivitäten im Bereich Multimedia (Analyse der ökonomischen Wirkungen z. B. von Hofmann und Saul, 1996, Freeman und Soete 1994, ferner auch Alfred Herrhausen Gesellschaft 1995). Deutschlands Position ist bezogen auf die Patentanmeldungen eher schwach (Tab. 75).

Tabelle 75
**Patentspezialisierung anhand der RPA-Werte
 der fünf großen OECD-Länder in der Multimedia-technik**

Spezialisierung RPA 1991–94	Digitale Daten- verarbeitung	Bildverar- beitung	Daten- speicher	Digitale Daten- übertragung	Multimedia- technik gesamt
Deutschland	–81	–89	–95	–34	–72
Frankreich	–23	–37	–99	32	–12
Großbritannien	–10	–11	–93	14	–9
Japan	–17	59	86	–30	21
USA	61	22	–37	28	43

Quelle: Grupp et al. (1997, S. 55)

In der Multimedia-technik steht Deutschland noch ungünstiger dar als bei der Mikroelektronik. Führend im Bereich der Multimedia-technik sind mit deutlichem Abstand die USA, gefolgt von Japan und mit einigem Abstand Großbritannien sowie Frankreich. Deutschland hat – bis auf die digitale Datenfernübertragung – bei der Spezialisierung in der Multimedia-technik einen großen Rückstand (Grupp et al. 1997, S. 54–55). Japan ist stark bei der Bildverarbeitung und als einziges Land bei den Datenspeichern, was anscheinend auch eine Folge der Stärke in der Mikroelektronik ist. Frankreich und Großbritannien zeigen Stärken in der digitalen Bildübertragung. Es bestätigen sich hier die bereits in den Technologiestudien bei einigen Technologiefeldern wie den Datenspeichern und der digitalen Bildübertragungen getroffenen Einschätzungen (Abschnitt E.I.6.).

Umwelttechnik

Die Umwelttechnik gewinnt angesichts der zunehmenden globalen Umweltprobleme und der knapper werdenden Rohstoffvorräten (Näheres z. B. bei Gore 1992) kontinuierlich an Bedeutung. Mit neuen Technologien lassen sich bei der Energieerzeugung und -nutzung, bei der Produktion oder auch im Transport gegenwärtig hohe Einsparpotenziale realisieren (ausführliche Beispiele bei von Weizsäcker et al. 1995). Für die Zukunft scheint Deutschland in diesem Technologiebereich gut vorbereitet zu sein.

In der Umwelttechnik weist Deutschland über alle Bereiche hinweg eine positive Spezialisierung auf und ist weltweit in einer Führungsposition (Tab. 76). Die USA und Japan zeigen in der Umwelttechnik Schwächen, wobei die USA zusammen mit Großbritannien und Frankreich in der Umweltmesstechnik stark sind. Japan kann nur in der Luftreinhaltung gute Werte vorweisen (Grupp et al. 1997, S. 55–56). Die einzelnen Länder setzen anscheinend unterschiedliche Schwerpunkte in der Umwelttechnik. Deutschlands Position ist also – wie es schon in den Technologiestudien deutlich wurde (Abschnitt E.I.6.) – insgesamt als stark in der Umwelttechnik einzuschätzen.

Tabelle 76
**Patentspezialisierung anhand der RPA-Werte
 der fünf großen OECD-Länder in der Umwelttechnik**

Spezialisierung RPA 1991–94	Wasser- reinhaltung	Recycling	Abfallbe- seitigung	Lärmver- meidung	Luftrein- haltung	Umwelt- messtechnik	Umwelttech- nik gesamt
Deutschland	28	48	33	39	35	-2	34
Frankreich	-10	-27	36	5	-36	58	2
Großbritannien	12	-33	-4	28	-5	40	3
Japan	-45	-66	-72	-47	28	-71	-39
USA	-27	-27	-30	-32	-32	16	-24

Quelle: Grupp et al. (1997, S. 56)

Biotechnologie

Die Biotechnologie ist mit zahlreichen Anwendungsfeldern wie der Landwirtschaft oder der Medizin eine der großen Schlüsseltechnologien für das 21. Jahrhundert (Beispiele mit Marktdaten z. B. bei Ernst & Young 1995). Einschneidende Veränderungen werden insbesondere in der Chemischen Industrie, in der Pharmazie sowie in der Lebensmittelindustrie erwartet. Die Patentanmeldungen in der Biotechnologie geben Auskunft darüber, wie ein Land – respektive seine Unternehmen – auf die technologischen Herausforderungen vorbereitet ist. Deutschland hat eine eher schlechte Ausgangsposition (Tab. 77).

Tabelle 77
**Patentspezialisierung anhand der RPA-Werte
 der fünf großen OECD-Länder in der Biotechnologie**

Spezialisierung 1991–94	Medizin	Analytik/ Stoffanalyse	Land- wirtschaft	Lebens- mittel	Umwelt	Biotechno- logie gesamt
Deutschland	-78	-58	-64	-67	24	-60
Frankreich	-10	-31	-7	16	8	-21
Großbritannien	34	28	54	4	30	31
Japan	-64	-43	-74	15	-59	-29
USA	57	50	53	-47	-42	44

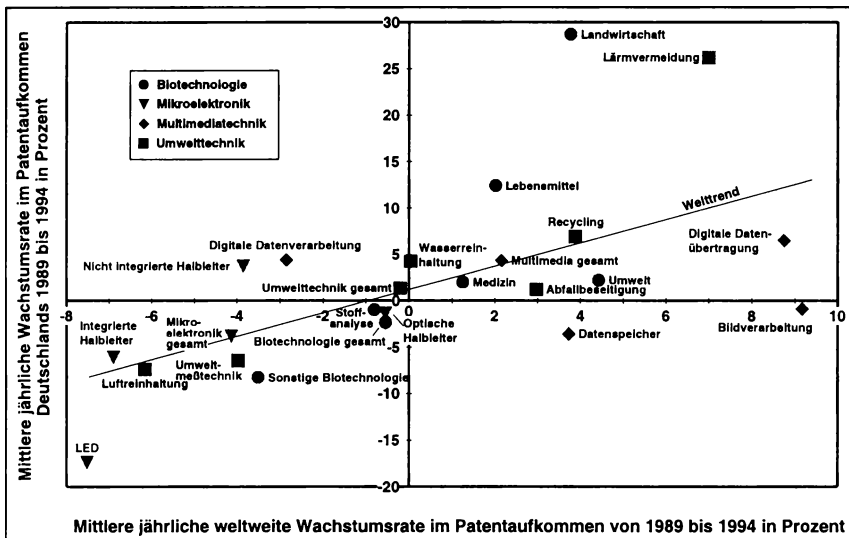
Quelle: Grupp et al. (1997, S. 57)

Im Bereich der Biotechnologie gehen die Industrienationen mit unterschiedlichen Strategien ans Werk. Die USA haben eine Führungsrolle in den Teilbereichen der Medizin, Analytik und Landwirtschaft, zeigen jedoch Schwächen in den Bereichen von Lebensmittel und Umwelt. Japan spielt – bis auf den Bereich der Lebensmittel – eine geringe Rolle. Deutschland hingegen zeigt auch bei der Biotechnologie deutliche Schwächen, einzig die Umweltbiotechnologie bildet mit einer positiven Spezialisierung eine Ausnahme. Bemerkenswert ist die

durchweg positive Spezialisierung Großbritanniens, während sich Frankreich auf die Lebensmittel- und Umweltbiotechnologie konzentriert hat. Deutschlands Position ist – ähnlich wie in den Technologiestudien (Abschnitt E.I.6.) – insgesamt durch einen zum Teil deutlichen Rückstand gekennzeichnet.

Gesamtbewertung

Bei den dynamischen Wachstumsraten des Patentaufkommens liegt Deutschland in vielen Gebieten im weltweiten Trend, d. h. wo das weltweite Patentaufkommen wächst, da wächst auch das Patentaufkommen Deutschlands. Grupp et al. (1997, S. 58) sehen maßgebliche Abweichungen gegenüber dem Welttrend (Trendlinie in Abb. 58) in drei Gruppen:



Zusätzlich ist die sonstige Biotechnologie (Bioverfahrenstechnik) eingetragen.

Quelle: Grupp et al. (1997, S. 58)

Abbildung 58: Mittlere jährliche Wachstumsrate des Patentaufkommens Deutschlands zu mittlerer jährlicher weltweiter Wachstumsrate des Patentaufkommens in den Jahren 1989 bis 1994 in Prozent

- Deutlich *höhere Wachstumsraten* als der Welttrend gibt es unter der Biotechnologie in der Landwirtschaft und in den Lebensmitteln, jedoch von einem niedrigeren Niveau ausgehend. Positiv entwickeln sich ferner in Deutschland auch die Gebiete der Lärmvermeidung, Wasserreinhaltung, sowie – mit negativem Welttrend – der digitalen Bildverarbeitung und der nicht integrierten Halbleiter.

- Deutlich *hinter der weltweiten positiven Wachstumsrate* liegt Deutschland mit seinem Patentaufkommen bei den weltweit am stärksten wachsenden Gebieten der digitalen Datenübertragung und der multimedialen Bildverarbeitung. Auch bei den ebenfalls weltweit wachsenden Patentaufkommen in den Gebieten der Datenspeicher, Umweltbiotechnologie und Abfallbeseitigung liegt Deutschland hinter dem Welttrend.
- Bei einigen Gebieten nimmt das Patentaufkommen Deutschlands schneller ab als im Welttrend, so insbesondere in der ausgereiften Technologie der LED-Technik, ferner auch in der sonstigen Biotechnologie und in der Umweltsmesstechnik.

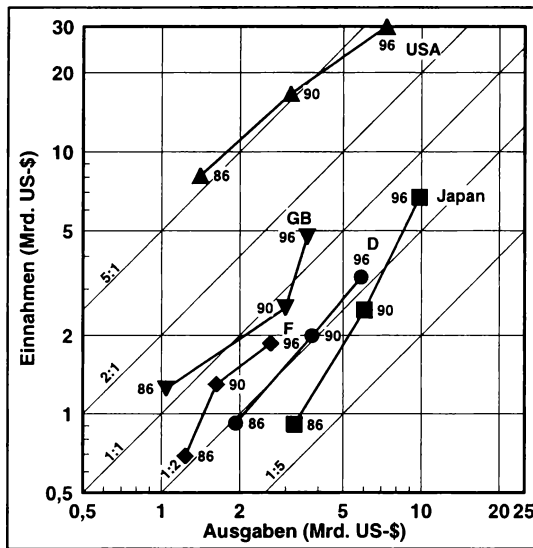
Insgesamt ist die Position Deutschlands in den vier ausgewählten Schlüsseltechnologien durch Stärken und Schwächen gekennzeichnet. Stärken liegen insbesondere in der Umwelttechnik und in einigen Technologiefeldern der Biotechnologie, während Schwächen sich in der Mikroelektronik und der Multimediaetechnik zeigen. Anhand der Wachstumstrends zeigt sich zudem eine allgemein zunehmende Spezialisierung in der Biotechnologie und eine Präferenzierung des Gebietes der Lärmvermeidung in der Umwelttechnik.

5. Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mittels des Indikators „Patent- und Lizenzbilanz“

Neben den Analysen mittels Patentstatistiken steht mit der *Patent- und Lizenzbilanz* ein outputorientierter Indikator, bei dem der Austausch von technischem Wissen zwischen In- und Ausland in monetären Größen erfasst wird (Schmietow 1988, S. 142). In der Patent- und Lizenzbilanz werden alle Zahlungen zwischen In- und Ausland erfasst, die zum Erwerb bzw. zur Nutzung von Schutzrechten wie z. B. Patenten oder Urheberrechten sowie für nichtgeschützte Erfindungen während eines bestimmten Zeitraumes getätigt werden.

Bei der Analyse der Patent- und Lizenzbilanz sollten zwei Dinge beachtet werden: Zum einen kann der Technologietransfer zwischen in- und ausländischen Unternehmen nicht berücksichtigt werden, falls nach dem Prinzip der Gegenseitigkeit vorgegangen wird (ausführlich bei Börnsen et al. 1985, S. 33–34). Zum anderen werden zahlreiche Transaktionen zwischen Unternehmen eines Konzerns bzw. zwischen Unternehmen abgewickelt, die miteinander verbunden sind; diese Transaktionen sind aber nicht erfaßbar (Näheres bei Deutsche Bundesbank 1996b, S. 65).

Im Folgenden wird die Patent- und Lizenzbilanz der fünf Vergleichsländer für die Jahre 1986, 1990 und 1996 miteinander verglichen. Die USA verzeichnen die größten Einnahmenüberschüsse, während Deutschland und Japan klare Nettozahler sind (Abb. 59).



Quelle: Deutsche Bundesbank (1996a, S. 20); Deutsche Bundesbank (1998, S. 20)

Abbildung 59: Patente und Lizenzen in den Zahlungsbilanzen in Mrd. US-\$ für die Jahre 1986, 1990 und 1996

In der Patent- und Lizenzbilanz weisen die *USA* als einziges Land seit Jahren Einnahmenüberschüsse aus (andere Analysen bei Schmietow 1988, S. 142–145; Bellendorf 1994, S. 171–172). Den Saldo von Einnahmen und Ausgaben erhöhten die *USA* von 6,70 Mrd. US-\$ in 1986 auf 22,65 Mrd. US-\$ in 1996 auf das 3,3-fache (Zahlen aus Deutsche Bundesbank 1996a und 1998, S. 20). Die Einnahmen von 29,97 Mrd. US-\$ überstiegen 1996 die Ausgaben von 7,32 Mrd. US-\$ um das Vierfache.

Seit den 1970er Jahren haben Deutschland und Japan jährlich Ausgabenüberschüsse. In *Deutschland* nahm der negative Saldo von 1,01 Mrd. US-\$ in 1986 über 1,81 Mrd. US-\$ in 1990 auf 2,55 Mrd. US-\$ in 1996 zu. Die Ausgaben haben erst in den 1990er Jahren weniger zugenommen als die Einnahmen, so dass sich das Verhältnis von Einnahmen zu Ausgaben von 0,52 in 1990 leicht auf 0,57 in 1996 verbessert hat.

Japan erwirbt ebenfalls mehr Patente und Lizenzen, als es Nutzungsrechte verkauft. Den Ausgaben in Höhe von 9,83 Mrd. US-\$ standen 1996 Einnahmen in Höhe von 6,68 Mrd. US-\$ gegenüber. Das Verhältnis von Einnahmen zu Ausgaben lag 1996 bei 0,68 und damit deutlich über 0,41 in 1990 und 0,28 in 1986.

Großbritannien wies 1996 einen Einnahmenüberschuss von 1,10 Mrd. US-\$ auf, während *Frankreich* ein Defizit von 0,77 Mrd. US-\$ verzeichnete.

Zu den Ergebnissen merkt die Deutsche Bundesbank (1996b, S. 72) an:

„Zudem lassen positive Salden bei den Nutzungsrechten nicht ohne weiteres den Schluss zu, dass das betreffende Land über fortgeschrittene Technologien verfügt, die zugleich auch Wettbewerbsvorteile und Außenhandelsüberschüsse gewährleisten.“ Ferner *„entfallen im Bereich ‘Patente, Erfindungen und Verfahren’ über 90 % der Einnahmen und Ausgaben auf Unternehmen, die über Beteiligungen mit dem Ausland verbunden sind.“* (Deutsche Bundesbank 1996b, S. 65)

Zudem können hohe Ausgabenüberschüsse auch aufgrund der internationalen Arbeitsteilung entstehen und ein Zeichen für den zusätzlichen Bedarf an technischem Wissen für die eigene Wertschöpfung sein.

Insgesamt wird die starke Position der USA als Technologieausfuhrland deutlich. Ihre Ausgabenüberschüsse liegen dauerhaft über denen der anderen Länder. Einzig Großbritannien hat es noch geschafft, 1996 Zahlungsüberschüsse zu erzielen. Unter den fünf Ländern konnte sich nur Deutschland in den Jahren 1986 bis 1996 nicht verbessern, während Frankreich und Japan ihre Defizite verringerten. Deutschland lag daher 1996 auch auf dem letzten Platz. Der Bedarf an ausländischem technischen Wissen scheint nach wie vor höher zu sein als der ausländische Bedarf an deutschem technischen Wissen.

6. Zusammenfassung der outputorientierten Indikatoren: Deutschlands technologische Wettbewerbsfähigkeit mit Stärken und Schwächen

Die Analyse der outputorientierten Indikatoren zeigt für Deutschland ein uneinheitliches Bild bezüglich der technologischen Wettbewerbsfähigkeit. Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands nach outputorientierten Indikatoren ist im Vergleich zu den Wettbewerberländern durch Stärken und Schwächen gekennzeichnet. Japan hat den in den 1980er Jahren begonnenen Trend fortgesetzt und sich zu einer patentstarken Nation entwickelt, und die USA dominieren weiterhin bei vielen Schlüsseltechnologien.

Deutschland liegt bei der Zahl der Patentanmeldungen pro Beschäftigtem bzw. pro Kopf auf dem ersten Platz. Bei den absoluten Patentanmeldungen hingegen kann Deutschland mit den größeren Nationen USA und Japan nicht konkurrieren. Den ersten Platz nimmt Deutschland sowohl bei den Triade-Patentanmeldungen als auch bei den Patentanmeldungen pro Kopf im FuE-intensiven Bereich ein. Die RPA-Werte im FuE-intensiven Bereich hingegen sind durchgewachsen: Während Deutschland hinter den vier großen Wettbewerberländern im gesamten FuE-intensiven Bereich und in der Spitzentechnik mit Abstand auf dem fünften Platz liegt, zeichnet sich Deutschland durch den ersten Platz in der Höherwertigen Technik aus. Ursache dafür ist insbesondere die Struktur der Patentanmeldungen. So wird die Mehrzahl der Patentanmeldungen

von älteren, kaum wachsenden Wirtschaftszweigen wie z. B. dem Maschinenbau oder der klassischen organischen und anorganischen Chemie erbracht.

Schwächen hingegen liegen eindeutig in den ausgewählten Schlüsseltechnologien. Bei der Mikroelektronik, Multimediatechnik und der Biotechnologie liegt Deutschland nur auf Platz 5, einzig in der Umwelttechnik wird mit Platz 1 eine Spitzenposition eingenommen. Für die Schwäche ist ferner die seit Jahren negative Patent- und Lizenzbilanz verantwortlich, deren negativer Saldo weiter kontinuierlich ansteigt. Deutschland ist demnach nahezu in der gesamten Breite nach wie vor ein Technologieeinfuhrland.

Japan hat die rasante Entwicklung der 1980er Jahre zwar nicht ganz halten können, gilt aber in vielen Bereichen als die technologisch führende Nation. Dies zeigt sich beispielsweise in den hohen Patentanmeldungen pro Beschäftigtem bzw. pro Kopf, bei denen Japan hinter Deutschland auf Platz 2 bzw. hinter Deutschland und den USA auf Platz 3 liegt. Im FuE-intensiven Bereich hat Japan mit Platz 1 eine herausragende Stellung, in der Spitzentechnik mit Platz 2 und in der Höherwertigen Technik ebenfalls mit Platz 2 – gemessen jeweils am RPA-Wert. Die starken Wirtschaftszweige der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie sowie der „ADV- und Bürotechnik“ sind für die Spitzenplätze Japans in der Mikroelektronik mit Platz 1 und in der Multimediatechnik mit Platz 2 verantwortlich. Schwach ist Japan hingegen noch in den Technologiefeldern, die von der Chemischen Industrie mitbestimmt sind, so in der Umwelttechnik mit Platz 5 und der Biotechnologie mit Platz 4. Nach wie vor ist die seit Jahren negative Patent- und Lizenzbilanz ein Ausdruck für den hohen Bedarf an Technologieeinführen.

Die Patentaktivitäten dokumentieren die herausragende Stellung der *USA* als Technologieproduzent, was sich u. a. in der Patent- und Lizenzbilanz an den hohen Überschüssen zeigt. Bei den absoluten Anmeldungen der „Triadepatente“ liegen die USA weit in Führung, ähnlich auch bei den Patentanmeldungen beim Europäischen Patentamt. Im FuE-intensiven Bereich haben die USA mit Platz 2 eine gute Position. Sie liegen in der Spitzentechnik auf Platz 1 und nur in der Höherwertigen Technik zusammen mit Großbritannien auf Platz 4. Die starken patentintensiven Wirtschaftszweige der USA wie z. B. die Elektrotechnik und die Chemie sorgen auch in den vier analysierten Schlüsseltechnologien für außerordentlich gute Plazierungen, so in der Mikroelektronik mit Platz 2, in der Multimediatechnik und in der Biotechnologie mit Platz 1. In der Umwelttechnik rangiert die USA nur auf Platz 4, gleichwohl in einigen Bereichen ebenfalls eine weltweit führende Position erreicht wird.

Frankreich und *Großbritannien* liegen in den meisten Bereichen hinter den drei technologisch führenden Nationen auf den Plätzen 4 und 5, meist mit wechselnden Rangfolgen. Beide Länder sind sowohl bezüglich ihrer absoluten Patentanmeldungen als auch hinsichtlich ihrer Spezialisierung etwas weniger

bedeutend als die anderen drei Länder. Frankreich kann beispielsweise bei den Patentanmeldungen pro Kopf in den FuE-intensiven Produktgruppen bzw. auch in der Spitzentechnik und in der Höherwertigen Technik gute Ergebnisse vorweisen. Großbritannien erzielt u. a. exzellente Ergebnisse in der Umwelttechnik und in der Biotechnologie. Es hat eine positive Patent- und Lizenzbilanz.

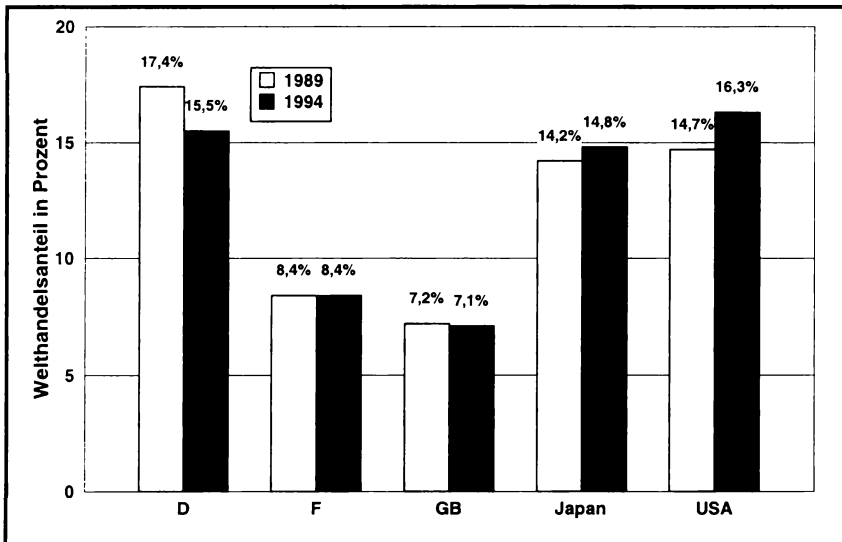
Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands auf Basis outputorientierter Indikatoren ist insgesamt als verbesserungswürdig einzustufen, denn insbesondere in den stark wachsenden Schlüsseltechnologien der Biotechnologie, Mikroelektronik und Multimedialechnik liegen die Schwächen deutscher Patentaktivitäten.

IV. Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand marktorientierter Indikatoren

Nach der Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand input- und outputorientierter Indikatoren wird nun gemäß der Dreiteilung von Schmietow (1988, S. 26) der Fokus auf marktorientierte Indikatoren gelegt. *Marktorientierte Indikatoren* bilden den bereits erzielten Erfolg eines Landes bzw. Wirtschaftszweiges auf den Gütermärkten ab und sind daher eher vergangenheitsorientierte als zukunftsorientierte Indikatoren. Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über die Welthandelsanteile gegeben, die von detaillierten Analysen ergänzt werden.

Als Überblick werden hier die gesamten Verarbeiteten Industriewaren zwischen 1989 und 1994 miteinander verglichen. Damit wird einerseits die starke industrielle Ausprägung Deutschlands berücksichtigt, andererseits aber auch der schnell wachsende Dienstleistungssektor vernachlässigt, in dem Deutschland eher schwächer ist. Beim Anteil an der weltweiten Ausfuhr der gesamten Verarbeiteten Industriewaren hält Deutschland weiterhin einen Spitzenplatz (Abb. 60). Der Anteil ist zwischen 1989 und 1994 von 17,4 % auf 15,5 % gesunken. Im gleichen Zeitraum stieg hingegen der Anteil der USA von 14,7 % auf 16,3 % und der Japans von 14,2 % auf 14,8 %. Frankreich erreichte einen unveränderten Anteil von 8,4 % in beiden Jahren. Großbritannien blieb mit 7,2 % in 1989 und 7,1 % in 1994 ebenfalls nahezu unverändert. Deutschland hat also Weltmarktanteile verloren, während die Konkurrenten USA und Japan an Boden gewinnen konnten.

Der leichte Rückgang des Welthandelsanteils bei den Verarbeiteten Industriewaren insgesamt soll hier nun näher analysiert werden. Für die Analyse mittels marktorientierter Indikatoren werden als Datenbasis aufgrund der hohen Datenqualität die Außenhandelsstatistiken der OECD verwendet. Die marktorientierten Indikatoren haben generell eine hohe *Aussagekraft*, wobei einzelne Aspekte bei ihrer Verwendung zu berücksichtigen sind (Abschnitt E.IV.1.).



Quelle: Werte für 1994 aus NIW (1997, S. 2-18), für 1989 aus Legler et al. (1992, S. 102)

Abbildung 60: Welthandelsanteil bei den Verarbeiteten Industriewaren der fünf großen OECD-Länder in 1989 und 1994

Zwei Indikatoren werden oft zur Ermittlung der relativen Stärken und Schwächen verwendet: der „*Relative Welthandelsanteil*“ (RWA) und der „*Revealed Comparative Advantage*“ (RCA). Hier wird in Anlehnung an Müller-Merbach (1995b) der „*Relative Einfuhranteil*“ (REA) hinzugenommen, quasi das Pendant zum RWA. Während der RWA die Ausfuhrzahlen und der REA die Einfuhrzahlen bewertet, spiegelt der RCA den Quotienten von Ausfuhr und Einfuhr wider, jeweils auf die betrachteten Produktgruppen bezogen (Abschnitt E.IV.2.).

In den sich anschließenden empirischen Analysen werden bei den Verarbeiteten Industriewaren drei Aspekte vertieft, zunächst allgemein zwölf sog. Technologie-Produktgruppen und anschließend die FuE-intensiven Waren sowie die Situation bei Produktgruppen dreier Schlüsseltechnologien:

- Erstens werden zunächst „*volkswirtschaftliche Portfolios*“ für zwölf sog. Technologie-Produktgruppen (SITC-Zweisteller) nach dem Welthandelswachstum und nach der Stärke des jeweiligen Landes positioniert (Abschnitt E.IV.3.). Als Indikator für die Stärke des Landes wird hier zum einen der Relative Handelssaldo (RHS) verwendet, berechnet als Differenz von Ausfuhr und Einfuhr, relativiert an Gesamtzahlen der OECD. Zum anderen werden der RWA, REA und der RCA berechnet. Deutschland ist insgesamt stark bei den Technologie-Produktgruppen mit geringerem Wachstum und schwach bei stark wachsenden Technologie-Produktgruppen.

- Zweitens werden in einer detaillierten Analyse der technologischen Wettbewerbsposition Deutschlands die *FuE-intensiven Waren* (Abschnitt E.III.4.b)) analysiert, mit der Unterscheidung zwischen Spitzentechnik und Höherwertiger Technik (Abschnitt E.IV.4.). Als Indikatoren kommen der absolute Welthandelsanteil, der Relative Welthandelsanteil (RWA) und der Revealed Comparative Advantage (RCA) zur Anwendung. Deutschland ist – wie schon bei der Analyse mittels RPA (Abschnitt E.III.4.c)) – stark in der Höherwertigen Technik und zeigt Schwächen in der Spitzentechnik.
- Besondere Bedeutung für die zukünftige technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands haben die Schlüsseltechnologien der *Mikroelektronik, Biotechnologie und Umwelttechnik*. Die diesen Schlüsseltechnologien zugeordneten Produktgruppen werden anhand des Welthandelsanteils, des RWA und des RCA analysiert (Abschnitt E.IV.5.). Deutschland hat eine vergleichsweise gute Position in der Umwelttechnik. Bei den anderen Technologien offenbaren sich – wie bei den Patentauswertungen (Abschnitt E.III.4.d)) – große Defizite.

Abschließend werden die Ergebnisse des Abschnitts *zusammengefasst* (Abschnitt E.IV.6.).

1. Generelle Aussagekraft marktorientierter Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit

Marktorientierte Indikatoren sind im Allgemeinen amtlichen Statistiken einfach zu entnehmen und geben den erzielten ökonomischen Erfolg eines Landes oder eines Wirtschaftszweiges an. Ferner zeigen die marktorientierten Indikatoren auch gut an, inwieweit sich ein Land dem Trend des Welthandels angepasst und die Herausforderungen des Strukturwandels gemeistert hat.

Bei der Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mit marktorientierten Indikatoren gilt es, sechs Aspekte zu berücksichtigen, die die Aussagekraft der Indikatoren betreffen.

- Die Welthandelsanteile bzw. die Ausfuhr können *mengenmäßig* oder aber *nominal*, d. h. zu jeweiligen Preisen und Wechselkursen, erfasst werden (Grupp und Legler 1987, S. 131–135). Auf der einen Seite berücksichtigt eine rein *mengenmäßige* Betrachtung keine qualitativen Verbesserungen bei den Ausfuhrgütern und lässt eine Neubewertung der Waren nach dem Grade ihrer relativen Knappheit nicht zu. Daher werden Produktinnovationen, die auf dem Markt einen höheren Preis erzielen, bei einer rein mengenmäßigen Betrachtung nicht erfasst. Auf der anderen Seite wird bei einer *nominellen* Betrachtung die Wettbewerbsposition eines Landes durch Wechselkursveränderungen beeinflusst. So sind die ausgeführten Mengen nicht unabhängig von der Entwicklung der Wechselkurse, und starke Preis-

schwankungen, z. B. infolge einer Rohstoffverknappung, führen zu Marktanteilsveränderungen. Schwankungen des Wechselkurses im Rahmen eines flexiblen Wechselkurssystems können nach Fels (1988, S. 138–139) die nominellen Welthandelsanteile auch bei unverändertem mengenmäßigen Welthandelsanteil verändern.

Eine *nominale* Welthandelsanalyse kommt nach Abwägung der Argumente für Grupp und Legler (1987, S. 131) eher in Betracht, da man davon ausgehen kann, dass sich der reale Wechselkurs an fundamental ökonomischen Daten orientiert und die Dynamik auf den Märkten widerspiegelt. Gleichwohl kann es bei einseitiger Betrachtung des nominellen Welthandelsanteils zu verzerrenden Aussagen kommen. Denn ein Unternehmen kann durch Prozessinnovation seine Stückkosten senken, dadurch trotz unveränderter nomineller Welthandelsanteile und Preise aufgrund der erhöhten Wertschöpfung zu einer Wohlfahrtsmehrung beitragen.

- Auf *Wachstumsunterschiede* zwischen den einzelnen Gütermärkten weist Gerstenberger (1988, S. 7) hin. So gehen wachsende Ausfuhrzahlen eines Landes in einem bestimmten Gütermarkt nicht zwingend mit einer Verbesserung des Marktanteils in dem Gütermarkt einher. Denn ein überdurchschnittliches Wachstum des Gütermarktes kann zu einem Anstieg der Ausfuhr geführt haben, aber der Marktanteil kann sich im Vergleich zu den Wettbewerbern gleichzeitig reduziert haben.
- Veränderungen auf der *Nachfrageseite* können für Grupp und Legler (1987, S. 132–133) das Ergebnis von einem von Präferenzänderungen der Nachfrage, zum anderen von unterschiedlichen regionalen Wachstumsraten sein. Hier spielt auch die Entwicklung des Binnenmarktes eine Rolle, denn überdurchschnittliches Wachstum des Inlandsmarktes kann – wie z. B. bei der Wiedervereinigung in Deutschland – zu einer kurzfristigen Änderung der Handelsströme führen und somit nachhaltig den Außenhandel beeinflussen.
- Auf der *Anbieterseite* können gemäß Bellendorf (1994, S. 156) strukturelle Veränderungen im Rahmen des weltweiten Strukturwandels die Anzahl der Anbieter von Hochtechnologieprodukten beeinflussen. Durch die nachrückenden Schwellenländer steigt bei einer unveränderten Nachfrage die Anzahl der Anbieter, infolgedessen es zu einer Verminderung der Welthandelsanteile der einzelnen Länder kommt.
- Weiterhin weist Bellendorf (1994, S. 156–157) auf den Einfluss der *multinationalen Unternehmen* hin, denn neues inländisches technisches Wissen wird in multinationalen Unternehmen direkt auch im Ausland ökonomisch verwertet. So können multinationale Unternehmen über den Kauf bzw. Aufbau von ausländischen Produktionskapazitäten mittels Direktinvestitionen tätig werden. Im Rahmen von Patent- und Lizenzvereinbarungen können sie ihre Innovationen auch auf ausländischen Märkten verwerten bzw. durch

Lohnveredelung die Produktion in Teilschritte aufspalten und somit niedrigere Lohnstückkosten erzielen (Wagner 1991, S. 173).

- Schließlich kann man bei einer Beurteilung technologischer Wettbewerbspositionen und der Welthandelsanteile zwischen *inter- und intraindustriellem Handel* unterscheiden, so Bellendorf (1994, S. 157). Interindustrieller Handel vollzieht sich vor allem aufgrund von Technologieunterschieden bzw. unterschiedlichen Faktorausprägungen einzelner Länder. Daher wird meist aus dem Saldo von Ausfuhr zu Einfuhr abgeleitet, wie ein Land seine komparativen Vorteile ausnutzen konnte. Bei intraindustriellem Handel fließen die Güterströme zwischen Ländern mit ähnlichem Technologieniveau, ähnlichen Faktorausprägungen und ähnlichen Nachfragepräferenzen (Näheres in Abschnitt B.III.). In diesem Fall ist der Umfang des Außenhandels der maßgebende Indikator, da es sich nach von Stackelberg (1991, S. 85) um einen intensiven Handel im Falle hoher Ausfuhr- und Einfuhrwerte handelt.

Eine Beurteilung basierend auf Welthandelsanteilen ist besonders bei Technologieprodukten nur begrenzt sinnvoll. Daher werden hier – wie bei solchen Analysen üblich – für die Analysen zusätzlich die Indikatoren des Relativen Welthandelsanteils (RWA) und des Revealed Comparative Advantage (RCA) verwendet, ergänzt um den Relativen Einfuhranteil (REA) als zusätzlichen Indikator (Abschnitt E.IV.2.). Dadurch gewinnen die Analysen an Aussagekraft.

2. Aussagekraft der Indikatoren „Relativer Welthandelsanteil“ (RWA), „Relativer Einfuhranteil“ (REA) und „Revealed Comparative Advantage“ (RCA)

Zur Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit bieten sich zahlreiche Indikatoren an: Am einfachsten lassen sich beispielsweise die gesamte Einfuhr eines Landes mit der gesamten Ausfuhr vergleichen, um einen Überblick über die Außenhandelsstruktur zu gewinnen (derartige Analysen z. B. von Schmietow 1988, S. 177–191; Müller-Merbach 1988b). Mit der Analyse der absoluten Ausfuhr und Einfuhr sowie dem Saldo aus beiden läßt sich Aufschluss über Größe und absolute Stärke eines Landes in einer Produktgruppe oder einem Wirtschaftszweig gewinnen. Deutschland benötigt beispielsweise hohe Aushandelsüberschüsse, um in der Leistungsbilanz die stets negativen Salden der Dienstleistungs- und der Übertragungsbilanz ausgleichen zu können (Müller-Merbach 1993b, S. 50).

Neben dem Vergleich absoluter Außenhandelszahlen werden in vielen Analysen der technologischen Wettbewerbsfähigkeit Spezialisierungsmaße verwendet (z. B. Dosi et al. 1990, S. 40–74; Gehrke und Grupp 1994; Legler 1992). Zu den gebräuchlichsten Indikatoren zählen der „Relative Welthandelsanteil“ (RWA) – dem hier mit dem „Relativen Einfuhranteil“ (REA) ein Pendant zur

Seite gestellt wird – sowie der „Revealed Comparative Advantage“ (RCA): Sie werden mit ihren Definitionen und ihrer Aussagekraft im Folgenden diskutiert.

Relativer Welthandelsanteil (RWA)

Neben dem absoluten Niveau der Ausfuhr kann die technologische Wettbewerbsfähigkeit auch anhand der relativen Zahlen des Außenhandels analysiert werden. Ein derartiger Indikator ist der „*Relative Welthandelsanteil*“ (RWA), bei dem die Ausfuhrzahlen eines Landes mit den Ausfuhrzahlen eines Länderdurchschnitts (hier OECD) verglichen werden.

Mit dem RWA wird der Anteil eines Landes an der Ausfuhr einer einzelnen Produktgruppe an der Ausfuhr aller Länder insgesamt in derselben Produktgruppe zum Ausdruck gebracht. Der RWA wird um so größer, je stärker das Gewicht einer Produktgruppe am Ausfuhrwarenkorb des betrachteten Landes im Vergleich zum Anteil dieser Produktgruppe an der weltweiten Ausfuhr aller Länder ist (Gehrke und Grupp 1994, S. 90–91).

$$RWA_{ij} = 100 \ln \left(\frac{a_{ij}}{\sum_i a_{ij}} \bigg/ \frac{\sum_j a_{ij}}{\sum_{ij} a_{ij}} \right) \quad \text{wobei:}$$

- i = Länderindex
- j = Produktgruppenindex
- a_{ij} = Ausfuhr des Landes i in der Produktgruppe
- Σ_i = Ausfuhr aller Länder in der Produktgruppe j
- Σ_j = Ausfuhr des Landes i in allen Produktgruppen
- Σ_{ij} = Ausfuhr aller Länder in allen Produktgruppen

Wie schon beim RPA (Abschnitt E.III.4.a)) so wird auch beim RWA eine Norm als Durchschnittswert gebildet, an der die einzelnen Produktgruppen gemessen werden, und zwar das Verhältnis der gesamten Ausfuhr eines Landes zu der gesamten Ausfuhr aller Länder zusammen. Darauf wird dann das Verhältnis der Ausfuhr dieses Landes in einer Produktgruppe j zur Ausfuhr aller Länder in der Produktgruppe j bezogen.

Der RWA nimmt den Wert 0 an, wenn der Anteil eines Landes an der gesamten Ausfuhr aller Länder in der betrachteten Produktgruppe nicht von dem Anteil all seiner Ausfuhr an der gesamten Ausfuhr aller Länder zusammen abweicht. Positive RWA-Werte dokumentieren überdurchschnittlich hohe Ausfuhrerfolge, d. h., ein Land ist bei der betrachteten Produktgruppe relativ stärker mit seinem Ausfuhranteil als mit anderen Produktgruppen. Bei negativen Vorzeichen gilt der Umkehrschluss.

Der RWA ist laut Gehrke und Grupp (1994, S. 91) ein Spezialisierungsmaß, das sich aber nur dann für die Analyse der Wettbewerbsfähigkeit eignet, wenn sich protektionistische Maßnahmen auf die Ausfuhr bei den betrachteten Produktgruppen weder der Art nach noch der Höhe nach signifikant unterscheiden. Diese Annahme spiegelt aber nur bedingt die Realität wider. Insgesamt erfasst der RWA aber sehr gut die Spezialisierungen eines Landes in bestimmten Produktgruppen.

Der RWA berücksichtigt jedoch laut Gehrke und Grupp (1994, S. 91) beispielsweise nicht, wenn ein Land – im Gegensatz zum Durchschnitt aller Länder – in diejenigen Regionen ihre Produkte liefert, deren Märkte über- oder unterdurchschnittlich wachsen. Auch wird nicht erfasst, wenn sich ein Land innerhalb einer Produktgruppe auf diejenigen Waren spezialisiert, nach denen die weltweite Nachfrage relativ gering zugenommen hat.

Kriegsmann und Neu (1982) empfehlen die Methode der Komponentenzersetzung, um derartige Effekte auf die Wettbewerbsfähigkeit – sog. „Struktureffekte“ bzw. „Regionaleffekte“ – zu berücksichtigen. Für diese Methode wird jedoch eine lange Zeitreihe benötigt, die bisher nach zahlreichen Veränderungen nicht in den internationalen Statistiken vorhanden ist (Gehrke und Grupp 1994, S. 91; frühere Analyse von Legler 1987, S. 23–24).

Relativer Einfuhranteil (REA)

So wie für die Ausfuhr lässt sich auch für die Einfuhr ein Spezialisierungsmaß definieren. Müller-Merbach (1995b, S. 182) nennt dieses Spezialisierungsmaß den Relativen Einfuhranteil (REA). Der REA gibt im Wesentlichen an, wie stark ein Land in einer Produktgruppe „passiv“ spezialisiert ist. Denn der REA bildet das relative Defizit in der Eigenfertigung einer bestimmten Produktgruppe ab, welches durch Einfuhr gedeckt werden muss. Der REA bildet sich wie der RWA, jedoch werden statt der Ausfuhrzahlen die entsprechenden Einfuhrzahlen betrachtet.

$$REA_{ij} = 100 \ln \left(\frac{e_{ij}}{\sum_i e_{ij}} \bigg/ \frac{\sum_j e_{ij}}{\sum_{ij} e_{ij}} \right) \quad \text{wobei:}$$

- i = Länderindex
- j = Produktgruppenindex
- e_{ij} = Einfuhr des Landes i in der Produktgruppe j
- Σ_i = Einfuhr aller Länder in der Produktgruppe j
- Σ_j = Einfuhr des Landes i in allen Produktgruppen
- Σ_{ij} = Einfuhr aller Länder in allen Produktgruppen

Die Verwendung des REA ist laut Müller-Merbach (1995b, S. 182) bisher weitgehend unüblich in der Außenhandelsliteratur. Er soll hier jedoch Eingang in die Analysen finden, weil er zum einen die Spezialisierung für den relativen Einfuhrüberschuss und somit den Bedarf an bestimmten Waren aufzeigt. Zum anderen zeigt er zusammen mit dem RWA wirtschaftliche Schwerpunkte eines Landes auf, d. h. die generelle Ausrichtung der Industriestruktur.

Revealed Comparative Advantage (RCA)

Der Indikator „*Revealed Comparative Advantage*“ (RCA) berücksichtigt im Gegensatz zu den bisher vorgestellten zwei Indikatoren sowohl die Ausfuhraktivitäten eines Landes als auch deren Einfuhraktivitäten (erste Definition von Balassa 1965). Der RCA gibt die Abweichung des Ausfuhr-Einfuhr-Verhältnisses eines Landes in einer bestimmten Produktgruppe von der Außenhandelsposition, d. h. dem Ausfuhr-Einfuhr-Verhältnis, über alle Produktgruppen an.

$$RCA_{ij} = 100 \ln \left(\frac{a_{ij} / \sum_j a_{ij}}{e_{ij} / \sum_j e_{ij}} \right) \quad \text{wobei:}$$

- i = Länderindex
- j = Produktgruppenindex
- a_{ij} = Ausfuhr des Landes i in der Produktgruppe j
- e_{ij} = Einfuhr des Landes i in der Produktgruppe j
- $\sum_j$ = Ausfuhr bzw. Einfuhr aller Länder in der Produktgruppe j

Wie beim RWA und REA – und auch bei der RPA (Abschnitt E.III.4.a)) – wird auch beim RCA zunächst eine Norm gebildet, und zwar das Verhältnis der gesamten Ausfuhr zur gesamten Einfuhr eines Landes. An der Norm wird dann jede betrachtete Produktgruppe mit ihrem eigenen Ausfuhr-Einfuhr-Verhältnis gemessen.

Der RCA zeigt nach Gehrke und Grupp (1994, S. 92) zum einen an, inwieweit ein Land in einer Produktgruppe sowohl im Vergleich zum Ausland als auch im Vergleich zu anderen Produktgruppen auf dem Weltmarkt Fuß gefasst hat. Zum anderen gibt der RCA an, in welchem Maß es einem Land gelungen ist, im Vergleich zu den Anbietern aus anderen Produktgruppen seine Einfuhr zu substituieren.

Falls das Ausfuhr-Einfuhr-Verhältnis einer betrachteten Produktgruppe mit dem bei allen Produktgruppen übereinstimmt, so liegt der RCA bei Null. Positive Vorzeichen kennzeichnen komparative Vorteile, d. h. eine starke Wettbewerbsposition bei der betrachteten Produktgruppe eines Landes. Diese Produktgruppe gilt deswegen als wettbewerbsfähig, weil ausländische Anbieter im In-

land relativ gesehen nicht so stark vertreten sind, wie es diese Produktgruppe ihrerseits im Ausland ist.

Genauso wie beim RWA wird die Aussagekraft des RCA gemildert, wenn es protektionistische Maßnahmen sowie Unterschiede in den Nachfragepräferenzen zwischen Inland und Ausland in der entsprechenden Produktgruppe gibt. Feser (1987, S. 19) weist auf die immanent fehlende Berücksichtigung der Weltmarktentwicklung hin.

Fazit

Insgesamt stellen alle drei hier vorgestellten marktorientierten Indikatoren eine gute Basis für die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit dar. Mit der Einbeziehung absoluter Aus- und Einfuhrzahlen kann somit eine gute Aussage über die Fähigkeit eines Landes gegeben werden, wie es sich in der Vergangenheit auf die wirtschaftlichen und technologischen Herausforderungen einstellen konnte.

3. Volkswirtschaftliche Portfolio-Analyse von Technologie-Produktgruppen

Die Industrienationen haben aufgrund der internationalen Arbeitsteilung bestimmte Spezialisierungen, d. h. sie nutzen ihre komparativen Vorteile in den jeweiligen Märkten. Diese Spezialisierungen bei den Verarbeiteten Industriewaren nach SITC sollen hier im Fokus stehen. Ziel ist die Bestimmung der generellen Ausrichtung der einzelnen Volkswirtschaften und ihrer technologischen Wettbewerbsfähigkeit.

Dazu werden aus den Verarbeiteten Industriewaren zwölf sog. *Technologie-Produktgruppen* der SITC-Klassifikation (Zweisteller) ausgewählt. Diese Produktgruppen determinieren die Industriestruktur. Für sie wird zum einen ihre *durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (DWR)* im weltweiten Außenhandel berechnet. Als zusätzlicher Indikator wird zum anderen hier der *Relative Handelssaldo (RHS)* eingeführt.

Detailliert werden dann die *Industriestrukturen* Deutschlands, Japans und der USA sowie auch kurz die von Frankreich und Großbritannien gegenübergestellt, und zwar sowohl mit den absoluten Ein- und Ausfuhrzahlen als auch mit den Indikatoren RHS, RWA, RCA und REA. Graphisch aufbereitet stellen die Portfolios aus DWR und RHS ein *volkswirtschaftliches Portfolio* der Industriestruktur dar.

Technologie-Produktgruppen

Als Produktgruppen werden hier zwölf Produktgruppen (Müller-Merbach 1990b, 1994a, 1995b) auf der zweiten Ebene der SITC-Klassifikation (Näheres dazu bei Schmietow und Schneider 1987) verwendet, die gröber sind als in der Unterteilung der FuE-intensiven Waren nach der dritten SITC-Ebene (Abschnitt E.III.4.b)). Diese zwölf Produktgruppen bedürfen der hohen Ingenieurkunst und werden im Folgenden als *Technologie-Produktgruppen* bezeichnet (Tab. 78). Hierzu gehören vor allem die Produktgruppen der Chemischen Industrie, der Elektrotechnik, des Maschinenbaus und des Straßenfahrzeugbaus. Die Technologie-Produktgruppen machen einen Anteil von 58,1 % an der gesamten Ausfuhr über alle Produktgruppen aller OECD-Länder aus – für die Einfuhr sind es 49,6 % („T-Anteil“ in Tab. 79).

Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (DWR)

Die hier verwendete *durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (DWR)* des OECD-Außenhandels bezieht die Jahre 1975 bis 1995 ein und wurde mit Hilfe der exponentiellen Glättung berechnet (Müller-Merbach 1999). Zunächst wurde der Quotient des OECD-Außenhandels eines Jahres und des OECD-Außenhandels des Vorjahres berechnet, jeweils für jede Produktgruppe getrennt. Aus diesen Jahreswachstumswerten wurde sodann ein Mittelwert berechnet, und zwar unter exponentiell fallender Gewichtung im Sinne der exponentiellen Glättung. Neuere Zahlen erhielten dadurch ein etwas höheres Gewicht als die alten Zahlen. Der OECD-Außenhandel als Bezugsgröße gibt insgesamt die Bedeutung des gesamten Weltmarktes einer Produktgruppe besser wieder als die nominalen Ausfuhrzahlen.

Die Spanne der durchschnittlichen Wachstumsrate reicht unter den zwölf Technologie-Produktgruppen von 6,6 % für SITC 73 (Metallbearbeitungsmaschinen), d. h. ein Wachstum auf das 3,6-fache in 20 Jahren, bis hin zu 13,7 % für SITC 75 (Büro- und ADV-Maschinen), d. h. eine Steigerung auf das 13-fache in 20 Jahren.

$$DWR = \alpha \sum_{k=0}^{19} (1-\alpha)^k \frac{a_{j,1995-k} + e_{j,1995-k}}{a_{j,1995-k-1} + a_{j,1995-k-1}} / S \quad S = \alpha \sum_{k=0}^{19} (1-\alpha)^k = 1 - (1-\alpha)^{20}$$

wobei:

a= Ausfuhr

e= Einfuhr

j = Produktgruppenindex

k = Jahre

α = Glättungsfaktor der exponentiellen Gewichtung ($0 < \alpha < 1$, hier: $\alpha = 0,1$)

S = Korrekturkonstante zum Ausgleich für den Abbruch der Reihe bei $k = 19$, so dass die Summe der Gewichte Eins wird (hier $S = 0,87842$ für $\alpha = 0,1$)

In der mathematischen Notation gemäß Müller-Merbach (1999) wurden die bereits bei der RWA-, REA- und RCA-Definition (Abschnitt E.IV.2.) eingeführten Abkürzungen gewählt.

