

Zur technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltschutzwirtschaft im internationalen Vergleich

Harald Legler (Koordination) und Olaf Krawczyk unter Mitarbeit von Mark Leidmann
(Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung)

Christian Rammer und Heide Löhlein (Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung)

Rainer Frietsch (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung)

Studien zum deutschen Innovationssystem

Nr. 20-2007

Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung e. V
Königstraße 53, 30175 Hannover
www.niw.de

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung,
L 7.1, 68161 Mannheim,
www.zew.de

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe
www.isi.fraunhofer.de

November 2006

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

Studien zum deutschen Innovationssystem

Nr. 20-2007

ISSN 1613-4338

Herausgeber:

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

www.technologische-leistungsfahigkeit.de

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

Kontakt und weitere Informationen:

Dr. Harald Legler, Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung e. V., Königstraße 53,
30175 Hannover, Tel. +49-511-123316-40 Fax +49-511-123316-55, Email legler@niw.de

Dr. Christian Rammer, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, L 7.1, 68161 Mannheim,
Tel. +49-621-1235-184, Fax +49-621-1235-170, Email rammer@zew.de

Dipl.-Soz. Rainer Frietsch, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Breslauer Straße 48,
76139 Karlsruhe, Tel. +49-721-6809-197, Fax +49-721-6809-152, Email rf@isi.fraunhofer.de.

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
TABELLENVERZEICHNIS	7
ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS IM ANHANG	8
EINFÜHRUNG UND ÜBERSICHT	9
Berichtssystem zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Innovationsindikatoren	9
Berichtssystem zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - „Sektorale Innovationssysteme“ ...	9
Zur Bedeutung von Umweltschutzinnovationen - Hintergrund der Analyse.....	10
Eingrenzung des Untersuchungsansatzes	12
Angebotsorientierte Betrachtung - konstituierende Merkmale der Umweltschutzwirtschaft.....	12
Der Gang der Untersuchung	14
1 ABGRENZUNG UND STRUKTUR DER DEUTSCHEN UMWELTSCHUTZWIRTSCHAFT	17
1.1 ABGRENZUNG DER UMWELTSCHUTZWIRTSCHAFT.....	17
1.1.1 PRODUKTIONSWIRTSCHAFTLICHER ANSATZ „UMWELTSCHUTZ- UND KLIMASCHUTZWIRTSCHAFT“	18
Umweltschutzwirtschaft im engeren Sinne	19
Bereich Energie/Umwelt (Klimaschutzwirtschaft)	21
1.1.2 AUSEINANDERSETZUNG MIT ANDEREN ANSÄTZEN	23
1.2 PRODUKTIONSVOLUMEN UND PRODUKTIONSSTRUKTUR	26
Produktion und Nachfrage	26
Produktionsstruktur	28
2 FÖRDERUNG DER UMWELTFORSCHUNG UND UMWELTSCHUTZAUSGABEN IM INTERNATIONALEN VERGLEICH	31
2.1 ZUM WECHSELSPIEL VON UMWELTPOLITISCHER REGULIERUNG UND INNOVATIONSPOLITIK	31
2.2 ÖFFENTLICHE FÖRDERUNG VON UMWELTSCHUTZFORSCHUNG UND -WISSENSCHAFT.....	33
2.2.1 STAATLICHE AUSGABEN FÜR UMWELTFORSCHUNG	34
2.2.2 UMWELTFORSCHUNG IN DEUTSCHLAND	39
Struktur nach Umweltbereichen	40
Struktur nach forschenden Einrichtungen	44
Struktur nach Förderinstitutionen.....	47
2.3 UMWELTSCHUTZAUSGABEN.....	49
3 UMWELTWISSENSCHAFT UND -TECHNOLOGIEANGEBOT: DEUTSCHLANDS STAND IM INTERNATIONALEN TECHNOLOGIEWETTBEWERB	53
3.1 PATENTANMELDUNGEN: DIE MARKTORIENTIERUNG VON TECHNOLOGISCHEN ERFINDUNGEN.....	53
3.1.1 ABGRENZUNG UND DATENLAGE	53
Abgrenzung von Umweltschutzpatenten	53
Datenlage.....	55
3.1.2 PATENTE FÜR UMWELTSCHUTZ IM INTERNATIONALEN VERGLEICH.....	57
Globalentwicklung	57
Die Entwicklung nach Teilbereichen	58
Länderprofile	59
Anmeldungen am DPMA bzw. mit Gültigkeit in Deutschland	62
Zur internationalen Ausrichtung deutscher Umweltschutztechnologieanbieter	63
3.1.3 FAZIT	64
3.2 PUBLIKATIONEN ALS GRADMESSE DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT IN DER UMWELTWISSENSCHAFT	65
3.2.1 DATENLAGE UND ABGRENZUNG	65
3.2.2 ERGEBNISSE	66
3.2.3 ZUSAMMENFASSUNG.....	69

4 INNOVATIONSAKTIVITÄTEN IN DER DEUTSCHEN UMWELTSCHUTZWIRTSCHAFT	71
4.1 INNOVATIONSAKTIVITÄTEN UND UMWELTSCHUTZ IN UNTERNEHMEN: METHODISCHE VORBEMERKUNGEN	72
4.2 INNOVATIONSAKTIVITÄTEN VON UMWELTSCHUTZGÜTER-ANBIETERN	77
(Innovations-)Kennzahlen für Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft	78
Trends bei Innovationsindikatoren von Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft	80
Besonderheiten im Innovationsverhalten von Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft	82
4.3 UMWELTREGULIERUNG ALS IMPULSGEBER FÜR UMWELTSCHUTZINNOVATIONEN.....	84
Verbreitung von umweltregulierungsgetriebenen Innovationen.....	87
Beitrag von umweltregulierungsgetriebenen Innovationen zum Innovationserfolg	89
Umweltregulierung als Exporttreiber?	91
Umweltregulierung und Umsatzrentabilität.....	93
4.4 UMWELTSCHUTZBEZOGENE INNOVATIONSAKTIVITÄTEN VON ANBIETERN UND NACHFRAGERN IM UMWELTSCHUTZMARKT	94
Verbreitung von umweltschutzbezogenen Innovationen in Deutschland.....	94
Zur Verbreitung von umweltschutzbezogenen Innovationen im internationalen Vergleich	99
Innovationsverhalten von umweltschutzbezogenen Innovatoren	102
5 DEUTSCHLANDS UMWELTSCHUTZWIRTSCHAFT IM INTERNATIONALEN WETTBEWERB.....	107
5.1 MESSKONZEPTE (INTERNATIONALER VERGLEICH)	107
5.2 AUßENHANDELSPOSITION BEI POTENZIELLEN UMWELTSCHUTZGÜTERN	109
Welthandelsanteile	109
Exportspezialisierung	111
Komparative Vorteile	115
Wettbewerber im Überblick	116
5.3 SPEZIALFALL ENERGIE/UMWELT	118
6 ZUSAMMENFASSUNG.....	123
Umweltschutz, Innovationen und Wachstum: Wie gemacht für Deutschland?	123
Regulierungen: Impulse für Innovationen - wenig Auswirkungen auf Innovationserfolg.....	123
Eingeschränkte Analysemöglichkeiten der „Umweltschutzwirtschaft“	125
Umweltschutzwirtschaft: Günstige Struktur und hohe Innovationsneigung.....	126
Schwache Nachfrageentwicklung im Inland - Klimaschutz einzige expansive Kraft	128
Starke Präsenz der Industrie auf den internationalen Märkten	129
Umweltforschung: Nachlassende Priorität in Deutschland	130
Deutschlands Position in Wissenschaft, Forschung und Technik nicht mehr unumstritten	130
Innovationspolitische Herausforderungen	132
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	135
LITERATURVERZEICHNIS	137
ANHANG 1: MESSZIFFERN ZUR BEURTEILUNG DER POSITION AUF INTERNATIONALEN MÄRKTEN	143
Welthandelsanteile	143
Außenhandelsspezialisierung (dimensionslos)	144
Außenhandelsspezialisierung (additiv und gewichtet)	145
ANHANG 2: MESSZIFFERN ZUR BEURTEILUNG DER SPEZIALISIERUNG BEI PATENTEN UND PUBLIKATIONEN.....	147
ANHANG 3: TABELLEN UND ABBILDUNGEN	149

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.2.1:	Entwicklung der staatlichen Umwelt-FuE-Ausgaben in ausgewählten Ländern 1981-2005	35
Abb. 2.2.2:	Anteil der staatlichen Umwelt-FuE-Ausgaben am BIP in ausgewählten Ländern 1981-2005.....	38
Abb. 2.2.3:	Anteil ausgewählter Länder an den zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in der OECD 2004 – Umwelt und insgesamt	39
Abb. 2.2.4:	In der UFORDAT-Datenbank erfasste Forschungsvorhaben von 1991-2005	40
Abb. 2.2.5:	Schwerpunkte in der Umweltforschung – Anteil der Umweltbereiche an den Forschungs- vorhaben 1991-2005.....	41
Abb. 2.2.6:	Jahresdurchschnittliche Veränderung von Forschungsvorhaben, Projektvolumen und Förder- volumen in den Umweltbereichen und bei Forschungsvorhaben insgesamt 1991-2005.....	42
Abb. 2.2.7:	Durchschnittliches Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen 1991-1996 und 1997-2005	43
Abb. 2.2.8:	Förderquoten nach Umweltbereichen.....	44
Abb. 2.2.9:	Anteil der Förderinstitutionen am Fördervolumen nach Umweltbereichen 1991 bis 1996 und 1997 bis 2004	48
Abb. 2.3.1:	Umweltschutzausgaben in Deutschland 1994 bis 2002 in % des BIP	52
Abb. 3.1.1:	Entwicklung der Patentanmeldungen am EPA insgesamt, der Umwelttechnik sowie deren Anteile an den Gesamtanmeldungen	57
Abb. 3.1.2:	Spezialisierung ausgewählter Volkswirtschaften auf Patentanmeldungen am EPA im Bereich der Umwelttechnologien 1985-2004	60
Abb. 3.1.3:	Patentspezialisierung Deutschlands in Teilbereichen der Umwelttechnologien 1985-2004.....	61
Abb. 3.1.4:	Anzahl der Anmeldungen in den Teilbereichen der Umwelttechnologien mit Gültigkeit in Deutschland, 1970-2002 (gleitender 3-Jahres-Durchschnitt)	63
Abb. 3.1.5:	Relation zwischen Anmeldungen am DPMA und am EPA 1985-2002.....	64
Abb. 3.2.1a:	Wachstumsindex in Prozent (91-93 = 100%) für Teilbereiche der Umweltwissenschaften, 1991-2005	67
Abb. 3.2.1b:	Wachstumsindex in Prozent (91-93 = 100%) für Teilbereiche der Umweltwissenschaften in Deutschland, 1991-2005.....	67
Abb. 3.2.2:	Spezialisierung deutscher Wissenschaftler auf Teilfelder der Umweltwissenschaften im SCI 1991-2004	69
Abb. 4.1.1:	Arten von Umweltinnovationen und Innovationsaktivitäten von Unternehmen der Umwelt- schutzwirtschaft.....	75
Abb. 4.3.1:	Frage zu Gesetze/Regulierungen als Innovationsquelle	87
Abb. 4.3.2:	Anteil von Unternehmen mit umweltregulierungsgetriebenen Innovationen in Deutschland 2000-2002 (in %)	88
Abb. 4.4.1:	Verbreitung von umweltschutzbezogenen Innovatoren nach Branchengruppen in Deutschland 2002-2004.....	95
Abb. 4.4.2:	Anteil von Unternehmen mit Innovationen, die positive Auswirkungen auf die Umwelt hatten, nach Branchengruppen in Deutschland 2002-2004 (in %)	97
Abb. 4.4.3:	Verteilung von umweltschutzbezogenen Innovatoren nach Art der Umweltinnovation in Deutschland 2002-2004 (Schätzung, in %)	98
Abb. 4.4.4:	Anteil von Unternehmen mit umweltschutzbezogenen Innovationen 1998-2000 im interna- tionalen Vergleich (in %)	100
Abb. 4.4.5:	Anteil von Unternehmen mit umweltschutzbezogenen Innovationen 1998-2000 differenziert nach Größenklassen im internationalen Vergleich (in %)	101
Abb. 5.2.1:	Welthandelsanteile1 der größten Anbieter von potenziellen Umweltschutzgütern 1993 bis 2004	110
Abb. 5.2.2:	Spezialisierung ausgewählter OECD-Länder bei potenziellen Umweltschutzgütern 1993 bis 2004 (in %)	112