Tabelle 78

Übersicht über zwölf ausgewählte Technologie-Produktgruppen nach der SITC-Klassifikation mit ihrer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (DWR) des OECD-Außenhandels zwischen 1975 und 1995 in Prozent

SITC-Klassifizierung	DWR (%)
<i>SITC 5 (CH): Chemische Erzeugnisse</i>	9,29
<i>SITC 7: Maschinenbau- und elektrotechnische Erzeugnisse und Fahrzeuge, darunter:</i>	
<i>SITC 71/74: Maschinenbau mit</i>	
SITC 71 (KM): Kraftmaschinen	9,13
SITC 72 (AbZ): Arbeitsmaschinen für besondere Zwecke (z.B. Landwirtschaftsmaschinen und Traktoren, Baumaschinen, Textilmaschinen, Papiermaschinen, Druckereimaschinen, Nahrungsmittelmaschinen)	7,03
SITC 73 (MBM): Metallbearbeitungsmaschinen	6,61
SITC 74 (MvZ): Maschinen für verschiedene Zwecke (z.B. Heiz- und Kühlmachines, Pumpen, mechanische Handhabungsmaschinen)	9,10
<i>SITC 75/77: Elektrotechnik und Elektronik mit</i>	
SITC 75 (EDV): Büro- und ADV-Maschinen	13,70
SITC 76 (NT): Geräte für Nachrichtentechnik	10,02
SITC 77 (EM): Elektrische Maschinen	13,18
<i>SITC 78/79 Fahrzeuge mit</i>	
SITC 78 (SFZ): Straßenfahrzeuge	8,89
SITC 79 (EFS): Andere Beförderungsmittel (Eisenbahnen, Flugzeuge, Schiffe)	7,28
<i>SITC 8: Verschiedene Fertigwaren, darunter</i>	
SITC 87 (M+P): Mess- und Prüfinstrumente	10,05
SITC 88 (F+U): Optik und Uhren	7,67
Summe	9,51
Alle SITC-Produktgruppen	7,92

Quelle: Müller-Merbach (1995b, S. 181; 1994a, S. 75; 1990b, S. 48), eigene Berechnungen mit OECD-Daten

Relativer Handelssaldo (RHS)

Für die einzelnen zwölf Technologie-Produktgruppen werden neben der Ein- und Ausfuhr, dem Ausfuhr-Einfuhr-Saldo und dem Quotienten von Ausfuhr zu Einfuhr auch die RWA-, REA- und RCA-Werte sowie der sog. Relative Handelssaldo (RHS) angegeben. Der RHS – Müller-Merbach (1994a, 1990b) spricht auch vom Saldoanteil – ist der Außenhandelssaldo eines Landes in einer

SITC-Produktgruppe geteilt durch den gesamten OECD-Außenhandel. Dieser ist definiert als Mittelwert von Ausfuhr und Einfuhr aller OECD-Länder zusammen, ebenfalls auf die SITC-Produktgruppe bezogen (Formel und Bezeichnung aus Müller-Merbach 1999):

$$RHS_{ij} = 100 \left((a_{ij} - e_{ij}) / \left(\frac{\sum_i a_{ij} + \sum_i e_{ij}}{2} \right) \right) \quad \text{wobei:}$$

i = Länderindex
 j = Produktgruppenindex
 a_{ij} = Ausfuhr des Landes i in der Produktgruppe j
 e_{ij} = Einfuhr des Landes i in der Produktgruppe j
 Σ_j = Ausfuhr bzw. Einfuhr aller OECD-Länder in der Produktgruppe j

Der Faktor 100 hat dieselbe psychologische Begründung wie bei RWA, REA und RCA (Abschnitt E.IV.2.): Kleine Zahlenwerte (mit führenden Nullen nach dem Dezimalkomma) sind unanschaulich, weshalb die RHS-Werte durch den Faktor 100 zu Prozentzahlen werden.

Deutschland

Deutschland erzielte 1995 insgesamt einen Ausfuhrüberschuss von 59,61 Mrd. US-\$ (Tab. 79). Unter den einzelnen Produktgruppen gibt es einige mit einer starken Position, einige, die etwa den durchschnittlichen RHS von 7,2 % erreichen, sowie weitere mit einer schwachen Position (Abb. 61):

- Deutliche *Außenhandelsstärken* liegen bei den Produktgruppen mit einer DWR von über 8,0 %: den Straßenfahrzeugen (SITC 78) mit einem RHS von 10,2 % und den Maschinen für verschiedene Zwecke (SITC 74) mit einem RHS von 14,4 %. Am stärksten ist die Außenhandelsposition bei den Metallbearbeitungsmaschinen (SITC 73) mit einem RHS von 15,9 % und den Arbeitsmaschinen für besondere Zwecke (SITC 72) mit einem RHS von 19,3 %, wobei beide die niedrigsten DWR-Werte aufweisen.
- *Durchschnittlich* ist die Außenhandelsposition bei den Chemischen Erzeugnissen (SITC 5) mit einem RHS von 7,4 %, bei den Kraftmaschinen (SITC 71) mit einem RHS von 8,6 %, bei den Anderen Beförderungsmitteln (SITC 79) mit einem RHS von 6,1 % sowie bei den Mess- und Prüfinstrumenten (SITC 87) mit einem RHS von 8,6 %.
- *Nettoimporteur* ist Deutschland bei der Produktgruppe mit der stärksten Wachstumsrate, bei EDV (SITC 75) mit einem RHS von –5,1 % sowie bei der Nachrichtentechnik (SITC 76) mit einem RHS von 0,0 %. Unterhalb des Durchschnitts von 7,2 % liegen ferner die große und stark wachsende Produktgruppe der Elektrischen Maschinen (SITC 77) mit einem RHS von 4,0 % sowie Optik und Uhren (SITC 88) mit einem RHS von 0,8 %.

Tabelle 79

Ausfuhr- und Einfuhrzahlen in 1995 für Deutschland und die Gesamtheit aller OECD-Länder für zwölf Technologie-Produktgruppen, ferner für Deutschland der Saldo von Ausfuhr minus Einfuhr, der Quotient von Ausfuhr zu Einfuhr sowie die RWA-, REA, RCA- und RHS-Werte

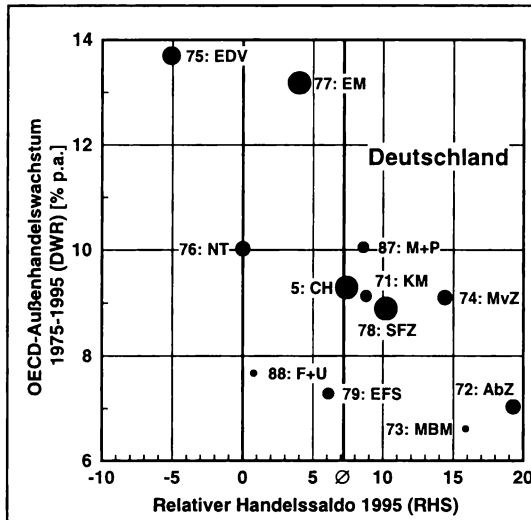
SITC	OECD Gesamt		Deutschland							
	Ausfuhr (Mrd. US-\$) [1]	Einfuhr (Mrd. US-\$) [2]	Ausfuhr (Mrd. US-\$) [3]	Einfuhr (Mrd. US-\$) [4]	Saldo (Mrd. US-\$) [3]-[4]	Quo- tient [3]/[4]	RCA	RWA	REA	RHS (%)
5: CH	391,06	337,58	69,53	42,46	27,07	1,64	34,6	4,4	3,8	7,4
71:KM	107,75	81,94	17,97	9,85	8,12	1,82	32,7	-2,0	-0,4	8,6
72:AbZ	143,29	87,84	30,86	8,57	22,29	3,60	79,2	23,6	-21,6	19,3
73:MBM	34,81	22,54	7,14	2,57	4,57	2,78	58,8	18,7	-6,1	15,9
74:MvZ	172,06	126,17	36,52	15,08	21,43	2,42	57,4	22,1	-1,3	14,4
75:EDV	160,00	201,70	12,97	22,13	-9,16	0,59	-30,3	-74,2	-9,9	-5,1
76:NT	112,07	110,89	12,23	12,25	-0,02	1,00	-1,2	-44,4	-9,2	0,0
77:EM	285,65	265,57	43,64	32,67	10,97	1,34	21,7	-10,8	1,6	4,0
78:SFZ	407,19	354,45	83,14	44,15	38,98	1,88	49,4	18,2	2,8	10,2
79:EFS	96,58	51,46	12,85	8,35	4,50	1,54	-19,8	-24,6	29,2	6,1
87:M+P	71,37	58,90	12,52	6,92	5,60	1,81	40,1	3,0	-3,1	8,6
88:F+U	44,39	40,84	5,40	5,08	0,32	1,06	-2,1	-33,5	2,7	0,8
Zusammen	2026,22	1739,8	344,76	210,09	134,67	1,64	34,3	0,0	0,0	7,2
Gesamt	3488,21	3508,86	523,88	464,26	59,61	1,13				
„T-Anteil“ (%)	58,1	49,6	65,8	45,3						

„Zusammen“ entspricht der Summe über alle zwölf Technologie-Produktgruppen. „Gesamt“ ist die Summe über sämtliche SITC-Produktgruppen (0–9). „T-Anteil“ ist das Verhältnis von beiden.

Quelle: In Anlehnung an Müller-Merbach (1995b; 1994a), Zahlen aus OECD (1997/8), eigene Berechnungen; Basis für Abb. 61

Die Situation Deutschlands hat sich gegenüber 1991 (Analyse von Müller-Merbach 1994a, S. 77) in fast allen Produktgruppen bezüglich des RHS leicht verbessert – deutlich bei den Anderen Beförderungsmitteln (SITC 79). Deutschland scheint die Werte aus 1987 (Werte aus 1987 bei Müller-Merbach 1990b) wieder erreichen zu können. Negative Ausnahmen bilden die EDV (SITC 75), in der sich die Außenhandelsposition Deutschlands gegenüber 1987 und 1991 weiter verschlechterte, sowie auch die Nachrichtentechnik (SITC 76) und die Elektrischen Maschinen (SITC 77) mit deutlich schwächeren Werten. Müller-Merbach (1990b, S. 55) warnte schon früher: „Die verhältnismäßig schwache Position der Bundesrepublik in den Wachstumsbereichen unter den Industrieproduktgruppen (vor allem SITC 75 und 76) sind eine deutliche Warnung vor selbstgefälliger Ruhe.“ Es scheint so, als seien die von der Elektrotechnik und Elektronik bestimmten Technologie-Produktgruppen das „Sorgenkind“ der deutschen Wirtschaft, denn nach wie vor gilt, was Müller-Merbach (1994a, S. 87) bei einer Analyse in 1991 feststellte: „Die deutsche Industrie ist

stark in den Produktfeldern mit niedrigem, aber schwach in den Produktfeldern mit hohem Wirtschaftswachstum.“



Die fünf Größen der Punkte bilden das Volumen des OECD-Außenhandels ab, und zwar in den Klassen von bis zu 50, von über 50 bis zu 100, von über 100 bis zu 150, von über 150 bis zu 200 sowie von über 200 Mrd. US-\$. Quelle: Darstellung in Anlehnung an Müller-Merbach (1994a); Zahlen aus Tabelle 79

Abbildung 61: Portfolio Deutschlands der zwölf Technologie-Produktgruppen mit der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (DWR) des OECD-Außenhandels zwischen 1975 und 1995 sowie dem Relativen Handelssaldo (RHS) für 1995

Japan

Japan erzielt 1995 einen Außenhandelsüberschuss von 107,1 Mrd. US-\$ und weist bei keiner der betrachteten Produktgruppen einen negativen RHS auf (Tab. 80). Der durchschnittliche RHS liegt bei 13,6 % (Abb. 62). Deutlich erkennbar wird der noch relativ stark abgeschottete japanische Markt, denn der Ausfuhranteil der zwölf Produktgruppen an der Gesamtausfuhr der Verarbeiteten Industriewaren liegt bei nur 32,6 % im Vergleich zu ca. 50 % bei den vier Vergleichsländern. Ausgewiesene Stärken über fast die ganze Breite der Technologie-Produktgruppen zeichnen Japans Außenhandelsposition aus, bei Schwächen in der Chemie.

- *Stark* ist Japan u. a. bei den Elektrischen Maschinen (SITC 77) mit einem RHS von 19,3 %. Ferner liegt der RHS über 17 % bei den Straßenfahrzeugen (SITC 78), in der Nachrichtentechnik (SITC 76), bei den Metallbearbeitungsmaschinen (SITC 73) und bei Optik und Uhren (SITC 88). Bei EDV (SITC 75) beträgt der RHS 11,7 %.

Tabelle 80

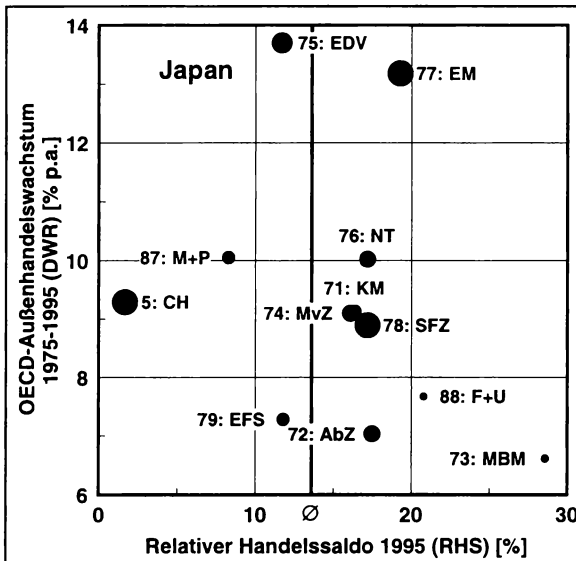
Ausfuhr- und Einfuhrzahlen in 1995 von Japan, den USA, Frankreich und Großbritannien für zwölf Technologie-Produktgruppen, ferner der Außenhandelsaldo, der Quotient von Ausfuhr zu Einfuhr (A-E-Relation) sowie die RWA-, REA-, RCA- und RHS-Werte

SITC	Japan								USA							
	Ausfuhr (Mrd. US-\$)	Einfuhr (Mrd. US-\$)	Saldo (Mrd. US-\$)	A-E-Relation	RCA	RWA	REA	RHS %	Ausfuhr (Mrd. US-\$)	Einfuhr (Mrd. US-\$)	Saldo (Mrd. US-\$)	A-E-Relation	RCA	RWA	REA	RHS %
	[1]	[2]	[1]-[2]	[1]/[2]					[1]	[2]	[1]-[2]	[1]/[2]				
5:CH	30,14	24,09	6,05	1,25	7,7	-85,1	12,1	1,7	60,76	42,17	18,60	1,44	21,8	-7,9	-66,7	5,1
71:KM	19,16	3,59	15,57	5,34	140,2	-1,5	-36,5	16,4	21,76	20,92	0,84	1,04	23,5	18,3	5,1	0,9
72:AbZ	23,76	3,50	20,25	6,78	142,5	-8,5	-46,0	17,5	23,31	19,53	3,78	1,19	31,2	-3,3	-9,0	3,3
73:MBM	9,18	0,98	8,20	9,39	180,5	37,9	-37,6	28,6	4,63	6,11	-1,48	0,76	-71,2	-23,5	10,7	-5,2
74:MvZ	29,25	5,25	23,99	5,57	140,7	-6,0	-41,8	16,1	24,32	24,87	-0,55	0,98	-33,2	-17,3	-21,1	-0,4
75:EDV	37,48	16,28	21,20	2,30	106,6	26,0	24,4	11,7	36,41	63,96	-27,56	0,57	-33,2	30,3	26,5	-15,2
76:NT	28,33	9,15	19,19	3,10	112,0	33,7	26,6	17,2	18,97	35,01	-16,03	0,54	-62,3	0,7	26,0	-14,4
77:EM	74,64	21,47	53,18	3,48	117,3	37,0	24,6	19,3	52,99	76,40	-23,42	0,69	-43,9	9,8	16,7	-8,5
78:SFZ	78,13	12,54	65,58	6,23	169,0	6,1	-58,0	17,2	47,51	102,64	-55,13	0,46	-90,9	-36,5	17,4	-14,5
79:EFS	11,80	3,10	8,70	3,81	70,8	-39,1	-4,9	11,8	26,66	8,43	18,23	3,16	52,2	49,6	-39,6	24,6
87:M+P	11,03	5,65	5,39	1,95	47,8	-15,5	41,6	8,3	18,57	11,79	6,78	1,57	26,2	43,7	-19,5	10,4
88:F+U	12,94	4,08	8,86	3,17	107,0	47,9	45,8	20,8	4,74	10,42	-5,67	0,46	-87,0	-45,3	4,7	-13,3
Zusammen	365,83	109,67	256,17	3,34	105,2	0,0	0,0	13,6	340,63	422,25	-81,62	0,81	-36,7	0,0	0,0	-4,3
Gesamt	443,25	336,14	107,11	1,32					546,44	770,82	-224,38	0,71				
T-Anteil (%)	82,5	32,6							62,3	54,8						

SITC	Frankreich								Großbritannien							
	Ausfuhr (Mrd. US-\$)	Einfuhr (Mrd. US-\$)	Saldo (Mrd. US-\$)	A-E-Relation	RCA	RWA	REA	RHS %	Ausfuhr (Mrd. US-\$)	Einfuhr (Mrd. US-\$)	Saldo (Mrd. US-\$)	A-E-Relation	RCA	RWA	REA	RHS %
	[1]	[2]	[1]-[2]	[1]/[2]					[1]	[2]	[1]-[2]	[1]/[2]				
5:CH	42,03	34,38	7,65	1,22	5,4	29,9	23,9	2,1	32,97	27,72	5,25	1,19	2,6	16,8	-1,6	1,4
71:KM	9,28	6,82	2,46	1,36	-3,4	7,8	4,0	2,6	10,16	7,11	3,05	1,43	8,3	28,0	4,1	3,3
72:AbZ	7,85	7,61	0,24	1,03	-45,8	-37,6	7,7	0,2	8,34	6,58	1,76	1,27	-25,2	-20,2	-10,9	1,5
73:MBM	1,39	1,79	-0,40	0,78	-68,9	-69,4	-1,1	-1,4	1,47	1,57	-0,10	0,94	-50,1	-52,2	-18,0	-0,4
74:MvZ	12,08	11,00	1,08	1,10	-21,7	-12,7	8,4	0,7	10,20	9,46	0,74	1,08	-23,5	-18,4	-10,7	0,5
75:EDV	8,96	13,22	-4,25	0,68	-15,7	-35,3	-20,2	-2,4	18,17	19,26	-1,10	0,94	17,3	46,6	13,5	-0,6
76:NT	6,33	6,42	-0,10	0,99	-2,6	-34,5	-32,5	-0,1	8,52	8,85	-0,33	0,96	-4,9	6,5	-4,5	-0,3
77:EM	19,52	17,20	2,32	1,13	5,3	-15,4	-21,4	0,8	18,79	22,50	-3,71	0,84	-25,3	-8,0	1,5	-1,3
78:SFZ	31,38	27,50	3,88	1,14	-0,7	-3,4	-3,3	1,0	19,45	28,25	-8,80	0,69	-51,2	-40,0	-4,6	-2,3
79:EFS	15,97	5,27	10,70	3,03	47,9	73,0	24,4	14,5	7,05	4,93	2,12	1,43	-27,2	2,5	13,8	2,9
87:M+P	4,22	4,76	-0,54	0,89	-31,2	-30,0	0,7	-0,8	6,37	5,21	1,16	1,22	0,9	22,5	5,7	1,8
88:F+U	2,55	3,20	-0,66	0,79	-31,3	-33,0	-2,3	-1,5	2,87	3,39	-0,52	0,85	-25,0	-9,7	-0,6	-1,2
Zusammen	161,55	139,17	22,38	1,16	-0,3	0,0	0,0	1,2	144,34	144,82	-0,48	1,00	-15,6	0,0	0,0	0,0
Gesamt	284,07	273,47	10,60	1,04					232,08	265,05	-32,97	0,88				
T-Anteil (%)	56,9	50,9							62,2	54,6						

„Zusammen“ entspricht der Summe über alle zwölf Technologie-Produktgruppen. „Gesamt“ ist die Summe über sämtliche SITC-Produktgruppen (0–9). „T-Anteil“ ist das Verhältnis von beiden.

Quelle: In Anlehnung an Müller-Merbach (1995b; 1994a), Zahlen aus OECD (1997/8), eigene Berechnungen; Basis für Abb. 62 und Abb. 63



Die fünf Größen der Punkte bilden das Volumen des OECD-Außenhandels ab, und zwar in den Klassen von bis zu 50, von über 50 bis zu 100, von über 100 bis zu 150, von über 150 bis zu 200 sowie von über 200 Mrd. US-\$.
Quelle: Darstellung in Anlehnung an Müller-Merbach (1994a); Zahlen aus Tabelle 80

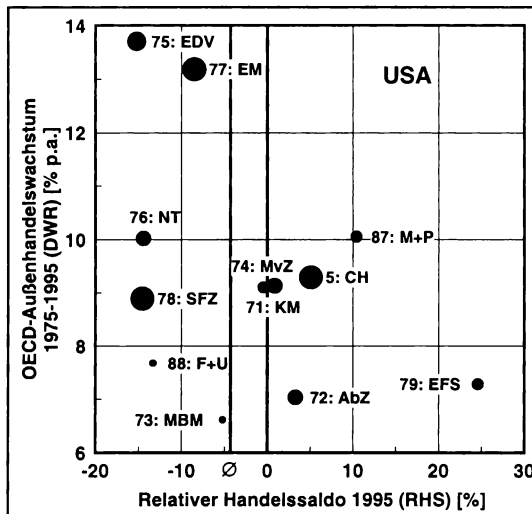
Abbildung 62: Portfolio Japans der zwölf Technologie-Produktgruppen mit der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (DWR) des OECD-Außenhandels zwischen 1975 und 1995 und dem Relativen Handelssaldo (RHS) für 1995

- Weit *unterdurchschnittlich* ist Japan u. a. in der Chemie (SITC 5) mit einem RHS von 1,7 %, wobei Japan seit 1990 in dieser Produktgruppe ein Nettoexporteur ist.

Im Vergleich zur Position in 1991 (Müller-Merbach 1994a, S. 78–79) ergeben sich zwei Trends: Zum einen sind die relativen Handelssalden in früher überaus starken Produktgruppen zum Teil deutlich zurückgegangen, so u. a. in der EDV (SITC 75) um ca. 10 Prozentpunkte und in der Nachrichtentechnik (SITC 76) um ca. 20 Prozentpunkte. Hierfür mögen neue Wettbewerber wie die „Vier kleinen Tiger“ Korea, Hongkong, Taiwan und Singapur eine Ursache sein (näheres bei Kögel und Gälli 1994). Zum anderen hat sich die Außenhandelsposition in anderen Produktgruppen mit geringeren Wachstumsraten wie den Metallbearbeitungsmaschinen (SITC 73) oder den Anderen Beförderungsmitteln (SITC 79) mit einem Anstieg um 8 bzw. 7 Prozentpunkte deutlich verbessert. Japan scheint nach wie vor mit seiner Industriestruktur gut auf die Zukunft vorbereitet zu sein, gleichwohl nicht mehr so uneingeschränkt wie noch 1991 oder gar 1987 (Analyse für 1987 bei Müller-Merbach 1990b).

USA

Die USA leben von ihrem großen Binnenmarkt und haben im Außenhandel, trotz der unangefochtenen Position als größte Exportnation der Welt, in vielen Produktgruppen ein deutliches Außenhandelsdefizit (Abb. 63). Das Außenhandelsdefizit liegt 1995 bei 224,4 Mrd. US-\$ (Tab. 80). Der RHS beträgt für alle zwölf Produktgruppen zusammen daher auch $-4,3\%$, wobei die USA in vier Produktgruppen positive RHS und in acht Produktgruppen negative RHS vorweisen:



Die fünf Größen der Punkte bilden das Volumen des OECD-Außenhandels ab, und zwar in den Klassen von bis zu 50, von über 50 bis zu 100, von über 100 bis zu 150, von über 150 bis zu 200 sowie von über 200 Mrd. US-\$.
Quelle: Darstellung in Anlehnung an Müller-Merbach (1994a); Zahlen aus Tabelle 80

Abbildung 63: Portfolio der zwölf Technologie-Produktgruppen der USA mit der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (DWR) des OECD-Außenhandels zwischen 1975 und 1995 und dem Relativen Handelssaldo (RHS) für 1995

- *Stärken* haben die USA in der von der Luftfahrt bestimmten Produktgruppe der Anderen Beförderungsmittel (SITC 79) mit einem RHS von $24,6\%$, in der kleinen Produktgruppe der Mess- und Prüfinstrumente (SITC 87) mit einem RHS von $10,4\%$ und auch in der Chemie (SITC 5) mit einem RHS von $5,1\%$. Der RHS ist bei den Kraftmaschinen (SITC 71) mit $0,9\%$ knapp positiv.
- *Schwächen* zeigen sie u. a. in der EDV (SITC 75) mit einem RHS von $-15,2\%$, in der Nachrichtentechnik (SITC 76) mit einem RHS von $-14,4\%$, bei den Elektrischen Maschinen (SITC 77) mit einem RHS von $-8,5\%$ sowie bei den Straßenfahrzeugen (SITC 78) mit einem RHS von $-14,5\%$.

Die USA haben sich bei den meisten Produktgruppen in ihrer Außenhandelsposition gegenüber 1991 leicht verschlechtert (Analyse für 1991 bei Müller-Merbach 1994a, S. 79–80). Deutlich schlechter geworden ist der RHS in der EDV (SITC 75) mit einem Rückgang um 10 Prozentpunkte, gegenüber 1987 sogar um knapp 15 Prozentpunkte (Analyse für 1987 bei Müller-Merbach 1990b). Deutlich verbessert hingegen, obwohl immer noch mit Schwächen, zeigt sich die Nachrichtentechnik (SITC 76) mit einer Reduktion des negativen RHS gegenüber 1987 um 15 Prozentpunkte und 4 Prozentpunkte gegenüber 1991.

Frankreich

Frankreich hat 1995 einen Außenhandelsüberschuss von 10,6 Mrd. US-\$ (Tab. 80). Ähnlich wie die USA hat auch Frankreich bei den Anderen Beförderungsmitteln (SITC 79) mit einem RHS von 14,5 % einen deutlich positiven Schwerpunkt, der von starken Aktivitäten in der Luftfahrt herrührt. Der Durchschnitt über die zwölf Technologie-Produktgruppen liegt bei einem RHS von 1,2 %. Leichte Stärken im Außenhandel hat Frankreich ferner auch bei der Chemie (SITC 5) mit einem RHS von 2,1 %, den Kraftmaschinen (SITC 71) mit einem RHS von 2,6 % und dem Straßenfahrzeugbau (SITC 78) mit einem RHS von 1,0 %. Schwächen zeigen sich u. a. bei der EDV (SITC 75) mit einem RHS von –2,4 % und bei drei weiteren Produktgruppen mit einem negativen RHS.

Großbritannien

Großbritannien hat 1995 im internationalen Wettbewerb eine mittelmäßige Außenhandelsposition mit einem durchschnittlichem RHS von 0,0 % bei einem Außenhandelsdefizit von –33,0 Mrd. US-\$ (Tab. 80). Nettoexporteur ist Großbritannien u. a. bei den Kraftmaschinen (SITC 71) mit einem RHS von 3,3 %, der Chemie (SITC 5) mit einem RHS von 1,4 % und bei Anderen Beförderungsmitteln (SITC 79) mit einem RHS von 2,9 %. Nettoimporteur ist Großbritannien bei den Elektrischen Maschinen (SITC 77) mit einem RHS von –1,3 % und den Straßenfahrzeugen (SITC 78) mit einem RHS von –2,3 % sowie in der EDV (SITC 75) mit einem RHS von –0,6 % und der Nachrichtentechnik (SITC 76) mit einem RHS von –0,3 %.

Fazit

Die einzelnen Nationen offenbaren unterschiedliche Stärken und Schwächen im Außenhandel, vor allem Japan ist durchweg gut positioniert, während Deutschland alte Schwächen nicht ablegen konnte.

- *Japan* ist stark in den Produktgruppen mit starkem Wachstum und in den Produktgruppen mit einem großen Marktvolumen – mit der Chemie als Ausnahme.
- *Deutschland* ist stark in den Produktgruppen mit mittlerem bis geringerem Wachstum und schwach in der Informations- und Kommunikationstechnik (SITC 75 und 76). Insgesamt hat sich bis auf diese Ausnahme die Position gegenüber 1991 leicht verbessert.
- Die *USA* sind Nettoimporteur in den meisten Produktgruppen und weisen lediglich in der von der Flugzeugindustrie dominierten Produktgruppe der Anderen Beförderungsmittel (SITC 79) Stärken auf.

Gegenüber den vergangenen Jahren hat sich Deutschlands Position im großen und ganzen in der Struktur kaum verändert. Vorhandene Stärken liegen eher in Produktgruppen mit reifen Technologien, während in den stark wachsenden Produktgruppen der Informations- und Kommunikationstechnologie das Außenhandelsdefizit anwächst. Nussbaum (1984, S. 97) beschrieb – diese Entwicklung ahnend – schon Anfang der 1980er Jahre, was auch Mitte der 1990er Jahre zu gelten scheint: „*Deutschland stellt nach wie vor die besten Produkte des 19. Jahrhunderts her.*“ Ähnlich treffend formuliert es Rüttgers (1995, S. 11) zehn Jahre später:

„Die Exportstärken Deutschlands liegen traditionell bei reifen Produkten wie etwa denen des Fahrzeug- und Maschinenbaus. Dagegen hinken wir in den Bereichen Informatik, Elektronik, Kommunikation – also in den Bereichen, deren Märkte heute die höchsten Wachstumsraten zeigen – den Vereinigten Staaten und Japan hinterher.“

4. Analyse der Stärken und Schwächen bei FuE-intensiven Waren

Nach der Analyse der Technologie-Produktgruppen (Abschnitt E.IV.3.) soll nun der Blick etwas detaillierter auf die FuE-intensiven Waren (Abgrenzung in Abschnitt E.III.4.b)) gelegt werden. Die FuE-intensiven Waren haben eine besondere Bedeutung in den hochentwickelten Industrienationen. So haben sich z. B. in Deutschland nach Gehrke et al. (1995, S. 90) in der Spitzentechnik die Beschäftigtenzahlen zwischen 1978 und 1994 um real 10 % erhöht, während in der Höherwertigen Technik oder in der gesamten Verarbeitenden Industrie die Wachstumszahlen jeweils geringer, über den gesamten Zeitraum sogar negativ waren. Weiterhin sichern sich die Industrienationen durch exzellente Leistungen in der Spitzentechnik einen Wettbewerbsvorsprung gegenüber den Schwellenländern und gewährleisten einen entsprechend hohen Lebensstandard.

Für den Vergleich werden verschiedene Indikatoren gewählt: der absolute Welthandelsanteil zur Verdeutlichung der Größenverhältnisse und generellen

Position, der Relative Welthandelsanteil (RWA) als Indikator für die Ausfuhr-spezialisierung und der Revealed Comparative Advantage (RCA) als Spezialisierungsmaß für das Ausfuhr-Einfuhr-Verhältnis.

Absoluter Welthandelsanteil (WA)

Zunächst soll ein Überblick über die Gesamtsituation bei den FuE-intensiven Waren gegeben werden. Dazu wird der Indikator des absoluten Welthandelsanteils verwendet, weil er die Position eines Landes in einer Produktgruppe am Weltmarkt sehr gut wiedergibt. Ähnlich wie bei den gesamten Verarbeiteten Industriewaren (Abb. 60) ist die Situation auch bei den FuE-intensiven Waren (Tab. 81 und 82) durch einen zurückgehenden Welthandelsanteil Deutschlands gekennzeichnet. Es werden die Jahre 1989 und 1994 miteinander verglichen.

Tabelle 81
Prozentuale Welthandelsanteile (WA), RWA- und RCA-Werte der fünf großen OECD-Länder bei FuE-intensiven Waren nach Produktgruppen 1994

	Deutschland			Frankreich			Großbritannien			Japan			USA		
	WA	RWA	RCA	WA	RWA	RCA	WA	RWA	RCA	WA	RWA	RCA	WA	RWA	RCA
Spitzentechnik	13,1	-17	-12	8,5	2	8	8,4	17	6	19,9	30	30	27,5	53	44
• Protektionierte Spitzentechnik	12,2	-24	-30	16,3	66	49	9,5	29	20	2,0	-201	-200	43,8	99	139
• Übrige Spitzentechnik	13,4	-15	-8	6,4	-26	-13	8,1	14	2	24,8	51	52	23,1	35	17
Höherwertige Technik	18,9	20	46	6,8	-21	-6	6,3	-12	4	21,0	35	85	13,3	-20	-25
FuE-intensive Waren	16,7	7	24	7,5	-12	0	7,1	0	5	20,6	33	61	18,8	14	8
darunter:															
• Biotechnologie/-substitutions-sektor*	18,4	17	47	9,7	15	-7	9,3	27	57	7,3	-71	-77	15,7	-4	54
• Radioaktive Stoffe	4,5	-125	-162	27,2	118	51	14,3	70	15	0,9	-285	-444	31,2	65	39
• Übrige Chemie	20,3	27	40	8,9	6	4	8,5	18	29	10,2	-37	-11	13,9	-16	62
• Maschinenbau	22,7	38	99	5,9	-36	-3	5,2	-31	12	17,9	19	120	13,8	-17	35
• Automobile	20,6	29	59	6,9	-20	-3	4,1	-55	-41	24,3	50	133	9,0	-59	-93
• Luft- und Raumfahrt	12,4	-22	-33	17,0	71	56	9,8	32	20	1,5	-227	-207	44,2	100	143
• Informations-technik	8,5	-60	-59	5,2	-48	-33	8,9	23	-2	32,5	79	72	22,6	33	-20
• Elektrotechnik, a.n.g.	19,0	21	22	7,7	-8	14	6,0	-17	-4	23,2	45	97	18,8	15	18
• Mess-, Prüf- u. Kontrolltechnik	17,7	14	36	5,9	-35	-20	9,2	26	34	15,2	2	-1	27,6	53	82
• Foto, Optik	12,8	-19	-20	4,9	-54	-36	4,7	-42	-38	40,2	100	90	14,5	-12	-44
• Übrige FuE-intensive Waren	13,1	-17	2	5,4	-43	-10	6,7	-7	26	10,4	-35	-39	30,9	64	95

*) Umfasst chemische Produkte auf der Basis biotechnologischer Verfahren sowie traditionelle Chemiewaren, die unter Biotechnologiesubstitutionsdruck stehen.

Quelle: NIW (1997, S. 2-13, 2-20, A-7, A-8, A-16, A-17)

Tabelle 82

RWA- und RCA-Werte der fünf großen OECD-Länder 1989 bis 1994

		FuE-intensive Waren						Spitzentechnik						Höherwertige Technik					
		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Deutschland	RWA	8	10	6	7	6	7	-19	-20	-20	-19	-19	-17	22	23	18	20	20	20
	RCA	28	28	21	24	23	24	-17	-13	-11	-10	-14	-12	53	48	37	42	44	46
Frankreich	RWA	-16	-13	-12	-12	-11	-12	-11	-4	1	0	2	2	-20	-19	-20	-20	-21	-21
	RCA	-1	0	1	1	0	0	3	5	1	1	8	8	-3	-4	-4	-4	-6	-6
Großbritannien	RWA	2	3	7	6	9	0	33	29	32	32	34	17	-21	-16	-12	-13	-11	-12
	RCA	-1	0	16	14	11	5	35	25	16	14	19	6	-12	-1	10	6	5	4
Japan	RWA	38	39	36	35	34	33	26	26	23	24	25	30	45	45	43	41	39	35
	RCA	84	78	72	68	65	61	46	41	35	35	33	30	109	102	97	91	89	85
USA	RWA	19	19	16	16	15	14	63	66	60	60	55	53	-22	-24	-25	-24	-21	-20
	RCA	17	18	13	12	11	8	66	66	56	51	48	44	-25	-25	-27	-25	-25	-25

Quelle: NIW (1997, S. 2-15, 2-18), Basis für Abb. 64 und Abb. 65

Der Welthandelsanteil *Deutschlands* bei FuE-intensiven Waren ging zwischen 1989 und 1994 von 19,0 % auf 16,7 % zurück (alle Zahlen für 1989 aus Legler et al. 1992, S. 102). In der Spitzentechnik lag der Welthandelsanteil nach 14,4 % in 1989 bei 13,1 % in 1994 und in der Höherwertigen Technik nach 21,6 % in 1989 bei 18,9 % in 1994. Deutschland ist das einzige Land mit einem Rückgang sowohl in der Spitzentechnik als auch in der Höherwertigen Technik. Weltweit an erster Stelle mit den Welthandelsanteilen liegt Deutschland in der Chemie, darunter sowohl die Biotechnologie als auch die klassische Chemie, im Maschinenbau und in der Automobiltechnik.

Der *japanische* Welthandelsanteil blieb mit 20,7 % in 1989 bzw. 20,6 % in 1994 bei den FuE-intensiven Waren fast unverändert. Gewonnen hat Japan im Vergleichszeitraum in der Spitzentechnik: ein Anstieg von 18,3 % in 1989 auf 19,9 % in 1994. In der Höherwertigen Technik ging hingegen in den fünf Jahren der Welthandelsanteil von 22,2 % auf 21,0 % zurück. Die protektionierte Spitzentechnik hat dabei für Japan kaum eine Bedeutung, jedoch lag Japan 1994 in der übrigen Spitzentechnik mit einem Welthandelsanteil von 24,8 % an erster Position. Ausgewiesene Stärken im Welthandel hatte Japan 1994 im Bereich Foto/Optik mit einem Welthandelsanteil von 40,2 %, in der Informationstechnik mit 32,5 % sowie im Automobiltechnik mit 24,3 %.

Die *USA* verbesserten ihren Anteil an der Weltausfuhr bei FuE-intensiven Waren von 17,8 % in 1989 auf 18,8 % in 1994. Sie haben ausgewiesene Stärken in der Spitzentechnik mit 27,5 % Welthandelsanteil gegenüber 13,3 % in der Höherwertigen Technik. Bei der Spitzentechnik ragt insbesondere die protektionierte Spitzentechnik heraus, in der die USA 1994 einen Welthandelsanteil von 43,8 % besaßen. In der protektionierten Spitzentechnik hat vor allem die Luft- und Raumfahrtindustrie eine herausragende Bedeutung, deren Welthandelsanteil 1994 bei 44,2 % lag. Bei dem ebenfalls hochvolumigen Markt der Informationstechnik sowie auch in der Mess-, Prüf- und Kontrolltechnik hatten

die USA 1994 mit 22,6 % bzw. 27,6 % Welthandelsanteil eine klare Führungsposition.

Bei *Frankreich* hat sich der Welthandelsanteil von 7,1 % in 1989 auf 7,5 % in 1994 bei den FuE-intensiven Waren verbessert, wobei es in der Spitzentechnik einen Anstieg von 7,5 % auf 8,5 % und in der Höherwertigen Technik einen Rückgang von 7,5 % auf 6,8 % gab. Dominierend ist in Frankreich die protektionierte Spitzentechnik, hier insbesondere die Luft- und Raumfahrt mit einem Anteil von 17,0 % am Welthandel.

Großbritannien konnte den Welthandelsanteil bei FuE-intensiven Waren von 7,4 % in 1989 nicht halten und erreichte 1994 nur noch 7,1 %. Der Welthandelsanteil in der Spitzentechnik reduzierte sich im Vergleichszeitraum von 10,0 % auf 8,4 %, während in der Höherwertigen Technik ein Anstieg von 5,8 % auf 6,3 % eintrat. Generelle Schwerpunkte lassen sich für Großbritannien nicht ableiten.

Die *Spezialisierung* Deutschlands und der anderen Industrienationen wird nun anhand der Spezialisierungsmaße des Relativen Welthandelsanteils (RWA) und des Revealed Comparative Advantage (RCA) verdeutlicht, wobei sich die Werte im gesamten FuE-intensiven Bereich, in der Spitzentechnik und in der Höherwertigen Technik zwischen 1989 und 1994 nicht gravierend verändert haben (Tab. 82).

Relativer Welthandelsanteil (RWA)

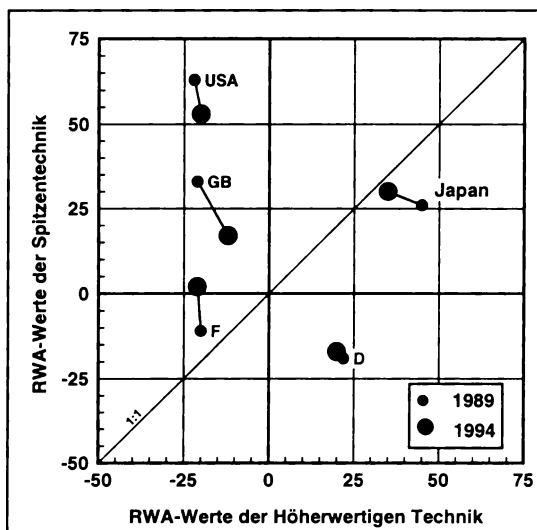
Beim Vergleich der RWA-Werte zeigen sich – wie bei der RPA-Analyse (Abschnitt E.III.4.c) – ebenfalls die Schwächen Deutschlands in der Spitzentechnik und die Stärken in der Höherwertigen Technik (Abb. 64). Japan hat als einziges Land sowohl in der Spitzentechnik als auch in der Höherwertigen Technik positive RWA-Werte.

Deutschland hatte 1994 wie in den Jahren zuvor komparative Nachteile in der Spitzentechnik mit einem RWA-Wert von –17 und komparative Vorteile in der Höherwertigen Technik mit einem RWA-Wert von 20.

Japan war 1994 das einzige der fünf großen Industrieländer mit positiven RWA-Werten sowohl in der Spitzentechnik (RWA-Wert 30) als auch in der Höherwertigen Technik (RWA-Wert 35).

Die *USA* hatten 1994 ausgeprägte komparative Vorteile mit einem RWA-Wert von 53 in der Spitzentechnik und komparative Nachteile in der Höherwertigen Technik mit einem RWA-Wert von –20.

Während die *USA* bei der Spitzentechnik abnehmende Werte gegenüber 1989 verzeichnen, gewann *Japan* deutlich hinzu. Bei der Höherwertigen Technik ist der Trend hingegen bei beiden Ländern umgekehrt.



Quelle: Darstellung in Anlehnung an Legler (1992, S. 17); Zahlenbasis Tabelle 82

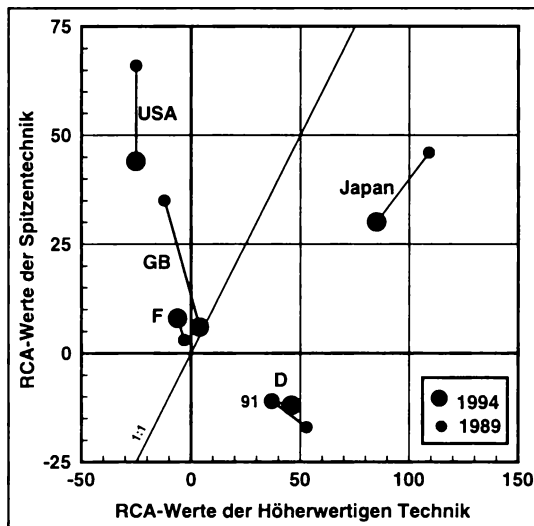
Abbildung 64: RWA-Werte der Spitzentechnik und der Höherwertigen Technik für die fünf großen OECD-Länder in 1989 und 1994

Bemerkenswert ist zudem der Anstieg des RWA-Wertes *Frankreichs* in der Spitzentechnik von -11 auf 2 bei etwa gleichbleibender Spezialisierung in der Höherwertigen Technik mit einem RWA-Wert von -21 in 1994. *Großbritannien* verzeichnete in der Spitzentechnik einen Rückgang seines komparativen Vorteils zwischen 1989 und 1994. Der RWA-Wert nahm von 33 auf 17 ab, während er in der Höherwertigen Technik von -21 auf -12 zunahm.

Revealed Comparative Advantage (RCA)

Ähnlich wie beim Welthandelsanteil und beim RWA sieht es beim Spezialisierungsmaß des RCA aus. Auch bei der Berücksichtigung der Einfuhren zeigen sich die komparativen Nachteile Deutschlands in der Spitzentechnik und die komparativen Vorteile in der Höherwertigen Technik (Abb. 65).

Deutschland verzeichnete 1994 durchweg schlechtere RCA-Werte als 1989. Bedingt wurde diese Entwicklung durch die infolge der Wiedervereinigung zunehmenden Einfuhren und die verstärkte Orientierung inländischer Unternehmen des Automobil- und des Maschinenbaus auf den Binnenmarkt. Der Anstieg des RCA-Wertes in der Höherwertigen Technik von 37 in 1991 auf 46 in 1994 – nach 53 in 1989 – ist nach Ansicht des NIW (1997, S. 2-15) nicht auf eine verbesserte Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Exportindustrie, sondern vielmehr auf eine nachlassende deutsche Nachfrage nach ausländischen Investitionsgütern und eine verstärkte Nachfrage in wichtigen Konkurrenzländern – mit



Quelle: Darstellung in Anlehnung an Legler (1992, S. 17); Zahlenbasis Tabelle 82

Abbildung 65: RCA-Werte der Spitzentechnik und der Höherwertigen Technik für die fünf großen OECD-Länder in 1989 und 1994, für Deutschland zudem mit dem ersten Wert nach der Wiedervereinigung aus 1991

Ausnahme von Frankreich – zurückzuführen. Bei der Spitzentechnik stieg der RCA-Wert von –17 auf –12 leicht an.

Japans RCA-Werte nahmen zwischen 1989 und 1994 ab, in den FuE-intensiven Bereich von 84 auf 61, in der Spitzentechnik von 46 auf 30 und in der Höherwertigen Technik von 109 auf 85. Der Rückgang sowohl in der Spitzentechnik als auch in der Höherwertigen Technik ist nach Meinung des NIW (1997, S. 2-14) u. a. auf konjunkturelle Schwächen, auf die Finanzkrise, auf die Aufwertung des Yen sowie auf die kontinuierliche Öffnung des Binnenmarktes zurückzuführen. Die hohen RCA-Werte bei den FuE-intensiven Waren liegen auch in dem im internationalen Vergleich geringen Einfuhranteil Japans begründet, welcher zum Teil auf bestehenden Markteintrittsbeschränkungen beruht (ausführliche Begründung von Schumacher et al. 1997, S. 127–129). Komparative Vorteile hat Japan vor allem in der Informationstechnik, beim Automobilbau und im Maschinenbau.

Die *USA* haben insbesondere in der Spitzentechnik komparative Vorteile, doch ging der RCA-Wert kontinuierlich von 66 in 1989 auf 44 in 1994 zurück. Die komparativen Nachteile in der Höherwertigen Technik änderten sich im Vergleichszeitraum kaum. Der geringe RCA-Wert von 8 in 1994 bei den FuE-intensiven Waren wird vor allem von den schwächeren Wirtschaftszweigen Automobilbau, Unterhaltungselektronik sowie Foto und Optik bestimmt.

Frankreich hat seine durchschnittliche Position bei FuE-intensiven Waren leicht verbessert. Der RCA-Wert stieg von -1 in 1989 auf 0 in 1994. In der Spitzentechnik hat Frankreich komparative Vorteile vor allem in der protektionierten Spitzentechnik mit einem RCA-Wert von 49 , hervorgerufen im Wesentlichen von der Luft- und Raumfahrt mit einem RCA-Wert von 56 . Komparative Nachteile zeigen sich u. a. in der Informationstechnik sowie in Foto und Optik.

Großbritannien hat sich zwischen 1989 und 1994 am deutlichsten von allen fünf Ländern in der Spitzentechnik verschlechtert, und zwar ist der RCA-Wert von 35 auf 6 gesunken. Bei den FuE-intensiven Waren insgesamt liegt noch ein geringer komparativer Vorteil mit einem RCA-Wert von 5 und bei der Höherwertigen Technik mit einem RCA-Wert von 4 nach $-11,8$ in 1989 vor. Komparative Vorteile hat Großbritannien u. a. bei der Biotechnologie und der übrigen Chemie sowie in der Luft- und Raumfahrt.

Fazit

Insgesamt bestätigen sich bei der Analyse der FuE-intensiven Waren die bereits bei der Analyse der Patentanmeldungen (Abschnitt E.III.4.d)) gefundenen Erkenntnisse, die seit langem auch für den Außenhandel bekannt sind: „*Deutschland ist stark in der Höherwertigen Technik, jedoch schwach in der Spitzentechnik*“ (Legler 1992, S. 16; auch Müller-Merbach 1994a, S. 84). Dabei sind zudem die Welthandelsanteile, die RWA-Werte und die RCA-Werte für die FuE-intensiven Waren, für die Spitzentechnik und für die Höherwertige Technik zwischen 1989 und 1994 zurückgegangen.

Japan hat weiterhin sowohl in der Spitzentechnik als auch in der Höherwertigen Technik deutliche komparative Vorteile, während die USA in erster Linie in der Spitzentechnik Stärken aufweisen.