Abb. 5.2.3:	Spezialisierung Deutschlands bei potenziellen Umweltschutzgütern 1993 bis 2004.....	113
Abb. 5.2.4:	Spezialisierung ausgewählter OECD-Länder bei forschungsintensiven Waren und potenziellen Umweltschutzgütern 2004.....	117
Abb. 5.3.1:	Welthandelsanteile1 der größten Anbieter von potenziellen Klimaschutzgütern 1993 bis 2004	119
Abb. 5.3.2:	Spezialisierung ausgewählter OECD-Länder bei potenziellen Klimaschutzgütern 1993 bis 2004 (in %)	119
Abb. 5.3.3:	Spezialisierung Deutschlands bei potenziellen Klimaschutzgütern 1993 bis 2004 (in %o).....	120

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.2.1:	Produktion von potenziellen Umweltschutzgütern in Deutschland nach Umweltarten und Wirtschaftszweigen 2002 bis 2005	27
Tab. 2.2.1:	Umweltforschung in den zivilen staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 1981-2005.....	35
Tab. 2.2.2:	Umweltforschung 1991-2005 nach durchführenden Forschungseinrichtungen.....	45
Tab. 2.2.3:	Struktur der Forschungsvorhaben nach Umweltbereichen und Art der forschenden Institution....	46
Tab. 2.2.4:	Förderung von Umweltforschungsvorhaben 1991-2005 nach Förderinstitutionen.....	47
Tab. 2.3.1:	Ausgaben zur Vermeidung und Kontrolle von Umweltverschmutzungen in den OECD-Ländern 1990-2000	51
Tab. 3.1.1:	Jahresdurchschnittliche Veränderung der Patentanmeldungen beim EPA in Teilbereichen der Umwelttechnologien 1985-2004 (in %)	59
Tab. 3.2.1:	Jahresdurchschnittliche Veränderung der wissenschaftlichen Publikationen für Teilbereiche der Umweltwissenschaften 1991-2005	68
Tab. 4.2.1:	Indikatoren zur Innovationstätigkeit von Umweltschutzgüter-Anbietern (in %)	80
Tab. 4.2.2:	Entwicklung von Innovationsindikatoren von Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft in Deutschland 1994-2004 (Mittelwerte der Stichprobe, in %).....	82
Tab. 4.2.3:	Innovationsindikatoren zwischen Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft im Vergleich zu Unternehmen mit ähnlichen Strukturmerkmalen (2004) ¹	83
Tab. 4.3.1:	Einfluss der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung auf den Innovationserfolg von Produktinnovatoren: Schätzergebnisse von Tobit-Modellen.....	90
Tab. 4.3.2:	Einfluss der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung auf den Innovationserfolg von Prozessinnovatoren: Schätzergebnisse von Tobit-Modellen	91
Tab. 4.3.3:	Einfluss der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung auf den Exporterfolg: Schätzergebnisse von Tobit- bzw. Probit-Modellen.....	92
Tab. 4.3.4:	Einfluss der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung auf die Umsatzrentabilität: Schätzergebnisse von geordneten Probit-Modellen	93
Tab. 4.4.1:	Unterschiede bei Innovationsindikatoren zwischen umweltschutzbezogenen Innovatoren und Unternehmen einer Vergleichsgruppe (2004).....	105
Tab. 5.2.1:	Jahresdurchschnittliche Veränderung der Weltexporte bei potenziellen Umweltschutzgütern 1993-2004 (in %)	110
Tab. 5.2.2:	Außenhandelskennziffern Deutschlands bei potenziellen Umweltschutzgütern nach Bereichen und Regionen 2004.....	114
Tab. 5.2.3:	Jahresdurchschnittliche Veränderung der Exporte von potenziellen Umweltschutzgütern aus OECD-Ländern 1994 bis 2004 nach Regionen (in %)	115
Tab. 6.1:	Einfluss der Innovationsquelle Umweltregulierungen auf Erfolgsbilanzen	124
Tab. 6.2:	Produktion von potenziellen Umweltschutzgütern in Deutschland nach Umweltarten und Wirtschaftszweigen 1995 bis 2005.....	128

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis im Anhang:

Tab. A.1.2.1: Produktion von potenziellen Umweltschutzgütern (ohne Energie/Umwelt) in Deutschland nach Umweltarten und Wirtschaftszweigen 1995 bis 2002	149
Tab. A.3.1: Patentspezialisierung bei Umwelttechnologien ausgewählter Volkswirtschaften 1985-2004	150
Abb. A.3.1: Absolute Anzahl der Publikationen im SCI in den Teilbereichen der Umweltwissenschaften 1991-2005	151
Tab. A.5.2.1: Welthandelsanteile ¹ der OECD-Länder bei potenziellen Umweltschutzgütern 1993 bis 2004...	152
Tab. A.5.2.2: Beitrag von potenziellen Umweltschutzgütern zur Ausfuhr der OECD-Länder 1993-2004	153
Tab. A.5.2.3: Beitrag von potenziellen Umweltschutzgütern zur Ausfuhr der OECD-Länder 1993 bis 2004 – nach Tätigkeitsbereichen (in %)	154
Tab: A.5.2.4: Beitrag des Handels mit potenziellen Umweltschutzgütern zum Außenhandelssaldo der OECD-Länder 1993 bis 2004 (in %)	156
Tab: A.5.2.5: Beitrag des Handels mit potenziellen Umweltschutzgütern zum Außenhandelssaldo der OECD-Länder 1993 bis 2004 – nach Tätigkeitsbereichen (in %)	157

Einführung und Übersicht

Das BMBF hat NIW, ZEW und ISI mit einer Studie „Zur technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltschutzwirtschaft im internationalen Vergleich“ beauftragt. Im Folgenden soll die Fragestellung in den Gesamtzusammenhang der Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands eingeordnet und ein Überblick über den Gang der Untersuchung gegeben werden.

Berichtssystem zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Innovationsindikatoren

Das Berichtssystem zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands eröffnet mehrere Zugänge zum Thema. Die Indikatoren umfassen die Produktion und die Anwendung von technischem Wissen und setzen als erstes auf der „Input“- oder Entstehungsseite an: Es geht zum einen um die Bildung von „Humankapital“ und die Wissenschaft, zum anderen um die industriellen Aktivitäten in Forschung und Entwicklung als unmittelbare technologiebezogene Anstrengungen der Wirtschaft. Die Ergebnisse („Outputindikatoren“) - an denen man messen kann, welche Beiträge für die gesamtwirtschaftliche Erfolgsbilanz zu erwarten sind - finden ihre Ausprägung in Innovationen, Patenten, Unternehmensgründungen sowie in den Marktergebnissen, einmal für die gesamte inländische Produktion und Nachfrage und zum anderen speziell im Außenhandel.

Die technologische Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft verändert sich weniger von Jahr zu Jahr als vielmehr über einen längeren Zeitraum hinweg. Insbesondere zeigen sich die Wirkungen von Veränderungen der technologischen Leistungsfähigkeit auf die Realisierung gesamtwirtschaftlicher Ziele (wie z. B. hoher Beschäftigungsstand, angemessenes Wirtschaftswachstum, Steigerung der Produktivität und Preisstabilität) nicht von heute auf morgen, sondern vielfach zeitlich erst stark verzögert. Entsprechend ist zur Beurteilung der technologischen Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft eine längerfristige Betrachtungsweise geboten, die jedoch kontinuierlich zu wiederholen ist, um sich rechtzeitig auf eventuelle „Warnzeichen“ einstellen und reagieren zu können. Diesem Grundkonzept zufolge werden in der Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands die Indikatoren so konstruiert, dass mit ihrer Hilfe Zusammenhänge und Hintergründe der kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklung ausgeleuchtet werden können.

Eine wichtige Nebenbedingung für die Anlage dieser Untersuchung ergibt sich aus dem - für einen „Monitor“ typischen - Charakter einer periodisch aktualisierbaren Berichterstattung. Es ist von der Arbeitsgruppe ein System von Indikatoren entwickelt worden, das weitgehend auf bereits vorhandenen Daten und regelmäßig erstellten Statistiken und Analysen aufbaut. Das Indikatorensystem ist nicht auf umfangreiche eigenständige Sondererhebungen und -untersuchungen angewiesen, damit die Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands kontinuierlich, in regelmäßigen Abständen und mit überschaubarem Aufwand aktualisiert und weiterentwickelt werden kann. Ein Grundprinzip gilt unabhängig von der Fristigkeit der Beobachtung: Die Interpretation der Messziffern ergibt sich immer aus einem Vergleich mit konkurrierenden Volkswirtschaften und aus ihrer zeitlichen Entwicklung.

Berichtssystem zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - „Sektorale Innovationsysteme“

Zum Verständnis der vielschichtigen Prozesse reicht die makroökonomische Betrachtung nicht immer aus. Vielmehr ist es zweckmäßig, das Indikatorensystem in verschiedene Komponenten zu „zerle-

gen“¹. An diesem Punkt setzen die Studien zu den „sektoralen Innovationssystemen“ an. Denn der technologische Fortschritt führt über kurz oder lang in einem Akt „kreativer Zerstörung“ zu einem Strukturwandel in der Wirtschaft: Die Bedeutung einzelner Branchen nimmt ab, andere wachsen stark und setzen sich in den Mittelpunkt. Die Volkswirtschaften müssen sich darauf einstellen. Denn traditionelle Stärken können sich ins Gegenteil wenden, wenn sich neue Technologien nicht entfalten können, d. h. unzureichend eingesetzt und/oder angeboten werden. Die Bereitschaft zum sektoralen Strukturwandel ist mithin ein konstituierendes Element der technologischen Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft.