5. Analyse der Position Deutschlands bei ausgewählten Schlüsseltechnologien

Wie bereits angeführt, haben Schlüsseltechnologien gemäß Leonhardt (1985, S. 6) eine besondere Bedeutung für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung eines Landes, induzieren sie doch die industriellen Strukturveränderungen, geben Impulse für den gesellschaftlichen Wandel und haben einen maßgeblichen Einfluss auf zahlreiche Wirtschaftszweige (Abschnitt E.I.; Abschnitt B.I.3.; Abschnitt B.II.). Hier wird nun die Position Deutschlands für die drei bedeutenden Schlüsseltechnologien der Biotechnologie, Mikroelektronik und Umwelttechnik analysiert, die häufig auch als strategische Industrien bezeichnet werden (z. B. Legler et al. 1992, S. 104–105). Dabei wird wiederum eine Einteilung der den Schlüsseltechnologien zugeordneten Produktgruppen in Spitzentechnik und

Höherwertige Technik vorgenommen. Als Indikatoren kommen der RCA und der RWA zur Anwendung.

Vorher werden zunächst die Welthandelsanteile Deutschlands, Japans und der USA nach verschiedenen Technologien betrachtet.

Ausfuhren nach Technologiebereichen

Bei den gesamten *Weltausfuhren* nach Schlüsseltechnologien – gemäß einer Einteilung vom amerikanischen National Science Board (NSB 1996, S. 6-8) – liegt Deutschland 1994 mit einem Anteil von 11,7 % an dritter Stelle (Tab. 83). Es führen die USA mit 25,2 % vor Japan mit 17,0 %. Einen ersten Platz nimmt Deutschland bei der Optoelektronik und bei den Produktionstechnologien ein. Japan liegt bei der Elektronik und Informationstechnologie vorn, bei den anderen Technologien haben die USA einen zum Teil deutlichen Vorsprung.

Tabelle 83
**Prozentualer Ausfuhranteil nach Technologien
von Deutschland, Japan und den USA in 1994**

Technologie	Deutschland (%)	Japan (%)	USA (%)
<i>Alle Technologien</i>	11,7	17,0	25,2
Biotechnologie	19,1	4,3	37,0
Lebenswissenschaften	20,4	13,8	27,5
Optoelektronik	24,0	22,8	13,7
Informationstechnologien	8,3	23,0	18,5
Elektronik	9,4	25,5	20,3
Produktionstechnologien	21,9	21,5	16,2
Fortgeschrittene Materialien	15,1	9,3	28,6
Luft- und Raumfahrt	11,3	1,4	44,2
Waffentechnologien	12,1	4,6	34,3
Nukleartechnik	9,6	0,2	20,8

Quelle: NSB (1996, S. 6-8)

Biotechnologie

Für Produkte und Dienstleistungen der Biotechnologie wird ein großes Marktwachstum erwartet. Gerade aufgrund der starken Chemischen Industrie in Deutschland ist eine gute Wettbewerbsposition erforderlich, um in dieser Schlüsseltechnologie den Anschluss zu halten. Für die statistische Analyse der Biotechnologie mit marktorientierten Indikatoren besteht das Problem der Abgrenzung der relevanten Produktgruppen, denn die einzelnen Anwendungsfelder der neuen Biotechnologie sind sehr heterogen.

Hier werden daher stellvertretend die sog. substitutionsgefährdeten Produktgruppen der Biotechnologie analysiert (Tab. 84). Die insgesamt sechs Produktgruppen sind nach Meinung von Fachleuten besonders dem Substitutionsdruck der Biotechnologie ausgesetzt (Begründung bei Legler 1992, S. 105). Wie gut ist Deutschland positioniert?

Tabelle 84
**Spezialisierung Deutschlands mit RCA- und RWA-Werten
für 1991 bis 1995 bzw. 1994 in ausgewählten Produktgruppen
mit Substitutionsdruck aus der modernen Biotechnologie**

SITC Bezeichnung	RCA					RWA			
	1991	1992	1993	1994	1995 **	1991	1992	1993	1994
<i>Spitzentechnik</i>									
516 Neue organische Chemikalien	12	6	4	34	38	26	22	13	25
541 Pharmakologische Wirkstoffe	34	35	37	33	19	6	3	11	17
591 Pflanzenschutz usw.	61	67	101	117	84	27	27	28	28
<i>Höherwertige Technik</i>									
515 Heterozyklische Chemie	36	35	45	26	19	2	-1	-2	-4
533 Pigmente	78	72	77	81	79	40	38	41	42
551 Geruchsstoffe	2	7	12	8	9	-27	-26	-21	-19
Biotechnologie/-substitutionssektor insgesamt *	42	41	47	47	39	16	13	15	17

*) Umfasst chemische Produkte auf der Basis biotechnologischer Verfahren sowie traditionelle Chemiewaren, die unter Biotechnologiesubstitutionsdruck stehen. **) Vorläufig
Quelle: NIW (1997, S. 2-46)

Deutschland ist sowohl in der Spitzentechnik als auch in der Höherwertigen Technik stark (hierzu NIW 1997, S. 2-45). In den 1990er Jahren hat die Spezialisierung Deutschlands in diesen Produktgruppen zugenommen. Vor allem die RCA-Werte bei den neuen organischen Chemikalien (SITC 516) und beim Pflanzenschutz (SITC 591) stiegen deutlich.

Der Außenhandel ist dabei auf zahlreiche Absatzmärkte verteilt und zeigt die generell hohe Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie bei diesen Produktgruppen. Risiken für die deutschen Wettbewerbsposition liegen aber in der schwachen Patentstärke bei den Produktgruppen, die unter dem Substitutionsdruck der neuen Biotechnologie stehen. So schätzen Grupp et al. (1997, S. 62) das aktuelle Substitutionspotenzial auf 44,7 Mrd. DM und das zukünftige Substitutionspotenzial auf 94,9 Mrd. DM, insbesondere die Pharmazie ist hiervon betroffen. Aufgrund der schwachen Patentsituation scheint die deutsche Wettbewerbsposition zukünftig gefährdet zu sein. In diesem Zusammenhang seien zwei Aspekte erwähnt:

- Gassen (1997, S. 37) weist noch auf den Rückstand bei der Anzahl der Biotechnologie-Unternehmen in Deutschland im Vergleich zu den USA hin –

das Verhältnis beträgt etwa von 50 deutsche zu 1.500 amerikanischen Biotechnologie-Unternehmen. Laut BMBF (1998c, S. 2) soll es in Deutschland 1998 bereits weit über 400 Biotechnologie-Unternehmen geben – ein deutlicher Zuwachs.

- Klodt, Stehn et al. (1994, S. 63–64) erwähnen die geringe Anzahl an Freilandversuchen in Deutschland im Vergleich zu den USA. Während es 1994 in den USA 360 Freisetzung gab, waren es in Deutschland lediglich drei. Streck (1994, S. 17) sieht den Vorsprung der USA als fast uneinholbar an.

Die Situation in der Biotechnologie hat sich nach der Novellierung des Gentechnikgesetzes 1990 merklich gebessert, d. h. es gibt mehr Unternehmensgründungen und eine höhere Rechtssicherheit. Ob dies bei der bisher noch geringe Anzahl an Patentanmeldungen auch mit Erfolgen am Markt verbunden sein wird, bleibt offen.

Mikroelektronik

Die *Mikroelektronik* gilt nach wie vor als eine der bedeutenden Technologien für das kommende Jahrhundert. Mit zahlreichen Einsatzfeldern von der Telekommunikation bis hin zur Datentechnik und Unterhaltungselektronik erschließt sich ein großes Marktpotenzial (Hess 1985). Bei den von der *Mikroelektronik* bestimmten Produktgruppen hat Deutschland nach Auswertungen des NIW (1997, S. 2-46–2-48) viele Schwächen, sowohl in den Produktgruppen der Spitzentechnik als auch in denen der Höherwertigen Technik:

In der *Spitzentechnik* ist die Ausfuhr-Einfuhr-Relation, d. h. die RCA-Werte, bei den EDV-Anlagen (SITC 752) und den Halbleiterbauelementen (SITC 776) seit Jahren deutlich negativ, wobei sich die Wettbewerbsposition Deutschlands seit 1991 weiter verschlechtert (Tab. 85). In der Telekommunikation hingegen hat sich die Lage deutlich verbessert, und der RCA lag 1995 bei –4. Dabei waren die Auslandsumsatzserfolge bei einem RWA von –38 nach wie vor gering.

In der *Höherwertigen Technik* ist die Wettbewerbsposition Deutschlands ebenfalls schlecht. Bei Büromaschinen (SITC 751) sowie in der Unterhaltungselektronik (SITC 761–763) schneidet Deutschland sehr schlecht ab.

Das NIW (1997, S. 2-48) sieht jedoch gedämpft positiv in die Zukunft, denn im Falle einer graduellen Ablösung der mikroelektronischen Technologie durch die Photonik bestehe eine Möglichkeit zur Renaissance der deutschen Halbleiterindustrie. Doch scheint dies aufgrund der Beurteilung der Photonik in den Technologiestudien fraglich. Vielmehr ist die Wettbewerbsposition als schwach einzustufen:

So schreiben Ferguson und Morris (1994, S. 238):

„Ende des Jahrzehnts besaß kein Computerunternehmen mehr eine führende Position bei irgendeiner Computertechnologie. Sie sind zunehmend entweder einfach Generalvertreter für japanische oder amerikanische Geräte, wie ICL und Olivetti, oder wie Siemens und Bull Lizenznehmer und mitunter auch Produktionspartner vor Ort für IBM und japanische Unternehmen.“

Tabelle 85
**Spezialisierung Deutschlands mit RCA- und RWA-Werten für 1991 bis 1995
 bzw. 1994 in ausgewählten Produktgruppen, die von der Mikroelektronik
 wesentlich bestimmt sind**

SITC Bezeichnung	RCA					RWA			
	1991	1992	1993	1994	1995 **	1991	1992	1993	1994
<i>Spitzentechnik</i>									
752 EDV-Anlagen	-77	-95	-89	-86	-83	-54	-63	-61	-63
764 Telekommunikation	-21	-18	-21	-14	-4	-54	-48	-46	-38
776 Halbleiterbauelemente	-26	-38	-42	-42	-45	-57	-70	-75	-65
<i>Höherwertige Technik</i>									
751 Büromaschinen	-39	-32	-43	-43	-36	-35	-33	-39	-40
759 Zubehör	-58	-63	-81	-81	-82	-82	-85	-93	-92
761 Fernsehempfangsgeräte	-56	-78	-98	-77	-77	12	-3	-38	-34
762 Rundfunkempfangsgeräte	-132	-132	-157	-157	-148	-63	-63	-78	-74
763 Tonaufnahme und Wiedergabe	-134	-57	-81	-74	-64	-171	-63	-68	-60
Mikroelektroniksektor insgesamt	-54	-60	-89	-86	-56	-58	-62	-64	-60

*) Vorläufig
 Quelle: NIW (1997, S. 2-46).

Umwelttechnik

Aufgrund der starken Position Deutschlands in der *Umwelttechnik* laut den Technologiestudien (Abschnitt E.I.6.) wird hier eine Analyse anhand marktorientierter Daten vorgenommen. Es wird dabei eine potenzialorientierte Vorgehensweise gewählt, d. h., es werden die Produktgruppen, die im Umweltschutz verwendet werden könnten, betrachtet (Vorgehensweise bei NIW 1997, S. 2-48). Von den erfassten potenziellen Umweltschutzprodukten werden tatsächlich aber nur ca. 40–45 % im Umweltschutz verwendet. Deutschland ist insgesamt gut positioniert und lag 1994 mit einem Ausfuhrvolumen der potenziellen Umweltschutzgüter von 31,5 Mrd. DM und einem Weltmarktanteil von 18,3 % knapp hinter den USA mit 19,0 % und vor Japan mit 14,1 % (Tab. 86).

Nach einzelnen Bereichen führt Deutschland bei Abfalltechnologien mit Ausfuhren von 3 Mrd. DM und 17,9 % Weltmarktanteil vor Japan mit 17,5 % (Tab. 87). Auch bei Wassertechnologien ist Deutschland bei Ausfuhren in Höhe

von 13 Mrd. DM mit 19,0 % Weltmarktanteil deutlich vor den USA mit 13,2 % in Führung.

Tabelle 86

**Prozentualer Welthandelsanteil, RWA und RCA
der fünf großen OECD-Länder bei Umweltschutzgütern zwischen 1989 und 1994**

Land	Welthandelsanteil (%)						RWA						RCA					
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Deutschland *	21,0	20,9	20,3	20,8	18,4	18,3	19	17	17	18	19	17	37	36	34	27	35	35
Frankreich	7,3	7,7	7,6	7,8	7,4	7,8	-14	-13	-15	-14	-13	-7	-1	2	0	2	2	3
Großbritannien	8,4	8,4	7,8	7,4	6,9	7,4	15	10	4	3	4	5	34	31	20	24	29	23
Japan	12,5	10,8	12,0	11,9	13,2	14,1	-13	-17	-13	-15	-12	-5	24	20	21	25	31	39
USA	17,4	17,3	18,3	18,0	19,3	19,0	17	17	17	15	18	16	60	66	67	65	67	61

*) Ab 1991 für Gesamtdeutschland

Quelle: NIW (1997, S. 2-49)

Tabelle 87

**Welthandelsspezialisierung der fünf großen OECD-Länder
in den Umweltschutzgütern nach Tätigkeitsbereichen 1994**

Land	Abfall			Wasser			Luft			Mess-, Steuer- und Regeltechnik			Umwelttechnik insgesamt *		
	WA	RWA	RCA	WA	RWA	RCA	WA	RWA	RCA	WA	RWA	RCA	WA	RWA	RCA
Deutschland	17,9	15	76	19,0	20	20	19,0	21	57	18,8	20	42	18,3	17	35
Frankreich	10,9	26	6	7,8	-7	7	7,7	-8	21	6,1	-32	-12	7,8	-7	3
Großbritannien	7,3	2	5	6,1	-15	5	7,4	4	31	8,6	19	32	7,4	5	23
Japan	17,5	17	87	11,6	-25	60	15,1	2	60	16,7	12	19	14,1	-5	39
USA	15,6	-4	58	13,2	-21	34	20,4	-22	60	23,9	38	73	19,0	16	61

*) Einschließlich Gütern zum Lärmschutz

Quelle: NIW (1997, S. 2-50-2-51)

An zweiter Stelle hinter den USA ist Deutschland bei der Luftreinhaltung mit 6 Mrd. DM Ausfuhren und 19,0 % Weltmarktanteil gegenüber 20,4 % der USA. Bei der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik hat Deutschland mit Ausfuhren von 12 Mrd. DM und 18,8 % Weltmarktanteil einen Rückstand gegenüber der USA (23,9 %). Auch die RCA- und RWA-Werte spiegeln die günstigen Positionen dieser Länder wider.

Bisher sind die Märkte noch meist national bestimmt, weswegen die Ausfuhrleistungen vieler Länder gering sind. Zudem stammt ein Großteil der Nachfrage noch vom Staat oder den eng an staatliche Restriktionen gebundenen Versorgungs- und Entsorgungsunternehmen. Das NIW (1997, S. 2-52) nimmt je-

doch eine zunehmende Internationalisierung an, wofür die deutsche Wirtschaft gut gerüstet zu sein scheint.

6. Zusammenfassung

Die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit anhand marktorientierter Indikatoren zeigt die Stärken und Schwächen der Vergleichsländer klar auf. Jedes Land hat aufgrund seiner spezifischen Industriestruktur diese Stärken und Schwächen im Zeitverlauf herausgebildet. Deutschland steht bei vielen zukunftssträchtigen Produktgruppen und Technologien hinter den USA und Japan, meist aber vor Frankreich und Großbritannien.

Deutschland ist konzentriert auf die Produktgruppen der Höherwertigen Technik und weniger stark vertreten in den Produktgruppen der Spitzentechnik. In beiden Bereichen hat sich die Position infolge der Wiedervereinigung kaum verändert, jedoch ist der Welthandelsanteil Deutschlands bei den FuE-intensiven Waren weiterhin rückläufig. Außerordentliche Schwächen zeigt Deutschland bei den beiden Schlüsseltechnologien der Biotechnologie und Mikroelektronik, wobei die starke deutsche Chemische Industrie in der Biotechnologie die Lücke zu den USA und auch Großbritannien schließen kann. Bei den Produktionstechniken und in der Optoelektronik hat Deutschland die größten Welthandelsanteile. Stark vertreten ist Deutschland zudem in den Produktgruppen mit einem durchschnittlichen Außenhandelswachstum, schwach hingegen bei den stark wachsenden Produktgruppen der EDV. Bei der Nachrichtentechnik hat sich die Situation hingegen deutlich verbessert (vgl. hierzu frühere Analysen von Müller-Merbach 1994a, 1991).

Japan hat sein Wachstum aus den 1980er Jahren nur zum Teil halten können. Nach wie vor hat es außerordentlich große Erfolge im Bereich der EDV bzw. der Halbleitertechnik. Dementsprechend gibt es auch hohe Welthandelsanteile bei der Mikroelektronik, geringere jedoch bei der Biotechnologie und der Umwelttechnik. Japan ist das einzige Land mit positiven RCA- und RWA-Werten sowohl in der Höherwertigen Technik als auch in der Spitzentechnik. Diese außerordentlich gute technologische Position ist insbesondere auf die Einfuhrschwierigkeiten nach Japan zurückzuführen, denn die Einfuhrquoten der meisten Produktgruppen liegen weit unter denen der Vergleichsländer. Hier spielt sicherlich die japanische Industriepolitik des MITI eine bedeutende Rolle, die den inländischen Markt abschottet. Gleichwohl ist die japanische Position in Frage gestellt, denn südostasiatische Schwellenländer wie z. B. die „vier kleinen Tiger“ Korea, Taiwan, Hongkong und Singapur verzeichnen in der Mikroelektronik und im Straßenfahrzeugbau schon beträchtliche Erfolge.

Die *USA* sind der weltgrößte Exporteur FuE-intensiver Waren. Die USA haben die japanische Herausforderung der 1980er Jahre angenommen, ihre Pro-

dukte verbessert und in vielen Bereichen eine starke Wettbewerbsposition erreicht. Die USA verzeichnen bei den meisten Technologien die größten Welt handelsanteile und haben ausgewiesene Stärken in der protektionierten Spitzentechnik. Seit langem gewachsene Schwächen liegen vor allem bei der Höherwertigen Technik. Kennzeichnend für die Stärke der USA ist die ausgeprägte Erfolgsbilanz bei den Zukunftstechnologien der Biotechnologie und der Mikroelektronik. Die USA sind nach wie vor Nettoimporteur bei vielen Produktgruppen, insbesondere bei den Straßenfahrzeugen, den Elektrischen Maschinen und der Chemie. Trotz des großen Außenhandelsdefizits spielen die USA eine gewichtige Rolle auf dem Weltmarkt für Technologieprodukte.

Wie bei den anderen Indikatorengruppen auch, so sind Frankreich und Großbritannien bei den marktorientierten Indikatoren meistens auf den Plätzen 4 und 5 zu finden. *Frankreich* weist z. B. Stärken in der protektionierten Spitzentechnik auf, einem stark vom Staat geförderten Bereich. *Großbritannien* hat ausgewiesene Stärken in der Chemie, was auch für eine günstige Ausgangsposition in der Biotechnologie sorgt. Beide Nationen erreichen aber aufgrund der geringeren Größe nicht die weltweite Bedeutung der anderen drei Länder.

V. Bilanz der technologischen Wettbewerbsfähigkeit: Wo steht Deutschland wirklich?

Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im internationalen Vergleich ist ausführlich untersucht worden, u. a. anhand von Technologiestudien und anhand der Analyse mittels verschiedener Indikatoren. Hat Nussbaums (1984, S. 99) Feststellung eigentlich heute noch Gültigkeit?

„Die technologische Basis für das deutsche Wirtschaftswunder veraltet unmerklich. Wie ein rasendes Auto, das über eine Pier hinausschießt und einen Augenblick quasi stillhält, bevor es ins Meer stürzt, ist die Bundesrepublik heute eine Nation, die sich selbstgefällig durch das 20. Jahrhundert bewegt, die aber blind ist für die ökonomische Katastrophe, von der sie bereits erfasst ist.“

Anhand der Ergebnisse wird dieser Frage hier nachgegangen und die charakteristischen Schwerpunkte sowie Stärken und Schwächen für die drei großen Vergleichsländer Deutschland, Japan und USA sowie auch für Frankreich und Großbritannien zusammengefasst (Tab. 88).

Deutschland hat bei wenigen Indikatoren eine Spitzenposition. Zwischen 1985 und 1994/5 haben sich, u. a. bedingt durch die deutsche Einheit und vor allem strukturelle Schwächen, die Positionen bei den meisten Indikatoren verschlechtert. Bei den hier betrachteten 14 Indikatoren liegt Deutschland nur bei den Triade-Patentanmeldungen pro 1 Mio. Beschäftigte auf Platz 1. Bei den *inputorientierten* Indikatoren gibt es einen vergleichsweise starken Rückgang des

Tabelle 88

Übersicht über ausgewählte input-, output- und marktorientierte Indikatoren für die fünf großen OECD-Länder in 1985 bzw. 1989 und 1994 bzw. 1995

Land	Deutschland		Frankreich		Großbritannien		Japan		USA	
	1985	1995	1985	1995	1985	1995	1985	1995	1985	1995
Inputorientierte Indikatoren										
FuE-Ausgaben (Mio. US-\$)	22.998	38.412	16.337	27.044	15.158	21.375	41.029	81.515	116.026	179.126
FuE-Ausgaben pro Kopf (US-\$)	376,9	470,4	296,1	465,1	267,7	364,7	339,8	649,2	484,9	680,7
Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP (%)	2,72	2,30	2,25	2,33	2,31	2,05	2,77	2,98	2,93	2,55
FuE-Beschäftigte	143.627	229.839 ¹⁾	102.253	149.193	124.900	148.000	380.761	541.015	849.200	962.700 ¹⁾
FuE-Beschäftigte pro 10.000 Beschäftigte	50	58 ¹⁾	43	59	45	52	64	81	72	74 ¹⁾
Outputorientierte Indikatoren										
Triade-Patente	4.946	7.266	2.130	2.508	2.526	2.682	6.659	10.355	12.845	18.315
Triade-Patente pro 1 Mio. Beschäftigte	190	183	98	99	104	94	110	156	118	138
Patenterteilungen in den USA 1993	6.718	6.890 ²⁾	2.400	2.908 ²⁾	2.494	2.294 ²⁾	12.746	22.292 ²⁾	39.555	53.236 ²⁾
RPA im FuE-intensiven Bereich 1989	-9 ³⁾	-8	-10 ³⁾	-3	-6 ³⁾	-6	13 ³⁾	11	5 ³⁾	10
Saldo der Patent- und Lizenzbilanz (Mio. US-\$)	-1.010 ²⁾	-2550 ⁴⁾	-545 ²⁾	-767 ⁴⁾	204 ²⁾	1.100 ⁴⁾	-2.330 ²⁾	-3.150 ⁴⁾	6.700 ²⁾	22.650 ⁴⁾
Marktorientierte Indikatoren										
	1989	1994	1989	1994	1989	1994	1989	1994	1989	1994
Welthandelsanteil bei Verarbeiteten Industriewaren (%)	17,4	15,5	8,4	8,4	7,2	7,1	14,2	14,8	14,7	16,3
RCA im FuE-intensiven Bereich	28	46	-1	0	-1	5	84	61	17	8
Welthandelsanteil bei „Technologien“ (%)	-	17,5	-	7,9	-	7,2	-	19,9	-	18,3
Handelsbilanzsaldo bei Technologie-Produktgruppen (Mrd. US-\$)	-	59,61 ⁵⁾	-	10,60 ⁵⁾	-	-32,97 ⁵⁾	-	107,11 ⁵⁾	-	-224,30 ⁵⁾

¹⁾ 1993; ²⁾ 1986; ³⁾ 1989; ⁴⁾ 1996; ⁵⁾ 1995

Verhältnisses der FuE-Ausgaben zum BIP. Der Abstand zu den USA und Japan ist auch bei den FuE-Ausgaben pro Kopf und den absoluten FuE-Ausgaben deutlich größer geworden. Bei den *outputorientierten* Indikatoren ist die Situation ähnlich, wobei vor allem der letzte Platz bei der RPA im FuE-intensiven Bereich die Schwächen bei den Schlüsseltechnologien offenlegt. Bei den

marktorientierten Indikatoren hat sich die Situation ebenfalls verschlechtert, obwohl Deutschland beim Welthandelsanteil bei den Verarbeiteten Industriewaren, beim RCA im FuE-intensiven Bereich sowie beim Handelsbilanzsaldo der Technologie-Produktgruppen auf Platz 2 liegt. Insgesamt zeigt sich bei allen Indikatoren: Deutschland ist stark in der Höherwertigen Technik, bei Nischenprodukten und bei Produktgruppen mit geringem Marktwachstum, schwach hingegen in der Spitzentechnik, bei den Massenprodukten und bei Produktgruppen mit hohen Wachstumsraten.

Im Gegensatz zu Deutschland hat *Japan* seine technologische Wettbewerbsfähigkeit weiter gesteigert. So hat Japan in den 1990er Jahren in sechs der 14 ausgewählten Indikatoren Platz 1 erreicht. Bei den *inputorientierten* Indikatoren hat der starke Anstieg der absoluten FuE-Ausgaben u. a. zu Platz 1 beim Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP geführt. Zudem hat sich auch die Anzahl der FuE-Beschäftigten erhöht, weshalb Japan auch beim den FuE-Beschäftigten pro 10.000 Beschäftigte auf Platz 1 liegt. Bei den *outputorientierten Indikatoren* hat Japan drei zweite Plätze und Platz 1 bei der RPA im FuE-intensiven Bereich. Ferner ist die Technologieeinfuhr nach wie vor sehr hoch, weshalb Japans negativer Saldo der Patent- und Lizenzbilanz am höchsten ist. Bei den *marktorientierten* Indikatoren hat Japan nur beim Welthandelsanteil der Verarbeiteten Industriewaren Platz 3 inne, ansonsten liegt es bei den weiteren drei Indikatoren auf Platz 1. Insgesamt hat sich die technologische Wettbewerbsfähigkeit Japans stark verbessert. Stärken zeigen sich in der Spitzentechnik und in der Höherwertigen Technik sowie bei Massenprodukten und bei EDV-Produktgruppen.

Die *USA* haben ihre technologische Führungsposition weitgehend behauptet, wenn auch Japan in vielen Bereichen stark aufgeholt hat. Mit sieben Mal Platz 1 sind die USA die Nation mit den meisten ersten Plätzen, darunter viele aufgrund von Größenvorteilen. Bei den *inputorientierten* Indikatoren liegen die USA bei den FuE-Ausgaben und bei den FuE-Beschäftigten bei den Absolutzahlen weit vorne, während sie z. B. beim Verhältnis der FuE-Ausgaben zum BIP sowie bei den Beschäftigten pro 10.000 Beschäftigte hinter Japan Platz 2 erreichen. Die *outputorientierten* Indikatoren dokumentieren ebenfalls die technologische Stärke der USA, denn beim Saldo der Patent- und Lizenzbilanz sowie bei den Triade-Patentanmeldungen liegen sie beispielsweise weit in Führung. Bei den *marktorientierten* Indikatoren sind die USA nicht ganz so stark, denn vor allem der negative Handelsbilanzsaldo mit Platz 5 macht die Außenhandelsdefizite deutlich. Insgesamt ist die technologische Wettbewerbsfähigkeit der USA vor allem durch die starke Ausrichtung auf die Spitzentechnik und einen hohen Anteil der militärischen Forschung gekennzeichnet.

Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Frankreichs und Großbritanniens ist gegenüber den drei größeren Ländern etwas schwächer. *Frankreich* wendet für FuE mehr Mittel auf und hat zweimal Platz 3 bei den inputorientierten Indikatoren erreicht. Bei *Großbritannien* ist der positive Saldo der Patent- und Li-

zenzbilanz mit Platz 2 die herausragende Platzierung. Bei beiden Ländern ist der militärische Sektor von großer Bedeutung. Insgesamt spielen beide Länder aufgrund der Größennachteile eine eher untergeordnete Rolle hinsichtlich der technologischen Breite.

Nun, wie steht es mit Nussbaums Aussage? Es gibt einige Autoren, die ihm zustimmen, und sie scheinen aufgrund der Ergebnisse recht zu haben:

Linde (1992, S. 433) sieht nach seiner Analyse Deutschland am *„Beginn eines langsamen Abdriftens in Richtung des wohlstandsgetriebenen Stadiums wirtschaftlicher Entwicklung, einer Entwicklungsstufe, die letztendlich durch den Verlust der Wettbewerbsfähigkeit und den Rückgang des Lebensstandards gekennzeichnet ist. Ein Aufhalten oder gar Umkehren dieser Drift ist fast unmöglich.“*

Berger (1994, S. 9) konstatiert ähnlich:

„Die deutsche Wirtschaft steckt in der schwersten Rezession der Nachkriegszeit. ... Gleichzeitig befindet sich Deutschland in einer Strukturkrise, deren Ursachen in mangelnder Veränderungsbereitschaft aller Verantwortlichen während des zehnjährigen Reagan- und Vereinigungs-Booms liegen.“

Thurrow (1993, S. 287–288) dagegen sieht im Kopf-an-Kopf-Rennen vor Beginn des 21. Jahrhunderts Europa unter den Triade-Regionen vorn liegen:

„Der Elan liegt aufseiten der Japaner. Man kann nur schwer gegen sie wetten. Die Amerikaner sind flexibel und verfügen über die unerreichte Fähigkeit, sich bei direkten Herausforderungen zu organisieren. Sie beginnen reicher und mächtiger als alle anderen. Aber die Europäer haben die beste strategische Position. Wahrscheinlich sind sie es, denen die Ehre zukommen wird, dass das 21. Jahrhundert ihren Namen trägt.“

Die drei Einschätzungen mögen gut die im Allgemeinen über Deutschland geführte Diskussion widerspiegeln. Müller-Merbach (1994a, 63–69) beispielsweise sieht einen technologisch-organisatorischen Rückstand Deutschlands gegenüber den Wettbewerbern. Glotz et al. (1992) und Seitz (1992) sehen Deutschland ebenfalls ins Hintertreffen geraten. Demgegenüber halten Porter (1991, S. 402–403) sowie auch Kennedy (1993) Deutschland für wettbewerbsfähig, weisen aber auch auf Schwächen hin. Letztlich werden in allen Ausführungen wie auch in der vorherigen Analyse zwei Hauptpunkte deutlich, die nur unterschiedlich interpretiert werden: Deutschland ist einerseits stark in den eher traditionellen Wirtschaftszweigen des Maschinenbaus, des Straßenfahrzeugbaus und in der Chemie und den damit verbundenen Technologien. Andererseits zeigt Deutschland Schwächen bei den Wirtschaftszweigen, die in hohem Maße von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) geprägt sind.

Gerade aber IKT wird den Übergang in die Informationsgesellschaft und die fünfte Kondratieff-Welle (Abschnitt B.II.3.b)) maßgeblich prägen. So scheint es

für Deutschland in der Tat – ähnlich wie für Großbritannien zu Beginn dieses Jahrhunderts – schwierig zu werden, auch im kommenden Jahrtausend eine führende Rolle zu spielen.

F. Handreichungen für eine zukunftsorientierte Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands

Im internationalen Vergleich scheint Deutschland an Boden zu verlieren. Die nachlassende technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands wird durch die Struktur und Ausrichtung des nationalen Innovationssystems sowie durch eine nicht immer adäquate F&T-Politik mit verursacht. Im Einzelnen offenbaren die Analysen (Kapitel C bis E) zahlreiche Ansatzpunkte für Verbesserungsvorschläge, von denen hier vier vorgestellt seien:

- Die gesamten FuE-Ausgaben Deutschlands liegen deutlich hinter denen der USA und Japans zurück, und zwar sowohl absolut als auch pro Kopf und in Relation zum Bruttoinlandsprodukt (Abschnitt E.II.2.).
- Im Vergleich zu Japan weist die deutsche Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) eine viel stärkere Förderung der Militärtechnik (Abschnitt E.II.2.) und von Großtechnologien wie z. B. der Raumfahrt auf. Dies kann aufgrund der Industriestruktur Deutschlands als Anlass zu einer Neuorientierung gesehen werden.
- Deutliche Schwächen zeigt Deutschland bei den zukunftssträchtigen Schlüsseltechnologien der Mikroelektronik, der Biotechnologie und der Informations- und Kommunikationstechnologien einschließlich Multimedia, und zwar sowohl bei den Patentanmeldungen (Abschnitt E.III.4.d)) als auch bei den Marktanteilen (Abschnitt E.IV.5.).
- Deutschland ist stark in der Höherwertigen Technik, aber schwach in der Spitzentechnik, und zwar sowohl bei den outputorientierten Indikatoren (Abschnitt E.III.4.c)) als auch bei den marktorientierten Indikatoren (Abschnitt E.IV.4.).

Zur Überwindung dieser Defizite und zur Unterstützung der Stärken wird hier ein Maßnahmenbündel für die F&T-Politik mit vier Aspekten empfohlen, welches zu einer langfristig verstärkten technologischen Wettbewerbsfähigkeit beitragen soll (Abb. 66):

- Die F&T-Politik sollte intensiver als bisher die Stärken Deutschlands unterstützen, die erkannten Schwächen beheben und dabei eigene Akzente setzen. Dabei wird hier im Rahmen einer Neuorientierung ein dreistufiges System von *Beratungsgremien* für die F&T-Politik empfohlen (Abschnitt F.I.).
- Eine der zentralen Aufgaben der Beratungsgremien könnte – in Zusammenarbeit mit der Bundesregierung bzw. dem BMBF – die Entwicklung einer

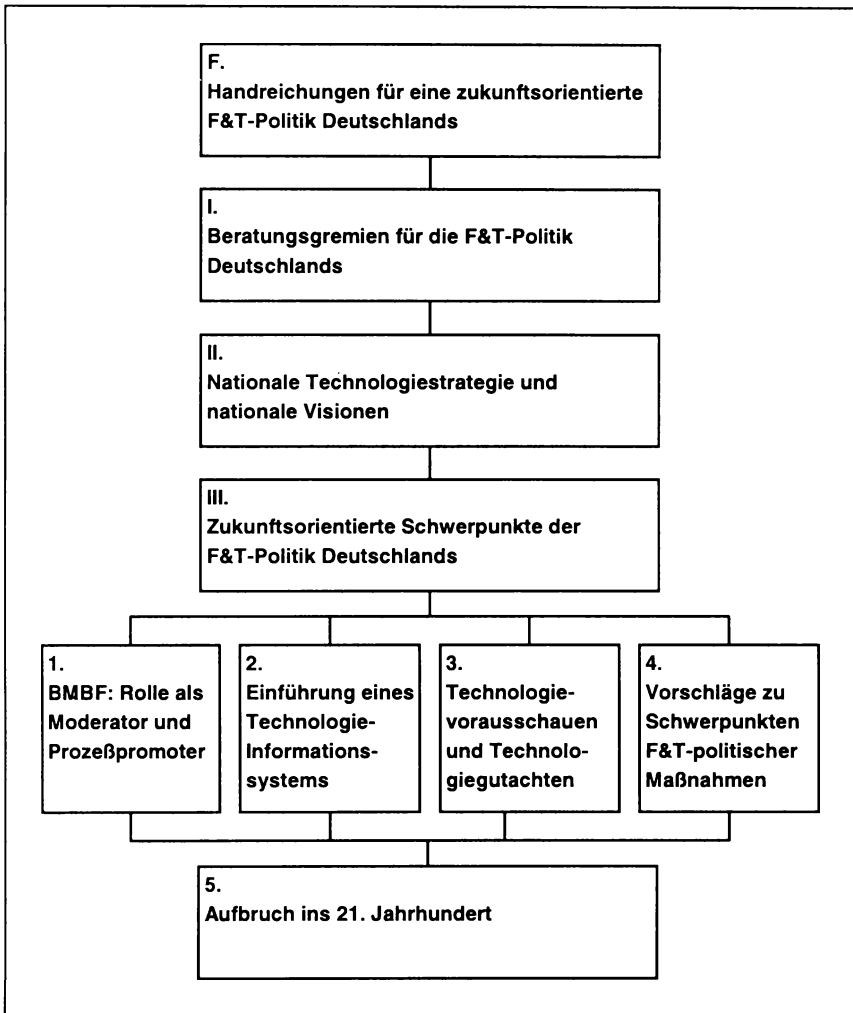


Abbildung 66: Gedankenflussplan von Kapitel F.

nationalen Technologiestrategie und *nationaler Visionen* für Deutschland sein (Abschnitt F.I.).

- Ferner sollten auch einige *Schwerpunkte* in einer zukunftsorientierten F&T-Politik anders gesetzt werden (Abschnitt F.II.). Vorgeschlagen werden hier u. a. ein Rollenverständnis des BMBF als Moderator und Promotor, die Einführung eines Technologie-Informationssystems, die kontinuierliche Erstellung von Technologievorausschau und Technologiegutachten sowie verschiedene zukunftsorientierte Schwerpunkte bei der F&T-Förderung.

- Insgesamt richten sich die Empfehlungen auf die Verbesserung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im 21. Jahrhundert (Abschnitt F.III.).

I. Beratungsgremien für die Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands

Die nachlassende technologische Wettbewerbsfähigkeit gibt Anlass, über eine Neuorientierung in der Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) nachzudenken. Ein Weitermachen nach dem Motto „*Weiter so, nur ein bisschen besser*“ scheint nach Ansicht von Fachleuten bei den gegenwärtigen Problemen und den großen Herausforderungen nicht mehr angebracht zu sein. Vielmehr bedarf es in Teilen einer Neuorientierung der deutschen F&T-Politik, um Fehler der Vergangenheit nicht mehr zu wiederholen, wie z. B. eine unzureichende Früherkennung technologischer Trends und deren Relevanz für neue Produktgruppen. Sechs Beispiele von Versäumnissen in der Vergangenheit führt Müller-Merbach (1993a, S. 53) an:

- In Deutschland gab es einmal eine weltweit führende *Fotoindustrie*, die gegenwärtig fast vollständig von den Japanern beherrscht wird (Näheres zur Fotoindustrie z. B. bei Hermann 1989; Ehleben 1995).
- Ähnliches gilt für die ehemals starke deutsche *Uhrenindustrie*. Gegenwärtig erzielt einzig noch Junghans hohe Marktanteile im Inland (Müller-Merbach 1996a, S. 53).
- In der *Mikroelektronikindustrie* hinkt Deutschland weit hinterher, lediglich Siemens versucht noch im internationalen Geschäft mitzuhalten.
- Schlecht ist die Situation auch in der *Computerindustrie*. Trotz der Entwicklungen des deutschen Computerpioniers Konrad Zuse und anfangs guter inländischer Markterfolge von Siemens und Nixdorf gibt es am Ende dieses Jahrhunderts kein deutsches Unternehmen, das zu den weltweit bedeutenden Anbietern von Computern zählt (Überblick über die Entwicklung der deutschen Computerindustrie bei Dietz 1995).
- Das *Telefaxgerät*, eine deutsche Erfindung, wurde von den Japanern zum Markterfolg geführt (Übersicht z. B. bei Preissner-Polte 1988).
- In der *Unterhaltungselektronik* ist Deutschland ebenfalls weit zurückgefallen, so die Ergebnisse einer Analyse der Elektronikindustrie von Müller-Merbach (1990c).

Welche generellen Alternativen gibt es zur gegenwärtigen Orientierung der F&T-Politik, um aus den Fehlern der Vergangenheit und den Erfolgen der Wettbewerberländer zu lernen? Zunächst werden im Folgenden dazu einige Forderungen zu einer Neuorientierung und zur Etablierung von Beratungsgre-

mien aufgeführt, die dann von einem Vorschlag eines dreistufigen Systems von Beratungsgremien ergänzt werden.

Forderungen zu einer Etablierung von Beratungsgremien

Schwächen der Innovationskraft und die seit mehreren Jahren zurückgehende technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands veranlassten zahlreiche Autoren zur Formulierung von Ideen für eine Neuorientierung der F&T-Politik. Im Folgenden werden Forderungen von fünf Autoren aufgeführt; Glotz et al. (1992, S. 101) erachten z. B. eine Abkehr von einer ordo-liberalen Position für notwendig und propagieren die Etablierung eines Technologierates

- Berger (1994, S. 12) empfiehlt beispielsweise das proaktive Fördern von Wachstumssektoren sowie eine aktive Forschungs- und Technologiepolitik, wozu er eine *konzertierte Aktion zur Technologiefinanzierung* anstelle von Erhaltungssubventionen, eine staatliche Beschaffungspolitik mit stärkerer Bevorzugung von Hochtechnologie-Produkten, höhere Steuer- und Abschreibungspräferenzen für Hochtechnologie-Investitionen sowie ein technologiefreundliches Meinungsklima zählen.
- Glotz (1994, S. 106) fordert „*eine neue Gründerstimmung, eine konjunktuelle Offensive für Wissenschaft und Forschung. ... Unser Land muss endlich eine marktwirtschaftliche Industriepolitik entwickeln, einen systematischen Dialog von Staat, Wirtschaft und Wissenschaft.*“
- Einen *technologisch-organisatorischen Rückstand* Deutschlands konstatiert Müller-Merbach (1994a, S. 85–86). Aufgrund der Schwäche Deutschlands in wachstumsträchtigen Wirtschaftszweigen bzw. in Schlüsseltechnologien fordert er eine „*Technologiepolitik aus einem Guß*“ (Müller-Merbach (1987), die interdisziplinär, strategisch langfristig, ressortübergreifend und überinstitutional sein soll. Er schlägt u. a. einen *ständigen Koordinierungsausschuss für Technologiepolitik* als Gremium vor.
- Glotz et al. (1992, S. 104) fordern beispielsweise die Gründung eines „*Sachverständigenrates für Strategische Wettbewerbs- und Handelspolitik*“, der eine Gesamtstrategie entwickeln und eine integrale Kooperation der verschiedenen Politikbereiche hervorbringen soll.
- Auch Scheid (1991, S. 14) empfiehlt die Institutionalisierung der systematischen Beobachtung von Schlüsseltechnologien, die Darstellung möglicher technologischer Entwicklungslinien sowie die Orientierung über erkennbare Fehlentwicklungen. Diese Aufgaben solle ein *Technologie-Sachverständigenrat* übernehmen, ein Gremium, das sich aus sieben Mitgliedern mit wissenschaftlicher Kenntnis – ähnlich dem Sachverständigenrat zur Begutachtung der wirtschaftlichen Entwicklung – zusammensetzen soll.

- Ähnlich wie Scheid fordert auch Oppenländer (1993) die Schaffung eines Technologierates. Ein *Technologierat* solle die Problematik der Koordination beheben und dabei mehrere Aufgaben erfüllen: Aufzeigen wichtiger technologischer Entwicklungen, Analyse der technologischen Wettbewerbsposition Deutschlands, Erstellen von Szenarien sowie von Potenzial- und Strukturanalysen, stärkere Koordinierung der verschiedenen staatlichen Ebenen, Beeinflussung der Technologieakzeptanz und Erstellen von Visionen.

Nun gibt es auch Gegner jeglicher staatlicher Koordinierung und Beratungsgremien. Diese sind zumeist Neoklassiker und zeigen eine generell ablehnende Haltung gegenüber einer abgestimmten Technologiestrategie wie z. B. Klodt (1992), der seine Ablehnung unter dem Titel „*Deutsches MITI? Nein danke!*“ formuliert (weitere Argumente von Gegnern in Abschnitt C.I.3.c)). Die Verfechter einer ordo-liberalen Wirtschaftspolitik würden laut Seitz (1997, S. 50) die Realität verkennen, denn aufgrund der hohen Staatsquote und der hohen Subventionen könne von einer zurückhaltenden Rolle des Staates in Deutschland nicht gesprochen werden.

Jedenfalls zeigen die hohen Subventionen für nicht mehr wettbewerbsfähige Wirtschaftszweige eine Tendenz auf, die auf die Erhaltung dieser Wirtschaftszweige ausgerichtet ist. Die Förderung zukunftssträchtiger Wirtschaftszweige, d. h. die vorausschauende Gestaltung eines Strukturwandels (Abschnitt C.I.2.), hat hingegen bisher keinen vergleichbaren Stellenwert in der Wirtschaftspolitik erlangt. Gemäß dem Subventionsbericht der Bundesregierung entfielen beispielsweise von den für 1996 für die Gewerbliche Wirtschaft vorgesehenen Subventionen des Bundes in Höhe von 23,5 Mrd. DM (Zahlen aus Bundesrat 1995) auf den Bergbau 10 Mrd. DM (42,6 %), auf Regionale Strukturmaßnahmen 8,3 Mrd. DM (35,5 %) und auf die Gewerbliche Wirtschaft allgemein 3,7 Mrd. DM (15,9 %). Auf den Schiffbau und die Luftfahrt entfielen 442 Mio. DM (1,9 %) bzw. 239 Mio. DM (1,0 %) – das entsprach in der Summe fast der Technologie- und Innovationsförderung, die 674 Mio. DM (2,9 %) betrug.

Bei der Neuorientierung wird hier nicht eine zu starke Orientierung an den USA einerseits oder an Japan andererseits empfohlen (vgl. auch Abschnitt F.III.2.). Vielmehr erscheint eine auf das deutsche nationale Innovationssystem angelegte Orientierung angebracht. Die USA sind aufgrund ihrer Wirtschaftsstruktur sowie der nach wie vor starken Ausrichtung auf die Förderung der militärischen Forschung und Entwicklung für eine Nacheiferung nicht gut geeignet. Ähnliches gilt auch für Japan, das u. a. aufgrund der starken Konsensorientierung und der durch das MITI koordinierten Planung im vorwettbewerblichen Stadium eine nur schwer auf Deutschland übertragbare Struktur der F&T-Politik aufweist. Für beide Länder – die USA und Japan – mag jedoch gelten, was Maier-Mannhart (1994, S. 9) „*Von Japan lernen, heißt Industriepolitik lernen*“ nannte oder Sturm (1993, S. 29) als „*Japan kopieren, nicht kopieren*“

formulierte. Es geht nicht um eine unreflektierte, sondern um eine differenzierte Adaption guter Maßnahmen aus anderen Ländern. Ein positives Beispiel sind die Beratungsgremien, die in vielen Ländern die F&T-Politik und Regierungen seit langem effektiv unterstützen.

Dreistufiges System von Beratungsgremien

Im Rahmen der Neuorientierung und zur Unterstützung der Bundesregierung bzw. des BMBF seien hier unabhängige Beratungsgremien empfohlen. Sie könnten ergänzend die Politik beraten, wie es von Scheid, Müller-Merbach und Oppenländer gefordert wird, und wie sie sowohl in den USA (Abschnitt D.I.2.) als auch in Japan (Abschnitt D.II.2.) seit längerem erfolgreich etabliert sind. In Deutschland gibt es seit 1995 auf Bundesebene den „Rat für Forschung, Technologie und Innovation“ (Abschnitt C.III.1.), der hier als Ausgangspunkt verstanden sei. So stellte z. B. der BDI (1995a, S. 15) fest: *„Im Vergleich zu Japan und USA, aber auch inzwischen Großbritannien, ist der kontinuierliche Dialog zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft unterentwickelt.“* Daran anknüpfend sei als eine Form der Erweiterung ein dreistufiges System von Beratungsgremien vorgeschlagen, und zwar

- ein *Technologierat* auf der obersten Stufe,
- *Gremien für spezielle Technologiebereiche* auf der mittleren Stufe und
- *operative Fachgremien für Technologiefelder und -gebiete* auf der untersten Stufe.

Auf der *obersten Stufe* wird hier ein Technologierat zur Abstimmung einer nationalen Technologiestrategie vorgeschlagen (vgl. auch Abschnitt F.II.), der in enger Anlehnung an Oppenländer (1993, S. 5) acht Punkte aufweisen könnte:

- Autorität, d. h. Gründung des Rats durch Gesetz und Ernennung der Mitglieder durch den Bundespräsidenten,
- Veröffentlichung von Technologievorausschau und Technologiegutachten,
- Anhörungsrecht und Vergabe von Gutachten an Externe,
- medienwirksame Öffentlichkeitsarbeit,
- Einrichtung einer Geschäftsstelle,
- internationale Kontakte mit vergleichbaren Gremien,
- Recht zur Abhaltung von Seminaren und Symposien sowie
- laufende Diskussion mit Politik, Wirtschaft, Wissenschaft, Gewerkschaften und Bürgerforen.

Dieser Technologierat könnte sich in Anlehnung an Scheid (1991, S. 12) aus sieben fachkundigen Mitgliedern zusammensetzen, die vom Bundespräsidenten

für eine Dauer von fünf Jahren ernannt werden, wobei maximal *eine* Wiederberufung zulässig ist. Hierdurch kann Kontinuität gewährleistet und Unabhängigkeit gewahrt werden. Idealerweise kommen die Mitglieder aus der Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und den Gewerkschaften, und zwar in einer Mischung aus jüngeren und älteren Mitgliedern.

Auf der mittleren Stufe könnte der Technologierat durch *Gremien für spezielle Technologiebereiche* ergänzt werden. Für bestimmte Technologiebereiche könnte jeweils ein Gremium eingerichtet werden, das zu speziellen Fragestellungen detaillierte Ausarbeitungen erstellt. Die Erfahrungen der bisher schon vom Rat für Forschung, Technologie und Innovation (FTI-Rat) erstellten technologiebezogenen Berichte zur Informationstechnik (BMBF 1995b) und Biotechnologie (BMBF 1997a) könnten genutzt werden. Diesen Gremien gehören idealerweise ebenfalls Vertreter aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft sowie Gewerkschaften an, um früh einen intensiven Diskurs zu führen und einen breiten Konsens zu finden.