Gibt es aus deutscher Sicht Bereiche, bei denen die Indikatoren darauf hinweisen, dass sich Gefährdungen für den Innovationsstandort Deutschland auftun? Existieren andere Felder, die gerade für deutsche Anbieter Marktpotenziale eröffnen? Vor welchen technologischen Herausforderungen stehen die Branchen, die signifikant die Entwicklung von Produktivität und Beschäftigung tragen? Wie können sie sich ggf. erfolgreich umstrukturieren? Dies sind die Fragen, die bei der Bearbeitung von Sektorstudien zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands im Vordergrund stehen. Diese Fragen sind auch konstituierend für die hier vorgelegte Studie zur technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltschutzwirtschaft im internationalen Vergleich.

Zur Bedeutung von Umweltschutzzinnovationen - Hintergrund der Analyse

Denn zwischen innovationspolitischen Fragestellungen einerseits und umweltpolitischen Erfordernissen andererseits besteht unstrittig ein Zusammenhang:

- Um künftig sparsamer mit den natürlichen Ressourcen umzugehen und die Umwelt weniger zu belasten, sind z. T. weitreichende neue technologische Entwicklungen sowie Produkt-, Verfahrens- und organisatorische² Innovationen zwingend erforderlich.
- Die Umwelttechnik ist im Allgemeinen kein originärer Wissenschafts- und Technologiebereich, der Spitzenleistungen der Grundlagen- und angewandten Forschung verlangt. Vielmehr geht es in der Umwelttechnik vor allem um die problemadäquate Anwendung von Forschungsergebnissen, um die optimale, meist interdisziplinäre Kombination von Technologien und um die konsequente Umsetzung von Wissen unter anwendungsspezifischen Fragestellungen (Wissens- und Technologietransfer). Gerade die Anwendungsorientierung der unternehmerischen Forschung und experimentellen Entwicklung (FuE) sowie die hohe Kooperationsneigung der Einrichtungen der wissenschaftlichen Forschung werden ja immer als eine besondere Stärke des deutschen „Innovationssystems“ herausgestellt³. Insofern kann die Umwelttechnik als ein Paradebeispiel gelten. Dieses Systemverhalten ist hingegen weniger geeignet, eine Volkswirtschaft bei „radikalen“ technologischen Neuerungen und Innovationen an die internationale Spitze zu setzen.
- Allerdings dürften in Zukunft auch im Bereich der Umwelttechnik schrittweise technologische Neuerungen nicht mehr ausreichen. Dies gilt vor allem im Zusammenhang mit der Forderung nach der nachhaltigen Umgestaltung ganzer Sektoren (z. B. Energiewirtschaft) und dem damit verbundenen Übergang von einer technologischen Linie zur anderen. Außerdem bedeutet dies einen schnelleren Wechsel vom „nachgeschalteten Umweltschutz“ mit seinen „additiven Technologien“ hin zum „integrierten Umweltschutz“, der eine nachgeschaltete Beseitigung von Umweltbelastun-

¹ Zur Rolle von Sektorstudien im Rahmen der Berichterstattung zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands vgl. Legler, Gehrke (2002).

² Walz, Ostertag (2006) verweisen darauf, dass Umweltinnovationen mehr als nur technisch zu sehen sind, sondern auch organisatorische, institutionelle und soziale Innovationen umfassen.

³ Vgl. Soskice (1997).

gen gar nicht erst erforderlich macht. Damit nimmt die Komplexität des Innovationsprozesses zu.⁴ Dieser Prozess ist zwar schon seit Jahrzehnten im Gange, die Fortschritte jedoch nur schwer messbar.

- Weiterhin: Der Markt für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen stellt überdurchschnittlich hohe Anforderungen an das Innovationspotenzial in Unternehmen und öffentlichen (FuE-)Einrichtungen sowie an das Qualifikationsniveau der Beschäftigten. Ein Großteil der Umweltschutzprodukte konzentriert sich auf forschungs- und wissensintensive Industrien und Dienstleistungsbereiche (Maschinen- und Fahrzeugbau, Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Metallverarbeitung, Elektrotechnik, z. T. Chemie/Kunststoffe sowie hochwertige Forschungs-, Planungs- und Beratungsleistungen)⁵. Im Schnitt sind nach diesem Vorverständnis umwelttechnische Betriebe auch überdurchschnittlich aktiv in FuE als einem Schlüsselfaktor für hochwertige technologische Neuerungen.⁶ Dies gilt insbesondere für „integrierte“ Umweltschutzlösungen, die Emissionen gar nicht erst entstehen lassen bzw. weitest gehend minimieren. Diese Zweige der Umweltschutzwirtschaft sowie die Komplexe Energie/Umwelt und der Querschnittsbereich Mess-, Steuer- und Regel-(MSR-)Technik für den Umweltschutz sind erfahrungsgemäß besonders FuE-intensiv.
- Deutschland hat traditionelle hohe Maßstäbe an den Umweltschutz gelegt: Bereits Anfang der 70er Jahre hat sich dies in einem „Umweltschutzsofortprogramm“ und in einem langfristig angelegten „Umweltprogramm“ der Bundesregierung explizit niedergeschlagen⁷: Die Anbieter von Umweltschutzgütern und -dienstleistungen konnten daher auf einem anspruchsvollen Binnenmarkt ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen. Der deutsche Markt stellte gleichsam die „Feuertaufe“ für neue Umweltschutzprodukte dar.