Auf der *untersten Stufe* mögen für einzelne Technologiefelder und -gebiete *operative Fachgremien* eingesetzt werden, die spezielle Maßnahmen ausarbeiten und technisch-ökonomische Entwicklungen nachzeichnen. Hierbei gilt es, insbesondere Maßnahmen zum Setzen technischer Standards zu ergreifen, auf operativer Ebene Kontakte zwischen den einzelnen Akteuren für gemeinsame Forschungsvorhaben zu knüpfen, Strategien für gemeinsame internationale Projekte zu schmieden und ggf. im vorwettbewerblichen Bereich an der Entwicklung von neuen Technologien zusammenzuarbeiten. Als eine weitere Aufgabe wäre ferner die Erstellung von Produktfeldkonzepten (Abschnitt F.III.3.) denkbar.

Insgesamt könnte dieses Gremiengeflecht zentral von der Bundesregierung bzw. dem BMBF als federführendem Bundesministerium koordiniert werden. Dabei könnte das BMBF als Moderator und als Koordinator (Abschnitt F.III.1.) eine wichtige Rolle bei der Gestaltung der zukünftigen F&T-Politik erfüllen.

II. Nationale Technologiestrategie und nationale Visionen

In Deutschland gibt es eine große Anzahl an Initiativen und Förderprogrammen zur Steigerung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit (Abschnitt C.III.). Viele dieser Initiativen und Förderprogramme stellen auf die Förderung bestimmter Schlüsseltechnologien ab, sind jedoch oftmals auch nur eine Reaktion auf technologische Vorsprünge anderer Länder. An der Kritik dieser zum Teil punktuellen Förderung ansetzend, fordert z. B. Müller-Merbach (1993a, S. 53) eine nationale Strategieentwicklung. Ähnlich formulieren es Glotz et al. (1992, S. 102):

„Notwendig ist eine Gesamtstrategie. Sie muss ausgehen von einer Identifizierung der Stärken und Schwächen unserer Wirtschaft und muss die Stärken optimal nutzen sowie die Schwächen dort, wo sie unsere Zukunft gefährden, überwinden. Für sich alleinstehende Einzelprojekte, ad hoc unternommen, gleichen einem Schlag ins Wasser. Gesamtstrategie bedeutet auch, dass die einzelnen Politikbereiche zusammengeführt werden müssen – von der Bildungspolitik über die Infrastrukturpolitik, Steuer- und Wirtschaftspolitik bis hin zur Handelspolitik.“

Diese Anregungen aufgreifend werden hier die Schaffung einer nationalen Technologiestrategie sowie die Ableitung von nationalen Visionen vorgeschlagen. Diese Maßnahmen sind an langfristigen Prospektionen ausgerichtet und dienen der grundsätzlichen Orientierung einer Volkswirtschaft an zukunftsrelevanten Themen. Die Aufgabe der Formulierung und Koordinierung könnte der Technologierat übernehmen, da er als zentrales Beratungsgremium zusammen mit dem BMBF über das erforderliche Know-how verfügt.

Nationale Technologiestrategie

Die Bedeutung einer nationalen Technologiestrategie wird vielfach betont, so u. a. vom FTI-Rat (BMBF 1998b, S. 31): *„Der Erfolg eines Landes bei der Entwicklung und Umsetzung von Innovationen wird ganz wesentlich von einem innovationsorientierten Leitbild beeinflusst, das die Gesellschaft akzeptiert und fördert.“* Zur Entwicklung einer nationalen Technologiestrategie gilt es, die kompetentesten Vertreter aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gewerkschaften zusammenzubringen, und zwar sowohl jüngere als auch ältere Vertreter mit ihren jeweiligen innovativen Ideen (Abb. 67). Eine zentrale Rolle hinsichtlich der Koordination der konkreten Formulierung könnten die Mitglieder des Technologierates und der weiteren Beratungsgremien spielen (Abschnitt F.I.). Eine Orientierung der beteiligten Personen an übergeordneten Zielen und an dem Wohl des ganzen Landes ist dazu erforderlich. Für die Entwicklung einer nationalen Technologiestrategie mag dreifacher Input einen Nutzen stiften:

- Erstens könnten die Ergebnisse aus *Technologievorausschau* (ausführlich in Abschnitt F.III.3.) in die Strategieentwicklung einbezogen werden. Insbesondere gilt es, die langfristigen Trends zu beobachten und auf die nationale technologische Entwicklung zu übertragen. Gute Beispiele an Technologievorausschau sind die analysierten Technologiestudien (Abschnitt E.I.).
- Zweitens mögen die *Analysen der technologischen Wettbewerbsfähigkeit* Deutschlands als Basis für die Strategieentwicklung dienen (z. B. die vorgenommenen Analysen in Kapitel E). Regelmäßig erstellte *Technologiegutachten* (Näheres in Abschnitt F.III.3.) unterstützen dabei die Anpassung der Technologiestrategie an sich verändernde Rahmenbedingungen, die u. a. durch die wirtschaftliche Entwicklung oder durch den technischen Fortschritt bedingt sein können.



Abbildung 67: Die Beteiligten an der Entwicklung einer nationalen Technologiestrategie und beispielhafter Input

- Drittens bedarf es der Einbeziehung von *Zukunftsstudien* (beispielhaft Naisbitt und Aburdene 1990), d. h. langfristige Prognosen der Entwicklung des Wirkungsverbundes von technischem Fortschritt, wirtschaftlichem Wachstum und gesellschaftlichem Wandel (Müller-Merbach 1988a, S. 6). Hierdurch mag der Blick stärker auf langfristige Entwicklungen gelenkt werden. Derartige Zukunftsstudien werden u. a. im Rahmen von Wettbewerben kreiert, beispielsweise beim „Zukunftswettbewerb Rheinland-Pfalz“ (Müller-Merbach 1995c; Müller-Merbach und Hartmann 1998) oder bei der „The Futurist Competition“ der amerikanischen Firma Honeywell (Müller-Merbach 1995d). Ferner werden Zukunftsstudien speziell für Unternehmen erstellt, wie z. B. von Kroy (1996) für MBB, oder in Fachzeitschriften publiziert (z. B. Kempkens 1994).

Im Rahmen einer nationalen Technologiestrategie seien in Anlehnung an Müller-Merbach (1994b, S. 309) sowohl Maßnahmen zur Zielfestlegung als auch zur Zielrealisation erarbeitet. Bei der *Zielfestlegung* wird den Fragen nachgegangen, welche Ziele verfolgt werden sollen, wie die Ziele miteinander verknüpft werden und wie sich aus dem Gesamtziel Einzelziele ableiten lassen. Auf der Ebene der *Realisation* gilt es abzustimmen, welche Maßnahmen zur Realisierung notwendig sind und wie sich die nationalen Ziele mit den Einzelzielen koppeln lassen. Die gegenseitige Abstimmung von Individualzielen und Organisationszielen bzw. nationalen Zielen und Zielen von Unternehmen wird hier als Aufgabe des Technologierates und des BMBF verstanden. In diese Richtung tendierend stellt Engels (1986, S. 168) fest:

„Ein Unternehmer, der nur seinen eigenen Gewinninteressen folgt, dient damit auf funktionsfähigen Märkten gleichzeitig dem Gesamtwohl – ob er das will oder nicht und ob er das weiß oder nicht. Der eigentliche Trick der marktwirtschaftlichen Organisation liegt darin, dass sie den Eigennutz in den Dienst des Gemeinwohls stellt. Deshalb funktioniert diese Ordnung so gut, gleichgültig ob ihre Unternehmer nun Helden oder Schurken sind.“

Eine nationale Technologiestrategie zielt insgesamt nicht auf eine Steuerung und Lenkung von Investitionen, sondern vielmehr auf das Abstimmen grober Handlungslinien aller führenden Entscheidungsträger. Neben der aktiven Gestaltung einer nationalen Technologiestrategie dient diese Abstimmung auch der Kommunikation zwischen den beteiligten Vertretern der unterschiedlichen Bereiche. So erarbeiten im Technologierat (Abschnitt F.I.) Wissenschaftler mit Gewerkschaftsvertretern, Unternehmensvertreter mit Politikern etc. gemeinsam eine Strategie zur zukünftigen technologischen Entwicklung des Landes. Neben Synergieeffekten können dabei auch neue, interdisziplinäre Ideen kreiert werden. Im Einzelnen kann eine Technologiestrategie zwei wesentliche Aspekte enthalten:

- Erstens könnte nach Glotz et al. (1992, S. 103) das grundsätzliche und unterschiedene Festhalten an Wettbewerb und Freihandel durch eine selektive Förderung der identifizierten strategischen Wirtschaftszweige und Technologien ergänzt werden.
- Zweitens sei eine nationale Technologiestrategie in Anlehnung an Müller-Merbach (1993a, S. 53) mehr als nur ein Dialog verschiedener gesellschaftlicher Gruppen und verbindlicher als die konzertierte Aktion von Karl Schiller. Vielmehr soll es um strategisches Agieren in zukunftssträchtigen Wirtschaftszweigen und Technologien und nicht um Investitionslenkung gehen.

Eine so verstandene Technologiestrategie könnte insgesamt eine Verknüpfung der F&T-Politik mit der Wirtschafts- und Finanzpolitik, der Bildungspolitik, der Verkehrspolitik und der Umweltpolitik sein. Sie wäre vor allem auf die Ausrichtung des NIS zu konzipieren.

Nationale Visionen

Neben der Entwicklung einer nationalen Technologiestrategie seien hier als Ergänzung auch *nationale Visionen* empfohlen, die ähnlich wie in Japan (Abschnitt D.II.) dem Arbeiten an einem gemeinsamen Ziel, der Wohlstandsmehrung und langfristigen Sicherung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit einen Rahmen geben sollen. Das kreative Vorausdenken der Zukunft und das Durchspielen verschiedener Szenarien ermöglichen es, sich auf die zukünftige Entwicklung gedanklich vorzubereiten. Sie geben den politischen Entschei-

dungsträgern für ihre Maßnahmen einen Orientierungsrahmen. Gute Anhaltspunkte können u. a. auch den diversen Zukunftsstudien entnommen werden. Die generelle Wichtigkeit von Visionen hebt beispielsweise Maier-Mannhart (1994, S. 9) mit einem Zitat aus der Studie „Toward Creating Human Values in the Global Age“ des japanischen MITI von 1991 hervor:

„Eine Nation ohne Vision wird vernichtet werden. Anstrengung ohne Vision ist schnell vergeudet. Vision ohne Bemühung ist nicht mehr als ein Hirngespinnst.“

Visionen können zum einen die gesamte Gesellschaft betreffen. Dazu wird ein interdisziplinäres Gesamtbild der gesellschaftlichen Entwicklung gezeichnet. Zum anderen lassen sich Visionen auf einzelne Technologiebereiche beziehen. So werden sie z. B. häufig zum Thema der Informationsgesellschaft (BMW 1996), in denen dann auch auf einzelne gesellschaftliche Bereiche eingegangen wird. Beispiele und ein Plädoyer für Visionen geben u. a. Henzler und Späth (1992, S. 63–81) sowie in ähnlicher Weise auch Grupp (1995, S. 227–231).

Visionen können der Bevölkerung einen Anhaltspunkt und Orientierung geben, wohin sich das Land in Zukunft entwickeln wird. Gleichzeitig eröffnen Visionen auch den gesellschaftlichen Diskurs über Chancen und Risiken neuer Schlüsseltechnologien, über die anstehenden gesellschaftlichen Veränderungen und die dazu notwendigen Vorbereitungen. Zudem können einzelne Bereiche wie z. B. das Ausbildungssystem für die erwarteten Entwicklungen vorbereitet werden.

Fazit

Insgesamt kann eine nationale Technologiestrategie einen Anhaltspunkt über die bevorstehende technologische und wirtschaftliche Entwicklung eines Landes geben. Die Visionen regen das Vorausdenken in den unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen über die Zukunft an, initiieren den gesellschaftlichen Diskurs und tragen so zu einer offenen Beschäftigung mit der Zukunft sowie mit dem Wirkungsverbund von technischem Fortschritt, wirtschaftlichem Wachstum und gesellschaftlichem Wandel bei.

III. Zukunftsorientierte Schwerpunkte der Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands

Im Rahmen einer nach vorn gerichteten Forschungs- und Technologiepolitik sollen wegweisende zukunftsorientierte Schwerpunkte gesetzt werden. Diese sollten an die Visionen und die nationale Technologiestrategie anknüpfen. Die Schwerpunkte betreffen neben den Inhalten der Förderprogramme auch die

Rolle des Forschungsministeriums und die gezielte Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien. Im Einzelnen werden hier vier Punkte näher ausgeführt:

- Das Forschungsministerium des Bundes, das BMBF, könnte verstärkt die *Rolle eines Moderators und Prozesspromotors* übernehmen (Abschnitt F.III.1.).
- Auf die Verbesserung der Informationsversorgung zielt ein volkswirtschaftliches *Technologie-Informationssystem* (Abschnitt F.III.2.).
- Für die Prospektion und die Analyse der F&T-Politik werden die regelmäßige Erstellung von *Technologievorausschau* und *Technologiegutachten* empfohlen (Abschnitt F.III.3.).
- Der Vorschlag eines Maßnahmenbündels für *Schwerpunkte der F&T-Politik* wird zudem unterbreitet (Abschnitt F.III.4.).

1. Rolle des Forschungsministeriums als Moderator und Prozesspromotor

Die zentrale Rolle bezüglich der F&T-Politik in Deutschland nimmt das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) ein. Als für die Forschungs- und Technologieförderung hauptverantwortliches Bundesministerium bestimmt das BMBF in hohem Maße die Richtung des technischen Fortschritts mit. Für eine verstärkte Zukunftsorientierung des Staates bzw. des BMBF sehen z. B. Henzler und Späth (1992, S. 151) eine Moderator- bzw. Katalysatorfunktion des Ministeriums als notwendig an. Im Folgenden werden dazu drei Ideen als Anregungen für das BMBF gebündelt und vorgeschlagen:

- Ein *gesamtwirtschaftliches Reengineering* sei hier empfohlen, welches Müller-Merbach (1995a) im Rahmen einer gesamtwirtschaftlichen Reorganisation empfiehlt. Dabei werden die Idee der Prozessorientierung aus der Betriebswirtschaftslehre sowie das Promotorenmodell von Witte (1973) und Hauschildt (1989) aufgegriffen und erweitert.
- Die Prozessorientierung bzw. die *Moderatoren- und Promotorenrolle* seien konkretisiert sowohl auf Ebene der gesamten Volkswirtschaft als auch bezüglich des BMBF.
- Eine verstärkte *Dienstleistungsorientierung* des BMBF stellt einen weiteren Vorschlag dar. In diesem Zusammenhang wird u. a. eine stärkere Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien zur Kommunikation und bei Antragsverfahren sowie ein Personalaustausch zwischen Ministerium und Wirtschaft angeregt.

Gesamtwirtschaftliches Reengineering

Konzepte der Prozessorganisation (Näheres bei Gaitanides 1995, Scholz und Müffelmann 1995, Striening 1988) sowie des Reengineering (Näheres bei Hammer und Champy 1994, Müller-Merbach 1994b) haben Ende der 1980er bis Anfang der 1990er Jahre große Bedeutung in der Betriebswirtschaftslehre erlangt. Sie werden hier aufgegriffen und auf den Aufbau sowie die Abläufe der F&T-Politik übertragen. Im Rahmen einer gesamtwirtschaftlichen Reorganisation schlägt beispielsweise Müller-Merbach (1995a) ein gesamtwirtschaftliches Reengineering der F&T-Politik vor.

Ein *gesamtwirtschaftliches Reengineering* setzt für Müller-Merbach (1995a, S. 56) eine Überwindung der Trennung der Funktionen durch prozessorientiertes Einem voraus. In der F&T-Politik herrscht laut Müller-Merbach (1995a, S. 56–57) bisher noch eine Trennung der Funktionen bzw. der Institutionen vor. Die einzelnen Institutionen haben klar getrennte Aufgaben, eine kontinuierliche Kooperation findet nicht statt. So gestaltet der Staat weitgehend eigenständig die F&T-Förderprogramme und verteilt je nach Priorität die Projekte auf die einzelnen Forschungsinstitutionen. Eine Trennung herrscht ferner auch in den meisten Förderprogrammen vor, gleichwohl eine Vielzahl an Verbundprojekten (Abschnitt C.III.2.d)) im Rahmen der direkten Projektförderung vom BMBF initiiert werden.

Hier wird ein Umdenken im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung des gesamtwirtschaftlichen Innovationsprozesses gefordert. Dazu bedarf es einer weitreichenden hierarchischen Kooperation, wie sie von Müller-Merbach (1993a) in Anlehnung an das japanische MITI vorgeschlagen wird. Dabei geht es um die kontinuierliche Kooperation und Abstimmung der einzelnen Akteure. Die wichtige Rolle der Integration der einzelnen Akteure aus Staat, Wirtschaft und Wissenschaft könnte als Moderator das BMBF aufgrund seines Netzwerks mit nationalen und internationalen Kontakten übernehmen. Die so verstandene *Moderatorenrolle* ist im Sinne Hauschildts (1989) gleichbedeutend mit einem sog. *Prozesspromotor*, welcher als Steuerungsgremium zwischen den Fach- und Machtpromotoren agiert.

Rolle des BMBF als Moderator

Das BMBF könnte im Rahmen des gesamtwirtschaftlichen Reengineering eine Rolle als gesamtwirtschaftlicher *Moderator* einnehmen und die deutsche F&T-Förderung sowohl auf internationaler als auch auf nationaler Ebene koordinieren.

Über eine *internationale* Koordination mit der Europäischen Union könnte Einfluss auf die Erfolgsquote der Antragsverfahren genommen werden, die ins-

besondere bei den kleinen und mittleren Unternehmen aufgrund fehlender Information unzureichend ist (diesbezügliche Ergebnisse bei Schulte-Hillen 1993). Zudem könnte die verstärkte Berücksichtigung deutscher Interessen bei der EU-Programmgestaltung eingefordert werden (weitergehende Forderungen auch bei BDI 1995b).

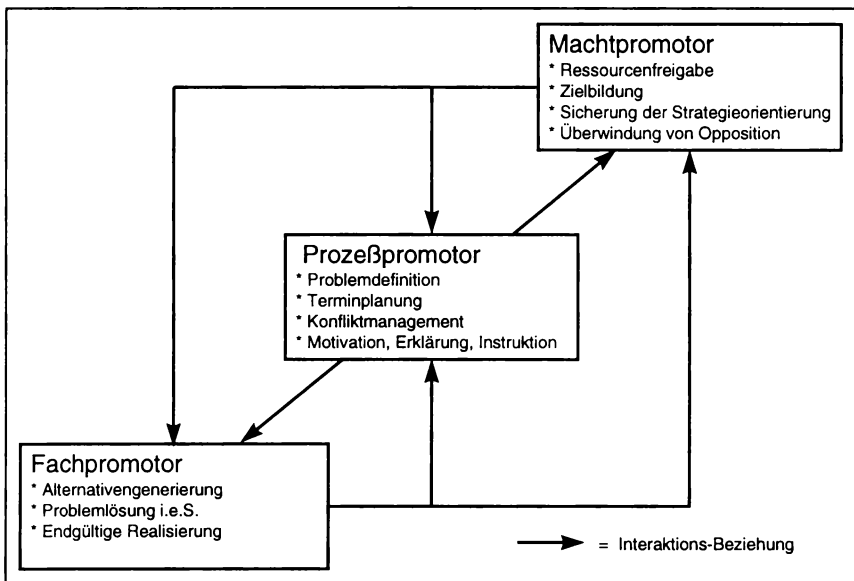
Ähnlich dient auch die *nationale* Abstimmung der einzelnen Förderprogramme zwischen Bund und Bundesländern einer besseren und effizienteren Mittelverwendung. In zahlreichen Förderprogrammen der Bundesländer gibt es trotz inhaltlicher Überschneidungen eine regionale Begrenzung auf das jeweilige Bundesland, während bundesländerübergreifende Maßnahmen bisher noch in unzureichendem Maße in den Länderprogrammen vorhanden sind. Hier könnte das BMBF als Moderator ein Forum zur gegenseitigen Abstimmung der Förderprogramme liefern (ähnliche Forderung auch von Grupp 1995a, S. 216).

Dies ist explizit nicht als eine vom Bund bestimmte Investitionslenkung, als ein zentral gesteuerter Strukturwandel oder gar als ein vom Staat gestaltetes nationales Förderprogramm zu verstehen, das die Kompetenzen der Bundesländer aufhebt. Es geht vielmehr um eine Bündelung der Ressourcen und eine Abstimmung der zahlreichen F&T-politischen Strategien mit dem BMBF als Moderator. Mit dem Konzept der Kompetenzzentren, wie es das BMBF z. B. im Rahmen des BioRegio-Wettbewerbes (BMBF 1996f) verfolgte, wird dies bereits umgesetzt und sollte weiter verstärkt werden. Eine Konzentration der F&T-Förderung auf Kompetenzzentren bzw. auf Kompetenzcluster fordert u. a. auch der FTI-Rat (BMBF 1998b, S. 36):

„Politik, Wirtschaft (Unternehmen und Gewerkschaften) und Wissenschaft sollten in ihrem jeweiligen Verantwortungsbereich die Entwicklung solcher Kompetenzcluster fördern, die Lösungen wichtiger Zukunftsfragen betreffen. ... In gleicher Weise sollten weltweit vernetzte Kompetenzcluster in innovativen Zukunftsbereichen (z. B. Umwelttechnologie, Medizin, Mobilität) und Industriezweigen, in denen Deutschland Wettbewerbsvorteile besitzt (z. B. Chemie, Verfahrenstechnik, Verkehr, Produktionstechnik), unterstützt werden.“

Rolle des BMBF als Moderator und Prozesspromotor

Neben einer Rolle des BMBF als Moderator sei hier eine Erweiterung der Organisation um sog. *Prozesspromotoren* angeregt. Diese könnten die bisher existierenden Fachpromotoren der Fachreferate und die Machtpromotoren ergänzen und unterstützen (Abb. 68). Während die Fachpromotoren aus den einzelnen Referaten das objektspezifische Fachwissen mitbringen, z. B. über Technologien, verfügen die Machtpromotoren über die notwendigen Ressourcen, welche die Entscheidungs- und Durchsetzungsprozesse ermöglichen (Definitionen in Anlehnung an Witte 1973, S. 17).



Quelle: Hauschildt (1997, S. 168, 171), eigene Darstellung

Abbildung 68: Grundkonzept des Promotorenmodells und die jeweiligen Beiträge der Promotoren zum Innovationsprozess

Für Hauschildt (1989, S. 13; 1997, S. 167–168) hat ein *Prozesspromotor* eine umfassende Organisationskenntnis, stellt die Verbindungen zwischen Fach- und Machtpromotor her und ist in der Lage, die entsprechenden Vorgaben nach innen und außen zu kommunizieren. Er ist ein Werber für das Neue, entwickelt eigenständig einen Aktionsplan und koordiniert sämtliche Aktivitäten. Ein Prozesspromotor könnte beispielsweise für einzelne Fachprogramme bzw. sogar für einzelne FuE-Projekte eingesetzt werden.

Innerhalb des BMBF könnten die bereits etablierten programmspezifisch gebildeten „Task Forces“ (o.V. 1997, S. 6–7; für die Task Forces der EU siehe Europäische Kommission 1996, S. 32; Abschnitt D.III.3.) ausgebaut werden. Hier wird ferner eine technologiebezogene Orientierung an dem gesamtwirtschaftlichen Innovationsprozess und an dem Modell des Technologielebenszyklus (Abschnitt B.I.3.) als Ergänzung angedacht (Abb. 69).

Mitarbeiter des BMBF oder der für ein Förderprogramm verantwortlichen Projektträger können einen Gesamtüberblick über die zu fördernde Technologien erstellen und kommunizieren. Einfließen könnte hier u. a. auch das standardisierte Schema zur Einordnung des Entwicklungsstandes einzelner Technologien von Grupp (1995, S. 38; Abschnitt E.I.1.).

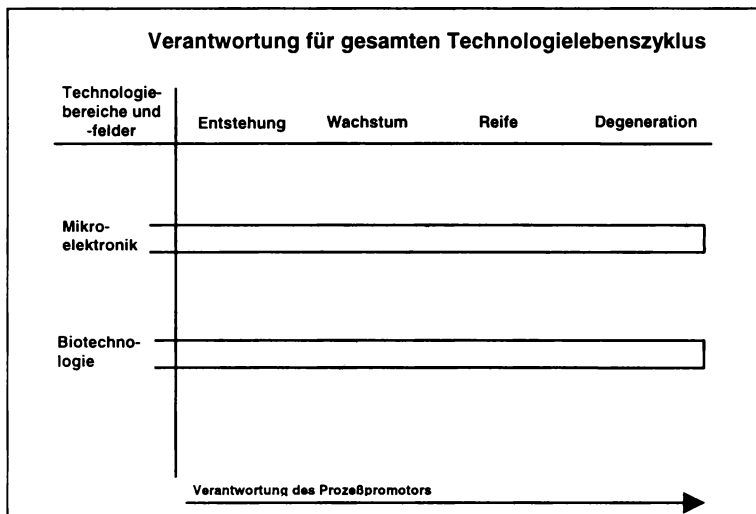


Abbildung 69: Schematische Darstellung der Verantwortung für den gesamten Technologielebenszyklus von Technologien

Verstärkte Dienstleistungsorientierung des BMBF

Eng verbunden mit einem gesamtwirtschaftlichen Reengineering und einem Rollenverständnis als Moderator bzw. Prozesspromotor ist das Verständnis des BMBF als Dienstleister. Im Sinne der ganzheitlichen Orientierung sei hier eine verstärkte Ausrichtung des BMBF als Dienstleistungsbehörde empfohlen, welche u. a. zu einer größeren Akzeptanz bei der Bevölkerung und den „Kunden“, d. h. den Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Unternehmen, führen sollen.

Hierbei könnten Ideen des amerikanischen Vizepräsidenten Al Gore nützlich sein, die er im Rahmen seiner Initiative „Cut Red Tape“ vorgestellt hat (Gore 1993, Zusammenfassung bei Müller-Merbach 1994c). Für die F&T-Politik lassen sich aus diesem Bericht einige Ideen ableiten, die eingebettet sein sollten in ein Reengineering der gesamten staatlichen Bürokratie. Ziel der amerikanischen National Performance Initiative ist eine Kostenreduzierung bei gleichzeitiger Leistungsverbesserung. Erreicht werden könnte eine Leistungsverbesserung des BMBF u. a. durch eine intensivere Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologien sowie einen intensiveren Personalaustausch zwischen Ministerium und der Wirtschaft, insbesondere mit kleinen und mittleren Unternehmen.

- Die Nutzung der Informations- und Kommunikationstechnologien sollte intensiver werden. Zusätzlich zu der bereits im World-Wide-Web vom BMBF

angebotenen Information über Förderprogramme, Schlüsseltechnologien sowie Pressemitteilungen und Publikationen etc. könnten die Möglichkeiten zur Abfassung eines elektronischen Antrags für Förderprojekte ausgebaut werden. Elektronisch können Förderanträge seit 1997 im Rahmen eines Modellversuchs des BMBF (1997g) gestellt werden.

Ein ähnlicher Ablauf liegt dem Informationssystem der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation zugrunde. Mit dem Informationssystem „ISSI“ werden zum einen die laufenden Forschungsprojekte von den beteiligten Institutionen selbst aktualisiert, zum anderen wird eine Kommunikation zwischen den beteiligten Institutionen und dem Ministerium ermöglicht (Beispiel aus Stief und Müller-Merbach 1998).

- Im Rahmen der Führung sollen die Mitarbeiter des BMBF und der anderen Ministerien für eine Orientierung am gesamten volkswirtschaftlichen Innovationsprozess so weit wie möglich geschult werden. Hierbei bietet sich eine *Abstellung* der BMBF-Mitarbeiter für eine gewisse Zeit in Forschungseinrichtungen und insbesondere in privatwirtschaftliche Unternehmen an. Dabei kommt es darauf an, nicht nur Großunternehmen kennenzulernen, sondern vor allem auch Erfahrungen in kleinen und mittleren Unternehmen zu sammeln. Dadurch erhalten die Mitarbeiter der Ministerien Einblick in die Unternehmenspraxis und in die Arbeit von wissenschaftlichen Einrichtungen, den sie bei der Gestaltung der Fachprogramme bzw. deren Abwicklung später sinnvoll einsetzen können. Dies sei als Ergänzung zu verstehen, denn bisher konnten aufgrund des Beamtenrechts Beamte nur in andere staatliche Behörden oder in Verbände entsendet werden (Näheres hierzu bei Horstkotte 1998).

Gleichmaßen sollte verstärkt auch den Vertretern aus Wirtschaft und Wissenschaft für einen begrenzten Zeitraum die Möglichkeit offeriert werden, die Administration der forschungsfördernden Ministerien kennenzulernen. So könnten durch gegenseitiges Kennenlernen der Arbeitsweisen zum einen der gesamte Antragsprozess bzw. Abwicklungsprozess mit Begutachtungsverfahren etc. besser aufeinander abgestimmt werden, zum anderen auch frühzeitig neue Programme bzw. neue Schwerpunkte besprochen werden. Die ersten Erfahrungen (Horstkotte 1998) bestätigen den insgesamt positiven Effekt dieser Maßnahme. Es soll nicht dazu führen, gegenseitige Abhängigkeiten und die Bevorzugung einzelner Großunternehmen zu erzeugen. Vielmehr soll diese Maßnahme das Verständnis für das Ganze schärfen und den Förderprozess verbessern.

Fazit

Insgesamt zeigen die vorgeschlagenen Ideen einen Weg zu einem Umdenken, zu einer organisatorischen Erweiterung und zu einem neuen Rollenver-

ständnis des BMBF als Moderator, Prozesspromotor und Dienstleister auf. Sie mögen die Leistungen des BMBF verbessern helfen und zu einer verbesserten Orientierung am gesamtwirtschaftlichen Innovationsprozess führen. Einer Forderung des FTI-Rates (1998b, S. 34) könnte damit nachgekommen werden:

„Im administrativen Bereich sollten Dienstleistungsorientierung und konkrete Mitverantwortung für den Innovationserfolg verstärkt werden.“

2. Ein Technologie-Informationssystem zur Verbesserung der Informationsversorgung

Für den Erhalt und die Verbesserung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit ist ein rohstoffarmes Land wie Deutschland vor allem auf technologische Kompetenz angewiesen (Argument u. a. vom FTI-Rat (BMBF 1998b, S. 9–10); Müller-Merbach 1990a, S. 7). Technologische Kompetenz ist für Becker (1993, S. 9) die Fähigkeit, neue Technologien zu entwickeln und diese in neue Produkte und Verfahren umzusetzen. Deutschlands nachlassende technologische Wettbewerbsfähigkeit (Ergebnis der Analyse in Kapitel E) ist für Joas (1994, S. 269) u. a. auf die fehlende technologische Kompetenz zurückzuführen.

Zur Verbesserung der technologischen Kompetenz durch ein umfassendes Angebot an Technologieinformation sei der Aufbau eines Technologie-Informationssystems (TIS) vorgeschlagen, das von Becker (1993) entworfen wurde und hier mit einer Realisierungsmöglichkeit dargestellt wird.

„Das Technologie-Informationssystem soll zur Erhaltung und Stärkung der technologischen Kompetenz der Bundesrepublik Deutschland beitragen, indem es die Entwicklung und die schnelle und breite Anwendung von neuen Technologien in Produkten und Verfahren durch die Bereitstellung entsprechender Information fördert.“ (Becker 1993, S. 11)

Gefordert wird ein TIS beispielsweise auch vom FTI-Rat (BMBF 1998b, S. 42):

„Sowohl auf regionaler als auch auf Bundesebene sollten die Bündelung, verbesserte Vernetzung und stärkere Dienstleistungsorientierung der Informations-, Beratungs- und Unterstützungsangebote weiter vorangetrieben werden. Wo dies sinnvoll erscheint, sollten vernetzte Informationsdatenbanken auf- bzw. ausgebaut werden. Ein Schwerpunkt sollte dabei die Aufbereitung aktueller Informationen über den europäischen Markt unter besonderer Berücksichtigung der osteuropäischen Beitrittsländer sein.“

Für die Realisierung eines TIS in Anlehnung an Becker (1993) gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, wobei hier ein Netzwerk von Datenbanken im

World-Wide-Web zum Aufbau eines TIS vorgeschlagen sei. Im Einzelnen wird der Vorschlag mit vier Aspekten erläutert:

- Zunächst wird für die relevanten *Nutzergruppen* der entsprechende *Informationsbedarf* herauskristallisiert (Abschnitt F.III.2.a)).
- Anschließend folgt eine Übersicht über die *Hersteller und Anbieter von Technologieinformation*, mit besonderer Berücksichtigung der Online-Datenbanken, welche in ein TIS eingebunden werden könnten (Abschnitt F.III.2.b)).
- Für den Aufbau eines TIS werden bezüglich des organisatorischen Rahmens die verschiedenen *Alternativen* der Trägerschaft und des Betriebs eines TIS, der potenziellen Online-Datenbank-Anbieter sowie der Zugriffsmöglichkeiten vorgestellt (Abschnitt F.III.2.c)).
- Abschließend wird für ein TIS der Vorschlag einer *Informationsstruktur* und einer *Menüstruktur* unterbreitet, der sich an dem Entwurf von Becker orientiert und mit der World-Wide-Web-Technologie umgesetzt werden soll (Abschnitt F.III.2.d)).

a) Der Informationsbedarf potenzieller Nutzergruppen eines Technologie-Informationssystems

Ein umfassendes Technologie-Informationssystem sollte einen großen Nutzen für die verschiedenen Nutzergruppen stiften können. In erster Linie sind in Anlehnung an Becker (1993, S. 84–136) vier Nutzergruppen eines TIS denkbar, welche einen unterschiedlichen Informationsbedarf haben:

- Mitarbeiter von Unternehmen,
- staatliche F&T-politische Entscheidungsträger,
- Mitarbeiter von Forschungs- und Wissenschaftseinrichtungen sowie
- sonstige Nutzergruppen wie z. B. die Öffentlichkeit oder Mitarbeiter in Vereinen und Verbänden.

Mitarbeiter von Unternehmen

Mitarbeiter von *Unternehmen* sind die primäre Zielgruppe eines TIS, denn sie benötigen Information über Technologien für Neuentwicklungen und entscheiden über deren Anwendung in Produkten und Verfahren. Sie könnten ein TIS nach Becker (1993, S. 88–108) für vier Aktivitätenbündel nutzen:

- Bei der *Technologiefrüherkennung* wird in Unternehmen die allgemeine technologische Entwicklung anhand verfügbarer Dokumentationen beobachtet. Ferner wird oft auf Basis quantitativer Indikatoren ein betriebliches

Früherkennungssystem (erster Entwurf von Ansoff 1976, S. 129–131) etabliert. Hierbei bieten sich den Unternehmen u. a. die Analyse von Patentdaten, die Bibliometrie und die Technometrie an (Näheres dazu bei Becker 1988a). Ein TIS könnte die dafür benötigte Information bereitstellen.

- Mit der Formulierung einer *Technologiestrategie* wird in Unternehmen festgelegt, wann und in welcher Höhe eine Technologie entwickelt und angewendet werden soll (ausführlich z. B. bei Servatius 1985, S. 266–273). Durch Analyse des Unternehmensumfelds wird unternehmensexterne Information über Technologien sowie über brancheninterne und -externe Entwicklungen gesammelt. Zudem benötigt man Information für eigene spezifische Technologieprognosen. Die dafür relevante Information über Wettbewerber, neue Produkte und Verfahren sowie über staatliche Förderprogramme könnten von einem TIS angeboten werden.
- Bei der *Implementierung einer Technologiestrategie* wird in Unternehmen die Entscheidung getroffen, ob man eine Technologie selbst entwickeln oder diese zukaufen will. Eine externe Technologiebeschaffung verhindert z. B. die volks- wie betriebswirtschaftlich unsinnigen Doppelentwicklungen, so Becker (1993, S. 102). Ein TIS könnte für beide Möglichkeiten des Technologieerwerbs nützliche Information z. B. über Patente, Lizenzen, Technologieanbieter oder Forschungsprojekte offerieren.
- Bei der *Nutzung des Technologiepotenzials* werden in Unternehmen, insbesondere für Eigenentwicklungen, die verschiedenen Möglichkeiten der internen und externen Technologieverwertung geprüft (Becker 1993, S. 107–109). Für die Aktivitäten mag ein TIS z. B. Information über die Technologie-Lebenszyklusphase, die potenziellen Lizenznehmer und über Technologiegesuche bereitstellen.

Staatliche F&T-politische Entscheidungsträger

Die *staatlichen F&T-politischen Entscheidungsträger* – vor allem die Ministerien des Bundes und der Länder sowie die Beratungsgremien wie der Rat für Forschung, Technologie und Innovation (FTI-Rat) – stellen die zweite wichtige Nutzergruppe eines TIS dar. Klodt et al. (1988, S. 10–11) sehen als Aufgabe der staatlichen F&T-politischen Entscheidungsträger u. a. die Planung, Förderung und Kontrolle der Entwicklung und Anwendung von Technologien zur Stärkung des technischen Fortschritts. Ein TIS könnte dabei Becker (1993, S. 109–125) zufolge Information für vier Aktivitätenbündel bereitstellen:

- Die *Technologiefrüherkennung* umfasst wie bei Unternehmen die Beobachtung der allgemeinen technologischen Entwicklung und die Einrichtung eines Früherkennungssystems, jedoch mit dem Fokus auf die gesamte Volkswirtschaft. Ein TIS könnte die Früherkennung mit Information unterstützen.

- Nach Becker (1993, S. 112–113) kann das *Technologiepotenzial* anhand qualitativer und quantitativer Analysen beurteilt werden, um daran anknüpfend eine nationale *Technologiestrategie* (Näheres in Abschnitt F.II.) abzuleiten. Ein TIS mag dazu die notwendige Information, z. B. über Patente, FuE-Ausgaben, Fachleute oder Institutionen, liefern.
- Bei der *Festlegung der F&T-Förderprogramme* werden die zu fördernde Technologie, die jeweiligen Instrumente wie auch die zu fördernden Institutionen bzw. Projekte bestimmt. Ein TIS könnte diese Aktivitäten gemäß Becker (1993, S. 117–120) mit Information über den Entwicklungsstand der Technologie, über deren Anwendungsgebiete nach Branchen und Produkten, über andere Fördermaßnahmen sowie über Unternehmen und Institutionen unterstützen.
- Für den *Transfer und die Beurteilung der entwickelten Technologien* aus staatlich geförderten FuE-Projekten könnte ein TIS Information über die Technologie, die potenzielle Anwendungsbreite sowie Technologieangebote bzw. -gesuche bereitstellen (Becker 1993, S. 122–123). Gleichermaßen ist die Technologiefolgenabschätzung eine staatliche Aufgabe, für die die F&T-politischen Entscheidungsträger u. a. auch Information über gesetzliche Bestimmungen und Normen sowie gesellschaftliche Auswirkungen benötigen.

Mitarbeiter von Forschungs- und Wissenschaftseinrichtungen

Die dritte Nutzergruppe des TIS sind Mitarbeiter von *Forschungs- und Wissenschaftseinrichtungen*, u. a. der Großforschungseinrichtungen, der Max-Planck- und Fraunhofer-Institute sowie der Hochschulen. Die Hochschulen könnten beispielsweise das Angebot des TIS an externer Information für die Forschung und für die Lehre gleichermaßen nutzen. Für die Nutzergruppe der Mitarbeiter von Forschungs- und Wissenschaftseinrichtungen unterscheidet Becker (1993, S. 125–129) zwischen drei Aktivitätenbündeln, für die ein TIS wichtige Information liefern kann:

- *Ideenanregungen* für eigene Forschungsaktivitäten ziehen die Forscher u. a. aus der Beobachtung von Technologien sowie der Prognose der zukünftigen Entwicklung (Becker 1993, S. 126–127). Hierzu könnte ein TIS ein breites Informationsangebot, z. B. Technologiebeschreibungen und Fachartikel, offerieren.
- Die *Generierung neuen Wissens* beruht im Allgemeinen auf der Weiterentwicklung und Ausarbeitung einer Idee (Becker 1993, S. 127–128). Eine umfangreiche Informationssuche ist dabei eine bedeutende Grundlage. Ein TIS mag mit einem umfangreichen Angebot an Dokumentationen, Anwendungsfeldern und Kooperationspartnern die Suche effizienter machen.

- Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist auch der *Ergebnis- und Wissenstransfer* aus Forschungs- und Wissenschaftseinrichtungen von hoher Bedeutung. Ein TIS könnte in diesem Zusammenhang u. a. über Veröffentlichungen, Tagungen oder Kongresse Auskunft geben.

Sonstige Nutzergruppen

Zu den *sonstigen Nutzergruppen* eines TIS könnten die Mitarbeiter von Vereinen, Verbänden und Kammern sowie die Öffentlichkeit zählen. Neben der Technologiefrüherkennung ist – so Becker (1993, S. 130–134) – im speziellen für die Öffentlichkeit die Kenntnis über Technologien sowie für die Vereine, Verbände und Kammern die Weitergabe von Technologieinformation an ihre Mitglieder von besonderer Wichtigkeit:

- Die *Öffentlichkeit* hat einen großen Bedarf an sachlicher Information über Grundlagen, Chancen und Risiken von Technologien. Häufig will sich die interessierte Bevölkerung ein eigenes Urteil über die Wirkungen von Technologien bilden. Ein TIS könnte mit einem Angebot an verständlichen Darstellungen und an Veröffentlichungen über Technologien diesen Bedarf befriedigen helfen.
- Die Mitarbeiter in *Vereinen, Verbänden und Kammern*, z. B. in den großen Industrieverbänden, Gewerkschaften sowie Industrie- und Handelskammern, beobachten ebenfalls Technologien und beraten ihre Mitglieder über die potenziellen Auswirkungen einer Technologie. Zusätzlich vermitteln sie – oft über eigene Technologie-Vermittlungsstellen – Technologieinformation gezielt an ihre Mitglieder. Das Angebot eines TIS mit Information über Anwendungen, Produkte und Verfahren, Förderprogramme, Technologieangebote und -gesuche könnte die Arbeit dieser Nutzergruppe gezielt unterstützen.

Fazit

Insgesamt kann ein TIS ein breites Spektrum an Technologieinformation abdecken und die Innovationsaktivitäten der verschiedenen Nutzergruppen in Deutschland sinnvoll unterstützen. Aufgrund des breiten Informationsangebots kann ein TIS für die einzelnen Nutzergruppen eine wertvolle Erweiterung ihrer bisherigen Informationsquellen bedeuten. Es kann – ausgerichtet auf die Bedürfnisse der vier Nutzergruppen – einen großen Nutzen bei der Versorgung mit der benötigten Information bringen.

*b) Hersteller und Anbieter von Technologieinformation:
Die besondere Rolle der Online-Datenbanken*

Für den Aufbau eines Technologie-Informationssystem (TIS) bietet sich ein Zurückgreifen auf bestehende Angebote von Technologieinformation an. Unter den zahlreichen in Frage kommenden Angeboten spielen im Zeitalter der Informations- und Kommunikationstechnologie vor allem die *elektronischen Medien* eine besondere Rolle. Sie werden zunächst überblickartig vorgestellt, insbesondere unter dem Blickwinkel, welche Art an Information sie für ein TIS bereitstellen können. Anschließend folgt eine Übersicht über Hersteller und Anbieter von *Online-Datenbanken*, die eine tragende Rolle in einem TIS einnehmen können. Darunter werden das *Fachinformationszentrum (FIZ) Karlsruhe* und das *FIZ Technik* aufgrund ihres umfassenden Angebotes zentral hervorgehoben.

Online-Datenbanken als Teil der elektronischen Medien

Bei den Angeboten von Technologieinformation unterscheidet Becker (1993, S. 146–152) zwischen den persönlichen Kontakten, z. B. Messen und Außendienst, den Printmedien, z. B. Fachzeitschriften, Produktkataloge oder Patentliteratur, sowie den elektronischen Medien. Die elektronischen Medien haben eine große Bedeutung für ein TIS und werden daher im Folgenden näher mit ihren Charakteristika erläutert.

Bei den *elektronischen Medien* ist die Technologieinformation in Datenbanken gespeichert. Becker (1993, S. 151) differenziert bei den elektronischen Medien nach der Art des Datenzugriffs zwischen Online-Medien und Offline-Medien (Abb. 70).

Bei *Online-Medien* ist man nach Philippus (1994, S. 3) über Telekommunikationsverbindungen, meistens nach dem Client-Server-Prinzip, mit einem Datenbankserver verbunden. Nach der Art des Anschlusses unterscheidet Becker (1993, S. 151) zwischen einer direkten und einer indirekten Verbindung. Bei einer direkten Verbindung zwischen Informationsanbieter und -nutzer greift der Computer des Nutzers direkt auf den Datenbankserver zu. Bei einer indirekten Verbindung hingegen verbindet sich der Nutzer zunächst mit einem sog. Online-Dienst, der anschließend zum Informationsanbieter eine Verbindung herstellt, wie z. B. bei T-Online (früher BTX), America Online (AOL) oder Compuserve.

Offline-Medien enthalten hingegen Technologieinformation auf Datenträgern, z. B. CD-ROMs oder Disketten. Die in Offline-Medien angebotene Information spricht im Allgemeinen eine größere Zielgruppe an und wird häufiger genutzt als Online-Medien (Philippus 1994, S. 134; Kolke 1996, S. 42).

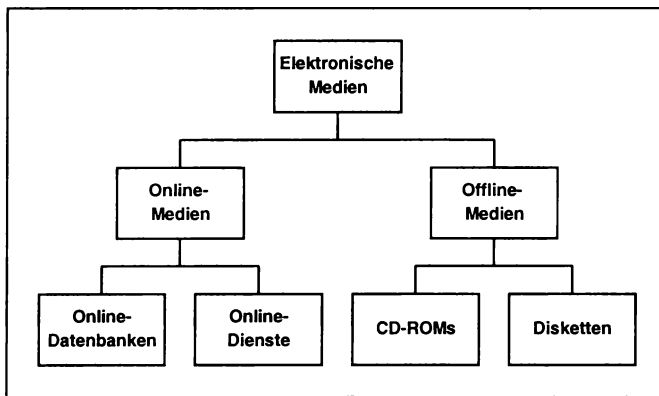


Abbildung 70: Übersicht über die verschiedenen Formen elektronischer Medien

Eine besondere Bedeutung für ein TIS haben unter den elektronischen Medien die *Online-Datenbanken*, die gegenüber Offline-Medien neben einer höheren Aktualität nach Philippus (1994, S. 134) zwei weitere Vorteile aufweisen: Zum einen kann man gleichzeitig in mehreren Datenbanken recherchieren, zum anderen fallen nur Kosten für die tatsächliche Nutzung der Datenbanken an. Eine Umsetzung eines TIS als Online-Dienst bietet sich daher an.

Hersteller und Anbieter von Technologieinformation, insbesondere Online-Datenbanken

Technologieinformation wird von zahlreichen Einrichtungen angeboten. Ein großes Gewicht haben die Hersteller und Anbieter von Online-Datenbanken (eine grundlegende Übersicht über Datenbanken von Becker 1988a), die beim Aufbau eines TIS eine zentrale Rolle spielen können. Zunächst werden die verschiedenen Anbieter von Technologieinformation vorgestellt, die Becker (1993, S. 152–161) in drei Gruppen unterteilt:

- *Private Institutionen* von Technologieinformation sind z. B. Verlage, Beratungsunternehmen und private Datenbankhersteller.
- Zu den *Vereinen und Verbänden* zählen beispielsweise Industrieverbände, Industrie- und Handelskammern sowie technisch-wissenschaftliche Vereine.
- Zu den *staatlichen Institutionen*, die Technologieinformation anbieten, gehören u. a. die öffentlichen Forschungseinrichtungen, die Ministerien, das Patentamt, das Statistische Bundesamt, Technologietransferzentren und die Fachinformationszentren.

In einem TIS sollte soweit wie möglich das gesamte Spektrum an Technologieinformation verfügbar gemacht werden. Unter den Anbietern von Technologieinformation haben die Online-Datenbank-Hersteller und -Anbieter eine be-

sondere Rolle. *Online-Datenbanken* können nach der Informationsherkunft, den wissenschaftlichen Fachgebieten und der Informationsform voneinander abgegrenzt werden:

- Erstens differenziert Becker (1993, S. 163) beispielsweise nach *Informationsherkunft* zwischen *Hinweisdatenbanken* mit einem Angebot an Sekundärinformation sowie Volltext- und *Faktdatenbanken* mit einem Angebot an Primärinformation.
- Zweitens unterteilt Becker (1993, S. 164) Datenbanken auch nach *wissenschaftlichen Fachgebieten*. Von den weltweit 6.900 Datenbanken in 1995 (Zahlenangaben aus BMBF 1996d, S. 117) waren 3.441 *Wirtschaftsdatenbanken* (49,9 %) und 1.433 Datenbanken des Bereiches „*Naturwissenschaft, Technik, Patente*“ (20,8 %), wobei bei letzterem vor allem der Bereich „Ingenieurwissenschaften und Normen“ mit 361 Datenbanken und der Bereich „Biowissenschaft, Pharmazie und Medizin“ mit 311 Datenbanken stark vertreten waren. Ferner gab es 958 *juristische* Datenbanken (13,9 %), 398 *Nachrichtendatenbanken* (5,8 %), 347 *multidisziplinäre* Datenbanken (5,0 %), 292 *geisteswissenschaftliche* Datenbanken (4,2 %) sowie 31 *sonstige* Datenbanken (0,4 %).
- Drittens unterscheiden Staud (1993 S. 19–21) und Philippus (1994, S. 69–72) nach der *Informationsform* in textbasierte, faktenbasierte und integrierte Datenbanken. Von den weltweit 1.433 Datenbanken des Bereiches „*Naturwissenschaft, Technik, Patente*“ entfiel 1995 der größte Anteil auf textbasierte Datenbanken (BMBF 1996d, S. 119; Tab. 89).