Alle diese Argumente zusammen genommen passt die Umweltschutzwirtschaft auf den ersten Blick recht gut zu dem Profil, das Deutschland im internationalen Wettbewerb abverlangt wird. Denn hochentwickelte Volkswirtschaften werden vor allem durch Konzentration auf Güter und Dienstleistungen mit hohen Qualitätsstandards und technischen Neuerungen auf dem Weltmarkt hinreichend hohe Produktions-, Beschäftigungs- und Realeinkommenszuwächse erzielen können. Es kommen hinzu:

- Die Umwelttechnik gilt vielfach als ein Wachstumsmarkt, auch wenn die Expansionsmöglichkeiten in Deutschland in den letzten Jahren hinter den Anfang der 90er Jahre gesetzten Erwartungen zurückgeblieben sind⁸ und die Euphorie etwas gewichen ist. Die umweltpolitischen Herausforderungen resultieren nicht nur aus der Gefahr irreversibler Umweltschäden und aus der massiven Belastung der Beziehungen zwischen Industrie- und Entwicklungsländern (Ressourcenverschwendung versus Armut), sondern auch aus den schwerwiegenden wirtschaftlichen Risiken in der Welt. Alle bekannten Prognosen weisen für Umweltschutztechniken auf eine expansive Marktentwicklung hin - vor allem im internationalen Raum, mit besonderem Gewicht auf dem Klimaschutz.⁹

⁴ Walz, Ostertag (2006).

⁵ Vgl. zur Zusammensetzung der Angebotspalette z. B. die Strukturhebungen des StaBuA (2003), aber auch Blazejczak, Löbbe u. a. (1993), Löbbe, Horbach u. a. (1994) sowie als „Pionier“ Sprenger (1979). Diese Struktur bestätigt sich auch in den eigenen Auswertungen (Abschnitt 1). Der Entsorgungssektor ist in dieser (angebotsorientierten) Abgrenzung der Umweltschutzwirtschaft nicht enthalten.

⁶ Vgl. die Zusammenstellung bei Lemke, Wackerbauer (2000), Löbbe u. a. (1994) sowie Gehrke, Schmoch u. a. (2002). Auch eine jüngere Studie für Österreich bestätigt die überdurchschnittlich hohe FuE-Intensität von umwelttechnischen Betrieben bzw. von Umweltsparten in den Industrieunternehmen.

⁷ Vgl. die Zusammenstellung bei Bardt, Hüther (2006).

⁸ Vgl. Wackerbauer, Triebswetter (2005).

⁹ Vgl. z. B. das Memo des BMU zur „Ökologischen Industriepolitik“ (2006).

- Die auf Grund des hohen Bedarfs erwarteten weltweiten Steigerungen der Umweltschutzanstrengungen sowie die verstärkte Angleichung von gesetzlichen Regelungen zum Schutz der Umwelt dürften eine zunehmende Internationalisierung dieser bisher noch weitgehend national determinierten Märkte bewirken. Gerade hoch entwickelte Volkswirtschaften sind aufgerufen, für die Welt transferierbare und exportierbare Technologien und Produkte zu entwickeln. Bei der traditionellen Exportstärke der deutschen Wirtschaft in Produktions- und Verfahrenstechnik eröffnen sich hier - auch im Zusammenhang mit dem stark ausgeweiteten europäischen Binnenmarkt sowie der Liberalisierung des öffentlichen Auftragswesens in Europa - zusätzliche Exportchancen.
- Der Weltmarkt bietet jedoch nicht nur Wachstumsmöglichkeiten. Es ist vielmehr einzukalkulieren, dass die Anbieter mit zunehmender Angleichung des Umweltstandards und mit zunehmender Diffusion von Umweltschutztechnologien in einem schärfer werdenden technologischen und ökonomischen internationalen Wettbewerb stehen. In diesem Wettbewerb spielen Innovationen eine ausgesprochen große Rolle.

Eingrenzung des Untersuchungsansatzes

Zur Abgrenzung des hier verwendeten Untersuchungsansatzes von anderen ist es wichtig, sich über die Rolle im Klaren zu werden, die die Analyse zur internationalen Wettbewerbsposition der Umweltschutzwirtschaft in der öffentlichen und wissenschaftlichen Diskussion spielen soll. Denn die Untersuchungsziele prägen maßgeblich sowohl die methodische Vorgehensweise als auch die Reichweite der Interpretation von Untersuchungsergebnissen: Aus diesem Zusammenhang ergibt sich:

- Primär wird die Thematik **nicht** unter umweltpolitischen Gesichtspunkten i. e. S. abgehandelt. Fragen, wie neue Umweltschutztechnologien und wie der praktizierte Umweltschutz auf Umwelt-schutzziele wirken, können daher nicht beantwortet werden.
- Der Untersuchungsansatz ist auch **nicht** als Marktstudie angelegt. Somit kann nicht gesagt werden, welchen Beitrag die Umweltschutzwirtschaft zu gesamtwirtschaftlichen Zielen wie hoher Beschäftigungsstand¹⁰ oder angemessenes Wirtschaftswachstum leisten kann.
- Die Thematik wird vielmehr unter **innovationspolitischen** Fragestellungen bearbeitet: Im Vordergrund steht die Frage nach der internationalen technologischen Wettbewerbsposition der deutschen Umweltschutzwirtschaft. Ein wichtiger Ansatz zur Bestimmung der ökonomischen oder technologischen Stärken und Schwächen eines Landes, von „komparativen“ Vor- und Nachteilen, ist dabei das Konzept der „Spezialisierung“. Denn die Wettbewerbsfähigkeit einer Branche ist immer etwas Relatives. Deshalb konzentriert sich die Untersuchung auf die Frage, ob die Umweltschutzindustrie zu den Bereichen gehört, auf die Deutschland besonders setzen kann und die - auch jenseits umweltpolitischer Erfordernisse - gefördert werden sollte.

Angebotsorientierte Betrachtung - konstituierende Merkmale der Umweltschutzwirtschaft

Im vorliegenden Bericht stehen demnach Fragen zum Wissen und zum Innovationspotenzial, zu Erfindungen und Innovationen, zu Produktionspotenzial und -Struktur der deutschen Umweltschutzwirtschaft einerseits sowie zu ihrer internationalen Wettbewerbsposition andererseits im Mittelpunkt. Die Analyse soll auch Anhaltspunkte dazu liefern, in welchen Umweltschutzbereichen die wichtigsten Wettbewerber zu suchen sind, welche Länder aufholen. Sie soll Hinweise auf die Entwicklungschancen der Hersteller von Umweltschutzgütern vor dem Hintergrund des internationalen Wettbewerbs geben.

¹⁰ Die Beschäftigungsmöglichkeiten im Umweltschutz sind im Jahre 2004 auf ein Rekordniveau gestiegen. Vgl. hierzu Edler, Blazejczak (2006).

- In den Vordergrund rücken damit natürlich insbesondere diejenigen, die am stärksten dem internationalen Wettbewerb ausgeliefert sind. Das sind die Hersteller von Gütern zum Umweltschutz aus der Verarbeitenden Industrie. Sie nehmen eine Schlüsselstellung bei der Entwicklung des umwelttechnischen Fortschritts ein.
- Gerade mit Blick auf den technischen Fortschritt wird deshalb auf den zentralen Parameter der deutschen Industrie im internationalen Wettbewerb eingegangen, nämlich auf das Innovationsverhalten der Anbieter von Umweltschutzgütern. Was wird in neue Technologien investiert, mit welchem Ziel wird innoviert, welches Technologieangebot ergibt sich daraus, wie wirken sich Umweltschutzinnovationen und -regulierungen auf das Betriebsergebnis aus und welche Umwelteffekte haben Innovationen?

Jenseits der quantitativen Indikatorik gilt es jeweils immer eine Fülle von **Marktbesonderheiten** zu beachten, die Verhaltensweisen der Unternehmen stark beeinflussen:

- Innovationspolitisch gesehen sind die Mechanismen auf den Märkten für Umweltschutzgüter relevant, die den Unternehmen und Verbrauchern Anreize zu Umweltschutzinnovationen geben bzw. an die Unternehmen das Signal senden, neue Umweltschutzlösungen anzubieten. Meist sind es staatliche Regulierungen¹¹, weil Umweltschutz nur in wenigen Fällen aus sich heraus eine Eigen-dynamik entfaltet.
- Insofern ist Umweltschutz nicht unbedingt konfliktfrei mit den originären Unternehmenszielen und es stellt sich die Frage, welchen Beitrag Umweltschutzinnovationen zum Unternehmenserfolg leisten können.
- Umweltschutz gehört zu den staatlichen Vorsorgeaufgaben, ist in Deutschland gar Staatsziel. Die permanente Erweiterung der umwelttechnischen Lösungspotenziale durch Förderung von Wissenschaft, Forschung und experimenteller Entwicklung in öffentlicher und privater Regie wird damit zu einem Prüfstein für staatliches Handeln.

Insbesondere der Versuch einer flächendeckenden international vergleichenden Analyse bedarf gewisser methodischer Kunstgriffe. Dies führt dazu, dass als empirische Grundlage nur teilweise das „amtliche“ statistische Material zur Umweltschutzwirtschaft verwendet werden kann. Zu einem bedeutenden anderen Teil müssen vorhandene Daten aus Erhebungen zum Innovationsgeschehen zielgerichtet ausgewertet werden - sehr wohl wissend, dass diese Erhebungen nicht immer den hier verfolgten Zweck im Auge hatten. Zum dritten müssen auf der Basis gemeinsamer Konventionen methodische Schätzansätze gewählt werden, die Wissenschafts- und Forschungsergebnisse und technologische Erfindungen im Umweltschutz sowie die internationalen Warenströme bei Umweltschutzgütern nachvollziehen können. Denn weder die Umweltschutzwirtschaft noch publizierte Forschungsergebnisse, weder Erfindungen noch der internationale Warenverkehr mit Umweltschutzgütern oder gar -dienstleistungen lassen sich aus Statistiken ablesen. Auch die Kenndaten zum Innovationsverhalten der Unternehmen und ihrer technologischen Leistungsfähigkeit sowie zum für die Innovatoren so wichtigen „Umfeld“ (öffentliche Forschung, Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung, hochwertige Güternachfrage) müssen z. T. indirekt generiert werden.

Aus dem innovations- und wettbewerbsorientierten Ansatz ergibt sich beinahe zwangsläufig eine **angebotsorientierte Vorgehensweise**. Dieser Zweck¹² setzt die Maßstäbe für die Abgrenzung der Umweltwirtschaft: Das Angebot an Umweltschutztechnologien und -dienstleistungen umfasst all diejeni-

¹¹ Hiermit sind nicht nur nationalstaatliche Regulierungen, sondern auch das Regelwerk der EU gemeint.

¹² Vgl. Köppl (2000).

gen Unternehmen, die Güter und Dienstleistungen zur Vermeidung, Verminderung und Beseitigung von Umweltbelastungen anbieten.¹³ Diese Enumeration kann als **Ausgangspunkt** für die jeweils konkret vorzunehmende - und nach Untersuchungsbereich bzw. verwendeten Datenquellen variierende¹⁴ - Abgrenzung angesehen werden:

- Die **Angebotspalette** erstreckt sich auf die Bereiche Abfallwirtschaft/Recycling, Gewässerschutz/Abwasserbehandlung, Luftreinhaltung, Lärmdämmung, Energie/Umwelt (erneuerbare Energien, rationelle Energienutzung und -umwandlung, auch als Klimaschutz bezeichnet) sowie MSR-Technik.
- Nach der **technologischen Ausrichtung** kann man zusätzlich zwischen „integriertem Umweltschutz“, d. h. emissionsarmer Prozesstechnik bzw. umweltfreundlichen Produkten auf der einen Seite sowie „additivem Umweltschutz“ zur nachträglichen Beseitigung von umweltschädlichen Emissionen auf der anderen Seite unterscheiden.
- Hinsichtlich der **Art der Leistung** kann nach Komponenten, Investitionsgütern, Endverbrauchsgütern, Bau-, Kontroll-, Beratungs- und Planungsleistungen, Software usw. differenziert werden.