Tabelle 89

Das weltweite Angebot an Datenbanken im Bereich von Naturwissenschaft, Technik und Patente nach Datenbanktyp

Datenbanktyp		Anzahl der Datenbanken				
		Anfang 1991	Anteil in %	Anfang 1995	Anteil in %	Nettozuwachs
Textbasiert	Bibliographisch	561	50,6	626	43,7	65
	Volltext	80	7,2	217	15,1	137
Faktenbasiert	Nachweise und Verzeichnisse	143	12,9	176	12,3	33
	Numerische Daten	28	2,5	24	1,7	–4
Integriert	Text-numerische Information	102	9,2	116	8,1	14
	Mischformen	195	17,6	274	19,1	79
Gesamt		1.109	100,0	1.433	100,0	324

Quelle: BMBF (1996d, S. 119)

- *Textbasierte Datenbanken* enthalten vor allem qualitative Information, z. B. in den 626 bibliographischen Datenbanken (43,7 %) und in den 217 Volltext-Datenbanken (15,1 %).

- In *faktenbasierten Datenbanken* ist quantitative Information gespeichert, und zwar in 176 Datenbanken mit Nachweisen und Verzeichnissen (12,3 %) und in 24 Datenbanken mit numerischen Angaben (1,7 %).

FIZ Technik und FIZ Karlsruhe

In Deutschland wird Technologieinformation vor allem von den Fachinformationszentren (FIZ) produziert, während große Rechenzentren, sog. Hosts, die Datenbanken anbieten (Näheres in BMBF 1996d). In Deutschland gibt es drei zentrale Informationszentren (Tab. 90):

Tabelle 90

Übersicht über die vom Bund geförderten wissenschaftlich-technischen Fachinformationseinrichtungen und die Anzahl ihrer angebotenen Datenbanken

Fachinformationseinrichtung	Anzahl an Datenbanken	
	1990	1995
Fachinformationszentrum Energie, Physik und Mathematik (FIZ Karlsruhe)	59	192
Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information, Köln (DIMDI)	84	116
Fachinformationszentrum Technik, Frankfurt/Main (FIZ Technik)	65	111
Juristisches Informationssystem, Saarbrücken (JURIS)	8	20
Fraunhofer-Gesellschaft Informationszentrum Raum und Bau, Stuttgart (IRB)	16	15
Zentralstelle für Agrardokumentation und -information, Bonn (ZADI)	11	12
Fachinformationszentrum Chemie, Berlin (FIZ Chemie)	20	8
Zentrale Informationsstelle für Verkehr (ZIV)	8	8
Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Köln (BISP)	4	3
Deutsches Informationszentrum für technische Regeln, Berlin (DITR)	3	3
Informationszentrum Rohstoffgewinnung-Geowissenschaften-Wasserwirtschaft, Hannover (GEOFIZ)	3	3
Fachinformationssystem Bildung, Eschborn (FIS Bildung)	–	2
Fachinformationsverbund Internationale Beziehungen und Länderkunde	3	2
Statistisches Informationssystem des Bundes, Wiesbaden (STATISBUND)	1	1
Fachinformationszentrum Werkstoffe (FIZ Werkstoffe)	8	–
Umweltplanungs- und Informationssystem des Bundes, Berlin (UMPLIS)	9	–

Quelle: BMBF (1996d, S. 122)

- *Integrierte Datenbanken* stellen eine Kombination aus textbasierten und faktenbasierten Datenbanken dar, einerseits als 116 *Datenbanken mit text-numerischer Information* (8,1 %), andererseits als 274 *Datenbanken in Mischformen* (19,1 %).
- *FIZ Technik* für technische und ingenieurwissenschaftliche Information,
- *FIZ Karlsruhe* mit vornehmlich naturwissenschaftlicher Information und das
- *Deutsche Institut für medizinische Dokumentation und Information* mit vornehmlich medizinischer und ernährungswissenschaftlicher Information.

Die beiden erstgenannten Fachinformationszentren haben aufgrund ihres umfassenden Angebotes an Technologieinformation eine besondere Bedeutung für ein TIS und werden im Folgenden näher vorgestellt.

Das *FIZ Technik* wurde 1978 gegründet und wird getragen von den drei Industrieverbänden VDMA, ZVEI und GESAMTTEXTIL, von sieben ingenieurwissenschaftlichen Vereinen sowie vom Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi). Das FIZ Technik produziert Literaturdatenbanken zu den Fachgebieten Elektrotechnik, Maschinenbau, Medizinische Technik, Werkstoffe, Textiltechnik sowie Betriebsorganisation und Betriebsführung. Neben den eigenen Datenbanken stellt das FIZ Technik weitere Datenbanken bereit; Anfang 1998 waren es insgesamt über 120 Datenbanken. Unter den angebotenen Datenbanken sind eine Patentdatenbank sowie einige Datenbanken mit Wirtschaftsinformation. Es gibt ein umfassendes Angebot zu fünf Kategorien: Technik, Wirtschaft, Produkte und Unternehmen, Normen sowie Patente. Zusätzlich sind die Datenbanken auch nach einzelnen Fachgebieten aufgeteilt.

Mehr als 500 Wissenschaftler werten beim FIZ Technik pro Jahr über 100.000 Dokumente aus. Zum Umsatz von 8 Mio. DM trugen beispielsweise 1994 über 3.500 Kunden bei, von denen 40 % Großunternehmen, 20 % kleine und mittlere Unternehmen, 35 % wissenschaftliche Einrichtungen und 5 % externe Informationsvermittler waren (Zahlen aus Malden 1995, S. 88).

Die Datenbankrecherche ist beim FIZ Technik u. a. auf drei Arten möglich. Erstens können nach Genth (1995, S. 39) erfahrene Rechercheure mit der komplexen Retrievalsprache DSO nach Information suchen. Zweitens kann man nach Frese (1996, S. 16–17) mit den Programmen Sherlock oder ProBase leicht selbständig recherchieren. Drittens ist eine Abfrage über das World-Wide-Web möglich, eine sehr einfache und unkomplizierte Möglichkeit.

Neben dem FIZ Technik gibt es mit dem FIZ Karlsruhe ein weiteres für den Aufbau eines TIS relevantes Fachinformationszentrum. Das *FIZ Karlsruhe* wurde 1977 gegründet und wird vom BMBF, den Bundesländern, der Max-Planck-Gesellschaft, der Fraunhofer-Gesellschaft sowie vier weiteren Einrichtungen getragen. Das FIZ Karlsruhe produziert Datenbanken zu den Fachgebieten der Energie, Physik, Mathematik, Informatik, Luft- und Raumfahrt sowie Kernenergie (Kolke 1996, S. 58). Das FIZ Karlsruhe produziert vornehmlich bibliographische Datenbanken, ferner auch Faktendatenbanken mit naturwissenschaftlicher Information und mit Patentinformation. Neben den eigenen Datenbanken bietet FIZ Karlsruhe zusätzlich weitere internationale Datenbanken fremder Hersteller und Datenbanken anderer Fachinformationszentren an. Zusammen mit der *American Chemical Society* (ACS, Columbus/Ohio) sowie dem *Japan Information Center for Science and Technology* (JICST, Tokyo) betreibt das FIZ Karlsruhe den internationalen Datenbankanbieter STN-International (STN: The Scientific and Technical Information Network). Über Satellitenver-

bindung kann man nach Philippus (1994, S. 165–166) auf über 200 Datenbanken aller drei Länder zugreifen. Seit 1996 kooperiert das FIZ Karlsruhe (1996) ferner mit GENIOS, einem Online-Dienst für Wirtschaftsinformation.

Das FIZ Karlsruhe arbeitet mit der leistungsfähigen Messenger-Software als Datenbankabfragesprache, mit der u. a. auch nach zweidimensionalen chemischen Strukturen gesucht werden kann. Kolke (1996, S. 165–166) bewertet die Software – trotz einer menügestützten Benutzerführung – als recht kompliziert. Beim FIZ Karlsruhe kann bei einer Abfrage über das World-Wide-Web (WWW) bisher nur in der Datenbank CompuScience mit guten Ergebnissen gerechnet werden. Das WWW-Angebot vom FIZ Karlsruhe scheint – im Vergleich zum FIZ Technik – noch am Anfang zu stehen.

Fazit

Insgesamt stellen die Online-Datenbanken aufgrund ihres umfangreichen Angebotes an Technologieinformation und ihrer guten Erreichbarkeit für den Aufbau eines TIS eine ausreichende Grundlage dar. In Deutschland gibt es mit dem FIZ Technik und dem FIZ Karlsruhe zwei etablierte Anbieter von Technologieinformation, die – insbesondere das FIZ Technik – einen benutzerfreundlichen Zugang über das WWW anbieten. An der Trägerschaft sind bei beiden Fachinformationszentren sowohl der Bund über das BMWi und das BMBF als auch Forschungseinrichtungen, Industrieverbände und Vereine beteiligt. Dies mag als ein Zeichen für den Stellenwert von Angeboten an Technologieinformation gelten.

c) Alternativen für den Aufbau eines Technologie-Informationssystems

Für die Realisierung eines Technologie-Informationssystems ist neben der Informationsstruktur, wie sie von Becker (1993) entwickelt und ausführlich erläutert wurde (kurze Zusammenfassung in Abschnitt F.III.2.d)), auch der *organisatorische Rahmen* abzustecken. Für die organisatorische Realisierung sei hier von einer Verknüpfung existierender Informationsangebote und Online-Datenbanken ausgegangen. Dabei gibt es verschiedene Alternativen, die im Folgenden anhand der *Trägerschaft* und des *Betriebs* eines TIS, anhand zweier in Frage kommender *Online-Datenbank-Anbieter* sowie anhand der *Zugangsmöglichkeiten* betrachtet werden.

Trägerschaft und Betrieb eines TIS

Ein wesentlicher Aspekt beim organisatorischen Aufbau eines TIS sind die Trägerschaft und der Betreiber. Als *Träger* und auch als *Betreiber* einen TIS

können im Allgemeinen private, staatliche oder halbstaatliche Lösungen in Betracht kommen. Diese drei Alternativen werden im Folgenden gegenübergestellt.

Als eine Möglichkeit bietet sich eine rein *privatwirtschaftliche* Realisierung an. Eine mögliche Institution wäre beispielsweise der international größte Datenbankanbieter Dialog Corporation. Dieser britische Datenbankanbieter hat über 900 Datenbanken im Angebot, von denen mehr als 300 benutzerfreundlich über das World-Wide-Web (WWW) abgerufen werden können. Bei dieser Lösung für ein TIS gäbe es ein großes Datenbankangebot und einen geringen Entwicklungsaufwand. Nachteilig wirken die geringe staatliche Einflussmöglichkeit Deutschlands auf ein TIS, die daraus resultierende internationale Abhängigkeit sowie das vorwiegend englischsprachige Informationsangebot. Daher wird diese Möglichkeit nicht weiter betrachtet, genauso auch aus Gründen der fehlenden Erfahrung eine rein *staatliche* Trägerschaft bzw. Betreiberschaft.

In Deutschland gibt es mit dem FIZ Technik und dem FIZ Karlsruhe zwei Datenbankanbieter, die *halbstaatlich* sind und für die Trägerschaft bzw. für den Betrieb eines TIS aufgrund ihrer bisher angebotenen Leistungen in Frage kommen. Die halbstaatliche Realisierung über FIZ Technik und FIZ Karlsruhe bietet sich aufgrund des Informationsangebotes und der hohen Reputation beider Institutionen an. Eine halbstaatliche Realisierung hat insgesamt mehr Vor- als Nachteile.

Die *Vorteile* liegen in der starken Orientierung an deutschsprachiger Information, in der Integration von europäischer Information sowie in der Nutzung des weltweiten Datenbankangebotes über STN. Zudem haben beide Datenbankanbieter eine große Kundenbasis. Eine staatliche Einflussnahme besteht generell über die Teilfinanzierung. Die internationale Abhängigkeit ist nicht so hoch wie bei der privatwirtschaftlichen Lösung. Als *Nachteile* gibt es einen im Vergleich zur Dialog Corporation erhöhten Entwicklungsaufwand – auch wenn FIZ Technik mit ihr zusammenarbeitet – sowie einen fehlenden privatwirtschaftlichen Wettbewerb der Informationsanbieter.

Die halbstaatliche Variante scheint unter Abwägung aller Vor- und Nachteile für den Aufbau eines TIS die vorteilhafteste zu sein, unter der Annahme, dass das Anbieten von Technologieinformation ein Teil der staatlichen Aufgaben sei.

Zwei Online-Datenbank-Anbieter

Der Aufbau eines TIS durch das FIZ Technik und das FIZ Karlsruhe kann einerseits durch den Zusammenschluss beider Fachinformationszentren, andererseits bei Fortbestehen einer organisatorischen Trennung beider Fachinformationszentren erreicht werden. Für einen Zusammenschluss beider Fachinforma-

tionszentren zu einem einzigen Fachinformationszentrum seien im Folgenden die Vor- und Nachteile gegenübergestellt.

Für einen Zusammenschluss zu einem einzigen FIZ sprechen u. a. die Addition und die Verbesserung des Datenbankangebotes, eine zentrale Anlaufstelle für die Recherche nach Technologieinformation, eine einheitliche Benutzeroberfläche, ein einziges Rechenzentrum sowie Synergieeffekte bei der Zusammenarbeit. *Gegen einen Zusammenschluss* sprechen u. a. der erhöhte Umstellungsaufwand, zu erwartende Schwierigkeiten sowohl mit den Kooperationspartnern als auch mit den bisherigen Trägern. Eine Trennung beider Institutionen kehrt die Vorteile in Nachteile um und umgekehrt. Zudem bedarf es eines Koordinationsgremiums, das die notwendigen Maßnahmen wie z. B. Erweiterung der Datenbanken und Gestaltung der Benutzerschnittstelle leitet.

Insgesamt sind beide Optionen denkbar und für den Aufbau eines TIS geeignet. Bei Fortbestehen zweier eigenständiger Fachinformationszentren könnten bestehende Kooperationen, z. B. zwischen FIZ Technik und der Dialog Corporation oder zwischen FIZ Karlsruhe und STN, leichter fortgesetzt werden.

Zugangsmöglichkeiten

Hinsichtlich des Zuganges zu den Datenbanken mögen im Wesentlichen zwei *Möglichkeiten* erhalten bleiben, und zwar ein direkter Zugang und ein Zugang über das WWW.

Bisher herrschen vorwiegend *direkte* Verbindungen vor, die auch bei dem Aufbau eines TIS im WWW erhalten bleiben sollten. Damit kann man vor allem diejenigen Kunden erreichen, die mittels einer gezielten Datenbankabfrage Sprache selbständig eine Online-Recherche durchführen wollen. Informationsspezialisten können somit als Kunden erhalten bleiben.

Auf der anderen Seite könnte durch den Ausbau des Angebotes und der Recherchemöglichkeiten im WWW ein breiterer Kundenkreis erreicht werden. Damit kann auch der gelegentliche Nutzer schnell und in einer für ihn gewohnten Weise Information erhalten, denn die Eingabemasken und die Suchbefehle entsprechen der bei den allgemeinen Suchdiensten üblichen Syntax. Das FIZ Technik hat mit seiner Eingabemaske im WWW hier bereits eine gute Basis geschaffen, die unter Nutzung der Erfahrungen und Technologie von der Dialog Corporation in ein TIS einfließen kann.

Fazit

Insgesamt mögen verschiedene Wege zu einer Realisierung eines Technologie-Informationssystems führen, von denen eine halbstaatliche Träger- und Betreiberschaft durch das FIZ Technik und das FIZ Karlsruhe eine sinnvolle

Möglichkeit ist. Ein Zusammenschluss wie ein Fortbestehen einer organisatorischen Trennung der beiden Fachinformationszentren scheinen eine leistungsfähige Lösung zu sein. Bisherige Zugangswege könnten genutzt werden, und die Recherchemöglichkeiten im WWW sollten erweitert werden.

*d) Vorschlag einer Informationsstruktur und einer Menüstruktur
eines Technologie-Informationssystems*

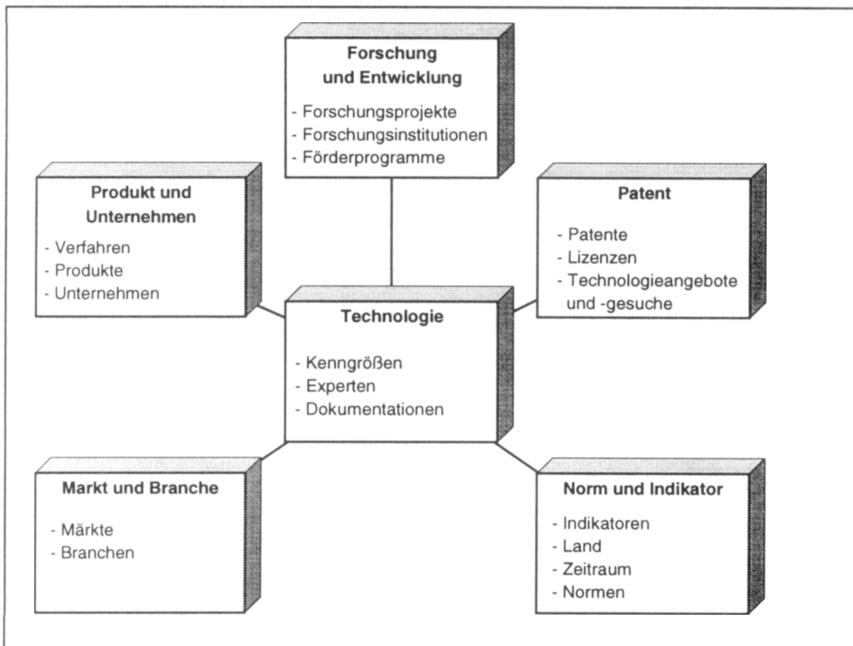
Für die Informationsstruktur eines Technologie-Informationssystems (TIS) gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten. Hier wird sich an die bisherigen Angebote von FIZ Technik und FIZ Karlsruhe sowie auch von Dialog angelehnt. Im Einzelnen wird der Vorschlag zunächst anhand einer Informationsstruktur spezifiziert. Dann wird eine beispielhafte Menüstruktur aufgezeigt.

Vorschlag einer Informationsstruktur eines TIS

Das von Becker (1993, S. 137–143) konzipierte volkswirtschaftliche TIS basiert auf einem relationalen Datenbankmodell. In Anlehnung an Becker werden hier in einer Informationsstruktur eines TIS sechs Teilsysteme vorgeschlagen, die mit Hilfe des auf Müller-Merbach (1989b) zurückgehenden Objekttypenansatzes dargestellt werden. Beim Objekttypenansatz lassen sich komplexe Informationsstrukturen, z. B. von Datenbanken, graphisch darstellen. Im Wesentlichen gibt es im Objekttypenansatz die *Attribute*, d. h. die Aufhänger einer Information, und die *Objekttypen*, d. h. die Menge gleicher „Aufhänger“ bzw. Attribute. Zwischen den Objekttypen selbst können ferner die bestehenden *Beziehungen* identifiziert werden.

Die sechs Teilsysteme eines TIS enthalten zahlreiche Objekttypen, Attribute und Beziehungen, die eine Gesamtdarstellung unübersichtlich werden lassen (detaillierte Darstellung bei Becker 1993, S. 137–143). Daher werden hier ausschließlich die sechs Teilsysteme mit den dazugehörigen Objekttypen betrachtet, die aus dem Informationsbedarf der potenziellen Nutzergruppen (Abschnitt F.III.2.a)) abgeleitet wurden (Abb. 71):

- Das Teilsystem „*Technologie*“ ist das zentrale Teilsystem des TIS und enthält Information, die unmittelbar mit der Technologie zusammenhängt. Neben den charakteristischen Kenngrößen der Technologie gibt es auch Information zu Fachleuten sowie Dokumentationen, d. h. Information über Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, über Tagungen und Kongresse.
- Das Teilsystem „*Forschung und Entwicklung*“ enthält Information über Forschungsprojekte, Forschungsinstitutionen, eventuelle Förderprogramme sowie ggf. vorliegende Forschungsergebnisse und -berichte.



Die einzelnen Einträge in den Teilsystemen kennzeichnen die jeweiligen Objekttypen.

Quelle: in enger Anlehnung an Becker (1993, S. 137)

Abbildung 71: Überblick über die sechs Teilsysteme eines Technologie-Informationssystems

- Das Teilsystem „*Patent*“ enthält primär Information über Patente. Da auf patentierte Technologien oftmals Lizenzen erteilt werden, sind diese ebenfalls enthalten. Zusätzlich gibt es Angebote und Gesuche von Technologien.
- Das Teilsystem „*Norm und Indikator*“ stellt Information zu Normen und Indikatoren bereit. Normen, einschließlich Gesetze und Regelungen, können insbesondere für Entwickler wichtige Information enthalten, da Normteile kostengünstiger als Standard- oder Spezialteile sind und dementsprechend häufig in neuen Produkten verwendet werden sollten (nähere Ausführungen u. a. bei Schmidt 1996, S. 74). Statistische Indikatoren ermöglichen den Vergleich zwischen Ländern sowohl zeitpunkt- als auch zeitraumbezogen.
- Das Teilsystem „*Markt und Branche*“ liefert Information über die potenziellen Märkte und die Branchen, in denen die Technologie eingesetzt wird bzw. werden kann.
- Das Teilsystem „*Produkte und Unternehmen*“ stellt Information über die Anwendung der Technologie in Produkten und Verfahren bereit. Damit verknüpft ist die Information über die Unternehmen, die diese Produkte und Verfahren herstellen.

Vorschlag einer Menüstruktur eines TIS

In Anknüpfung an die Informationsstruktur wird im Folgenden eine Menüstruktur vorgeschlagen, wie sie ein TIS im WWW haben könnte. Der Vorschlag wird ebenfalls grob skizziert, um die Möglichkeiten eines TIS aufzuzeigen.

In einem dreistufigen Menü eines TIS könnte es die drei Verzeichnisse „Wirtschaftszweig“, „Fachgebiet“ und „Patent“ geben, die den unterschiedlichen Anforderungen der Informationsnachfrager aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik gerecht werden sollen.

- Das Verzeichnis „*Wirtschaftszweig*“ richtet sich in erster Linie an die Informationsnachfrager aus der Wirtschaft und soll vornehmlich von Ingenieuren genutzt werden.
- Das Verzeichnis „*Fachgebiet*“ hat einen Angebotsschwerpunkt im Hinblick auf Information für die Grundlagenforschung, insbesondere für die Mitarbeiter aus Wissenschaft und FuE-Abteilungen von Großunternehmen.
- Das Verzeichnis „*Patente*“ steht zwischen den beiden und enthält im Wesentlichen die bisherigen Angebote aus Patentdatenbanken von FIZ Technik und FIZ Karlsruhe.

Der Aufbau eines TIS wird hier – ähnlich einem Inhaltsverzeichnis – mit einer sog. Baumstruktur (Abb. 72) auf drei Ebenen dargestellt.

Auf einer *ersten Ebene* gibt es drei Menüpunkte: Erstens kann man allgemeine Information über das TIS abrufen. Zweitens besteht die Möglichkeit der direkten Suche in einer bestimmten und bekannten Datenbank. Drittens kann man in drei Verzeichnisse verzweigen: in „Wirtschaftszweig“ werden einzelne Wirtschaftszweige und in „Fachgebiet“ werden einzelne Fachgebiete als Unterverzeichnisse verwendet. Bei „Patent“ kann man direkt auf die Patentdatenbanken zugreifen.

Auf der *zweiten Ebene* ist bei den Verzeichnissen „Wirtschaftszweig“ und „Fachgebiet“ die Struktur identisch und entspricht der Einteilung in die sechs Teilsysteme „Technologie“, „FuE“, „Norm und Indikator“, „Produkt und Unternehmen“, „Markt und Branche“ sowie „Patent“ (Abb. 71).

Auf der *dritten Ebene* sind die relevanten Datenbanken in weiteren Verzeichnissen eingeordnet, und zusätzliche Informationsquellen im WWW können über Hyperlinks erreicht werden. Diese gewählte Baumstruktur ermöglicht dem Benutzer den leichten Zugang zu den Online-Datenbanken, die die für ihn wichtige Information enthalten. In ähnlicher Weise ist z. B. das WWW-Angebot von Dialog der Dialog Corporation realisiert.

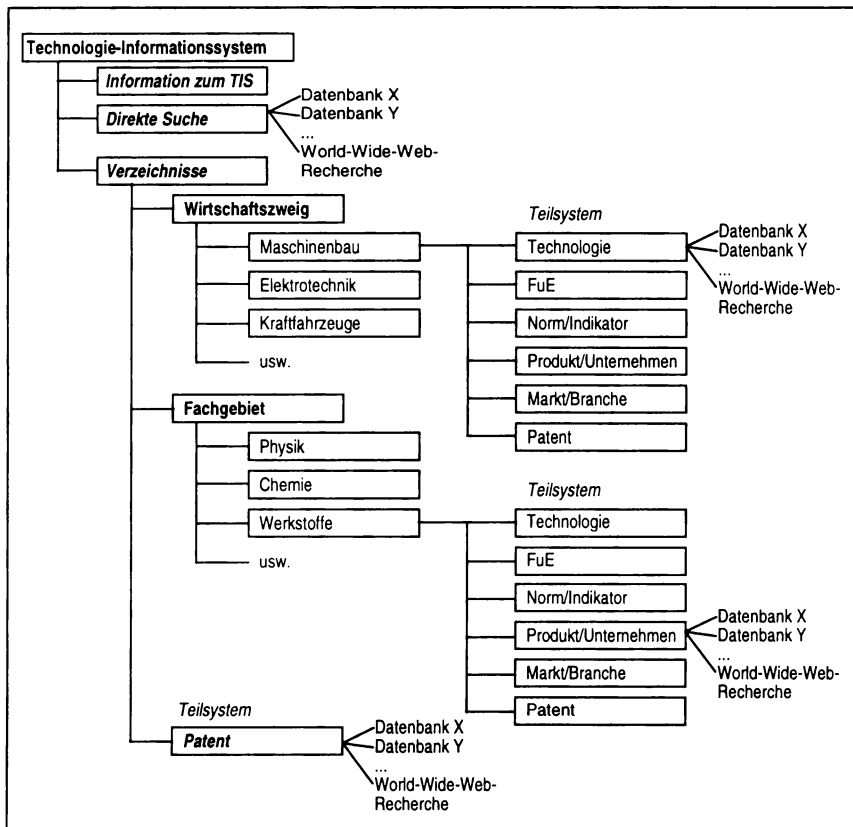


Abbildung 72: Vorschlag einer Menüstruktur für ein Technologie-Informationssystem

Eine *Online-Datenbank* wäre über die Verzeichnisse „Wirtschaftszweig“ und „Fachgebiet“ und das Teilsystem „Patent“ klassifiziert. Bei einer Recherche kann der Benutzer des TIS sowohl alle Online-Datenbanken eines Verzeichnisses als auch nur Einzeldatenbanken eines Verzeichnisses für seine Recherche auswählen. Hiermit wird die bereits gängige Praxis der Datenbankabfrage berücksichtigt. Aus der datenbankspezifischen Auswahlliste wählt er dann die für ihn wichtigen Begriffe aus und erhält so die indizierten Schlagwörter, sog. *Thesauri*, als Klassifikationsbegriffe der Online-Datenbank.

Diese Realisierung erfordert eine Erweiterung der bereits bestehenden Datenbanken anhand der vorgenommenen Klassifizierung. Dies ist mit einem hohen Aufwand verbunden, der aber zu rechtfertigen ist, denn ein derartig konzipiertes TIS dürfte die Nutzerzahlen und den Nutzen von Online-Information in Wirtschaft und Wissenschaft deutlich erhöhen.

3. Prospektion und Analyse: Technologievorausschau und Technologiegutachten

Für eine zukunftsorientierte Forschungs- und Technologiepolitik können Zukunftsstudien bzw. Technologievorausschau ein bedeutendes Hilfsmittel zum Setzen F&T-politischer Schwerpunkte sein. Für die F&T-politische Planung bedarf es ferner auch einer regelmäßigen umfassenden Begutachtung der technologischen Stärken und Schwächen Deutschlands. Beides – Technologievorausschau und Analysen der Wettbewerbsfähigkeit – werden in Deutschland und anderen Ländern seit längerem erstellt. Systematisch und regelmäßig durchgeführt dienen beide der Formulierung von F&T-Förderprogrammen und tragen zur Entscheidungsfindung bei. Im Folgenden wird hierzu ein Vorschlag unterbreitet, der an die Ideen von Scheid (1991), Müller-Merbach (1994a) und Oppenländer (1993) anknüpft und als Aufgabe für den empfohlenen Technologierat (Abschnitt F.I.) vorgesehen ist.

- Zum einen können kontinuierliche *Technologievorausschau* als Input für die Zielsetzung der F&T-Politik erstellt werden. Hierzu wird auf Basis internationaler Technologievorausschau ein dreistufiges Konzept entworfen.
- Zum anderen lassen sich die bereits regelmäßig erstellten *Gutachten der technologischen Wettbewerbsfähigkeit* um Stärken- und Schwächenprofile Deutschlands in Schlüsseltechnologien ergänzen.

Technologievorausschau

Technologievorausschau zählen in Japan seit langem zum F&T-politischen Instrumentarium und werden auch in Deutschland in den 1990er Jahren verstärkt durchgeführt. Für die Erstellung von Technologievorausschau bietet sich eine Vielzahl von Methoden an: Möhrle (1996, S. 16–17) nennt beispielsweise Expertenbefragungen, Delphi-Untersuchung, Szenario-Untersuchung und Relevanzbaum-Untersuchung (ausführliche Beschreibung der Methoden bei Martino 1993). Ferner eignen sich nach Becker (1988b) die Patentanalyse, die bibliometrische Analyse sowie die Technometrie. Ein Mix dieser Instrumente sollte je nach Detailierungsgrad der Technologievorausschau verwendet werden. Da jedes der einzelnen Instrumente Stärken und Schwächen aufweist, sollten die Instrumente zielgerichtet aufeinander abgestimmt werden.

Zunächst werden im Folgenden einige der bereits im In- und Ausland erstellten Technologievorausschau aufgeführt, um die Relevanz dieser Maßnahme zu verdeutlichen. Darauf aufbauend wird hier eine allgemeine Vorgehensweise für Technologievorausschau empfohlen.

Beispiele für Technologievorausschauen

Technologievorausschauen werden sowohl in Deutschland als auch im Ausland regelmäßig seit vielen Jahren erstellt (vgl. die fünf Technologiestudien in Abschnitt E.I.; Zusammenfassungen bei Müller-Merbach et al. 1995; NSB 1998, S. 6-6-6-7). In jedem der fünf großen OECD-Länder wurden in den 1990er Jahren zahlreiche Technologievorausschauen erstellt.

- In *Deutschland* wurden in den letzten Jahren zwei Delphi-Berichte (BMFT 1993b; ISI 1998a und ISI 1998b; vgl. Abschnitte E.I.2.–E.I.3.) und eine umfassende Technologiestudie (vgl. Abschnitt E.I.1.; Grupp 1995a) erarbeitet.
- In *Japan* wird seit 1971 etwa alle fünf Jahre ein japanischer Delphi-Bericht verfasst. Neben dem Delphi-Bericht (NISTEP 1993) werden von verschiedenen Ministerien und Institutionen auf unterschiedlicher Detailebene eigene Technologievorausschauen (Übersicht bei Grupp 1995a, S. 7) vorgelegt.
- In den *USA* werden seit den frühen 1960er Jahren sog. „Field Surveys“ veröffentlicht, die unter der Federführung des National Research Council entstanden sind. Der deutsche Wissenschaftsrat (1994, S. 20–21) weist u. a. auf einen unter Mitwirkung von zahlreichen Wissenschaftlern angefertigten Bericht zur Chemie hin, welcher zu einer angeregten fachbezogenen und forschungspolitischen Diskussion führte. Ferner wurde von der Carnegie Commission on Science, Technology and Government im Jahr 1992 eine Technologievorausschau vorgelegt. Zudem nennt Grupp (1995, S. 7) acht weitere amerikanische Berichte, die im Auftrag verschiedener Ministerien bzw. Institutionen ausgearbeitet wurden. Hierunter ist insbesondere der „National Critical Technologies Report“ von Bedeutung (vgl. Abschnitt E.I.4.; OSTP 1995).
- In *Frankreich* fertigte die Direction Général des Stratégies Industrielles 1995 im Auftrag des Ministère de l'Industrie eine Prospektion für 100 Schlüsseltechnologien an, die für die französische Industrie bis zum Jahr 2000 von Bedeutung sein sollten (Direction Général des Stratégies Industrielles 1995). Ferner wurde in Frankreich 1995 auch ein Delphi-Bericht (Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Enquête sur les Technologies du Futur par la Méthode Delphi 1995) verfasst, der jedoch von der Regierung aufgrund methodischer Probleme nicht akzeptiert (NSB 1998, S. 6-7) wurde.
- In *Großbritannien* gab die britische Regierung 1992 das Weißbuch „Realising our Potenzial“ heraus, in dem die Einrichtung eines sog. „Technology Foresight Programme“ empfohlen wurde (Chancellor of the Duchy of Lancaster 1993). In 15 Arbeitsgruppen wurden daraufhin Technologievorausschauen zu verschiedenen Technologiebereichen bzw. -feldern erstellt, wobei auch internationale Technologietrends und die Entwicklung der globalen

Märkte berücksichtigt wurden. Ziel war das Aufzeigen von verschiedenen Strategien für die britischen Industrieunternehmen. Auch in Großbritannien wurde 1995 ein Delphi-Bericht veröffentlicht (Loveridge et al. 1995).

Dreistufiges Konzept für Technologievorausschau

Die beispielhaft aufgeführten Studien basieren in etwa auf der gleichen Methodik, denn die Einschätzung von Fachleuten wird jeweils zu Rate gezogen und auf die jeweilige Situation im eigenen Land bzw. auf die allgemeinen technologischen Entwicklungen projiziert. Die insgesamt positiven Erfahrungen mit Technologievorausschau werden hier zum Anlass genommen, um Erweiterungen bei den Technologievorausschau anzuregen. Für Deutschland wird hier ein *dreistufiges Konzept* empfohlen, das sowohl auf breite als auch auf detaillierte Vorausschau ausgelegt sein soll:

- Auf der *ersten Stufe* können Studien über die *generelle technologische Entwicklung* weiterhin mit dem Delphi-Verfahren und einem Zeithorizont von ca. 30 Jahren erarbeitet werden. Hierbei sind die positiven Erfahrungen mit dem zweiten Delphi-Bericht zu nutzen, das Verfahren methodisch zu optimieren und weiter auf deutsche Bedürfnisse zu spezifizieren. Eine zentrale Rolle bei der Koordination können der Technologierat sowie das BMBF spielen.
- Auf der *zweiten Stufe* bieten sich für einzelne Wirtschaftszweige bzw. für einzelne Technologien *detaillierte Technologievorausschau* an, die u. a. deren Bedeutung für den allgemeinen technischen Fortschritt, für das wirtschaftliche Wachstum, sowie für den gesellschaftlichen Wandel berücksichtigen. Diese Technologiestudien würden dann alle zwei Jahre von einem unabhängigen Institut im Auftrage der vorgeschlagenen Gremien für spezielle Technologien (Abschnitt F.I.2.) angefertigt werden. Für diese detaillierten Technologiestudien sollten die jeweilig in Frage kommenden Fachverbände einbezogen werden.
- Auf der *dritten Stufe* könnten für einzelne Wirtschaftszweige konkrete *Produktfeldkonzepte* erstellt werden, wie sie z. B. von Müller-Merbach (1993a, S. 53–54) vorgeschlagen werden. Basis für die detaillierten Analysen wären u. a. die Technologiestudien der ersten und der zweiten Ebene, die dort eruierten Schlüsseltechnologien und die aufgezeigten nationalen wie internationalen Auswirkungen. Hierbei könnten die bereits in der Unternehmenspraxis bewährten Kreativitätstechniken (Geschka und Dahlem 1996; Nütten 1996) angewendet werden, ergänzt z. B. um Erfindungsmethodiken, wie sie Möhrle und Pannenbäcker (1996) empfehlen. Diese Produktfeldkonzepte sollten dazu beitragen, dass Technologiesprünge, wie z. B. von der Analog- zur Digitaltechnik, in Deutschland früher erkannt und besser wirtschafts-zweig-übergreifend genutzt werden.

- Technologievorausschauern erfordern im Allgemeinen ein breites Mitwirken. Sie sollen die Grundlage für eine offene Diskussion in Deutschland über den technologischen Standort und die Zukunft des Landes auslösen. Ergänzt werden könnten diese Maßnahmen um eine aktive Öffentlichkeitsarbeit, damit die Bevölkerung über neue Technologien informiert wird und sich eine eigene Meinung bilden kann (Näheres in Abschnitt F.III.4.).

Das vorgeschlagene dreistufige Konzept von Technologievorausschauern kann auch als Basis für die Forschungs- und Technologiepolitik gesehen werden. Das BMBF könnte in Anknüpfung an die Ergebnisse der jeweiligen Technologievorausschauern seine F&T-politischen Schwerpunkte und seine Fördermaßnahmen entsprechend den Ergebnissen anpassen.

Gutachten zur technologischen Wettbewerbsfähigkeit

Neben den Technologievorausschauern als zukunftsorientierte Technologiestudien stehen die Gutachten zur technologischen Wettbewerbsfähigkeit. Sie dienen der technologiebezogenen Positionsbestimmung im internationalen Wettbewerb und bieten eine Grundlage für die Gestaltung der zukünftigen F&T-Politik. Die Gutachten zur technologischen Wettbewerbsfähigkeit können z. B. für die Formulierung der nationalen Technologiestrategie und der Förderprogramme verwendet werden.

In Deutschland wird die technologische Wettbewerbsfähigkeit seit längerem regelmäßig beurteilt. So wird seit mehreren Jahren regelmäßig von mehreren wissenschaftlichen Institutionen im Auftrag des BMBF ein Bericht „Zur technologischen Leistungsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland“ (BMBF 1998d; BMBF 1997f) vorgelegt. Daran anknüpfend sollte Deutschlands Position in wichtigen Technologiebereichen und -feldern im internationalen Vergleich jährlich in Form eines Technologiegutachtens beurteilt werden. Ferner gibt es die Strukturberichterstattung von fünf Wirtschaftsforschungsinstituten sowie die jährlichen Gutachten des Sachverständigenrates zur Beurteilung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Letztere erreichen zwar eine große Aufmerksamkeit, vernachlässigen jedoch in hohem Maße eine Analyse von Schlüsseltechnologien, während in den Strukturberichten meist nur einzelne Technologien beurteilt werden (Kritik an den Strukturberichten und an den Gutachten des Sachverständigenrates von Schmietow 1985; Kritik am Sachverständigenrat auch bei Seitz 1997, S. 44).

Während die bisher erstellten jährlichen Berichte – insbesondere die zur technologischen Leistungsfähigkeit – vor allem kennzahlenorientiert sind, d. h. auf input-, output- und marktorientierte Indikatoren basieren, wird hier eine Erweiterung um Expertenbefragungen und deren Einschätzung zur technologischen Position vorgeschlagen. Diese sollten um Evaluationsstudien der F&T-Förderprogramme und Forschungseinrichtungen ergänzt werden.

Es können dazu zwei Studien als inhaltliche Vorlagen dienen, zum einen die Studie von Grupp (1995) „Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts“ (Abschnitt E.I.1.) und zum anderen der „National Critical Technologies Report“ (OSTP 1995; Abschnitt E.I.4.). Methodisch liegen mit den Delphi-Berichten (BMBF 1993b; ISI 1998a), dem Mannheimer Innovationspanel des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (Harhoff et al. 1996) oder auch dem Innovationstests des ifo-Instituts (Penzkofer und Schmalholz 1990) umfangreiche Erfahrungen vor.

Die Technologiegutachten können auch gezielt durch Ergebnisse aus *Evaluationen* von F&T-Förderprogrammen und Forschungseinrichtungen angereichert werden. Evaluationsstudien wurden u. a. von Kuhlmann und Holland (1995b) untersucht. Aufgrund der Erkenntnisse ihrer sog. Metaevaluation schlagen Kuhlmann und Holland (1995b, S. 197–241) ein Bündel an Maßnahmen zur künftigen intensiveren Evaluationspraxis – Rückstände merkt z. B. Meyer-Krahmer (1986) an – in Deutschland vor. Eine Fortführung und Ausdehnung der Beurteilung von Forschungseinrichtungen fordert auch der FTI-Rat (BMBF 1997a, S. 19):

„Um die vorhandenen Ressourcen effizienter einzusetzen, sollte – soweit noch nicht oder nicht ausreichend vorhanden – eine regelmäßige Qualitätskontrolle in allen Forschungseinrichtungen ... eingeführt bzw. verstärkt werden.“

Hier kann vor allem auf der Erfahrung des Wissenschaftsrates bei der Evaluation aller Blaue-Liste-Einrichtungen (Näheres bei Rüttgers 1996, S. 6–7) aufgebaut werden. Die vom BMBF (1998a, S. 88) initiierte Evaluation der Forschungseinrichtungen sollte weiter etabliert bleiben.

Die Veröffentlichung eines jährlichen Technologiegutachtens sei hier als eine der zentralen Aufgaben des vorgeschlagenen Technologierates verstanden. Der Technologierat sollte die Erstellung der Technologiegutachten federführend koordinieren, wobei die bisher beteiligten Institute mit ihren Erfahrungen weiterhin eingebunden bleiben sollten. Die Ergebnisse dieser Positionsbestimmung sollten dann als Input in den F&T-politischen Prozess mit einfließen, F&T-Förderprogramme erweitern bzw. an die veränderte Situation anpassen, neue F&T-Förderprogramme initiieren sowie den Diskurs über die technologische Position unterstützen.

Fazit

Die Technologievorausschau sowie die Technologiegutachten unterstützen die Entscheidungsträger in der F&T-Politik. Zudem können sie für die Öffentlichkeit eine gute Quelle zur Information über Stand und Ausblick der technologischen Wettbewerbsfähigkeit darstellen. Dadurch mag auch der Stellenwert

von Technologien sowie die Bedeutung des technischen Fortschritts für wirtschaftliches Wachstum ein breites Publikum finden.

4. Vorschläge zu Schwerpunkten der Forschungs- und Technologiepolitik Deutschlands

Die Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) Deutschlands setzte in der Vergangenheit, insbesondere in den 1980er Jahren, starke Akzente auf Großtechnologien sowie auf die militärische Forschung. Aufgrund der nachlassenden technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in den 1980er und 1990er Jahren werden hier für die Zukunft einige Vorschläge unterbreitet, die stärker die spezifischen Stärken und Schwächen des deutschen nationalen Innovationssystems berücksichtigen sollen:

- Generelle Zukunftsorientierung mit Berücksichtigung nationaler Gegebenheiten,
- verstärkte Bündelung der nationalen Kräfte in Kompetenzzentren,
- Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen,
- stärkere Anwendungsorientierung,
- Verbesserung forschungsrelevanter Rahmenbedingungen sowie
- Erhöhung der Technologieakzeptanz.

Generelle Zukunftsorientierung mit Berücksichtigung nationaler Gegebenheiten

Die F&T-Politik Deutschlands hat bisher auf Bundesebene eher einen geringen Stellenwert im Vergleich zu anderen Politikbereichen. Insbesondere strukturerhaltende Maßnahmen der Wirtschaftspolitik, wie z. B. die langjährige Förderung der Stahlindustrie und des Steinkohlebergbaus, hatten eine höhere Bedeutung erfahren als die Förderung von Schlüsseltechnologien.

Eine wie in Japan praktizierte vorausschauende Politik und eine Verzahnung der unterschiedlichen Politikbereiche, die auf eine prospektive Gestaltung des Strukturwandels zielen, könnten ein vielversprechender Ansatz sein. Eine Zielsetzung in der F&T-Politik, die sich meistens an der Schließung der technologischen Lücke ausrichtet und weniger an der Erreichung einer weltweiten Spitzenposition (Abschnitt C.II.2.), sollte ersetzt werden durch das Anstreben einer weltweiten technologischen Führungsposition. Zwei Maßnahmen können dazu nützlich sein:

- Erstens bietet sich eine engere Verzahnung der *F&T-Politik mit anderen Politikbereichen* wie der Wirtschaftspolitik, der Umweltpolitik sowie der Verteidigungspolitik an, um zielgerichtet einen Strukturwandel zu ermöglichen

chen. Dies wird in ähnlicher Weise z. B. von Glotz (1993, S. 10), Müller-Merbach (1987) und Seitz (1997, S. 46) gefordert. Dieser auf der politischen Ebene einsetzende Abstimmungsprozess sollte in den Dialog von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft eingebettet sein. Umgesetzt werden könnte diese Maßnahme u. a. in der nationalen Technologiestrategie (Abschnitt F.II.).

- Zweitens bedarf es einer stärkeren Orientierung der *Zielsetzung* der deutschen F&T-Politik am Stand der technologisch führenden Nationen. Dieses impliziert einen grundlegenden Wandel in der Strategie des Aufholens hin zu einer Strategie des Erreichens der weltweiten Führungsposition. Es genügt nicht, wie in der Biotechnologie, nur Platz eins in Europa anzustreben, denn als eine der stärksten Exportnationen der Welt sollte Deutschland den Platz 1 weltweit ansteuern. Ähnlich machte es Japan in der Vergangenheit in der Mikroelektronik und Informations- und Kommunikationstechnologie (Abschnitte D.II.4.d)–D.II.4.e)) mit seiner „Ichi-ban“-Ausrichtung (Erläuterungen des „Ichi-ban“ bei Jacobi 1992; auch Sonnenborn 1993), d. h. „Erster werden wollen“ (Müller-Merbach 1996b). Aufgrund der großen Anzahl an Technologiebereichen und -feldern, der internationalen Arbeitsteilung und der Größennachteile Deutschlands gegenüber den USA und Japan mag ein erster Platz flächendeckend nicht erreichbar sein. Aber allein das kontinuierliche Messen mit den Besten beim Benchmarking soll helfen, eine technologische Lücke wie in der Mikroelektronik in Zukunft nicht mehr entstehen oder zumindest frühzeitiger erkennen zu lassen.

Verstärkte Bündelung der nationalen Kräfte

Eine stärkere *Bündelung der gesamten nationalen Kräfte* wird hier empfohlen, um in wichtigen Schlüsseltechnologien eine hohe technologische Kompetenz zu erreichen bzw. zu sichern. Insbesondere in der Mikroelektronik, Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und in der Biotechnologie besteht Nachholbedarf, um die technologische Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig zu verbessern, was – wie die Beispiele der USA und Japans zeigen (Abschnitte D.I.5. und D.II.4.e))– mit vereinten Kräften und einer guten Strategie auch möglich ist. Der FTI-Rat (1998b S. 34) empfiehlt:

„In einem stärkeren Maß sollte eine international wettbewerbsfähige Technologiekompetenz in Deutschland sichergestellt werden. Dies gilt insbesondere für Informations- und Kommunikationstechnologie, Energie- und Umwelttechnologien, Verkehrssysteme, Werkstoff- und Verfahrenstechnik, die Biotechnologie sowie die Medizintechnik.“

Die gemeinsamen Anstrengungen könnten beispielsweise auf die Software- und Multimedia-Technologie konzentriert werden, in denen Deutschland aufgrund des guten Ausbildungssystems besondere Chancen hat und 1994 schon

einmal eine Initiative startete (Näheres bei ZVEI und VDMA 1994; BMFT 1994e). Dies gilt ebenso aufgrund der starken deutschen Chemie- bzw. Pharmaindustrie für viele Technologiefelder der Biotechnologie (Forderung des FTI-Rates in BMBF 1997a, S. 21). In der Biotechnologie scheint sich eine Trendwende seit dem BioRegio-Wettbewerb abzuzeichnen (BMBF 1998c), die es mit additiven Maßnahmen weiter zu unterstützen gilt. In diesem Zusammenhang wird hier die Erweiterung zweier bestehender Fördermaßnahmen vorgeschlagen:

- Erstens seien die 1997/98 neu etablierten strategischen *Leitprojekte* im Rahmen der Projektförderung weiter ausgebaut. Zunächst werden bei dieser Art der Förderung Ideenwettbewerbe durchgeführt, an deren Ende je Themenfeld fünf Projekte ausgewählt und gefördert werden (BMBF 1998b, S. 134). Die bisher für strategische Leitprojekte festgelegten sieben Themenfelder könnten um weitere Themenfelder in den elf Schlüsseltechnologien (Abschnitt E.1.6.) erweitert werden. Es käme sowohl zu neuen Kooperationen zwischen unterschiedlichen Forschungseinrichtungen als auch zu einer Bündelung auf zukunftssträchtige Projekte. Dies führt laut BDI (1995, S. 24) zu einer Überwindung von Transferschwächen.
- Zweitens könnten in Anlehnung an die Forderungen des FTI-Rates (BMBF 1998b, S. 49) vermehrt *Kompetenzzentren* identifiziert und stärker gefördert werden: „*Der Identifizierung leistungsfähiger Centers of Excellence und Kompetenznetzwerke im Wissenschaftsbereich sollte die Auflösung oder zumindest Flexibilisierung 'konservativer' Institutsstrukturen folgen.*“ Insbesondere der Vernetzung bestehender Forschungseinrichtungen kommt eine besondere Bedeutung zu, und zwar sowohl auf regionaler als auch auf nationaler Ebene. Die föderale Struktur sollte dabei erhalten bleiben. Die Kompetenznetzwerke seien vor allem problembezogen als „*flexible, befristete und nicht notwendigerweise an einem Ort lokalisierte ... Kompetenznetzwerke gefördert*“ (BMBF 1998b, S. 50).

Stärkere Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen

Entsprechend der Wirtschaftsstruktur Deutschlands seien die *kleinen und mittleren Unternehmen* wieder stärker in den *Mittelpunkt* der F&T-Politik gerückt, da sie für den technischen Fortschritt und das wirtschaftliche Wachstum eine hohe Relevanz haben (Abschnitt B.II.4.b)). Eine derartige Schwerpunktsetzung fordern z. B. der BDI (1995, S. 13) und der FTI-Rat (BMBF 1998b, S. 40–42). Dazu könnten die bisher auf Ostdeutschland konzentrierten Fördermaßnahmen für KMU (Abschnitt C.III.2.f)) auch auf Westdeutschland ausgedehnt werden. Steuerliche Abschreibungen von FuE-Aufwendungen könnten gerade den KMU Entlastungen bringen und sie zu verstärkter FuE-Tätigkeit animieren, so wie es bereits in den 1980er Jahren erfolgreich war, aber nach der

Steuerreform stark zurückgeschraubt wurde (Abschnitt C.III.2.e)). Die verstärkte Förderung von KMU scheint aufgrund des zurückgehenden Anteils der Wirtschaft an den gesamten FuE-Ausgaben Deutschlands notwendig zu sein. Zusätzlich könnten KMU stärker in den Förderprogrammen des BMBF berücksichtigt werden, insbesondere auch bei der Verbundforschung, z. B. in Form von einer festgeschriebenen Quote, wie sie in den USA etabliert ist (vgl. zu den USA Abschnitt D.I.4.). Insgesamt sei sich hier der Forderung des FTI-Rates (BMBF 1998b, S. 42) angeschlossen:

„Kleine und mittlere Unternehmen, die innovative Wege wie etwa den Aufbau unternehmensübergreifender Strukturen erproben, sollten, wo erforderlich, eine besondere Förderung erfahren. Dabei sollten die Förderungsinstrumente gestrafft bzw. transparenter gemacht werden.“

Stärkere Anwendungsorientierung

Die im internationalen Vergleich starke Förderung der Grundlagenforschung sei mit einer stärkeren *Anwendungsorientierung* verknüpft. Statt einer reinen Umverteilung der staatlichen Fördermittel zugunsten anderer Forschungsarten wird die engere Verzahnung der Grundlagenforschung mit der angewandten Forschung vorgeschlagen, da beide kaum noch voneinander trennbar sind. Zudem scheint ein Umdenken bei der Förderung von Großtechnologien und der militärischen Forschung angebracht zu sein.

Die 1996 vorgelegten *„Leitlinien zur strategischen Orientierung der deutschen Forschungslandschaft“* (Rüttgers 1996) können als Anknüpfungspunkt dienen. Beispielsweise sollten einige der Großforschungseinrichtungen verstärkt zur Einwerbung von Drittmitteln verpflichtet werden, wie es bisher teilweise beim sog. Strategiefonds realisiert ist, für den die Großforschungseinrichtungen 5 % ihrer Grundfinanzierung zur Verfügung stellen. Auch die Wirtschaft müßte intensiver in Kooperationsprojekte mit Institutionen der Grundlagenforschung zusammenarbeiten und diese als Wissensquellen ansehen, wie es z. B. Weule (Friedrich 1993, S. 16) fordert. Dies sei hier ausdrücklich nicht als eine Rückführung der Grundlagenforschung verstanden, sondern vielmehr sollten sich die einzelnen Forschungseinrichtungen einem breiteren Anwenderkreis öffnen und so ihre Kompetenzen stärker als bisher nutzbar machen.

Zudem erscheint eine reduzierte Förderung von *Großtechnologien* wie der Weltraumforschung sowie der *militärischen FuE* angebracht. So fielen beispielsweise Mitte der 1990er Jahre auf die militärische FuE noch ca. 10 % und auf die Weltraumforschung ca. 9 % des gesamten Forschungsetats des Bundes (Abschnitt C.III.4.). Seit der Zeit des Kalten Krieges gibt es nach wie vor eine starke Anlehnung an die F&T-politischen Ziele der USA und deren Spin-off-Konzeption. Hier könnte – ähnlich wie in Japan – ein Zurückschrauben der mi-

litärischen FuE auf ein verteidigungspolitisches Mindestmaß sinnvoll sein. Zudem bedarf es bei kapitalintensiven Technologiebereichen wie der Weltraumtechnik einer verstärkten europäischen Abstimmung, da die Kapazitäten eines einzelnen europäischen Landes nicht ausreichen. Dies forderte beispielsweise schon Linde (1992, S. 407):

„Forschungsmittel sollten in erster Linie an nationale und regionale Universitäten und Forschungsorganisationen vergeben werden. Die Nachteile kostspieliger paneuropäischer Forschungsk Kooperationen tragen wenig zur Aufwertung einheimischer Branchen bei. ... Überdacht werden sollte auch die Forschungsförderung im Rüstungsbereich. ... Der Anteil militärischer Forschung muss zugunsten ziviler Grundlagenforschung verringert werden.“

Verbesserung forschungsrelevanter Rahmenbedingungen

Die Verbesserung der forschungsrelevanten Rahmenbedingungen ist eine der zentralen F&T-politischen Aufgaben des Staates (Abschnitt C.I.4.). Zur Verbesserung des deutschen nationalen Innovationssystems seien hier einige Maßnahmen vorgeschlagen, die auf den *Venture Capital-Markt*, die *Ausbildung* sowie den *Technologietransfer* ausgerichtet sind:

- Die Erhöhung des *privaten Venture Capitals* sei als ein primäres Ziel der F&T-Politik formuliert. Hierbei könnte – trotz der bisher eher mittelmäßigen Erfolge (Abschnitt C.III.2.g)ea) – die staatliche Bereitstellung von Venture Capital beibehalten werden, jedoch sollten das Vergabeverfahren beschleunigt und die Abwicklung vereinfacht werden. Wichtiger wäre jedoch die Schaffung verstärkter Anreize zur Bereitstellung von privatem Venture Capital. Der FTI-Rat (BMBF 1997a, S. 24–28) hat sich in seinem Bericht zur Biotechnologie intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt. Er schlägt u. a. die Schaffung steuerlicher Anreize wie z. B. Sonderabschreibungen bis zu 50 % in Venture Capital-Fonds, Gleichstellung von Venture Capital-Gesellschaften und Kapitalanlagegesellschaften, Abschaffung der doppelten Substanzbesteuerung, Sonderabschreibung für Sachinvestitionen in Produktionsanlagen und Forschungslabors, Auflage von gemeinschaftlichen „Co-Investment-Programmen“ der öffentlichen Hand und Beteiligungsgesellschaften vor. Ferner sei auch die Forderung des FTI-Rates unterstützt, statt nationaler Einzellösungen beim Börsenzugang junger Technologieunternehmen eher europäische Lösungen wie der Computerbörse EASDAQ (European Association of Securities Dealers and Automated Quotation System) den Vorzug zu geben.
- Im Bereich der *Ausbildung* mögen aus Sicht der F&T-Politik ehrgeizige Ziele gesetzt werden. Aufgrund des weitreichenden Spektrums der Möglichkeiten (siehe z. B. die Berichte des FTI-Rates) werden hier drei Beispiele

herausgegriffen: So sollte ähnlich wie in den USA oder in Kanada die Anbindung *aller* Schulen an das Internet das Ziel sein, und nicht nur von 10.000 Schulen (Abschnitt C.III.2.g.dd)). Zusätzlich sollte auch die stärkere Ausbildung in modernen IKT integraler Bestandteil der schulischen Ausbildung sein, wie es u. a. die Expertenkommission „Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung“ in Rheinland Pfalz (MWV 1985, S. 103–104), Müller-Merbach (1990d) und der FTI-Rat (BMBF 1995b, S. 38) forderten. Schließlich wäre auch eine Ergänzung technischer Ausbildungsgänge um Existenzgründungskurse sinnvoll, um einen Anstieg technologieorientierter Unternehmensgründungen zu erzielen (Übersicht der Angebote bei Schulte und Klandt 1996).

- Der *Technologietransfer* zwischen den staatlichen Forschungseinrichtungen, den Hochschulen sowie den Unternehmen sollte insgesamt verbessert werden, so beispielsweise der FTI-Rat (BMBF 1998b, S. 43–54). Hierbei kann das BMBF als Moderator eine Initiatorfunktion wahrnehmen, um vorhandene Barrieren z. B. mit Informations- und Kooperationsworkshops abzubauen. Aus dem Bündel von Möglichkeiten werden hier drei Maßnahmen exemplarisch empfohlen: Erstens kann z. B. ein volkswirtschaftliches Technologie-Informationssystem auf die bessere Information der relevanten Institutionen über Technologieangebote und -nachfragen ausgelegt sein (Abschnitt F.III.2.). Zweitens sei gemäß Sternberg et al. (1996, S. 206) eine Bündelung der Technologietransfereinrichtungen vorgeschlagen (Abschnitt 3.3.2.7.6). Drittens seien in Anlehnung an den FTI-Rat (BMBF 1998b, S. 51) der Ausbau der Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft angedacht, und zwar insbesondere zwischen Unternehmen auf der einen und den DFG-Sonderforschungsbereichen, den Großforschungseinrichtungen und Max-Planck-Instituten auf der anderen Seite.

Technologieakzeptanz

Eine wesentlicher Erfolgsfaktor stellt auch die Technologieakzeptanz in der Bevölkerung dar. Die Schaffung einer hohen Technologieakzeptanz wird auch als eine zentrale Aufgabe der F&T-Politik gesehen. In erster Linie sind, so die Forderung von Müller-Merbach (1994b, S. 313), die Adressaten zu überzeugen – dass die Ziele anständig, moralisch unterstützenswert und in Übereinstimmung mit den gesamtgesellschaftlichen Zielen sind. Diese Aufgabe erfordert im Allgemeinen eine kontinuierliche Kommunikation von Sinn, Zielen und Zwecken von Forschung. Hier seien Empfehlungen zu einem verbesserten *Informationsangebot über Technologien*, zu *Aktionen* und zur *Kommunikation* aufgeführt, die eingebettet sind in die Empfehlung des FTI-Rates (1997a, S. 84) zur Erstellung eines Kommunikationskonzeptes über die Bedeutung neuer Technologien.

Angebote von Technologieinformation bzw. von Information über die F&T-Politik sowie der Wissenschaft sollten wertneutral dargestellt und kommuniziert werden. Als Medium bietet sich zum einen das bereits vorgeschlagene TIS (Abschnitt F.III.2.) an, ferner Printbroschüren und aufklärende Beiträge in Funk und Fernsehen. Das Angebot im World-Wide-Web sollte leichtverständlich aufbereitet werden, so dass jeder einzelne sich über Schlüsseltechnologien, ihre Auswirkung und ihre wirtschaftliche Bedeutung sowie über die nationalen Technologiestrategie informieren kann.

Als *Aktionen* könnten die bereits 1993 und 1994 vom Deutschen Industrie- und Handelstag und dem Bundesverband der Deutschen Industrie in Zusammenarbeit mit dem BMBF durchgeführten Technologietage wieder aufgegriffen werden, wie es z. B. mit dem ersten bundesweiten Tag der Raumfahrt 1998 praktiziert wurde (BMBF 1998e). Ergänzt werden könnten diese Maßnahmen durch eine jährlich stattfindende nationale Technologiewoche bzw. einen nationalen Technologietag, mit zahlreichen Aktivitäten zur Information über Schlüsseltechnologien, Wissenschaft, Forschung und Politik. Diese Maßnahmen würden zwei Funktionen erfüllen: Zum einen würde das Verständnis für Schlüsseltechnologien in der Bevölkerung geschärft und erweitert. Zum anderen eröffnete sich durch die Einbeziehung aller gesellschaftlichen Gruppen die Chance zu einem gesellschaftlichen Diskurs. Dadurch könnte die bisher zum Teil einseitig negative Berichterstattung in den Medien über Risiken von Schlüsseltechnologien eingedämmt und somit eine höhere Technologieakzeptanz geschaffen werden.

Auf der Ebene der *Kommunikation* sollte daher für alle Forschungsprojekte, wie es bereits in Großbritannien praktiziert wird, von den Verantwortlichen eines Projektes eine allgemeinverständliche Zusammenfassung geschrieben werden, die der Bevölkerung über das TIS bzw. über regionale Informationssysteme (Beispiel Rheinland-Pfalz bei Stief und Müller-Merbach 1998) verfügbar gemacht wird. Diese Maßnahmen erhöhen die Transparenz, verschaffen Einblick in die Arbeitsweisen und die Ergebnisse von Wissenschaft und Forschung.

Weitere Aktionen dienen insbesondere der Vorbereitung der Jugend auf zukünftige Aufgaben. Als Ergänzung des erfolgreichen Wettbewerbs „Jugend forscht“ könnten national bzw. auch auf Länderebene sog. Zukunftswettbewerbe durchgeführt werden, wie es z. B. der FTI-Rat (BMBF 1997a, S. 86) für die Biotechnologie forderte:

„Nach dem Vorbild von ‘Jugend forscht’ sollte die Bundesregierung gemeinsam mit der Wirtschaft einen Schüler-, Lehrer und Studentenwettbewerb einrichten. Ziel dieses Wettbewerbs sollte es sein, die Jugend an die Biotechnologie heranzuführen und Kontakte zwischen Jugendlichen, Wirtschaft und Wissenschaft zu fördern.“

Bei dem bereits erwähnten „Zukunftswettbewerb Rheinland-Pfalz“ (Abschnitt F.II.) sind beispielsweise Schülerinnen und Schüler, Auszubildende und

Studierende in Rheinland-Pfalz aufgefordert, einen Aufsatz zur Fragestellung zu schreiben: „*Wie wird der technische Fortschritt in 15 Jahren unser Berufsleben, unsere Gesellschaft, die Wissenschaft, Kultur oder Freizeit verändern?*“ (Müller-Merbach 1995c, S. 154; Ergebnisse in Müller-Merbach und Hartmann 1998). Dadurch werden junge Menschen angeleitet, frühzeitig Erfahrungen über die Zukunft zu sammeln und sie für die eigene Lebensplanung zu verwenden.

Das Ziel all dieser Maßnahmen gibt eine Empfehlung des FTI-Rates (BMBF 1995b, S. 45) zur Informations- und Kommunikationstechnologie trefend wider, die auch für alle anderen Schlüsseltechnologien gilt:

„Insgesamt ist ein Klima der Aufgeschlossenheit für die neuen Techniken zu schaffen, nicht zuletzt durch die Einleitung breiter Informations-, Diskussions- und Meinungsbildungsprozesse. Das gilt nicht nur für den Bereich der Technik selbst, sondern auch für den Bereich der Beurteilung von Chancen und Risiken.“

Insgesamt sollen die Maßnahmen eine Anregung zu einer veränderten Schwerpunktsetzung in der F&T-Politik sein, wie sie u. a. von Münt (1996, S. 67) gefordert wurde.

IV. Aufbruch ins 21. Jahrhundert

Zur Erhaltung und Verbesserung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands können die verschiedenen Maßnahmen der F&T-Politik eingesetzt werden. Insgesamt bedarf es einer Technologieoffensive und eines Konsenses der Entscheidungsträger in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft. Die Initiative zur Erreichung dieser Ziele sollte beim BMBF liegen, unterstützt von einem oder mehreren Beratungsgremien. Zusammen sollte eine nationale Technologiestrategie entworfen werden. Die weiteren hier vorgeschlagenen Maßnahmen betreffen vier konkrete Aspekte:

- Rolle des BMBF als *Moderator* und *Prozessmotor* und *Dienstleister*,
- Realisierung eines volkswirtschaftlichen *Technologie-Informationssystems* auf Basis des World-Wide-Webs,
- Erstellung von *Technologievorausschau* und *Technologiegutachten*, sowie
- *Maßnahmenbündel* zur Zukunftsorientierung, d. h. Konzentration der Kompetenzen, Förderung von KMU, stärkere Anwendungsorientierung, Verbesserung der forschungsrelevanten Rahmenbedingungen sowie Erhöhung der Technologieakzeptanz.

Insgesamt sind die zahlreichen Maßnahmen vornehmlich an die Adresse des BMBF gerichtet, welches die zentrale Rolle in Deutschland für F&T-Förderung innehat. Gleichwohl erscheint in vielen Bereichen eine europäische Orientie-

rung sinnvoll. Daher sind die vorgeschlagenen Maßnahmen, wie z. B. das TIS, als erste Schritte zu sehen, die im Vergleich zu einer europäischen Lösung weniger Zeit beanspruchen dürften und schneller realisierbar sind. Als langfristiges Ziel sollte die Ausdehnung der F&T-Politik auf die europäische Ebene mit Nachdruck verfolgt werden, auch wenn aufgrund der Heterogenität und der unterschiedlichen technologischen Kompetenz der europäischen Länder ein Konsens schwerer erzielbar sein wird. Viele technologische Herausforderungen übersteigen die Kapazitäten einzelner Staaten und erfordern eine Kooperation zwischen ihnen. Zudem sollten – je nach Situation – sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene unnötige Doppelentwicklungen verhindert werden, aber auch – wo sinnvoll – parallele Forschungsaktivitäten unterstützt werden.

Von einem gutem nationalen Innovationssystem ausgehend scheint der Aufbruch ins 21. Jahrhundert neben einigen Risiken vor allem mit großen Chancen verbunden zu sein. Die hier vorgestellten Handreichungen sollen an Wiedekings (1995) Aufruf „*Das Lamento über den Standort Deutschland bringt uns keinen Millimeter weiter*“ anknüpfen. Sie sollen dazu beitragen, die Chancen beim Aufbruch ins 21. Jahrhundert zu ergreifen.

G. Zusammenfassung

Die Forschungs- und Technologiepolitik (F&T-Politik) hat einen bedeutenden Einfluss auf die Entwicklung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit eines Landes. Mit der Finanzierung von Forschung und Entwicklung und über die Gestaltung von forschungsrelevanten Rahmenbedingungen setzt sie wichtige Akzente für die Sicherung des zukünftigen Wohlstands eines Landes. In dieser Arbeit wurden im Anschluss an die Grundlagen für Deutschland und einige Wettbewerberländer das nationale Innovationssystem (NIS), die F&T-Politik sowie die technologische Wettbewerbsfähigkeit analysiert.

Der technische Fortschritt und das wirtschaftliche Wachstum bilden einen engen Wirkungsverbund. Dieser gehört zu den *Grundlagen für die F&T-Politik und für die Analyse der technologischen Wettbewerbsfähigkeit* (Kapitel B.). Dieser Wirkungsverbund wird in den neoklassischen Ansätzen, aber vor allem in den auf Schumpeters Ideen aufbauenden Ansätzen sowie in der neuen Außenhandelstheorie stark betont. Die Ansätze zu den NIS heben dabei das institutionelle Zusammenspiel der Akteure aus Staat, Wirtschaft und Wissenschaft hervor.

Während das *NIS Deutschlands* bereits ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ausgebildet wurde, stand die *F&T-Politik* erst ab Mitte der 1960er Jahre im engeren Blickfeld der Politik (Kapitel C.). Deutschland verfolgte in seiner F&T-Politik lange Zeit eine an die USA angelehnte Schwerpunktsetzung, d. h. vor allem eine relativ starke Förderung der militärischen FuE und der Energietechnik. Aus ordnungspolitischen Gründen wurde insgesamt die Förderung der Grundlagenforschung betont. Der Förderung von Schlüsseltechnologien wurde vor allem in den 1970er und 1980er Jahren eine relativ geringe Beachtung geschenkt, während die 1990er Jahre unter dem Einfluss der Wiedervereinigung und dem damit verbundenen Aufbau der Infrastruktur in Ostdeutschland stehen.

Anschließend wurden die *nationalen Innovationssysteme und die F&T-Politik der USA und Japan*, die zwei wichtigsten Wettbewerber Deutschlands, sowie die *F&T-Politik der Europäischen Union* analysiert (Kapitel D.). Die USA haben eine starke militärische Forschung und Entwicklung und eine sog. „missionsorientierte“ F&T-Politik. Japan kennzeichnet neben der Konsensorientierung auch eine starke anwendungsorientierte F&T-Politik mit einer Konzentration auf die Förderung einiger Schlüsseltechnologien. Die Europäische Union richtet ihre Fördermaßnahmen auf die Verbesserung der technologischen

Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft, und zwar ebenfalls über die Förderung ausgewählter Schlüsseltechnologien.

Die *technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands* wurde mit den USA und Japan sowie auch mit Frankreich und Großbritannien anhand von fünf zentralen Technologiestudien sowie anhand input-, output- und marktorientierten Indikatoren verglichen (Kapitel E.). Das Ergebnis für Deutschland ist durchwachsen: Deutschland hat Stärken in der Höherwertigen Technik, bei Nischenprodukten, bei Produktgruppen mit geringem Marktwachstum sowie bei den eher weniger ökonomisch relevanten Schlüsseltechnologien. Schwächen offenbaren sich in der Spitzentechnik, bei den Massenprodukten und bei den Produktgruppen mit hohen Wachstumsraten sowie bei den Schlüsseltechnologien der Biotechnologie sowie der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT). Über alle Analysen und Schlüsseltechnologien hinweg führen die USA deutlich, während Japan vor allem Stärken in der IKT aufweist und insgesamt etwas vor Deutschland liegt.

Einige *Handreichungen für eine zukunftsorientierte F&T-Politik Deutschlands* sollen den Weg Deutschlands zu einer technologischen Führungsposition ebnen (Kapitel F.). Diese sind an den Besonderheiten des deutschen NIS orientiert und umfassen verschiedene neue Schwerpunkte wie z. B. die Erstellung einer nationalen Technologiestrategie und nationaler Technologievisionen. Ein Netz aus Beratungsgremien soll dabei die Politik unterstützen. Ein volkswirtschaftliches Technologie-Informationssystem soll zudem die schnelle und adäquate Bereitstellung von Technologieinformation garantieren. Eine stärkere Anwendungsorientierung und Förderung von kleinen und mittleren Unternehmen sind weitere Beispiele für die in Betracht kommenden Maßnahmen.

Literaturverzeichnis

- Abernathy, William J. / Utterback, James M. (1975): A Dynamic Model of Product and Process Innovation, in: Omega, vol. 3, no. 6, pp. 639–656.*
- Acs, Zoltan J. / Audretsch, David B. (1992): Innovation durch kleine Unternehmen. Berlin: Edition Sigma.*
- Ahlemann, Ulrich von / Jansen, Peter / Kilper, Heiderose / Kißler, Leo (1988): Technologiepolitik. Grundlagen und Perspektiven in der Bundesrepublik Deutschland und in Frankreich, in: Ahlemann, Ulrich von (Hrsg.): Deutsch-französische Studien zur Industriegesellschaft, Bd. 8. Frankfurt a. M. / New York: Campus.*
- Ahrens, Hans-Jürgen / Feser, Hans-Dieter (1991): Wirtschaftspolitik. Problemorientierte Einführung, 5. Auflage. München / Wien: Oldenbourg.*
- AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (Hrsg.) (1996): Die Forschungsförderung des Bundes für kleine und mittlere Unternehmen (1970–1995). Köln: AiF.*
- AIST – Agency of Industrial Science and Technology / MITI – The Ministry of International Trade and Industry (1964): Innovation and Industries in Japan: The 15 Year History of the Agency of Industrial Science and Technology. Tokyo: Nikkan Kogyo Shimbunsha.*
- (1996): AIST – Agency of Industrial Science and Technology 1996. Tokyo: AIST.
- Albach, Horst (1986): Innovation und Imitation als Produktionsfaktoren, in: Bombach, Gottfried / Gahlen, Bernhard / Ott, Alfred E. (Hrsg.): Technologischer Fortschritt – Analyse und Fakten. Tübingen: Mohr, S. 47–63.*
- Alchian, Armen A. (1950): Uncertainty, Evolution, and Economic Theory, in: Journal of Political Economy, vol. 58, pp. 211–221.*
- Alfred Herrhausen Gesellschaft für internationalen Dialog (Hrsg.) (1995): Multimedia – Eine revolutionäre Herausforderung. Perspektiven der Informationsgesellschaft. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.*
- Alic, John A. / Branscomb, Lewis M. / Brooks, Harvey / Carter, Ashton B. / Epstein, Gerald L. (1992): Beyond Spinoff. Military and Commercial Technologies in a Changing World. Boston: Harvard Business School Press.*
- Allesch, Jürgen (1990): Die Rolle von Technologietransfer-Stellen für den Wissen-schaftstransfer, in: Schuster, Hermann (Hrsg.): Handbuch des Wissenschaftstransfers. Berlin et al.: Springer, S. 463–474.*
- Anchordoguy, Marie (1988): Mastering the Market: Japanese Government Targeting of the Computer Industry, in: International Organization, vol. 42, no. 3, pp. 509–543, nachgedruckt in: Lodge, George C. (ed.) (1990): Comparative Business Government Relations. Englewood Cliffs: Prentice Hall, pp. 67–83.*

- Ansoff, Igor H. (1976): Managing Surprise and Discontinuity – Strategic Response to Weak Signals, in: *ZfbF – Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 28. Jg., Heft 2, S. 129–152.
- Arnold, Norbert / Gassen, Hans Günter (1996): Perspektiven der Biotechnologie in Deutschland. Interne Studien Nr. 118. St. Augustin: Konrad-Adenauer-Stiftung.
- Arrow, Kenneth (1962): The Economic Implications of Learning by Doing, in: *The Review of Economic Studies*, vol. 29, June, pp. 155–173.
- Atkin, Jon (1995): Industriepolitik unter Clinton. Fortsetzung der Politik von Bush und Reagan mit varierten Schwerpunkten, in: *technologie & management*, 44. Jg., Heft 1, S. 15–20.
- Audretsch, David B. (1988): An Evaluation of Japanese R&D and Industrial Policies, in: *Außenwirtschaft*, 43. Jg., Heft 1/2, S. 231–258.
- Averch, Harvey A. (1991): The Political Economy of R&D Taxonomies, in: *Research Policy*, vol. 20, pp. 179–194.
- Ayres, Robert U. (1988): Technology and the Wealth of Nations, in: *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 33, pp. 189–201.
- Bagger, Thomas (1993): „Strategische Technologien“, internationale Wirtschaftskonkurrenz und staatliche Intervention. Eine Analyse der Entwicklungen und Widersprüche am Beispiel der Halbleiterindustrie. Baden-Baden: Nomos.
- Balassa, Beta (1965): Trade Liberalisation and ‘Revealed’ Comparative Advantage, in: *The Manchester Business School Econ. Soc. Stud.*, vol. XXXIII, no. 2, pp. 99–123.
- Bangemann, Martin et al. (1994): Europa und die globale Informationsgesellschaft. Empfehlungen für den Europäischen Rat. Brüssel, 26. Mai 1994.
- BA&H – Booz, Allen & Hamilton (1998): Durchbruch Multimedia. Deutschland im Internationalen Vergleich. Eine Untersuchung von Booz, Allen & Hamilton im Auftrag des Projektträgers des BMBF für Informationstechnik. Bonn: BMBF.
- Baur, R. et al. (1989): Untersuchung der industriellen Gemeinschaftsforschung in der Bundesrepublik Deutschland. Basel: Prognos.
- BDI – Bundesverband der Deutschen Industrie (1995a): Mehr Innovationen aus Deutschland. Innovationspolitische Grundsatzposition des Bundesverbandes der Deutschen Industrie. Köln: BDI.
- (1995b): Europa braucht mehr Koordinierung seiner FuE-Anstrengungen. Köln: BDI.
- (1996): Bessere Patentpolitik – mehr Innovationen. Aufgaben für Unternehmen, Forschung und Politik. Köln: BDI.
- (1997): BDI begrüßt Entscheidung zum Multimedia-Gesetz. Pressemitteilung 65/97 vom 13.6.1997. Köln: BDI.
- Becher, Gerhard / Gering, Thomas / Lang, Oliver / Schmoch, Ulrich (1996): Patentwesen an Hochschulen. Eine Studie zum Stellenwert gewerblicher Schutzrechte im Technologietransfer Hochschule-Wirtschaft. Bonn: BMBF (Hrsg.).

- Becker, Thomas* (1988a): Zukunftsmarkt Datenbanken, in: *technologie & management*, 37. Jg., Heft 2, S. 22–29.
- (1988b): Das frühzeitige Erkennen von Technologietrends: Patentanalyse, Bibliometrie und Technometrie, in: *technologie & management*, 37. Jg., Heft 4, S. 20–26.
 - (1993): Integriertes Technologie-Informationssystem – Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Wiesbaden: DUV.
- Behrens, Christian-Uwe* (1988): Dynamischer Wettbewerb und Wachstum. Frankfurt a. M. et al.: Lang.
- Bellendorf, Heinz* (1994): Die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft im weltweiten Strukturwandel. Konzeptionelle Analyse und empirische Beurteilung. Frankfurt a. M. et al.: Lang.
- Bender, Dieter* (Hrsg.) (1992): Außenhandel, in: *Vahlens Kompendium der Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik*, Bd. 1, 5. Auflage. München: Vahlen, S. 419–477.
- Bentley, Raymond* : *Technological Change in the German Democratic Republic*. Boulder: Westview.
- BEO – Projektträger Biologie, Energie, Ökologie des BMFT / Forschungszentrum Jülich* (Hrsg.) (1994): *Biotechnologie in der Pflanzenzüchtung*. Jülich: BEO.
- Berger, Roland* (1994): Wirtschaftsstandort Deutschland. Mit neuen Strukturen zurück zur Spitze, in: *technologie & management*, 43. Jg., Heft 1, S. 9–13.
- Bertram, Sabine / Gassen, Hans Günter* (1990): Gentechnologie: Historie, Grundlagen und Perspektiven, in: *technologie & management*, 39. Jg., Heft 3, S. 13–20.
- BfAI – Bundesstelle für Außenhandelsinformation* (Hrsg.) (1993): *Japan. Forschung, Technologie und Umweltschutz 1992*. Köln / Berlin: BfAI.
- (1995a): *USA. Forschung und Technologie 1995*. Köln: BfAI.
 - (1995b): *Japan. Forschung und Technologie 1994/95*. Köln: BfAI.
 - (1995c): *Europäischer Binnenmarkt: Forschung und Technologie*. Köln: BfAI.
- BGBI – Bundesgesetzblatt* (1963): Gesetz zur Förderung der Stabilität und des Wachstums der Wirtschaft, BGBl. I, 14.08.1963, S. 685.
- Blauhorn, Kurt* (1967): *Ausverkauf in Germany*, 4. Auflage. München: Moderne Verlags-GmbH.
- (1970): *Erdteil zweiter Klasse? Europas technologische Lücke*. Gütersloh: Bertelsmann.
- Bletschacher, Georg / Klodt, Henning* (1991): Braucht Europa eine neue Industriepolitik? Kieler Diskussionsbeiträge Nr. 177. Kiel: Institut für Weltwirtschaft.
- BMBF – Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie* (Hrsg.) (1995a): *40 Jahre Bildungs- und Forschungspolitik*. Bonn: BMBF.
- (1995b): *Der Rat für Forschung, Technologie und Innovation. Informationsgesellschaft: Chancen, Innovationen und Herausforderungen. Feststellungen und Empfehlungen*. Bonn: BMBF.

- (1996a): Bundesbericht Forschung. Bonn.
- (1996b): Förderfibel. Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation. Bonn: BMBF.
- (1996c): Rüttgers: Deutschland bei Voraussetzungen für Informationsgesellschaft weltweit führend. Presse-Info vom 27.8.1996.
- (1996d): Information als Rohstoff für Innovation. Programm der Bundesregierung 1996–2000. Bonn: BMBF.
- (1996e): Patente schützen Ideen – Ideen schaffen Arbeit. BMBF-Patentinitiative. Bonn: BMBF.
- (1996f): BioRegio-Wettbewerb. Bonn: BMBF.
- (1996g): Delphi-Bericht 1995 zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Mini-Delphi. Bonn: BMBF.
- (1996h): BMBF-Haushalt '97: Klare Prioritäten – mehr Effizienz. Presse-Info vom 11.07.1996.
- (1997a): Der Rat für Forschung, Technologie und Innovation: Biotechnologie, Gentechnik und wirtschaftliche Innovation. Chance nutzen und verantwortlich gestalten. Feststellungen und Empfehlungen. Bonn: BMBF.
- (1997b): Förderfibel 1997. Förderung von Forschung und Entwicklung in kleinen und mittleren Unternehmen. Bonn: BMBF.
- (1997c): Der Rat für Forschung, Technologie und Innovation: Biotechnologie, Gentechnik und wirtschaftliche Innovation. Rechtliche Grundlagen im Überblick – Bestandsaufnahme, Vollzugsprobleme, Vergleich. Ergänzung zum Ratsbericht. Bonn: BMBF.
- (1997d): Rüttgers: Lehrstellenendspurt – alle Reserven mobilisieren. Presse-Info vom 08.10.1997.
- (1997e): Rüttgers: Großforschungszentren werden zu Zentren für interdisziplinäre Forschung. Presse-Info vom 16.6.1997.
- (1997f): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. Erweiterung und Aktualisierung 1996. Bonn: BMBF.
- (1997g): Rüttgers: Ende der Papierflut – BMBF macht elektronische Förderanträge für den Mittelstand möglich. Presse-Info von 4.8.1997.
- (1998a): Faktenbericht zum Bundesbericht Forschung. Bonn: BMBF.
- (1998b): Der Rat für Forschung, Technologie und Innovation: Kompetenz im globalen Wettbewerb Perspektiven für Bildung, Wirtschaft und Wissenschaft, Feststellungen und Empfehlungen. Bonn: BMBF.
- (1998c): Rüttgers: BioBoom in Deutschland, Presse-Info vom 16.6.1998.
- (1998d): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. Erweiterung und Aktualisierung 1997. Bonn: BMBF.

- (1998e): Rüttgers: Sieben Eckpunkte für die deutsche Raumfahrtspolitik der Zukunft, Presse-Info vom 20.8.1998.
 - (1998f): Studierende an Hochschulen 1990 bis 1997. Hochschulen, Studierende, Studienanfänger. Bonn: BMBF.
- BMBF** – Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie / **BMWi** – Bundesministerium für Wirtschaft (Hrsg.) (1998): Forschungsförderung für kleine und mittlere Unternehmen. Gesamtkonzept. Bonn: BMBF, BMWi.
- BMBW** – Bundesministeriums für Bildung und Wissenschaft (Hrsg.) (1972): Bundesbericht Forschung IV – Band 1: Bericht der Bundesregierung über Stand und Zusammenhang aller Maßnahmen zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung und Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland. Band 2: Bericht der Länder. Band 3: Materialien (Übersichtsberichte). BT-Drucksache VI/3251. Bonn.
- BMFT** – Bundesministeriums für Forschung und Technologie (Hrsg.) (1975): Bundesbericht Forschung V – Unterrichtung durch die Bundesregierung. BT-Drucksache VII/357. Bonn: BMFT.
- (1979): Bundesbericht Forschung VI – Unterrichtung durch die Bundesregierung. BT-Drucksache VIII/3024. Bonn: BMFT.
 - (1984): Bundesbericht Forschung 1984 – Unterrichtung durch die Bundesregierung. BT-Drucksache X/1543. Bonn: BMFT.
 - (1988): Bundesbericht Forschung. Bonn: BMFT.
 - (1992): Zukunftskonzept Informationstechnik. Bonn: BMFT.
 - (1993a): Bundesbericht Forschung 1993. Bonn: BMFT.
 - (1993b): Deutscher Delphi-Bericht zur Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Bonn: BMFT.
 - (1994a): Forschung in Europa. Bonn: BMFT.
 - (1994b): Genforschung – Gentechnik. Was ist das? Welche Chance, welche Gefahren sind mit ihnen verbunden? Eine kurze Information. Bonn: BMFT.
 - (1994c): Vergleich der japanischen mit den deutschen Delphi-Ergebnissen, Pressedokumentation Nr. 10. Bonn: BMFT.
 - (1994d): Dokumentation zur Prognose und Bewertung der perspektivischer Technologien. Bonn: BMFT.
 - (1994e): Initiative zur Förderung der Software-Technologie in Wirtschaft, Wissenschaft und Technik. Bonn: BMFT.
- BMFT** – Bundesministeriums für Forschung und Technologie / **BMWi** – Bundesministerium für Wirtschaft (Hrsg.) (1978): Forschungs- und technologiepolitisches Gesamtkonzept der Bundesregierung für kleine und mittlere Unternehmen 1978. Gesamtkonzept. Bonn: BMFT, BMWi.
- (1979): Forschungs- und technologiepolitisches Gesamtkonzept der Bundesregierung für kleine und mittlere Unternehmen. Fortschreibung 1979. Gesamtkonzept. Bonn: BMFT, BMWi.

- (1989): Forschungsförderung für kleine und mittlere Unternehmen 1989. Gesamtkonzept. Bonn: BMFT, BMWi.
- BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft (Hrsg.) (1996): Info 2000 – Deutschlands Weg in die Informationsgesellschaft. Bericht der Bundesregierung. Bonn: BMWi.
- Bodewig, Theo* (1982): Staatliche Forschungsförderung und Patentschutz in den USA. Eine rechtsvergleichende Untersuchung zur Patent- und Lizenzpolitik im Bereich der öffentlich geförderten Forschung und Entwicklung. Weinheim / Deerfield Beach / Basel: Chemie.
- Bollmann, Petra* (1990): Technischer Fortschritt und wirtschaftlicher Wandel. Eine Gegenüberstellung neoklassischer und evolutorischer Innovationsforschung. Heidelberg: Physica.
- Böndel, Burkhard / Dürand, Dieter* (1995): Großforschung – Völlig untauglich, in: Wirtschaftswoche, 49. Jg., Heft 3, S. 60–64.
- Bornschie, Volker* (1988): Westliche Gesellschaft im Wandel. Frankfurt a. M. / New York: Campus.
- Börnsen, Ole / Glismann, Hans H. / Horn, Ernst-Jürgen* (1985): Der Technologietransfer zwischen den USA und der Bundesrepublik. Tübingen: Mohr.
- Bössmann, Eva* (1979): Externe Effekte (I), in: WISU – Das Wirtschaftsstudium, 8. Jg., Heft 2, S. 95–98.
- Botskor, Ivan* (1988): Der Technostaat plant seine Zukunft. Technologiepolitik in Japan, in: Politik und Zeitgeschichte, 38. Jg., Heft 18, S. 13–22.
- Bowonder, B. / Miyake, T.* (1993): Technology Forecasting in Japan, in: Futures, vol. 25, No. 7, S. 757–777.
- Brändel, Oliver C.* (1995): Technische Schutzrechte: Einführung in die Grundlagen des Patentrechts, Gebrauchsmusterrechts und Arbeitnehmererfinderrechts. Heidelberg: Recht und Wirtschaft.
- Brander, James A. / Spencer, Barbara J.* (1983): International R&D Rivalry and Industrial Strategy, in: Review of Economic Studies, vol. 50, pp. 707–722.
- (1985): Export Subsidies and Market Share Rivalry, in: Journal of International Economics, vol. 18, pp. 83–100.
- Branscomb, Lewis M.* (1992): Does America Need a Technology Policy, in: Harvard Business Review, vol. 70, no. 2, pp. 24–31.
- Braun, Hans-Joachim* (1992): Konstruktion, Destruktion und der Ausbau technischer Systeme zwischen 1914 und 1945, in: Braun, Hans-Joachim / Kaiser, Walter: (Hrsg.): Propyläen-Technikgeschichte, Band 5: Energiewirtschaft, Automatisierung, Information. Berlin / Frankfurt a. M.: Propyläen, S. 11–279.
- Bräunling, Gerhard / Harmsen, Dirk-Michael* (1975): Die Förderungsprinzipien und Instrumente der Forschungs- und Technologiepolitik. Göttingen: Schwartz.
- Brockhoff, Klaus* (1972): Zur Dynamik des technischen Fortschritts. Bemerkungen zu dem gleichnamigen Aufsatz von G. Mensch, in: ZfB – Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 42. Jg., Heft 4, S. 283–291.

- (1977): Technischer Fortschritt II: im Betrieb, in: Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft (HdWW), 7. Band. Tübingen: Mohr; Stuttgart / New York: Fischer; Göttingen / Zürich: Vandenhoeck & Ruprecht.
 - (1993): Technologietransfer, in: Dichtl, Erwin / Issing, Otmar (Hrsg.) Vahlens großes Wirtschaftslexikon, Band 2, 2. Auflage. München: Beck, Vahlen 1993, S. 2070–2071.
 - (1994): Forschung und Entwicklung: Planung und Kontrolle, 4. Auflage. München / Wien: Oldenbourg.
- Brody, Richard J.* (1996): Effective Partnering: A Report to Congress on Federal Technology Partnerships. Washington: DOC, Office of Technology Policy.
- Brooks, Harvey* (1982): Toward An Efficient Public Technology Policy: Criteria and Evidence, in: Giersch, Herbert (ed.): Emerging Technologies: Consequences for Economic Growth, Structural Change, and Employment. Tübingen: Mohr, pp. 329–365.
- (1985): Technology as a Factor in U.S. Competitiveness, in: Scott, Bruce R. / Lodge, George C. (eds.): U.S. Competitiveness in the World Economy. Boston: Harvard Business School Press, pp. 328–356.
- Brose, Peter* (1982): Planung, Bewertung und Kontrolle technologischer Innovationen. Berlin: Schmidt.
- Bruder, Wolfgang / Dose, Nicolai* (1986): Forschungs- und Technologiepolitik in der Bundesrepublik Deutschland, in: Bruder, Wolfgang (Hrsg.): Forschungs- und Technologiepolitik in der Bundesrepublik Deutschland. Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 11–75.
- Bullinger, Martin / Mestmäcker, Ernst-Joachim* (1996): Multimediadienste – Aufgabe und Zuständigkeit von Bund und Ländern. Rechtsgutachten erstattet im Auftrage des Bundesministers für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie. Bonn: BMBF.
- Bund der Steuerzahler (Hrsg.) (1994): Übersicht über Gesamtkosten und Zusammensetzung aller Sachverständigen, Kommissionen, Beiräte usw. für 1992, 1993 und 1994. Interner Bericht. Wiesbaden: Bund der Steuerzahler.
- Bundesrat (1995): Bericht der Bundesregierung über die Entwicklung der Finanzhilfen des Bundes und der Steuervergünstigungen gemäß § 12 des Gesetzes zur Förderung der Stabilität und des Wachstums der Wirtschaft (StWG) vom 8. Juni 1967 für die Jahre 1993 bis 1996 (Fünfzehnter Subventionsbericht. Drucksache 521/95. Bonn: Bundesrat.
- Busch, Rainer* (1987): Internationale technologiebestimmte Wettbewerbsfähigkeit und Forschungs- und Technologiepolitik. Eine komparative Studie. Frankfurt a. M. et al.: Lang.
- Business Week (1980): The Reindustrialization of America. Special Issue, 30th June, pp. 58–142.
- Cantner, Uwe* (1990): Technischer Fortschritt, neue Güter und internationaler Handel. Heidelberg: Physica.

- Carnegie Commission on Science, Technology, and Government (1991): *Technology and Economic Performance: Organizing the Executive Branch for a Stronger National Technology Base*. New York: Carnegie Commission.
- (1992): *Enabling the Future. Linking Science and Technology to Societal Goals*. New York: Carnegie Commission.
- Chancellor of the Duchy of Lancaster (1993): *Realising our Potenzial. A Strategy for Science, Engineering and Technology*. Presented to Parliament by the Chancellor of the Duchy of Lancaster by Command of Her Majesty. London: HMSO.
- Chesnais*, François (1982): Schumpeterian Recovery and the Schumpeterian Perspective – Some Unsettled Issues and Alternative Interpretations, in: Giersch, Herbert (ed.): *Emerging Technologies: Consequences for Economic Growth, Structural Change, and Employment*. Tübingen: Mohr, pp. 33–71.
- (1993): The French National System of Innovation, in: Nelson, Richard R. (ed.): *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford et al.: Oxford University Press, pp. 192–229.
- Chiang*, Jong-Tsong (1991): From ‘Mission-oriented’ to ‘Diffusion-oriented’ Paradigm: The New Trend of U.S. Industrial Technology Policy, in: *Technovation*, vol. 11, no. 6, pp. 339–356.
- Chorafas*, Dimitris N. (1969): *Verdummt Europa: Der Ausverkauf unserer Intelligenz*. München: Piper.
- Clark*, John / *Freeman*, Christopher / *Soete*, Luc (1984): Long Waves, Inventions, and Innovations, in: *Freeman*, Christopher (ed.): *Long Waves in the World Economy*. London / Dover: Pinter.
- Cohen*, Linda R. / *Noll*, Roger G. (eds.) (1991): *The Technology Pork Barrel*. Washington, DC: The Brookings Institution.
- Cohen*, William M. / *Levin*, Richard C. (1989): Empirical Studies of Innovation and Market Structure, in: *Schmalensee*, Richard / *Willick*, Richard D. (eds.): *Handbook of Industrial Organisation*. Amsterdam: North-Holland, pp. 1059–1107.
- Committee on Criteria for Federal Support of Research and Development (1995): *Allocating Federal Funds for Science and Technology*. Washington, DC: National Academy Press.
- Conrad*, Markus (1987): *Industriepolitik als wirtschaftspolitische Option in der Sozialen Marktwirtschaft. Ein ordnungskonformes industriepolitisches Konzept für die Bundesrepublik Deutschland*. Hamburg: Kovac.
- Corsten*, Hans (1982): *Der nationale Technologietransfer: Formen – Elemente, Gestaltungsmöglichkeiten – Probleme*. Berlin: Schmidt.
- (1989): Überlegungen zu einem Innovationsmanagement – organisationale und personale Aspekte, in: *Corsten*, Hans (Hrsg.): *Die Gestaltung von Innovationsprozessen. Hindernisse und Erfolgsfaktoren im Organisations-, Finanz- und Informationsbereich*. Berlin: Schmidt.
 - (1992): *Lexikon der Betriebswirtschaftslehre*. München / Wien: Oldenbourg.

- Corsten, Hans / Gössinger, Ralf* (1997): Entwurf eines konzeptionellen Rahmens für ein Multiagentensystem zur integrativen Unterstützung der Produktionsplanung und –steuerung. Schriften zum Produktionsmanagement Nr. 13. Kaiserslautern: Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl für Produktionswirtschaft.
- Critical Technologies Subcouncil to the Competitiveness Policy Council (1993): Technology Policy for a Competitive America: Report of Critical Technologies Subcouncil to the Competitiveness Policy Council. Washington, DC: Competitiveness Policy Council.
- Cross, Michael* (1989): Japan's Fifth Generation Computer Project. Successes and Failures, in: *Futures*, vol. 21, no. 4, pp. 401–403.
- Cuhls, Kerstin / Kuwahara, Terutaka* (1994): Outlook for Japanese and German Future Technology – Comparing Technology Forecast Surveys. Heidelberg: Physica.
- Currie, David P.* (1988): Die Verfassung der Vereinigten Staaten von Amerika. Frankfurt a. M.: Metzner.
- Dalum, Bent* (1992): Export Specialisation, Structural Competitiveness and National Systems of Innovation, in: *Lundvall, Bengt-Åke* (ed.): National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning. London: Pinter, pp. 191–225.
- Debelke, Jos* (1984): Recent Long-wave Theories. A Critical Survey, in: *Freeman, Christopher* (ed.): Long Waves in the World Economy. London / Dover: Pinter.
- December, John / Randall, Neil* (1995): World-Wide-Web für Insider: Zugang zum World-Wide-Web und zu Multimedia im Internet. Alle wichtigen Browser unter Windows, Unix oder für den Mac / Entdeckungsreise durch virtuelle Museen, Kaufhäuser, Zeitschriften und vieles mehr. Haar: SAMS.
- Deutsche Bundesbank (1996a): Technologische Dienstleistungen in der Zahlungsbilanz. Statistische Sonderveröffentlichung Nr. 12. Frankfurt a. M.: Deutsche Bundesbank.
- (1996b): Monatsbericht Mai 1996, 48. Jg., Heft 5.
- (1998): Technologische Dienstleistungen in der Zahlungsbilanz. Statistische Sonderveröffentlichung Nr. 12. Frankfurt a. M.: Deutsche Bundesbank.
- Deutscher Bundestag (1997): Gesetz zur Regelung der Rahmenbedingungen für Informations- und Kommunikationsdienste (Informations- und Kommunikationsdienstes-Gesetz – IuKDG) in der Fassung des Beschlusses des Deutschen Bundestages vom 13. Juni 1997 (BT-Drs. 13/7934 vom 11.06.1997).
- Deutsches Patentamt (Hrsg.) (1996): Jahresbericht 1995 (Kurzfassung). München: Deutsches Patentamt.
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (Hrsg.) (1996): Jahresbericht 1995. Band 1: Aufgaben und Ergebnisse. Bonn: DFG.
- Dickson, David* (1988): The New Politics of Science, With a New Preface. Chicago / London.
- Dietz, Peter* (1995): Aufbruchsjahre. Das Goldene Zeitalter der deutschen Computerindustrie. Bonn et al.: InnoVatio.

- DIHT – Deutscher und Industrie- und Handelstag (Hrsg.) (1992): Forschung im EG-Binnenmarkt. Die Länder stellen sich vor. Bonn: DIHT.
- Direction Général des Stratégies Industrielles (1995): Les 100 Technologies Clés de l'Industrie Française à l'Horizon 2000. Paris: Ministère de l'Industrie.
- DIW – Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (1994): Demonstrationszentren zur Förderung des Technologietransfers. Das Beispiel Faserverbundwerkstoffe, in: DIW-Wochenberichte, 61. Jg., Heft 45, S. 763–768.
- Diwald*, Hellmut (1975): Anspruch auf Mündigkeit: um 1400–1555. Band 1 der Propyläen-Geschichte Europas. Frankfurt a. M.: Propyläen.
- Dixit*, Avinash / *Norman*, Victor D. (1980): The Theory of International Trade. A Dual, General Equilibrium Approach. Cambridge: Nisbet, Cambridge University Press.
- DOE – Department of Energy (ed.) (1995): Alternative Futures for the Department of Energy National Laboratories. Washington, DC: DOE (Galvin Report).
- Donges*, Juergen B. (1988): Möglichkeiten und Grenzen staatlicher Technologiepolitik, in: Streit, Manfred E.: Wirtschaftspolitik zwischen ökonomischer und politischer Rationalität: Festschrift für Herbert Giersch. Wiesbaden: Gabler, S. 143–160.
- Dopfer*, Kurt (1994): The Phenomenon of Economic Change: Neoclassical vs. Schumpeterian Approaches, in: Magnusson, Lars (ed.): Evolutionary and Neo-Schumpeterian Approaches to Economics. Boston / Dordrecht, / London: Kluwer Academic Publishers, pp. 125–172.
- Dosi*, Giovanni (1982): Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change, in: Research Policy, vol. 11, no. 3, pp. 147–162.
- (1988): Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation, in: Journal of Economic Literature, vol. 26, no. 9, pp. 1120–1171.
- Dosi*, Giovanni / *Freeman*, Christopher / *Nelson*, Richard R. / *Silverberg*, Gerald / *Soete*, Luc (eds.) (1988): Technical Change and Economic Theory. London / New York: Pinter.
- Dosi*, Giovanni / *Pavitt*, Keith / *Soete*, Luc (1990): The Economics of Technical Change and International Trade. New York et al.: Harvester Wheatsheaf.
- Duijn*, Jacob J. van (1983): The Long Wave of Economic Life. London: Allen & Unwin.
- Eager*, Bill (1994): Using the World-Wide-Web. Indianapolis: Que Corporation.
- Eaton*, Jonathan / *Grossman*, Gene M. (1986): Optimal Trade and Industrial Policy under Oligopoly, in: Quarterly Journal of Economics, vol. 101, no. 2, pp. 383–406.
- Ehleben*, Hansjochen (1995): Branche im Mittelpunkt: Fotoindustrie. Ist Opas Knipskiste tot?, in: Der Langfristige Kredit, o. Jg., Heft 3, S. 89–92.
- Ehrke*, Michael : Von der Industrie- zur Technologiepolitik in Japan, in: Vierteljahresberichte der Friedrich-Ebert-Stiftung, Heft 131, S. 31–40.
- (1994): Industrie- und Technologiepolitik in Japan, in: Fricke, Werner (Hrsg.): Jahrbuch Arbeit und Technik 1994. Schwerpunktthema: Zukunftstechnologien und gesellschaftliche Verantwortung. Bonn: Dietz, S. 64–70.

- Einem*, Eberhard von (1991): Industriepolitik. Anmerkungen zu einem kontroversen Begriff, in: Jürgens, Ulrich / Krumbein, Wolfgang (Hrsg.): Industriepolitische Strategien: Bundesländer im Vergleich. Berlin: Edition Sigma, S. 11–33.
- Eisen*, Roland (1971): Technischer Fortschritt und wirtschaftliches Wachstum. Beiträge zu einer Theorie des technischen Fortschritts. Dissertation: Universität München.
- Ellwein*, Thomas / *Bruder*, Wolfgang (1982): Innovationsorientierte Regionalpolitik. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Elßer*, Stefan (1993): Innovationswettbewerb. Determinanten und Unternehmensverhalten. Frankfurt a. M. et al.: Lang.
- Engels*, Wolfram (1986): Prinzipienstreiterei, in: Wirtschaftswoche, 40. Jg., 5.12.1986, Heft 50, S. 68.
- Ernst & Young (eds.) (1995): European Biotech 95 – Gathering Momentum. London: Ernst & Young.
- Eucken*, Walter (1952): Grundsätze der Wirtschaftspolitik. Tübingen: Mohr.
- Europäische Kommission (1994a): Wachstum, Wettbewerbsfähigkeit, Beschäftigung. Herausforderung der Gegenwart und Wege in 21. Jahrhundert. Weißbuch. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- (1994b): Eine Politik der industriellen Wettbewerbsfähigkeit für die Europäische Union. Beilage zum Bulletin der Europäischen Union. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
 - (1994c): Industrielle und Werkstofftechnologien (BRITE – EURAM III). Viertes Rahmprogramm für Forschung und technologische Entwicklung (1994–1998). Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
 - (1995a): EUR 15637 – Die Politik der Europäischen Gemeinschaft in Forschung und technologischer Entwicklung. Die Schwerpunkte des vierten Rahmenprogramms der Europäischen Union für Forschung und technologische Entwicklung. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
 - (1995b): EUR 16620 – Forschung und Technologie: Das vierte Rahmenprogramm (1994–1998). Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
 - (1996a): EUR 16961 – Die Zukunft gestalten – Die europäische Wissenschaft im Dienste der Bürger. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
 - (1996b): EUR 16971 – Die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der FTE mit Drittländern und internationalen Organisationen. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
 - (1996c): Grünbuch zur Innovation. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
 - (1997a): EUR 17644 – Fünfjahresbewertung der FTE-Rahmenprogramme der Europäischen Gemeinschaft. Bericht des unabhängigen Expertengremiums unter dem Vorsitz von Vicomte É. Davignon sowie Anmerkungen der Kommission zu den

- Empfehlungen des Expertengremiums. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- (1997b): Task Forces Forschung/Industrie. Ein Überblick. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- Europäisches Parlament (Hrsg.) (1993): Die F&E-Politik der Gemeinschaft: „Evaluierung des zweiten und dritten F&E-Rahmenprogramms und Orientierung für die zukünftige F&E-Politik“. Luxemburg: Europäisches Parlament.
- European Commission (1994): The European Report on Science and Technology Indicators 1994. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Commission.
- Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI (Hrsg.) (1996): Wege in die Informationsgesellschaft. Status Quo und Perspektiven Deutschlands im internationalen Vergleich. Heft 65. Frankfurt a. M.: Fachverband Informationstechnik im VDMA und ZVEI.
- Fahse, Hermann (1994): Patentrecht für Ingenieure mit Gebrauchsmusterrecht und Arbeitnehmererfindungsrecht. Skriptum, 3. Auflage. Universität Kaiserslautern.
- FAST-Gruppe / Kommission der EG (1987): Die Zukunft Europas. Gestaltung durch Innovationen. Berlin et al.: Springer.
- Faust, Konrad (1996): Internationale Patentstatistik: Technologische Positionen und strukturelle Probleme der deutschen Industrieforschung, in: ifo-Schnelldienst, 49. Jg., Heft 12, S. 8–23.
- FAZ – Frankfurter Allgemeine Zeitung (1978): Matthöfer will Investitionen lenken, 33. Jg., 10.8.1978, Nr. 171, S. 9.
- Felder, Michael (1992): Forschungs- und Technologiepolitik zwischen Internationalisierung und Regionalisierung. FEG-Studien Nr. 1. Marburg: Institut für Politikwissenschaft.
- Fels, Gerhard (1988): Zum Konzept der internationalen Wettbewerbsfähigkeit, in: Jahrbuch für Sozialwissenschaft, 39. Jg., Band 0, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S. 135–144.
- Ferguson, Charles H. / Morris, Charles R. (1994): Computerschlachten – Überlebensstrategien in der weltweit wichtigsten Industrie. Frankfurt a. M.: Campus.
- Feser, Hans-Dieter (1987): Technologische Wettbewerbsfähigkeit und internationaler Handel, in: Feser, Hans-Dieter (Hrsg.): Technologische Entwicklung und internationale Wettbewerbsfähigkeit. Regensburg: Transfer, S. 1–40.
- Fischer-Dieskau, Christian (1979): Ziele und Methoden europäischer Forschungspolitik, in: Messen, Karl-Matthias (Hrsg.): Öffentliche Aufträge und Forschungspolitik. Baden-Baden: Nomos, S. 35–41.
- FIZ Karlsruhe (1996): FIZ Karlsruhe und GENIOS kooperieren mit „Innovation online“, Pressemitteilung vom Juni 1996.
- Fleck, Roland (1990): Technologieförderung: Schwachstellen, europäische Perspektiven und neue Ansätze. Wiesbaden: DUV.

- Foray, Dominique / Freemann, Christopher* (eds.) (1993): *Technology and the Wealth of Nations. The Dynamics of Constructed Advantage*. London / New York: Pinter.
- Ford, David / Ryan, Chris* (1981): Taking Technology to Market, in: *Harvard Business Review*, vol. 59, no. 2, pp. 117–226.
- Foster, Charles R.* (1985): Warum gibt es in den USA keine koordinierte Industriepolitik, in: *Politische Vierteljahresschrift*, 16. Jg, Heft 2, S. 146–159.
- Foster, Richard N.* (1986): *Innovation. Die technologische Offensive*. Wiesbaden: Gabler.
- Freeman, Christopher* (1963): The Plastics Industry: A Comparative Study of Research and Innovation, in: *National Institute Economic Review*, vol. 4, no. 26, pp. 22–62.
- (1982a): *The Economics of Industrial Innovation*, 2nd ed. London: Pinter.
 - (1982b): Innovation as an Engine of Economic Growth. Retrospect and Prospects, in: *Giersch, Herbert* (Hrsg.): *Emerging Technologies: Consequences for Economic Growth, Structural Change, and Employment*. Tübingen: Mohr, pp. 1–26.
 - (1987): *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
 - (1988): Introduction, in: *Dosi, Giovanni / Freeman, Christopher / Nelson, Richard R. / Silverberg, Gerald / Soete, Luc* (eds.): *Technical Change and Economic Theory*. London / New York: Pinter, pp. 1–9.
 - (1990): Schumpeter's Business Cycles Revisted, in: *Heertje, Arnold / Perlman, Mark* (eds.): *Evolving Technology and Market Structure in Schumpeterian Economics*: Ann Arbor: University of Michigan Press, pp. 17–30.
 - (1994): The Economics of Technical Change, in: *Cambridge Journal of Economics*, vol. 18, no. 5, pp. 463–514.
 - (1995): The „National Innovation System of Innovation“ in Historical Perspective, in: *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19, no. 1, pp. 5–24.
- Freeman, Christopher / Clark, John / Soete, Luc* (1982): *Unemployment and Technical Innovation. A Study of Long Waves and Economic Development*. London: Pinter.
- Freeman, Christopher / Perez, Carlota* (1988): Structural Crisis of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour, in: *Dosi, Giovanni / Freeman, Christopher / Nelson, Richard R. / Silverberg, Gerald / Soete, Luc* (eds.): *Technical Change and Economic Theory*. London / New York: Pinter, pp. 38–66.
- Freeman, Chris / Soete, Luc* (1994): *Work for all or Mass Unemployment. Computerised Technical Change into the Twenty-first Century*. London: Pinter.
- Frese, Karin* (1996): Gemischte Gefühle – Infobase '96 in mittlerer Stimmungslage, in: *Cogito*, 12. Jg., Heft 3, S. 16–29.
- Friedrich, Thomas A.* (1993): Chancen und Risiken neuer Techniken, in: *VDI-Nachrichten*, 47. Jg., 19.2.1993, Heft 7, S. 16.
- Fritsch, Michael* (1991): Innovation und Strukturwandel, in: *WISU*, 20. Jg., Heft 3, S. 195–200.

- Fuchs, Gerhard* (1992): Zukunftstechnologien und politische Gestaltung. Zur staatlichen Regulierung technologischer Innovationen. Probleme und Lösungsstrategien am Beispiel der Informations- und Kommunikationstechniken. München: Wisslit.
- Fuhrmann, Frank Uwe / Vöth, Werner* (1990): Staatliche Technologiepolitik nach der „Wende“, in: WSI-Mitteilungen, 43. Jg., Heft 10, S. 622–629.
- Fuji, Kazuhiko* (1994): Industriepolitik in Japan, in: ZfB – Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 64. Jg., Heft 2, S. 143–152.
- Gahlen, Bernhard* (1979): Strukturwandel und Strukturpolitik (III), in: WISU – Das Wirtschaftsstudium, 8. Jg., Heft 2, S. 19–24.
- Gaitanides, Michael* (1995): Je mehr desto besser? Zu Umfang und Intensität des Wandels bei Vorhaben des Business Reengineering, in: technologie & management, 44. Jg. Heft 2, S. 69–76.
- Galbraith, Kenneth* (1956): American Capitalism. The Countervailing Power. Boston: Mifflin.
- Gassen, Hans Günter* (1997): Biotechnologie: Anpacken statt zaudern, in: technologie & management, 46. Jg., Heft 1, S. 36–37.
- Gebhardt, Jürgen* (1976): Die Krise des Amerikanismus. Revolutionäre Ordnung und gesellschaftliches Selbstverständnis in der amerikanischen Republik. Stuttgart: Klett.
- Gehrke, Birgit / Grupp, Hariolf* (1994): Innovationspotential und Hochtechnologie. Technologische Position Deutschlands im internationalen Wettbewerb, 2. Auflage. Heidelberg: Physica.
- Gehrke, Birgit / Legler, Harald / Machate-Weiß, Veronika / Schasse, Ulrich / Wagner, Frank* (1995): Industrieforschung sowie internationaler Handel, Produktion, Beschäftigung und Investitionen im forschungsintensiven Sektor der deutschen Industrie. Beitrag zur „Erweiterten Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands“ im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie. Hannover: NIW.
- Geinitz, Christian* (1997): Das neue Silicon Valley liegt am Potomac, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 52. Jg., 3.1.1997, Nr. 2, S. 10.
- Gelderens, Jan van* (1913): Springvloed: Beschouwingen over industriële ontwikkeling en prijsveweging, in: De Nieuwe tijd, vol. 18, no. 4–6.
- Gemper, Bodo B.* (1986): Europäische Technologiegemeinschaft, in: WiSt – Wirtschaftsstudium, 15. Jg., Heft 12, S. 627–629.
- Genth, Peter* (1995): 10 Jahre Informationsanbieter. FIZ Technik berichtet, in: Cogito, 11. Jg., Heft 5, S. 38–40.
- Gerjets, Jutta* (1982): Forschungspolitik in der Bundesrepublik Deutschland. Kritische Analyse ihrer Zielsetzungen und Instrumente. Köln: BDI.
- Gerke, Wolfgang* (1975): Was kann die Wagnisfinanzierungs-GmbH (WFG) leisten?, in: Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen, 28. Jg., S. 761–764.
- Gerstenberger, Wolfgang* (1992): Die Bedeutung einer nationalen/europäischen Halbleiterindustrie für die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und insbesondere als

- Standortfaktor für Anwenderindustrien der Mikroelektronik. Kurzexpertise im Rahmen der Strukturberichterstattung. ifo-Studien zur Strukturforschung Nr. 17. München: ifo Institut für Wirtschaftsforschung.
- Gerybadze, Alexander* (1982): Innovation, Wettbewerb und Evolution: eine mikro- und mesoökonomische Untersuchung des Anpassungsprozesses von Herstellern und Anwendern neuer Produzentengüter. Tübingen: Mohr.
- (1988): Raumfahrt und Verteidigung als Industriepolitik. Auswirkungen auf die amerikanische Wirtschaft und den internationalen Handel. Frankfurt a. M.: Campus.
- Geschka, Horst / Dahlem, Stephan* (1996): Kreativitätstechniken und Unternehmenserfolg, in: *technologie & management*, 45. Jg., Heft 3, S. 106–110.
- Glotz, Peter* (1993): Wir müssen in der Forschung auf Zukunftsfelder setzen, in: *VDI-Nachrichten*, 43. Jg., 3.9.1993, Heft 35, S. 10.
- (1994): Eine Kultur des Wandels schaffen, in: *technologie & management*, 43. Jg., Heft 3, S. 103–108.
- Glotz, Peter / Süßmuth, Rita / Seitz, Konrad* (1992): Die planlosen Eliten. Versäumen wir Deutschen die Zukunft? München: Bruckmann.
- Goerdele, Andreas* (1987): Die Keynesianische Prägung der japanischen Wirtschaftspolitik. Berlin: Duncker & Humblot.
- Gold, Bela* (1981): Technological Diffusion in Industry: Research Needs and Shortcomings, in: *The Journal of Industrial Economics*, vol. 29, no. 3, pp. 247–269.
- Gore, Al* (1991): Infrastructure for the Global Village. A High-Capacity Network will not be built without Government Investment, in: *Scientific American*, vol. 265, no. 3, pp. 108–111.
- (1992): *Earth in the Balance – Ecology and Human Spirit*. Boston / New York / London: Houghton Mifflin.
 - (1993): *From Red Tape to Results. Creating a Government that Works Better & Costs Less*. Report of the National Performance Review. New York: Random House.
- Gottl-Ottlilienfeld, Friedrich von* (1923): Grundriß der Sozialökonomik. II. Abteilung. Die natürlichen und technischen Beziehungen der Wirtschaft. II. Teil. Wirtschaft und Technik. Tübingen: Mohr.
- Graham, Frank D.* (1923): Some Aspects of Protection further Considered, in: *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 39, pp. 199–227.
- Greferman, Klaus / Oppenländer, Karl Heinrich / Peffgen, E. / Röttingshöfer, Karl C. / Scholz, Lothar* (1974): Patentwesen und technischer Fortschritt, Teil 1: Die Wirkung des Patentwesens im Innovationsprozess. Göttingen: Mohr.
- Greif, Siegfried* (1993): Patente als Indikatoren für Forschungs- und Entwicklungstätigkeit, in: *SV-Gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik mbH* (Hrsg.): *Forschung u. Entwicklung in der Wirtschaft. FuE- und Patententwicklung. Indikatoren zur Beurteilung des technischen Fortschritts und zur Messung der Wettbewerbsposition von Unternehmen, Industrien und Volkswirtschaften*. Essen: SV-Gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik mbH, S. 33–59.

- Greif, Siegfried / Potkowik, Georg* (1990): Patente und Wirtschaftszweige: Zusammenführung der internationalen Patentklassifikation unter Systematik der Wirtschaftszweige. Köln: Heymanns.
- Griliches, Zvi* (1989): Patents – Recent Trends and Puzzles, in: *Brooking Papers on Economic Activity*, vol. 20, pp. 291–330.
- Gronau, Magdala* (Hrsg.) / *Hafkesbrink, Joachim / Krause, Michael / Mokwa, Wilfried / Rospert, Matthias* (1993): Technologien für Mikrosysteme: Stand und Entwicklung; integrierte Optik, Schichttechniken, Mikromechanik, Halbleitertechnik, Faseroptik. Düsseldorf: VDI.
- Grossman, Gene M. / Helpman, Elhanan* (1989): Growth and Welfare in a Small Open Economy. Working Paper No. 2970. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- (1991): Innovation and Growth in the Global Economy. Cambridge (Mass.); London: MIT Press.
- Grubel, Herbert G. / Lloyd, P. J.* (1975): Intra-Industry-Trade. London: Macmillan.
- Gruhler, Wolfram* (1981): Forschungs- und Entwicklungsförderung der deutschen Wirtschaft, in: Beiträge zur Wirtschafts- und Sozialpolitik, Band 90. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft.
- Grupp, Hariolf* (1990): Japan, in: *Krupp, Hariolf / Schnöring, Thomas* (Hrsg.): Forschung und Entwicklung für die Telekommunikation – Internationaler Vergleich mit zehn Ländern. Bd. 1: USA, Japan, Frankreich und Großbritannien. Berlin et al.: Springer, S. 141–240.
- (1995a): Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts, 2. Auflage. Heidelberg: Physica.
- (1995b): Der Delphi-Report. Stuttgart: DVA.
- (1996): Ansätze zur Technikbewertung in gebietsübergreifenden Entwicklungslinien, in: Strategischer Wandel: II. Mannheimer Unternehmerforum, Tagungsunterlagen, 27.–28. Juni 1996.
- Grupp, Hariolf / Hinze, Sybille / Jungmittag, Andre / Reiß, Thomas / Schmoch, Ulrich* (1997): Technologische Position Deutschlands im internationalen Wettbewerb. Beitrag im Rahmen der Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands (1996). Materialien. Karlsruhe: ISI.
- Grupp, Hariolf / Hinze, Sybille / Reiß, Thomas / Schmoch, Ulrich* (1997): Technologische Position Deutschlands im internationalen Wettbewerb. Beitrag im Rahmen der gemeinsamen Berichterstattung 1996 zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. Karlsruhe: ISI.
- Grupp, Hariolf / Legler, Harald* (1987): Spitzentechnik, Gebrauchstechnik, Innovationspotential und Preise. Trends, Positionen und Spezialisierung der westdeutschen Wirtschaft im internationalen Wettbewerb. Köln: TÜV Rheinland.
- Grupp, Hariolf / Münt, Gunnar* (1996): Technologische Position Deutschlands in der Triade: Patente und Außenhandel, Strategische Industrien. Karlsruhe: ISI.

- Haagedorn, John* (1994): Schumpeter: An Appraisal of his Theory of Innovation and Entrepreneurship. MERIT Research Memorandum 2/94–20. July 1994.
- Hafkesbrink, Joachim / Krause, Michael* (1993): Technometrie in der Mikrosystemtechnik, in: mikroelektronik, 7. Jg., Heft 6, Fachbeilage Mikrosystemtechnik, S. XCIV–XCV.
- Hahn, Frank H. / Matthews, Robert*. The Theory of Economic Growth (1964): A Survey, in: The Economic Journal, vol. 54, pp. 779–902.
- Håkansson, H.* (1989): Corporate Technological Behaviour – Co-operation and Networks. London: Routledge.
- Hamilton, J. C.* (1992): The Works of Alexander Hamilton, 1850 aus Reich 1992.
- Hamm, Walter* (1979): Freiheitsbeschränkung durch staatliche Struktur- und Forschungspolitik, in: Ordo – Jahrbuch für die Ordnung von Wirtschaft und Gesellschaft, Band 30. Stuttgart: Fischer, S. 423–439.
- Hammer, Michael / Champy, James* (1994): Reengineering – Die Radikalkur für das Unternehmen. Frankfurt a. M.: Campus.
- Hanusch, Horst / Cantner, Uwe* (1993): Neuere Ansätze in der Innovationstheorie und der Theorie des technischen Wandels – Konsequenzen für eine Industrie- und Technologiepolitik, in: Meyer-Krahmer, Frieder (Hrsg.): Innovationsökonomie und Technologiepolitik. Forschungsansätze und politische Konsequenzen. Heidelberg: Physica, S. 11–46.
- Harhoff, Dietmar* (1994): Zur steuerlichen Behandlung von Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen. Eine internationale Bestandsaufnahme. ZEW Dokumentation 94–2. Mannheim: ZEW.
- Harhoff, Dieter / Licht, Georg et al.* (1996): Innovationsaktivitäten kleiner und mittlerer Unternehmen. Ergebnisse des Mannheimer Innovationspanels. Baden-Baden: Nomos.
- Hart, Jeffrey A.* (1992): Rival Capitalists. International Competitiveness in the United States, Japan, and Western Europe. Ithaca / London: Cornell University Press.
- Hartmann, Jürgen* (1992): Politik in Japan. Das Innenleben einer Wirtschaftsmacht, Frankfurt a. M. / New York: Campus.
- Haruo, Nishihara* (1992): Einige Bemerkungen zur 18. Empfehlung des Rates für Forschung und Technologie, in: Philipp-Franz-von-Siebold-Stiftung / Deutsches Institut für Japanstudien (Hrsg.): Miscellanea – Trends der japanischen Forschungs- und Technologiepolitik. Die 18. Empfehlung des Rates für Forschung und Technologie und ihr Echo in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft Japans. Bonn / Tokyo: Deutsches Institut für Japanstudien, S. 67–72.
- Hasenritter, Bodo* (1982): Staatliche Forschungs- und Entwicklungspolitik in der Bundesrepublik Deutschland. München: Florentz.
- Haß, Hans-Joachim* (1983): Die Messung des technischen Fortschritts. Theoretische und komparativ-empirische Analyse für ausgewählte Wirtschaftsbereiche der Bundesrepublik Deutschland und Schweden im Zeitraum 1950–1978. München: Florentz.

- Hauff, Volker / Scharpf, Fritz W.* (1975): Modernisierung der Volkswirtschaft. Technologiepolitik als Strukturpolitik. Frankfurt a. M., Köln: Europäische Verlagsanstalt.
- Hauschildt, Jürgen* (1989): Promotoren und Champions. Die treibenden Kräfte hinter der Innovation, in: *technologie & management*, 38. Jg., Heft 4, S. 11–15.
- (1993): *Innovationsmanagement*, 1. Auflage. München: Vahlen.
 - (1997): *Innovationsmanagement*, 2. Auflage. München: Vahlen.
- Häuser, Karl* (1989): Friedrich List (1789–1846), in: Starbatty, Joachim (Hrsg.): *Klassiker des ökonomischen Denkens*, Band 1. Von Platon bis John Stuart Mill. München: Beck, S. 225–244.
- Hayek, Friedrich August* (1969): *Freiburger Studien*. Freiburg: Mohr.
- (1975): Die Anmaßung von Wissen. Vorlesung zur Verleihung des Nobelpreises am 11.12.1974, in: *Ordo – Jahrbuch für die Ordnung von Wirtschaft und Gesellschaft*, Band 26. Stuttgart: Fischer, S. 12–21.
- Heckscher, Eli* (1919): The Effect of Foreign Trade on the Distribution of Income, in: *Ekonomisk Tidskrift*, vol. 21, pp. 1–32.
- Hedberg, Håkan*: Die japanische Herausforderung. Hamburg (1970): Hoffmann und Campe.
- Helpman, Elhanan / Krugman, Paul R.* (1985): *Market Structure and Foreign Trade: Increasing Returns, Imperfect Competition, and the International Economy*. Cambridge (Mass.): MIT Press.
- Hemmersbach, Andreas* (1993): Wirkungen von Instrumenten der Technologie- und Exportförderungs politik für kleine und mittlere Unternehmen: eine empirische Analyse für Rheinland Pfalz. Frankfurt a. M. et al.: Lang.
- Henderson, W. O.* (1987): Friedrich List and England, in: *Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik*, Band 203. Stuttgart: Fischer, S. 532–546.
- Hennen, Leonhard* (1994): Ist die (deutsche) Öffentlichkeit „technikfeindlich“? Ergebnisse der Meinungs- und der Medienforschung. Erster Sachstandsbericht im Rahmen des Monitoring-Projektes „Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik“. Bonn: TAB-Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag.
- Henzler, Herbert A. / Späth, Lothar* (1993): Sind die Deutschen noch zu retten? Von der Krise in den Aufbruch. München: Bertelsmann.
- Hermann, Armin* (1989): Nur der Name war geblieben. Die abenteuerliche Geschichte der Firma Carl Zeiss. Stuttgart: DVA.
- Hess, Klaus-Peter* (1985): Mikroelektronik: Eine Herausforderung für Europas Wirtschaft, in: *Der Technologie-Manager (technologie & management)*, 34. Jg., Heft 4, S. 6–18.
- Hicks, John R.* (1968): *The Theory of Wages*, 2nd ed. New York.
- Hild, Reinhard* (1993): Japans Raumfahrt im Aufbruch, in: *ifo-Schnelldienst*, 46. Jg., Heft 26–27, S. 26–42.
- Hilpert, Hanns Günther / Ochel, Wolfgang / Penzkofer, Horst / Reinhard, Michael* (1994): *Wirtschafts- und Technologiepolitik und ihre Auswirkung auf den internati-*

- onalen Wettbewerb: Das Beispiel der Halbleiterindustrie. Berlin / München: Duncker & Humblot.
- Hiroshige, T.* (1973): *The Social History of Science*. Tokyo: Chuo Chuo Kuron.
- Hirsch, Joachim* (1973): *Wissenschaftlich-technischer Fortschritt und politisches System*, 3. Auflage. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Hirsch, Seev* (1967): *Location of Industry and International Competitiveness*. Oxford: Clarendon Press.
- Hofmann, Herbert / Saul, Christoph* (1996): *Qualitative und quantitative Auswirkungen der Informationsgesellschaft auf die Beschäftigung. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft*. München: ifo Institut.
- Hohmeyer, Olav / Hüsing, Bärbel / Maßfeller, Sabine / Reiß, Thomas* (1994): *Internationale Regulierung der Gentechnik. Praktische Erfahrungen in Japan, den USA und Europa*. Heidelberg: Physica.
- Holtfrerich, Carl-Ludwig* (Hrsg.) (1996): *Die Wirtschaft der USA: Strukturen, Institutionen, Prozesse*. München / Wien: Oldenbourg.
- Holthoff-Frank, Klaus* (1990): *Zur Leistungsfähigkeit input- und outputorientierter Instrumente der staatlichen Technologieförderung*. Frankfurt a. M.: Lang.
- Holzkämper, Hilko* (1995): *Die Forschungs- und Technologiepolitik Europas, Japans und der USA. Eine ordnungstheoretische und empirische Analyse*. Bayreuth: P.C.O.
- Horn, Ernst-Jürgen* (1976): *Technologische Neuerungen und internationale Arbeitsteilung*. Tübingen: Mohr.
- Horres, Robert / Kreiner, Franz-Josef* (1992): *Anspruch und Wirklichkeit der japanischen Forschungs- und Technologiepolitik*, in: Philipp-Franz-von-Siebold-Stiftung / Deutsches Institut für Japanstudien (Hrsg.): *Miscellanea – Trends der japanischen Forschungs- und Technologiepolitik. Die 18. Empfehlung des Rates für Forschung und Technologie und ihr Echo in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft Japans*. Bonn / Tokyo: Deutsches Institut für Japanstudien, S. 7–30.
- Horstkotte, Hermann* (1998): *Voneinander Lernen. Der Personalaustausch des BMBF mit der Wirtschaft nutzt beiden Seiten*, in: *Prospect*, 2. Jg, Heft 1, S. 2–22.
- Huber, Frank* (1994): *Technologiebeiräte auf Landesebene – Ergebnisse einer Befragung des BDI*. Köln: BDI.
- Hufbauer, Gary Clyde* (1966): *Synthetic Materials and the Theory of International Trade*. London: Duckworth & Co.
- Hughes, Kirsty S.* (1990): *Competition, Innovation, and Industrial Performance*, in: Webster, Alan / Dunning John A. (eds.): *Structural Change in World Economy*. London / New York: Routledge, pp. 49–66.
- IMD – International Institute for Management Development (1997): *The World Competitiveness Yearbook 1997*. Lausanne: IMD:
- ISI – Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (1998a): *Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Zusammenfassung und Ergebnisse*. Karlsruhe: ISI.

- (1998b): Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Methoden- und Datenband. Karlsruhe: ISI.
- Issing, Otmar*: Innovationsförderung und Ordnungspolitik (1979/80), in: List-Gesellschaft (Hrsg.): List-Forum. Düsseldorf, S. 33–51.
- IW – Institut der deutschen Wirtschaft (Hrsg.) (1996): Internet-Muffel, in: iwd – Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft, 22. Jg., Heft 39, S. 1.
- (1997a): Industrielle Gemeinschaftsforschung: Unternehmen helfen sich selbst, in: iwd – Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft, 23. Jg., Heft 9, S. 8.
- (1997b): Berufsstart mit Handicap, in: iwd – Informationsdienst des Instituts der deutschen Wirtschaft, 23. Jg., Heft 9, S. 2.
- Jackson, Tim* (1993): The Next Battleground: Japan, America and the New European Market. New York: Houghton Mifflin.
- Jacobi, Wolfgang* (1992): Im Wettbewerb mit Japan – Eine Collage persönlicher Erfahrungen, in: *technologie & management*, 41. Jg., Heft 1, S. 10–13.
- Jewkes, John / Sawers, David / Stillerman, Richard* (1969): The Sources of Invention, 2nd ed. London / Basingstoke: Macmillan.
- Joas, August* (1994): Strategie, Struktur und Führung für die Geschäfte von morgen, in: Kalmbach, Ralf G. (Hrsg.): Management im Umbruch: Wege aus der Krise. Frankfurt a. M. / Wiesbaden: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Gabler, S. 251–282.
- Johnson, Chalmers* (1982): MITI and the Japanese Miracle. The Growth of Industrial Policy, 1925–75. Stanford: Stanford University Press.
- Julitz, Lothar* (1997): Die Qualität des Hochschulstandorts Deutschland hat erheblich gelitten, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 52. Jg., 28.6.1997, Nr. 147, S. 49.
- Kahn, Hermann* (1970): Bald werden sie die ersten sein. Japan 2000. Zukunftsmodell der neuen Herrn der Welt. Wien et al.: Molden.
- Kamien, Morton / Schwartz, Nancy* (1982): Market Structure and Innovation. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kantzenbach, Eberhard / Pfister, Marisa* (1995): Nationale Konzeption der Technologiepolitik in einer globalisierten Weltwirtschaft. Der Fall Deutschlands und der Europäischen Union. HWWA-Report Nr. 154. Hamburg: HWWA-Institut für Wirtschaftsforschung.
- Kaufer, Erich* (1989): The Economics of the Patent System. Chur: Harwood Academic Publishers.
- Keck, Otto* (1993): The National System for Technical Innovation in Germany, in: Nelson, Richard R. (ed.): National Innovation Systems. A Comparative Analysis. New York / Oxford: Oxford University Press, pp. 115–157.
- Kellenbenz, Hermann* (1981): Deutsche Wirtschaftsgeschichte, Band 2. Vom Ausgang des 18. Jahrhunderts bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs. München: Beck.
- Kellerhals, Rainer* (1993): Die zweite Revolution der Massenkommunikation: Computerunterstützte Medien (I), in: *technologie & management*, 42. Jg., Heft 4, S. 155–162.

- Kempkens, Wolfgang* (1994): Reise im Ohr, in: Wirtschaftswoche, 48. Jg., Heft 52, S. 102–113.
- Kennedy, Kevin* (1989): Competitiveness and Technology Policy, in: International Journal of Technology Management, vol. 4, no. 3, pp. 265–272.
- Kennedy, Paul* (1993): In Vorbereitung auf das 21. Jahrhundert. Frankfurt a. M.: Fischer.
- Kern, Werner / Schröder, Hans-Horst* (1977): Forschung und Entwicklung in der Unternehmung. Reinbek: Rowohlt.
- Kirsch, Werner* (1969): Die Unternehmungsziele in organisationstheoretischer Sicht, in: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 21. Jg., S. 665–675.
- Kleinknecht, Alfred* (1987): Innovation Patterns in Crisis and Prosperity. Schumpeter's Long Cycle Reconsidered. New York: St. Martin's Press.
- Klodt, Henning* (1987): Wettlauf um die Zukunft: Technologiepolitik im internationalen Vergleich. Kieler Studien Nr. 206. Tübingen: Mohr.
- (1993): Theorie der strategischen Handelspolitik und neue Wachstumstheorie als Grundlage für eine Industrie- und Technologiepolitik, in: *Meyer-Krahmer, Frieder* (Hrsg.): Innovationsökonomie und Technologiepolitik. Forschungsansätze und politische Konsequenzen. Heidelberg: Physica, S. 196–230.
 - (1995): Grundlagen der Forschungs- und Technologiepolitik. München: Vahlen.
- Klodt, Henning et al.* (1988): Forschungspolitik unter EG-Kontrolle. Kieler Studien Nr. 220. Tübingen: Mohr.
- Klodt, Henning / Siebert, Horst et al.* (1992): Strukturpolitik der EG. Kieler Studien Nr. 249. Tübingen: Mohr.
- Klodt, Henning / Stehn, Jürgen et al.* (1994): Standort Deutschland: Strukturelle Herausforderungen im neuen Europa. Tübingen: Mohr.
- Kobayashi, Hiroaki* (1980): Wirtschaftsmacht Japan. Strukturen und Organisationen. Köln: Deutscher Instituts-Verlag.
- Kögel, Petra / Gälli, Anton* (1994): Die „vier kleinen Drachen“: Das Netz ihrer Beziehungen mit Europa wird dichter, in: ifo-Schnelldienst, 47. Jg., Heft 4, S. 16–31.
- Kokalji, Ljuba / Albach, Horst* (1987): Industriepolitik in der Marktwirtschaft. Ein internationaler Vergleich. Stuttgart: Poeschel.
- Kolke, Ernst-Gerd vom* (1996): Online-Datenbanken: Systematische Einführung in die Nutzung elektronischer Fachinformation, 2. Auflage. München / Wien: Oldenbourg.
- Kommission der EG (1986a): Einheitliche Europäische Akte. Beilage 2/86 zum Bulletin der Europäischen Gemeinschaften. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- (1986b): Die europäische Industriepolitik für die 90er Jahre. Beilage 3/91 zum Bulletin der Europäischen Gemeinschaften Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
 - (1992): 1992: ein entscheidendes Jahr – Rede von Präsident Jacques Delors vor dem Europäischen Parlament. Von der Einheitliche Akte zu der Zeit nach Maastricht:

- Ausreichende Mittel für unsere ehrgeizigen Ziele. Arbeitsprogramm der Kommission für 1992. Beilage 1/86 zum Bulletin der Europäischen Gemeinschaften. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- (1997): Fünftes Rahmenprogramm: Wissenschaftliche und technologische Ziele. KOM(97) 47 endg. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
 - (1998): Tätigkeiten der Europäischen Union im Bereich Forschung und technologische Entwicklung. Jahresbericht 1998 (Vorlage der Kommission). KOM(98) 439. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften.
- Kommission für wirtschaftlichen und sozialen Wandel (1977): Wirtschaftlicher und sozialer Wandel in der Bundesrepublik Deutschland. Gutachten der Kommission. Göttingen: Otto Schwartz & Co.
- Kondratieff, Nikolaj D.* (1926): Die langen Wellen der Konjunktur, in: Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik, 56. Jg., Heft 2, S. 573–609.
- Kösters, Wim* (1994): Neue Wachstumstheorie und neue Außenhandelstheorie: Frische Argumente für eine staatliche Industriepolitik?, in: WiSt – Wirtschaftsstudium, 23. Jg., Heft 3, S. 117–122.
- Kotler, Philipp / Bliemel, Friedhelm* (1995): Marketing-Management, 8. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Kraus, Willy* (1984): Die EG vor der pazifischen Herausforderung, in: Außenpolitik, 35. Jg., S. 190–203.
- Kravis, Irving* (1956): Availability and other Influences on the Commodity Position of Trade, in: The Journal of Political Economy, vol. 64, pp. 143–155.
- Kriegsmann, Klaus-Peter / Neu, Axel Dietmar* (1982): Globale, regionale und sektorale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft. Konzepte und Ergebnisse. Frankfurt a. M.: Lang.
- Kroy, Walter* (1995): Technologiemanagement für grundlegende Innovationen, in: Zahn, Erich (Hrsg.): Handbuch Technologiemanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 57–80.
- (1996): Die Zukunft wird anders sein, in: technologie & management, 45. Jg., Heft 2, S. 57–65.
- Krugman, Paul R.* (1979): Increasing Returns, Monopolistic Competition, and International Trade, in: Journal of International Economics, vol. 9, pp. 469–479.
- (1987): Is Free Trade Passé?, in: Journal of Economic Perspective, vol. 1, no. 2, pp. 131–144.
 - (1990): The Age of Diminished Expectations. U.S. Economic Policy in the 1990s. Cambridge (Mass.) London: The MIT Press.
 - (1992): Does the New Trade Theory Require a New Trade Policy?, in: World Economy, vol. 15, no. 4, pp. 423–441.
- Krupp, Helmar* (1982): Innovation Policy in the Face of Today's Economic and Social Problems, in: Stuart, George F. / Kuntze, Uwe (eds.): National Innovation Policies:

- The Challenges in looking ahead – Six Countries Programme on Aspects of Government Policies towards Technological Innovation in Industry. Karlsruhe: ISI, pp. 53–60.
- Kuhlmann, Stefan / Holland, Doris* (1995a): Erfolgsfaktoren der wirtschaftsnahen Forschung. Heidelberg: Physica.
- (1995b): Evaluation von Technologiepolitik in Deutschland. Konzepte, Anwendungen, Perspektiven. Heidelberg: Physica.
- Kuhn, Thomas S.* (1973): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- (1988): Neue Überlegungen zum Begriff des Paradigma, in: Kuhn, Thomas S.: Die Entstehung des Neuen. Studien zur Struktur der Wissenschaftsgeschichte. Hrsg. von Lorenz Krüger, 3. Auflage. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 389–420.
- Kulicke, Marianne et al.* (1993): Chancen und Risiken junger Technologieunternehmen. Ergebnisse des Modellversuchs „Förderung technologieorientierter Unternehmensgründungen“. Heidelberg: Physica.
- Kulicke, Marianne / Wupperfeld, Udo* (1996): Beteiligungskapital für junge Technologieunternehmen. Ergebnisse eines Modellversuchs. Heidelberg: Physica.
- Kurz, Rudi / Graf, Hans-Werner / Zarth, Michael* (1989): Der Einfluß wirtschafts- und gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen auf das Innovationsverhalten von Unternehmen. Eine Problemskizze auf der Grundlage der relevanten Literatur. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft. Tübingen: Institut für Angewandte Innovationsforschung.
- Kutter, Susanne* (1997): Kräfte bündeln, in: Wirtschaftswoche, 51. Jg., Heft 6, S. 46–48.
- Kuznets, Simon* (1953): Economic Change. New York: Norton.
- Lageman, Bernhard / Friedrich, Werner / Körbel, Markus / Oberheitmann, Andreas / Welter, Friederike* (1995): Der volkswirtschaftliche Nutzen der industriellen Gemeinschaftsforschung für die mittelständische Industrie. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Lancaster, Kelvin* (1980): Intra-Industry Trade under Perfect Monopolistic Competition, in: Journal of International Economics, vol. 19, pp. 151–175.
- Landmann, Oliver / Pflüger, Michael P.* (1992): Handelspolitik bei unvollkommener Konkurrenz – Einsichten aus der „neuen“ Außenhandelstheorie, in: WISU – Das Wirtschaftsstudium, 21. Jg., Heft 6, S. 494–501.
- Laumer, Helmut* (1984): Forschung in Japan. Düsseldorf: Deutsch-Japanisches Wirtschaftsförderungsbüro.
- Leder, Matthias* (1989): Innovationsmanagement. Ein Überblick, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaftslehre, Ergänzungsheft 1, S. 1–54.
- Legler, Harald* (1982): Internationale Wettbewerbsfähigkeit der westdeutschen chemischen Industrie. Berlin / München: Duncker & Humblot.
- (1987): Zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland bei technologieintensiven Produkten, in: technologie & management, 36. Jg., Heft 2, S. 18–27.

- Legler, Harald / Grupp, Hariolf / Gehrke, Birgit / Schasse, Ulrich* (1992): Innovationspotential und Hochtechnologie. Technologische Position Deutschlands im internationalen Vergleich. Heidelberg: Physica.
- Leone, Robert A. / Bradley, Stephen P.* (1981): Toward an Effective Industrial Policy, in: *Harvard Business Review*, vol. 59, no. 6, pp. 91–97.
- Leonhardt, Birgit* (1985): Schlüsseltechnologien im ökonomischen Wettrüsten, in: *Der Technologie-Manager (technologie & management)*, 34. Jg., Heft 2, S. 6–16.
- Leontief, Wassily* (1956): Factor Proportions and the Structure of American Trade, in: *The Review of Economics and Statistics*, vol. 38, pp. 386–407.
- Lepkowski, Will* (1992): European Community takes Bold New Steps in Science and Technology Policy, in: *Chemical & Engineering News*, vol. 70, no. 29, pp. 9–17.
- Lesage, Michel* (1992): Policies and Structures of Scientific Research in France, in: Orsi Battaglini, Andrea (eds.) / Lesage, Michel / Merloni, Francesco: *Handbook of the Law Science: Comparative Studies*, vol. 4, *Scientific Research in France: Problems in Administration, Evaluation and Planning*, vol. 4. Baden-Baden, S. 11–28.
- Levin, Richard et al.* (1984): Survey Research on R&D, Appropriability and Technological Opportunity. Part 1: Appropriability. New Haven, CT: Yale University Press.
- Leyden, Dennis Patrick / Link, Albert N.* (1995): Tax Policies Affecting R&D: An International Comparison, in: *Technovation*, vol. 13, pp. 17–25.
- Lichtblau, Karl / Breuer, Wilhelm* (1996): Industriepolitik in Japan auf dem Weg zur Normalität. Köln: Deutscher Instituts-Verlag.
- Lieschke, Lothar* (1985): Technischer Fortschritt und Außenhandel. Frankfurt a. M. / Bern / New York: Lang.
- Linde, Claas van der* (1992): Deutsche Wettbewerbsvorteile. Düsseldorf et al.: Econ.
- Linder, Staffan Burenstam* (1961): An Essay on Trade and Transformation. Stockholm. Dissertation.
- List, Friedrich* (1971): Schriften / Reden / Briefe, Band VI: Das Nationale System der Politischen Ökonomie. Aalen: Scientia.
- Lodge, George C. / Vogel, Ezra F.* (eds.) (1987): Ideology and National Competitiveness. An Analysis of Nine Countries. Boston: Harvard Business School Press.
- Lörcher, Siegfried* (1983): Forschung und Entwicklung (FuE) im Vergleich, in: *Bremer Zeitschrift für Wirtschaftspolitik*, 6. Jg., Heft 3–4, S. 85–117.
- Loveridge, Denis / Georghiou, Lucas / Nedeva, Maria* (1995): United Kingdom Technology Foresight Programme: Delphi Survey. London: HMSO.
- Lucas, Robert E.* (1988): On the Mechanics of Economic Development, in: *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp. 168–176.
- Ludwig, Alexander* (1989): Kondratieff-Zyklen, in: *WiSt – Wirtschaftsstudium*, 18. Jg., Heft 1, S. 27–30.
- Lundvall, Bengt Åke* (1988): Innovation as an Interactive Process – from User-Producer-Interaction to the National System of Innovation, in: Dosi, Giovanni /

- Freeman, Christopher / Nelson, Richard / Silverberg, Gerald / Soete, Luc (eds.): *Technical Change and Economic Theory*. London / New York: Pinter, pp. 349–369.
- (1992a): Introduction, in: Lundvall, Bengt-Åke (ed.): *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter, pp. 1–22.
 - (1992b): *Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.
- Magaziner, Ira / Hout, Thomas, C.* (1980): *Japanese Industrial Policy*. Berkeley: Institute of International Studies.
- Magaziner, Ira C. / Reich, Robert B.* (1982): *Minding America's Business. The Decline and Rise of the American Economy*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Mahnken, Holger / Hanebeck, Roland* (1994): PC-Evolution – Vom Hilfsmittel über das Werkzeug zum ubiquitären Instrument der Information und Kommunikation, in: *technologie & management*, 43. Jg., Heft 3, S. 117–122.
- Maier-Mannhart, Helmut* (1994): Von Japan lernen, heißt Industriepolitik lernen, in: *Süddeutsche Zeitung*, 50. Jg., 15.2.1994, Nr. 37, S. 9.
- Majer, Helge* (1973): Die „Technologische Lücke“ zwischen der Bundesrepublik Deutschland und den Vereinigten Staaten von Amerika. Tübingen: Mohr.
- (1992): *Wirtschaftswachstum. Paradigmenwechsel vom quantitativen zum qualitativen Wachstum*. München / Wien: Oldenbourg.
- Malden, Thomas* (1995): Moderne Archivare – Informationsvorsprung durch Online-Recherche, in: *Gateway*, o. Jg., Heft 6, S. 88–91.
- Manager Magazin* (1995): Ich habe kein MITI, 25. Jg., Heft 3, S. 108–113.
- Markusen / James R. / Melvin, James R. / Kaempfer, William H. / Maskus, Keith E.* (1995): *International Trade: Theory and Evidence*. New York et al.: McGraw-Hill.
- Marsden, David* (1993): Skill Flexibility, Labour Market, Structure, Training Systems and Competitiveness, in: Foray, Dominique / Freeman, Christopher (eds.): *Technology and the Wealth of Nations. The Dynamics of Constructed Advantage*. London / New York: Pinter, pp. 373–387.
- Marten; Heinz-Georg* (1991): Gentechnologie zwischen Biologie und Politik. Interdisziplinarität und didaktische Struktur, in: *Aus Politik und Zeitgeschichte*, Band 6, S. 32–41.
- Martin, Ben / Irvine, John* (1989): *Research Foresight: Priority-Setting in Science*. London: Pinter.
- Martino, Joseph P.* (1993): *Technological Forecasting for Decision Making*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Martinsen, Renate / Simonis, Georg* (Hrsg.) (1995): *Paradigmenwechsel in der Technologiepolitik*. Opladen: Leske + Budrich.
- Martsch, Silvia* (1996): *Patente und technische Informationen aus Japan in Datenbanken und im Internet. Japan: Analysen – Prognosen Nr. 122*. München: ifo-Institut für Wirtschaftsforschung.

- Mathias-Pauer*, Regine (1985): Die japanische Bildungsgesellschaft, in: Kohlhammer Taschenbücher: Japan. Stuttgart et al.: Kohlhammer, S. 153–169.
- Matthöfer*, Hans (1976): Für eine menschliche Zukunft – Sozialdemokratische Forschungs- und Technologiepolitik. Düsseldorf / Wien: Econ.
- McMillan*, Charles J. (1984): The Japanese Industrial System. Berlin / New York: de Gruyter.
- Meadows*, Dennis / *Meadows*, Donella H. / *Zahn*, Erich / *Milling*, Peter (1972): Die Grenzen des Wachstums: Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- Meißner*, Werner (1987): Industriepolitik – ein ordnungspolitische Herausforderung, in: Fels, Gerhard / Vogel, Otto (Hrsg.): Brauchen wir eine neue Industriepolitik. Köln: Deutscher Instituts-Verlag, S. 151–164.
- Meißner*, Werner / *Fassing*, Werner: Wirtschaftsstruktur und Strukturpolitik. München: Vahlen 1989.
- Mennicken*, Jan-Baldem (1974): Das Aktionsprogramm der Europäischen Gemeinschaften für die Wissenschafts- und Technologiepolitik, in: Europa-Archiv, Folge 10, S. 335–344.
- Mensch*, Gerhard (1975): Das technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression: Frankfurt a. M.: Umschau.
- Meyer*, Matthias (1995): Forschungssubventionen aus wettbewerbspolitischer Sicht. Baden-Baden: Nomos.
- Meyer-Krahmer*, Frieder (Hrsg.) (1986): Konzepte und Methoden technologiepolitischer Wirkungsanalysen, in: Bechmann, Gotthard / Meyer-Krahmer, Frieder (Hrsg.): Technologiepolitik und Sozialwissenschaft. Frankfurt a. M. / New York: Campus, S. 103–135.
- (1989): Der Einfluß staatlicher Technologiepolitik auf industrielle Innovationen. Baden-Baden: Nomos.
 - (1993): Innovationsökonomie und Technologiepolitik. Forschungsansätze und politische Konsequenzen. Heidelberg: Physica.
- Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, Enquête sur les Technologies du Futur par la Méthode Delphi (1995): Présentation des Résultats Synthèse et Commentaires Strasbourg: BETA, CNRS, Université Louis Pasteur.
- Mittelstraß*, Jürgen (1992): Leonardo-Welt: über Wissenschaft, Forschung und Verantwortung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Möhrle*, Martin G. (1991): Informationssysteme in der betrieblichen Forschung und Entwicklung. Bad Homburg: DIE.
- (1996): Betrieblicher Einsatz computerunterstützten Lernens. Zukunftsorientiertes Wissens-Management im Unternehmen. Braunschweig / Wiesbaden: Vieweg.
- Möhrle*, Martin G. / *Pannenbäcker*, Tilo (1996): Erfinden per Methodik. Ein neuer Weg zur Stärkung der Innovationsfähigkeit, in: technologie & management, 45. Jg., Heft 3, S. 112–118.

- Mohl, Max (1970): Made in Japan: Düsseldorf / Wien: Econ.
- Mommsen, Theodor. Römische Geschichte. Berlin. Safari.
- Moore, Howard (ed.) (1943): The World Science Report. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation 1996.
- Mowery, David C. (1992): The U.S. National Innovation System: Origins and Prospects for Change, in: Research Policy, vol. 21, pp. 125–144.
- Mowery, David C. / Rosenberg, Nathan (1979): The Influence of Market Demand upon Innovation: A Critical Review of Some Recent Empirical Studies, in: Research Policy, vol. 8, no. 4, pp. 102–153.
- Müller-Merbach, Heiner (1987): Koordinierte Technologiepolitik, in: technologie & management, 36. Jg., Heft 2, S. 6–9.
- (1988a): Der Dreiklang: Technischer Fortschritt, wirtschaftliches Wachstum, gesellschaftlicher Wandel, in: technologie & management, 37. Jg., Heft 3, S. 6–9.
 - (1988b): Strukturschwächen der deutschen Wirtschaft, in: technologie & management, 37. Jg., Heft 2, S. 47–51.
 - (1989a): Der unerwartete neue Studentenberg und die Halbierung des Ingenieuranteils, in: technologie & management, 38. Jg., Heft 2, S. 36–46.
 - (1989b): Komprehensive Informationssysteme und Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 59. Jg., Heft 10, S. 1023–1045.
 - (1990a): Technologie und andere qualitative Produktionsfaktoren, in: technologie & management, 39. Jg., Heft 3, S. 6–8.
 - (1990b): Strategische Positionen der Industrieprodukte im Außenhandel. Charakteristische Unterschiede zwischen Deutschland, Japan und den USA, in: technologie & management, 39. Jg., Heft 1, S. 46–55.
 - (1990c): Stärken und Schwächen in der Elektronik, in: technologie & management, 39. Jg., Heft 3, S. 29–41.
 - (1990d): Gedanken über die Bestgestaltung eines Universitätsstudiums, in: Zimmerli, Walter Ch. (Hrsg.): Wider die „Zwei Kulturen“. Berlin / Heidelberg: Springer, S. 171–195.
 - (1991): Die wachsenden bundesdeutschen IKT-Außenhandelsdefizite, in: technologie & management, 40. Jg., Heft 2, S. 34–35.
 - (1993a): Die Wirtschaft und ihre Organe. Drei Metaphern vom menschlichen Körper, in: technologie & management, 42. Jg., Heft 2, S. 51–54.
 - (1993b): Das Auf und Ab von Leistungsbilanz und Handelsbilanz, in: technologie & management, 42. Jg., Heft 2, Titelbild und S. 50.
 - (1994a): Die Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland. Eine Relativierung innerhalb der Triade, in: Schiemenz, Bernd / Wurl, Hans-Jürgen (Hrsg.): Internationales Management. Beiträge zur Zusammenarbeit. Wiesbaden: Gabler, S. 61–93.

- (1994b): *Leitung und Reengineering – Die Matrix der sechs Aufgabenbereiche*, in: Zink, Klaus J. (Hrsg.): *Wettbewerbsfähigkeit durch innovative Strukturen und Konzepte. Festschrift zum 80. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Günter Rühl*. Hanser: München, S. 297–319.
- (1994c): *Jahrzehnt des Wandels? Aktivitäten des Turnaround-Managements: Re-design, Reengineer, Reexamine, Reinvent, Reinvigorate, Reorganize, Reorient, Restructure, Cut Red Tape*, in: *technologie & management*, 43. Jg., Heft 2, S. 51–54.
- (1995a): *Gesamtwirtschaftliches Reengineering der Technologiepolitik: Abgestimmte Prozessketten statt isolierter Einzelprojekte*, in: *technologie & management*, 44. Jg., Heft 2, S. 55–59.
- (1995b): *Struktur des deutschen Technologie-Außenhandels: In welchen Produktgruppen die Stärken und Schwächen liegen*, in: *technologie & management*, 44. Jg., Heft 4, S. 180–187.
- (1995c): *Sich freuen auf die Zukunft – Kreativ und tatkräftig an der Gestaltung mitwirken*, in: *technologie & management*, 44. Jg., Heft 4, Seite 151–155.
- (1995d): *Global Engineering 2020: Drei Beiträge zur Honeywell Futurist Competition*, in: *technologie & management*, 44. Jg., Heft 4, S. 160.
- (1996a): *In der Heimat der Bedenkenträger. Ein Programm zur Revitalisierung der Lebensfreude in Deutschland*, in: *technologie & management*, 45. Jg., Heft 2, S. 51–56.
- (1996b): *Das Motiv des Kämpfers: Siegen wollen*, in: *technologie & management*, 45. Jg., Heft 4, S. 147–150.
- (1999): *Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Europas*. Buchmanuskript in Vorbereitung.

Müller-Merbach, Heiner / Hartmann, Thilo (Hrsg.) (1998): Expeditionen in die Zukunft 2 – 53 Zukunftsstudien. Aachen: Shaker.

Müller-Merbach, Heiner / Jacobsen, Andreas / Vogel, Christoph (1995): Schlüsseltechnologien in Rheinland-Pfalz. Mainz: Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau.

Münt, Gunnar (1996): Fragen der technologischen Wettbewerbsfähigkeit aus Sicht der evolutorischen Wirtschaftstheorie. Die USA, Japan und Deutschland im Vergleich, in: *Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik*, Band 215. Stuttgart: Fischer, S. 50–68.

Musgrave, Richard A. (1974): Finanztheorie, 2. Auflage. Tübingen: Mohr.

MWV – Ministerium für Wirtschaft und Verkehr des Landes Rheinland-Pfalz (Hrsg.) (1985): Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung. Mainz: MWV.

Naisbitt, John / Aburdene, Patricia (1990): Megatrends 2000: 10 Perspektiven für den Weg ins nächste Jahrtausend, 3. Auflage. Düsseldorf: Econ.

Nefiodow, Leo A. (1991): Der fünfte Kondratieff: Strategien zum Strukturwandel in Wirtschaft und Gesellschaft, 2. Auflage. Frankfurt a. M.: Frankfurter Allgemeine Zeitung / Wiesbaden: Gabler.

- Nelson, Richard R.* (1988): *Institutions Supporting Technical Change in the United States*, in: Dosi, Giovanni / Freeman, Christopher / Nelson, Richard R. / Silverberg, Gerald / Soete, Luc (eds.): *Technical Change and Economic Theory*. London / New York: Pinter, pp. 312–329.
- (1993a): *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York / Oxford: Oxford University Press.
 - (1993b): *A Retrospective*, in: Nelson, Richard R. (ed.): *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York / Oxford: Oxford University Press, pp. 505–523.
- Nelson, Richard R. / Rosenberg, Nathan* (1993): *Technical Innovation and National Systems*, in: Nelson, Richard R. (ed.): *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. New York / Oxford: Oxford University Press, pp. 3–27.
- Nelson, Richard R. / Winter, Sidney G.* (1977): *In Search of a Useful Theory of Innovation*, in: *Research Policy*, vol. 6, no. 1, pp. 36–76.
- (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge (Mass.) / London: Harvard University Press.
- Neumann, Wolfgang / Utterwede, Henrik* (1986): *Industriepolitik: Ein deutsch-französischer Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich.
- (1990): *Industrie- und Technologiepolitik in Frankreich und in der Bundesrepublik seit 1945*, in: Cohen, Yves / Manfrass, Klaus (Hrsg.): *Frankreich und Deutschland: Forschung, Technologie und industrielle Entwicklung im 19. und 20. Jahrhundert*. München: Beck, S. 433–449.
- Neuschwander, Thomas* (1994): *Mythos MITI, Industriepolitik in Japan*. Frankfurt a. M. et al.: Lang.
- Niosi, Jorge / Saviotti, P. / Bellon, Bertrand / Crow, M.* (1993): *National Systems of Innovation: In Search of a Workable Concept*, in: *Technology in Society*, vol. 15, no. 2, 207–227.
- NISTEP – National Institute of Science and Technology Policy (ed.) (1995): *Science and Technology Indicators: 1994. A Systematic Analysis of Science and Technology Activities in Japan*. NISTEP Report No. 37. Tokyo: Science and Technology Indicator Project Team, NISTEP, Science and Technology Agency.
- NISTEP – National Institute of Science and Technology Policy / Science and Technology Agency / Institute for Future Technology (eds.) (1993): *Future Technology in Japan Toward the Year 2020*. Tôkyô: Institute for Future Technology.
- NIW – Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (1997): *Berichterstattung zur technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands*. Materialien. Hannover: NIW.
- NSB – National Science Board (1996): *Science & Engineering Indicators – 1996*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- (1998): *Science & Engineering Indicators – 1998*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- NSF – National Science Foundation (1998): *Federal R&D Funding by Budget Function. Fiscal Years 1996–1998*. Washington: NSF.

- NSTC – National Science and Technology Council (1995): Interagency Federal Laboratory Review. Final Report. Washington, DC: Office of Science and Technology Policy.
- (1996): Technology in the National Interest. Washington, DC: Executive Office of the President of the United States.
- Nussbaum*, Bruce (1984): Das Ende unserer Zukunft. Revolutionäre Technologien drängen die deutsche Wirtschaft ins Abseits. München: Kindler.
- Nütten*, Ingeborg (1996): Packpapier als Katalysator. Über und gegen die Innovationsmüdigkeit in Deutschland, in: *technologie & management*, 45. Jg., Heft 3, S. 119–126.
- o.V. (1966): Forschung ohne Glanz, in: *Der Spiegel*, 20. Jg., 21.2.1966, Heft 9, S. 28–53.
- (1991): Nationale Wettbewerbsvorteile, in: *technologie & management*, 40. Jg., Heft 1, S. 35–41.
 - (1997): Es gibt keinen Reformstau in Deutschland! Interview mit Dr. Rüttgers, in: *technologie & management*, 36. Jg., Heft 4, S. 6–7.
- Oberender*, Peter / *Daumann*, Frank (1995): Industriepolitik. München: Vahlen.
- Ochel*, Wolfgang / *Penzkofer*, Horst (1996): Internationale Wettbewerbsfähigkeit und ihrer Implikationen für die europäische FuE-Politik. München: ifo-Institut für Wirtschaftsforschung.
- Odagiri*, Hiroyuki / *Goto*, Akira (1993): The Japanese System of Innovation: Past, Present, and Future, in: Nelson, Richard R. (ed.): National Innovation Systems. A Comparative Analysis. New York / Oxford: Oxford University Press, pp. 115–157.
- OECD (1968): Gaps in Technology. General Report. Paris: OECD.
- (1978): Policies for the Stimulation of Industrial Innovation. Paris: OECD.
 - (1982): Innovation in Small and Medium Firms. Paris: OECD.
 - (1992a): Technology and the Economy. The Key Relationships. Paris: OECD.
 - (1992b): Wissenschafts- und Technologiepolitik. Bilanz und Ausblick 1991. Paris: OECD.
 - (1992c): Main Science and Technology Indicators, 1992/1. Paris: OECD.
 - (1994): Frascati-Manual 1993. Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development. The Measurement of Scientific and Technological Activities. Paris: OECD.
 - (1995a): Wissenschafts- und Technologiepolitik. Bilanz und Ausblick 1994. Paris: OECD.
 - (1995b): Basic Science and Technology Statistics. Paris: OECD (Datenreihen ab 1981 auf Disketten).
 - (1996a): Science, Technology and Industry Outlook 1996. Paris: OECD.

- (1996b): *Venture Capital in OECD Countries*, in: *Financial Market Trends*, no. 63, pp. 15–39.
 - (1997): *Main Science and Technology Indicators, 1996/2*. Paris. OECD.
 - (1997/8): *Foreign Trade by Commodities 1995, Volumes 1–5*. Paris. OECD.
 - (1998a): *Science, Technology and Industry Outlook 1998. Highlights*. Paris: OECD.
 - (1998b): *Main Science and Technology Indicators, 1997/2*. Paris. OECD.
- Office of Industries (1995): *Global Competitiveness of the U.S. Software and Service Industries*. Washington, DC: U.S. International Trade Commission.
- Ohlin*, Bertil (1957): *Interregional and International Trade*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
- Ohr*, Renate (1985): *Produktzyklus-Theorie*, in: *WISU – Das Wirtschaftsstudium*, 14. Jg., Heft 1, S. 27–30.
- Oppenländer*, Karl Heinrich (1969): *Technische Veränderungen und internationaler Handel*, in: *ifo-Studien*, 15. Jg.
- (1988): *Wachstumstheorie und Wachstumspolitik: Die Strukturpolitik als wesentlicher Erklärungsfaktor und als Ansatzpunkt für eine innovationsbezogene Wachstumspolitik*. München: Vahlen.
 - (1993): *Zur Errichtung eines Technologierats*, in: *ifo-Schnelldienst*, 46. Jg., Heft 34, S. 3–6.
- OSTP – Office of Science and Technology Policy (1995): *National Critical Technologies Report*. Washington DC: OSTP.
- Ostry*, Sylvia / *Nelson*, Richard, R. (1995): *Techno-Nationalism and Techno-Globalism. Conflict and Cooperation*. Washington, DC: The Brookings Institution.
- OTA – Office of Technology Assessment (1995a): *The Effectiveness of Research and Experimentation Tax Credits*. Washington, DC: Government Printing Office.
- (1995b): *Federal Technology Transfer and the Human Genome Project*. Washington, DC: Government Printing Office.
- Ott*, Alfred E. (1959): *Technischer Fortschritt*, in: *Beckerat, Erwin von et al. (Hrsg.): Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 10*. Stuttgart / Tübingen / Göttingen: Fischer, Mohr, S. 302–316.
- Parker*, Sang-Chul (1997): *The Japanese Technopolis Strategy*, in: *Simmie, James (ed.): Innovation Networks and Learning Regions*. London: Kingsley, pp. 137–158.
- Pascha*, Werner (1994): *Die Japanische Wirtschaft*. Mannheim et al.: BI-Taschenbuchverlag.
- Paulinyi*, Ákos (1982): *Der Technologietransfer für die Metallbearbeitung und die preussische Gewerbeförderung (1820–1850)*, in: *Blaich, Fritz (Hrsg.): Die Rolle des Staates für die wirtschaftliche Entwicklung. Schriften des Vereins für Socialpolitik / Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, Band 125*. Berlin: Duncker & Humblot, S. 99–142.

- Pavitt, Keith* (1984): Sectoral Patterns of Technical Change, in: *Research Policy*, vol. 13, pp. 343–373.
- Penzkofer, Horst / Schmalholz, Heinz* (1990): Zwanzig Jahre Innovationsforschung im Ifo-Institut und zehn Jahre ifo-Innovationstest, in: *ifo-Schnelldienst*, 43. Jg., Heft 14, S. 14–22.
- Perillieux, Rene* (1987): *Der Zeitfaktor im strategischen Technologiemanagement*. Berlin: Schmidt.
- Peterson, John* (1991): Technology Policy in Europe: Explaining the Framework Programme and Eureka in Theory and Practice, in: *Journal of Common Market Studies*, vol. 29, no. 3, pp. 269–290.
- Philippus, Thomas* (1994): *Online-Datenbanken – Aufbau, Kosten, Nutzung*. Berlin / Offenbach: vde-Verlag.
- Plate, Petra A.* (1996): Der Grundlagenplan für Forschung und Technologie Eine Kurskorrektur, in: *Japan*, o. Jg., 1996, S. 659–665.
- Pohl, Manfred* (1985): Japanische Forschungs- und Entwicklungspolitik, in: Heiduk, Günter (Hrsg.) *Japan als führende Wirtschaftsmacht in einem zukünftigen pazifischen Wirtschaftszentrum*. Baden-Baden: Nomos, S. 85–145.
- Porter, Michael E.* (1991): *Nationale Wettbewerbsvorteile. Erfolgreich konkurrieren auf dem Weltmarkt*. München: Knaur.
- Posner, Michael V.* (1961): International Trade and Technical Change, in: *Oxford Economic Papers*, vol. 13, pp. 323–341.
- Preissner-Polte, Anne* (1988): Fax mal wieder. Der Siegeszug der Fernkopierer ist nicht mehr aufzuhalten, in: *manager magazin*, 18. Jg., Heft 10, S. 224–232.
- Presse und Informationsamt der Bundesregierung (Hrsg.) (1994): Regierungserklärung des Bundeskanzlers vor dem Deutschen Bundestag. Aufbruch in die Zukunft: Deutschland gemeinsam meistern, in: *Bulletin*, 24.11.1994, Nr. 108, S. 985–992.
- (1996): *Europa 2000. Die Europäische Union der fünfzehn Staaten*. Bonn: Presse und Informationsamt der Bundesregierung.
- Prognos (1983a): *Das Forschungs- und Technologiesystem in Japan. Teil I. Institutionen und Programme zur Forschungsförderung in Japan*. Köln: TÜV Rheinland.
- (1983b): *Das Forschungs- und Technologiesystem in Japan. Teil I. Politischer und gewerkschaftlicher Rahmen für die japanische Forschungspolitik*. Köln: TÜV Rheinland.
- Pugel, Thomas A.* (1984): Japan's Industrial Policy: Instruments, Trends and Effects, in: *Journal of Comparative Economics*, vol. 8, no. 4, pp.420–435.
- Ramser, Hans Jürgen* (1993): Grundlagen der „neuen“ Wachstumstheorie, in: *WiSt – Wirtschaftsstudium*, 22. Jg., Heft 3, S. 117–123.
- Rat der EG (1974): Entschließung des Rates vom 14.1.1974 über ein erstes Aktionsprogramm der EG auf dem Gebiet der Wissenschaft und Technologie, in: *Amtsblatt der EG* vom 29.1.1974, Nr. C 7, S. 6–7.

- (1983): Entschließung des Rates vom 25. Juli 1983 über Rahmenprogramme für die Tätigkeiten der Gemeinschaft im Bereich Forschung, Entwicklung und Demonstration und über das erste Rahmenprogramm 1984–1987, in: Amtsblatt der EG vom 4.8.1983, Nr. C 208, S. 1–4.
- Reich, Robert B.* (1992): *The Work of Nations. Preparing Ourselves for 21st-Century Capitalism.* New York: Vintage.
- Reineke, Walter-Friedrich* (1984): Technik und Wissenschaft, in: Eggebrecht, Arne (Hrsg.): *Das alte Ägypten: 3000 Jahre Geschichte und Kultur des Pharaonenreiches.* Gütersloh: Bertelsmann, S. 365–394.
- Reinert, Ludwig* (1994): *Evolution und Innovation: Prolegomenon einer interdisziplinären Theorie betriebswirtschaftlicher Innovationen.* Berlin: Duncker & Humblot.
- Reinhard, Michael / Schmalholz, Heinz* (1996): *Technologietransfer in Deutschland: Stand und Reformbedarf.* Berlin / München: Duncker & Humblot.
- Reuhl, Günther* (1994): *Forschung und Entwicklung zwischen Politik und Markt: Die Steuerung von Forschung und Entwicklung in den USA, Japan und Europa.* Ludwigsborg / Berlin: Wissenschaft und Praxis.
- Ricardo, David* (1959): *Über die Grundsätze der Politischen Ökonomie und der Besteuerung.* Berlin: Akademie.
- Riesenhuber, Heinz* (1986): EUREKA – ein neues Element der europäischen Technologiepolitik, in: *Europa-Archiv*, Folge 7, S. 185–190.
- Rödel, Ulrich* (1972): *Forschungsprioritäten und technologische Entwicklung. Studie über die Determinanten der Forschung und Schwerpunkte der Technologiepolitik der USA.* Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Rogers, Everett M.* (1962): *Diffusion of Innovations.* New York / London: Free Press.
- (1986): *The Role of the Research University in the Spin-off of High-Technology Companies*, in: *Technovation*, vol. 4, no. 3, pp. 169–181.
- Röglin, Hans-Christian* (1994): *Technikängste und wie man damit umgeht.* Düsseldorf: VDI.
- Romer, Paul* (1986): *Increasing Returns and Long Run Growth*, in: *Journal of Political Economy*, vol. 94, no. 5, pp. 1002–1037.
- (1990): *Endogenous Technological Change*, in: *Journal of Political Economy*, vol. 98, no. 5, pp. 71–102.
- (1994): *The Origins of Endogenous Growth*, in: *Journal of Economic Perspective*, vol. 8, no. 1, pp. 3–22.
- Ronge, Volker* (1977): *Forschungspolitik als Strukturpolitik.* München: Piper.
- Roon, Ger van* (1991): *Technologischer und gesellschaftlicher Wandel – Theorien im Vergleich.* Kieler Arbeitspapier Nr. 493. Kiel: Institut für Weltwirtschaft.
- Rose, Klaus* (1973): *Grundlagen der Wachstumstheorie. Eine Einführung*, 2. Auflage. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

- Rose, Klaus / Sauernheimer, Karlhans* (1992): Theorie der Außenwirtschaft, 11. Auflage. München: Vahlen.
- Rosenberg, Nathan* (1976): Perspectives on Technology. Cambridge: Cambridge University Press.
- (1982): Inside the Black Box. Technology and Economics. Cambridge et al.: Cambridge University Press.
 - (1995a): Why Technology Forecasts Often Fail, in: The Futurist, vol. 29, no. 4, pp. 16–21.
 - (1995b): Innovation's Uncertain Terrain, in: The McKinsey Quarterly, no. 3, pp. 170–185.
- Rosenberg, Nathan / Landau, Ralph / Mowery, David C.* (eds.) (1992): Technology and the Wealth of Nations. Stanford: Stanford University Press.
- Röthlingshöfer, Karl Ch.* (1975): Direkte und indirekte Forschungsförderung: Instrumente der Forschungs- und Wirtschaftspolitik, in: Wirtschaft und Wissenschaft, 23. Jg., Heft 2, S. 13–15.
- Rothschild, Kurt W.* (1986): Technischer Fortschritt in dogmenhistorischer Sicht, in: Bombach, Gottfried / Gahlen, Bernhard / Ott, Alfred E. (Hrsg.): Technologischer Fortschritt – Analyse und Fakten. Tübingen: Mohr.
- Rothwell, Roy / Zegveld, Walter* (1981): Industrial Innovation and Public Policy: Preparing for the 1980s and the 1990s. London: Pinter.
- Rüttgers, Jürgen* (1995): Die Stärkung der Wettbewerbsposition Europas durch Wissenschaft und Technologie, in: technologie & management, 44. Jg., Heft 3, S. 109–112.
- (1996): Innovation durch mehr Flexibilität und Wettbewerb. „Leitlinien zur strategischen Orientierung der deutschen Forschungslandschaft. Bonn: BMBF 11.7.1996.
- Rutkowski, Renate* (1994): Von der Altsteinzeit bis zum Ende des Zweiten Weltkrieges, in: Mayer, Hans Jürgen / Pohl, Manfred (Hrsg.): Länderbericht Japan. Geographie – Geschichte – Politik – Wirtschaft – Gesellschaft – Kultur. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung, S. 54–66.
- Sachverständigenrat zur Begutachten der wirtschaftlichen Entwicklung (1997): Wachstum. Beschäftigung, Währungsunion. Orientierung für die Zukunft. Jahresgutachten 1997/98. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- Sälzer, Bernhard* (1986): Europas Mehr-Wert. Chance für die Zukunft: Gemeinsame Technologiepolitik. Bonn: Europa Union.
- Sansom / Karel J. / Gurdon, Michael A.* (1993): University Scientists as Entrepreneurs: A Special Case of Technology Transfer and High-tech Venturing, in: Technovation, vol. 13, no. 2, pp. 63–71.
- Santifaller, Michael* (1990): TCP-IP und NFS in Theorie und Praxis: UNIX in lokalen Netzen. Bonn: Addison-Wesley.
- Sättler, Martin / Röder, Rainer / Pfister, Dieter* (1987): Effizienz des Technologietransfers: Eine Zwischenbilanz, in: Späth, Lothar et al. (Hrsg.): Technologietransfer in Konzeption und Praxis. Erfahrungen im Ländervergleich und Vorschläge zur Effizienzsteigerung. Stuttgart: Poller, S. 32–146.

- Sauga*, Michael (1996): Hilflöse Versuche, in: *Wirtschaftswoche*, 50. Jg., Heft 18, S. 28–34.
- Scheid*, Rudolf (1991): Der Technologie-Sachverständigenrat, in: *technologie & management*, 40. Jg., Heft 1, S. 11–15.
- Schell*, Thomas / *Mohr*, Hans (Hrsg.) (1995): *Biotechnologie – Gentechnik. Eine Chance für neue Industrien*. Berlin / Heidelberg: Springer.
- Scherer*, Frederick M. (1980): *Industrial Market Structure*, 2nd ed. Chicago: Rand McNally
- (1986): *Innovation and Growth: Schumpeterian Perspectives*. Cambridge (Mass.): MIT Press.
- Scherer*, Frederic M. / *Ross*, David (1990): *Industrial Market Structure and Economic Performance*, 3rd ed. Boston: Houghton Mifflin.
- Schewe*, Gerhard (1992): *Imitationsmanagement. Nachahmung als Option des Technologiemanagements*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Schlumberger*, H. D. / *Brauer*, Dieter (1995): Die Bedeutung rechtlicher Rahmenbedingungen für die Anwendung der Gentechnik in der Bundesrepublik Deutschland, in: *Schell*, Thomas / *Mohr*, Hans (Hrsg.): *Biotechnologie – Gentechnik. Eine Chance für neue Industrien*. Berlin / Heidelberg: Springer, S. 389–421.
- Schmidt*, Frank (1996): Kostengünstiges Konstruieren senkt die Gemeinkosten, in: *technologie & management*, 45. Jg., Heft 2, S. 67–75.
- Schmidt*, Ingo / *Elßer*, Stefan (1990): Innovationsoptimale Unternehmensgrößen und Marktstrukturen. Die Neo-Schumpeterhypothesen, in: *WiSt – Wirtschaftsstudium*, 19. Jg., Heft 11, S. 556–562.
- Schmietow*, Erwin (1985): Die technologische Wettbewerbsfähigkeit im Wettbewerb der Fachgutachten, in: *Der Technologie-Manager (technologie & management)*, 34. Jg., Heft 1, S. 8–13.
- (1988): *Die technologische Wettbewerbsfähigkeit der Bundesrepublik*. Bad Homburg: DIE.
- Schmietow*, Erwin A. / *Schneider*, Michael (1987): Die mangelnde Wachstumsorientierung der bundesdeutschen Industrie, in: *technologie & management*, 36. Jg., Heft 1, S. 10–23.
- Schmoch*, Ulrich / *Grupp*, Hariolf / *Mannsbart*, Wilhelm / *Schwitalla*, Beatrix (1988): *Technikprognosen mit Patentindikatoren. Zur Einschätzung zukünftiger industrieller Entwicklungen bei Industrierobotern, Lasern, Solargeneratoren und immobilisierten Enzymen*. Köln: TÜV Rheinland.
- Schmookler*, Jacob (1976): *Invention and Economic Growth*, 2nd ed. Cambridge (Mass.): Harvard University Press.
- Scholz*, Rainer / *Müffelman*, Jens (1995): Reengineering als strategische Aufgabe, in: *technologie & management*, 44. Jg., Heft 2, S. 77–84.
- Schulte*, Reinhard / *Klandt*, Heinz (1996): *Aus- und Weiterbildungsangebote für Unternehmensgründer und selbständige Unternehmer an deutschen Hochschulen*. Bonn: BMBF (Hrsg.).

- Schulte-Hillen, Gerd* (1993): Bewertung des Verfahrens der FuE-Förderung der EG-Kommission im Bereich der Kommission im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik. Köln: Scientific Consulting.
- Schulze, Klaus-Peter* (1986): Die europäische Dimension der Forschungsförderung – ein Überblick, in: *Der Technologie-Manager (technologie & management)*, 35. Jg., S. 14–19.
- Schumacher, Dieter / Straßberger, Florian / Trabold, Harald* (1996): FuE-Aktivitäten, Humankapital, Außenhandel und Wirtschaftsstrukturen: Beitrag zur Berichterstattung zur technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Berlin: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung 1997.
- Schumpeter, Joseph A.* (1961): Konjunkturzyklen. Eine theoretische, historische und statistische Analyse des kapitalistischen Prozesses. Band I und II. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- (1964): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Eine Untersuchung über Unternehmergewinn, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus, 6. Auflage. Berlin: Duncker & Humblot.
- (1993): Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie, 7. Auflage. Tübingen / Basel: Francke.
- Schware, Robert* (1989): The World Software Industry and Software Engineering. Opportunities and Constraints for Newly Industrialized Economies. World Bank Technical Papers Number 104. Washington, DC: The World Bank.
- Schween, Karsten* (1996): Corporate Venture Capital. Risikokapitalfinanzierung deutscher Industrieunternehmen. Wiesbaden: Gabler.
- Schwittalla, Beatrix* (1993): Die Messung und Erklärung industrieller Innovationsaktivitäten mit einer empirischen Analyse für die westdeutsche Industrie. Heidelberg: Physica.
- Seidenfus, Hellmuth Stefan* (1972): Sektorale Wirtschaftspolitik, in: Ehrlicher, Werner (Hrsg.): Kompendium der Volkswirtschaftslehre, Band 2, 3. Auflage. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, S. 206–271.
- Seifert, Wolfgang* (1989): Wirtschaftsorganisation und politische Macht: Formen, Institutionen, Gewichte, in: Menzel, Ulrich (Hrsg.): Im Schatten des Siegers: Japan, Band 3. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, S. 134–170.
- Seitz, Konrad* (1992): Die japanisch-amerikanische Herausforderung. Deutschlands Hochtechnologie-Industrien kämpfen ums Überleben, 5. Auflage. Stuttgart: Bonn aktuell.
- (1997): Die Informationsgesellschaft entsteht nicht aus dem Markt allein, in: von Pierer, Heinrich / von Oetinger, Bolko (Hrsg.): Wie kommt das Neue in die Welt? München: Hanser, S. 43–50.
- Servan-Schreiber, Jean Jacques* (1968): Die amerikanische Herausforderung. Hamburg: Hoffmann & Campe.
- Servatius, Gerd* (1985): Methodik des strategischen Technologie-Managements. Grundlage für erfolgreiche Innovationen. Berlin: Schmidt.

- Siebert, Horst* (1988): Strategische Handelspolitik, Theoretische Ansätze und wirtschaftspolitische Empfehlungen, in: Außenwirtschaft, 43. Jg., Heft 4, S. 549–584.
- (1994): Außenwirtschaft, 6. Auflage. Stuttgart: Fischer.
- Siebert, Horst / Rauscher, Michael* (1991): Neuere Entwicklungen der Außenhandels-theorie, in: Wirtschaftliches Studium, 20. Jg., Heft 10, S. 503–509.
- Simon, Herbert A.* (1955): A Behavioral Model of Rational Choice, in: Quarterly Journal of Economics, vol. 69, pp. 99–118.
- Simon, Hermann* (1996): Die heimlichen Gewinner (Hidden Champions). Die Erfolgsstrategien unbekannter Weltmarktführer, 4. Auflage. Frankfurt a. M.: Campus.
- Simons, Jürgen* (1997): Industriepolitik. Theorie, Praxis, politische Kommunikation. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Slutzky, E.* (1937): The Summation of Random Causes as the Source of Cyclical Processes, in Econometrica, Band 5, no. 2, 4/1937, pp. 105–146.
- SMEA – Small and Medium Enterprises Agency / MITI – Ministry of International Trade and Industry (eds.) (1995): Small Business in Japan. 1995 – White Paper on Small and Medium Enterprises in Japan. Tokyo: MITI.
- Smit, Wim A. / Grin, John / Voronkov, Lev* (eds.) (1992): Military Technological Innovation and Stability in a Changing World. Politically Assessing and Influencing Weapon Innovation and Military Research and Development. Amsterdam: VU University Press.
- Smith, Adam* (1986): The Wealth of Nations. Book I–III. London: Penguin Classics.
- Smith, Bruce L. R.* (1990): American Science Policy since World War II. Washington, DC: The Brookings Institution.
- Solow, Robert M.* (1957): Technical Change and the Aggregate Production Function, in: Review of Economics and Statistics, vol. 39, pp. 312–320.
- Sonnenborn, Hans-Peter* (1993): Japan: Erfahrungsbericht über Mythen, Realitäten und Kooperationen, in: technologie & management, 42. Jg., Heft 4, S. 163–169.
- Spence, Michael* (1984): Cost Reduction, Competition, and Industry Performance, in: Econometrica, vol. 52, no. 1, pp. 101–121.
- STA – Science and Technology Agency / Japanese Government (eds.) (1996a): White Paper on Science and Technology 1995. Fifty Years of Science and Technology in Japan. Tokyo: Japan Science and Technology Corporation, Information Center for Science and Technology.
- (1996b): White Paper on Science and Technology 1996. Striving to Become a Front-runner in Research Activity. Tokyo: Japan Science and Technology Corporation, Information Center for Science and Technology.
- (1998): White Paper on Science and Technology 1997. Striving for an Open Research Community. Tokyo: Japan Science and Technology Corporation, Information Center for Science and Technology.

- Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (1993): Aufbruch aus der Krise: Bericht der Zukunftskommission Wirtschaft 2000. Stuttgart: Staatsministerium Baden-Württemberg.
- Stackelberg, Klaus von (1991): Internationale Wettbewerbsfähigkeit bei zunehmendem intraindustriellen Handelsbeziehungen mit Schwellenländern. Analyse des Handels der Bundesrepublik Deutschland, Niedersachsens und Japan mit den Schwellenländern Ost-Südost-Asiens. Berlin: Duncker & Humblot.
- Stamm, Lothar (1945): Zwischen Staat und Selbstverwaltung: Die deutsche Forschung im Wiederaufbau: 1945–1968. Köln: Wissenschaft und Politik 1981.
- Starbatty, Joachim / Vetterlein, Uwe (1990): Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Gemeinschaft. Entstehung, Praxis und ordnungspolitische Konformität: Baden-Baden: Nomos.
- (1994): Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Union. Diskussionsbeitrag Nr. 39. Tübingen: Wirtschaftswissenschaftliches Seminar.
- Staud, Josef L. (1993): Fachinformation Online – Ein Überblick über Online-Datenbanken unter besonderer Berücksichtigung von Wirtschaftsinformationen. Berlin / Heidelberg: Springer.
- Staudt, Erich (1990): Die betriebswirtschaftliche Bedeutung von Innovation, in: Schuster, Hermann (Hrsg.): Handbuch des Wissenschaftstransfers. Berlin et al.: Springer, S. 197–213.
- Stegmüller, Wolfgang (1987): Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie. Band III. Eine kritische Einführung. 8. Auflage. Stuttgart: Kröner.
- Steinkühler, Rolf-Hendrik (1994): Technologiezentren und Erfolg von Unternehmensgründungen. Wiesbaden: DUV.
- Sternberg, Rolf (1994): Technologiepolitik und High-Tech-Regionen – ein internationaler Vergleich. Münster / Hamburg: Lit.
- Sternberg, Rolf / Behrendt, Heiko / Seeger, Heike / Tomásky, Christine (1996): Bilanz eines Booms. Wirkungsanalyse von Technologie- und Gründerzentren in Deutschland. Ergebnisse aus 108 Zentren und 1021 Unternehmen. Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur.
- Stolpe, Michael (1992): Ansätze der neuen Wachstumstheorie – ein Literaturüberblick. Kieler Arbeitspapiere Nr. 508. Kiel: Institut für Weltwirtschaft.
- Straßberger, Florian (1995): Technischer Wandel und wirtschaftliches Wachstum: Einige jüngere Entwicklungen, empirische Ergebnisse und wirtschaftspolitische Konsequenzen, in: Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung, 64. Jg., Heft 2, S. 200–220.
- Strategiekreis für Forschung und Technologie (1994): Bericht. Bonn: BMFT 5. Juli.
- Streck, Wolf Rüdiger (1994): Deutsche Biotechnologieforschung mit Nachholbedarf, in: ifo-Schnelldienst, 47. Jg., Heft 18, S. 10–17.
- Streit, Manfred E. (1984): Innovationspolitik zwischen Unwissenheit und Anmaßung von Wissen, in: Hamburger Jahrbuch für Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik, Band 29, S. 34–54.

- (1987): Industriepolitik – eine ordnungspolitische Herausforderung, in: Fels, Gerhard / Vogel, Otto (Hrsg.): Brauchen wir eine neue Industriepolitik? Köln: Deutscher Instituts-Verlag, S. 131–150.
- Stremmel*, Jörg (1988): Die Forschungs- und Technologiepolitik der Europäischen Gemeinschaft. Aachen: Alano.
- Striening*, Hans-Dieter (1988): Prozessmanagement – Ein Weg zur Hebung der Produktivitätsreserven im indirekten Bereich, in: *technologie & management*, 37. Jg., Heft 3, S. 16–26.
- Stuart*, George F. / *Kuntze*, Uwe (eds.) (1982): National Innovation Policies: The Challenges in Looking Ahead – Six Countries Programme on Aspects of Government Policies Towards Technological Innovation in Industry. Karlsruhe: ISI.
- Stucke*, Andreas (1993): Institutionalisierung der Forschungspolitik. Entstehung, Entwicklung und Steuerungsproblem des Bundesforschungsministeriums. Frankfurt a. M. / New York: Campus.
- Sturm*, Norbert (1993): Japan kapieren, nicht kopieren, in: *Süddeutsche Zeitung*, 49. Jg., 24.4.1993, Nr. 94, S. 29.
- Sturm*, Roland (Hrsg.) (1996): Europäische Forschungs- und Technologiepolitik und die Anforderungen des Subsidiaritätsprinzips. Baden-Baden: Nomos.
- SV – Gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik mbH (Hrsg.) (1996): Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 1993 – mit ersten Daten bis 1995. Essen: SV – Gemeinnützige Gesellschaft für Wirtschaftsstatistik GmbH.
- Tadao*, Kionari (1992): Bemerkungen zur 18. Empfehlung des Rates für Forschung und Technologie beim Amt des Ministerpräsidenten, in: Philipp-Franz-von-Siebold-Stiftung / Deutsches Institut für Japanstudien (Hrsg.): *Miscellanea – Trends der japanischen Forschungs- und Technologiepolitik. Die 18. Empfehlung des Rates für Forschung und Technologie und ihr Echo in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft Japans*. Bonn / Tokyo: Deutsches Institut für Japanstudien, S. 45–50.
- Täger*, Uwe Christian / *Uhlmann*, Luitpold (1984): Der Technologietransfer in der Bundesrepublik Deutschland. Grundstrategien auf dem Technologiemarkt. Berlin / München: Duncker & Humblot.
- Täger*, Uwe Christian (1986): Europäisches Patentamt: Struktur und Motive der Anmelder, in: *ifo-Schnelldienst*, 39. Jg., Heft 18, S. 24–27.
- Takeo*, Naruse (1992): Umfassende und grundlegende Forschungs- und Technologiepolitik auf dem Weg ins kommende Jahrhundert – Einige Grundgedanken und Meinungen zur 18. Empfehlung des Rates für Forschung und Technologie, in: Philipp-Franz-von-Siebold-Stiftung / Deutsches Institut für Japanstudien (Hrsg.): *Miscellanea – Trends der japanischen Forschungs- und Technologiepolitik. Die 18. Empfehlung des Rates für Forschung und Technologie und ihr Echo in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft Japans*. Bonn / Tokyo: Deutsches Institut für Japanstudien, S. 61–66.
- Tanaka*, Yoichi / *Hirasawa*, Ryo (1996): Features of Policy-making processes in Japan's Council for Science and Technology Policy, in: *Research Policy*, vol. 25, no. 7, pp. 999–1011.

- Teichmann, Ulrich* (1993a): Wirtschaftspolitik, in: Dichtl, Erwin / Issing, Otmar (Hrsg.): Vahlens großes Wirtschaftslexikon, Band 2, 2. Auflage. München: Beck, Vahlen, S. 2379–2380.
- (1993b): Wirtschaftspolitik: Eine Einführung in die demokratische und die instrumentelle Wirtschaftspolitik, 4. Auflage. München: Vahlen.
- Thurow, Lester C.* (1993): Kopf an Kopf: Wer siegt im Wirtschaftskrieg zwischen Europa, Japan und den USA? Düsseldorf et al.: Econ.
- (1996): The Future of Capitalism. How Today's Economic Forces Shape Tomorrow's World. New York: Morrow and Company.
- Töpfer, Armin* (1990): Forschungsk Kooperation mit kleinen und mittleren Unternehmen, in: Schuster, Hermann (Hrsg.): Handbuch des Wissenschaftstransfers. Berlin et al.: Springer, S. 251–261.
- Tuchfeldt, Egon* (1983): Wirtschaftspolitik, in: Gablers Wirtschafts-Lexikon, Band 2, L-Z, 11. Auflage. Wiesbaden: Gabler, Sp. 2302–2305.
- Tulder, Rob van / Junne, Gerd* (1988): European Multinationals in Core Technologies. Chichester / New York et al.: John Wiley & Sons.
- Tyson, Laura* (1992): Who's Bashing Whom? Trade Conflict Trade Conflict in High Technology Industries. Washington: Institute for International Economics.
- Uhlmann, Luitpold* (1978): Der Innovationsprozess in westeuropäischen Industrieländern. Band 2: Der Ablauf industrieller Innovationsprozesse. Berlin / München: Dunker & Humblot.
- Ullrich, Hanns* (1982): Staatliche Forschungsförderung und Patentschutz in Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden und Schweden. Weinheim / Deerfield Beach / Basel: Chemie.
- VDE – Verband Deutscher Elektrotechniker* (1996): VDE-Studie '96. Technikakzeptanz in Deutschland. Frankfurt a. M.: VDE.
- Vernon, Raymond* (1966): International Investment and International Trade in Product Cycle, in: The Quarterly Journal of Economics, vol. 80, no. 2, pp. 190–207.
- Vogel, Christoph* (1994): Mikroelektronik. Eine Zukunftstechnologie im Fokus, in: technologie & management, 43. Jg., Heft 3, S. 129–137.
- (1995a): Vom Bier zum Humaninsulin. Technologische Grundlagen und ökonomische Bedeutung der neuen Biotechnologie, in: technologie & management, 44. Jg., Heft 3, S. 135–138.
- (1995b): Mikrosystemtechnik: Miniaturisierung nicht nur in der Elektronik, in: technologie & management, 44. Jg., Heft 2, S. 89–93.
- (1996): Studien zur Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands, in: technologie & management, 45. Jg., Heft 4, S. 189–193.
- (1997): Vorsicht bei Ländervergleichen. Standortwettbewerb: Wie Ökonomen Volkswirtschaften vergleichen, in: VDI-Nachrichten, 51. Jg., 5.9. 1997, Nr. 36, S. 10.

- Voigt, Fritz / Melcher, Jürgen* (1980): Industrialisierung und Industriepolitik, in: Glastetter, Werner (Hrsg.): Handwörterbuch der Volkswirtschaft, 2. Auflage. Wiesbaden: Gabler, S. 518–529.
- Wagner, Joachim* (1991): Die bundesrepublikanische Industrie auf dem Weltmarkt: Ökonometrische Untersuchung zu Bestimmungsgründen von Außenhandel und internationaler Produktion. Berlin: Duncker & Humblot.
- Walter, Helmut* (1969): Der technische Fortschritt in der neueren ökonomischen Theorie. Versuch einer Systematik. Berlin: Duncker & Humblot.
- (1979a): Die Ursachenanalyse des technischen Fortschritts, in: WiSt – Wirtschaftsstudium, 8. Jg., Heft 9, S. 421–426.
 - (1979b): Die Wirkungsanalyse des technischen Fortschritts, in: WiSt – Wirtschaftsstudium, 8. Jg., Heft 8, S. 371–377.
 - (1985): Sektorale Strukturpolitik als Gestaltungspolitik, in: ifo-studien, 31. Jg., S. 69–80.
- Wattenberg, Ulrich* (1992): Staat und Industrieforschung, in: Pohl, Manfred (Hrsg.): Japan 1991/92. Politik und Wirtschaft. Hamburg: Institut für Asienkunde, S. 287–303.
- (1994): Forschung und Entwicklung, in: Mayer, Hans Jürgen / Pohl, Manfred (Hrsg.): Länderbericht Japan. Geographie – Geschichte – Politik – Wirtschaft – Gesellschaft – Kultur. Bonn: Bundeszentrale für politische Bildung, S. 284–291.
- Weber, Wolfhard* (1990): Verkürzen von Zeit und Raum. Techniken ohne Balance zwischen 1840 und 1880, in: König, Wolfgang / Weber, Wolfhard (Hrsg.): Technikgeschichte. Netzwerke, Stahl und Strom. Berlin: Propyläen, Ullstein, S. 9–261.
- Wegner, Jochen* (1995): Dem Internet fehlen die deutlichen Wegweiser, in: VDI-Nachrichten, 49. Jg., 9.6.1995, Heft 23, S. 6.
- Weiler, Tobias* (1995): Das europäische Parlament und die Forschungs- und Technologiepolitik der EU. Baden-Baden: Nomos.
- Weizsäcker, Ernst Ulrich von / Lovins, Amory B. / Lovins, L. Hunter* (1995): Faktor vier. Doppelter Wohlstand – halbiertes Verbrauch. Der neue Bericht an den Club of Rome. München: Knaur.
- Werner, Josua / Mauch, Gerhard* (1989): Friedrich List und die Lehre von den produktiven Kräften, in: Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik, Band 206. Stuttgart: Fischer, S. 533–545.
- Wescott, R. F.* (1984): U.S. Industrial Approaches: A Review, in: Economic Impact, no. 45, pp. 8–13.
- Weule, Hartmut* (1995): Forschungspolitik in Deutschland. Diskussion mit Hartmut Weule. Frankfurt a. M.: Alfred Herrhausen Gesellschaft für internationalen Dialog.
- Wicke, Lutz* (1993): Umweltökonomie, 4. Auflage. München. Vahlen.
- Wiedeking, Wendelin* (1995): Das Lamento über den Standort Deutschland bringt uns keinen Millimeter weiter, in: Welt am Sonntag, 12.12.1995, Nr. 37, S. 38.

- Wissenschaftsrat (1994): Empfehlungen zu einer Prospektion für die Forschung. 08.07.1994, Drs. 1645/94. Berlin: Wissenschaftsrat.
- Wissenschaftsstatistik GmbH (Hrsg.) (1997): Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 1995 bis 1997. Bericht über die FuE-Erhebung 1995 und 1996. Essen: Wissenschaftsstatistik GmbH.
- Witt, Ulrich (1987): Individualistische Grundlagen der evolutischen Ökonomik. Tübingen: Mohr.
- Witte, Eberhard (1973): Organisation von Innovationsentscheidungen. Das Promotoren-Modell. Göttingen: Otto Schwartz & Co.
- Woll, Artur (1993): Allgemeine Volkswirtschaftslehre. 11. Auflage. München: Vahlen.
- World Economic Forum (1997): The Global Competitiveness Report 1997. Geneva: World Economic Forum.
- Yoshizaki, Hirotaka (ed.) (1994): Acorn: Japan: A Perspective on Industrial Policy. Tokyo: Acorn.
- Zitelmann, Rainer (1997): Gentechnologie weckt Ängste, in: Die Welt, 15./16.3.1997, S. 2.
- Zürn, Peter (1987): Japan zwischen Yen und Zen. Landsberg/Lech: Moderne Industrie.
- ZVEI / VDMA (1994): Technologien im 21. Jahrhundert. Nationale Initiative Software-Technologie. Frankfurt a. M.: ZVEI und VDMA.
- Zysman, John / Tyson, Laura (eds.) (1983): American Industry in International Competition. Government Policies and Corporate Strategies. Ithaca / London: Cornell University Press.