Die Umwelttechnik ist also eine typische Querschnittstechnologie, die weder einem technologischen Kernbereich, noch einer Branche eindeutig zugeordnet werden kann. Auf dem Markt für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen sind daher Unternehmen mit verschiedenartigen wirtschaftlichen Schwerpunkten und technologischen Kompetenzen engagiert.

- Manche sind neu und jung, extra für diesen Markt gegründet worden und auf diese Produktionslinie spezialisiert.
- Andere Unternehmen sind aus ihren traditionellen Schwerpunkten in ein neues Geschäftsfeld hinein diversifiziert, legen ihre angestammten technologischen Kompetenzen in die Waagschale und verdienen nur zum Teil ihr Geld mit Umweltschutzgütern und -dienstleistungen.
- Ein weiterer Teil der Unternehmen erstellt sich zwar primär die Umweltschutzanlagen für den eigenen Betrieb, kann diese Lösungen jedoch auch auf dem Markt anbieten. Diese Betriebe sind ebenfalls meist nur partiell auf dem Umweltschutzmarkt vertreten.

Der Gang der Untersuchung

Auch vor dem eingangs erwähnten Hintergrund, ein vertiefendes Verständnis des „nationalen Innovationssystems“ zu bekommen, ist es zweckmäßig, dass sich die **Indikatorik** zum „sektoralen Innovationssystem Umweltwirtschaft“ so eng wie möglich an dem üblichen Raster des Indikatorenberichts zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands orientiert. Daraus ergibt sich folgende Untersuchungsfolge:

- Wie ist die Umweltschutzindustrie eigentlich definiert, welche Bedeutung hat sie für die industrielle Produktion, welche Dynamik bzw. konjunkturelle Abhängigkeit zeigt sie (Abschnitt 1)?
- Woher kommen die Impulse für Innovationen? Welche Rolle spielt der Staat bei der Förderung des umwelttechnischen Fortschritts? Wie viel wird in Umweltschutz investiert (Abschnitt 2)?
- Wie „leistungsfähig“ sind Deutschlands Wissenschaftler und Forscher gemessen an den publizierten Ergebnissen der Forschung in den Umweltwissenschaften einzuschätzen, im Vergleich zu ihren

¹³ Vgl. Sprenger (1979). Ähnlich auch die Definition von OECD/Eurostat (OECD, 1999a).

¹⁴ Vgl. hierzu jeweils die einführenden Bemerkungen sowie die weiterführenden Hinweise in den Abschnitten 1 und 5 (Produktion und Außenhandel), 3 (Patente und Publikationen) und 4 (Innovationsverhalten).

Konkurrenten. Ist an den patentgeschützten Erfindungen in der Umweltwirtschaft und in ihren Fachzweigen im internationalen Vergleich erkennbar, welche Richtung der umwelttechnische Fortschritt einschlägt und welche Rolle deutsche Erfinder und Innovatoren in diesem Prozess spielen (Abschnitt 3)?

- Wie stark setzen Deutschlands Unternehmen auf Umweltschutzinnovationen, verbessern diese ihre betrieblichen Ergebnisse und wie innovativ sind speziell die Anbieter von Umweltschutzgütern und -dienstleistungen? Welche Bedeutung haben Marktmechanismen und Regulierungen für Innovationen (Abschnitt 4)?
- Wie stark ist die Position der deutschen Umweltschutzindustrie und ihre Stellung auf den internationalen Märkten für potenzielle Umweltschutzgüter? Wo sind Deutschlands Stärken. Wo sind seine stärksten Konkurrenten (Abschnitt 5)?

1 Abgrenzung und Struktur der deutschen Umweltschutzwirtschaft

Die Umweltschutzwirtschaft umfasst all diejenigen Unternehmen, die Güter und Dienstleistungen zur Vermeidung, Verminderung und Beseitigung von Umweltbelastungen anbieten. Sie kann weder einem technologischen Kernbereich, noch einer Branche eindeutig zugeordnet werden.¹⁵

Sowohl in Deutschland als auch im internationalen Raum ist jedoch das Interesse an einer möglichst präzisen Erfassung und Abgrenzung der Umweltschutzwirtschaft hoch. Das hängt gewiss damit zusammen, dass dem Beitrag der Umweltschutzwirtschaft zu Wachstum und Beschäftigung immer größere Bedeutung geschenkt wird. Da gleichzeitig die Expansionspotenziale in Deutschland und in anderen traditionellen Industrieländern aus verschiedenen Gründen begrenzt zu sein scheinen, stellt sich u. a. die Frage, welchen Beitrag der „internationale Sektor“ der Wirtschaft zu einer Ausdehnung der Expansions- und Beschäftigungsmöglichkeiten leisten kann. Konsequenterweise schwappt die Frage nach der internationalen Wettbewerbsposition und nach der technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Wirtschaft auch auf seine einzelnen Sektoren über. Während sich jedoch praktisch jeder Wirtschaftszweig über die Beschaffenheit des Materials, über die eingesetzten Technologien und den Verwendungszweck der Waren und/oder Leistungen definieren kann, ist dies im Umweltschutzsektor kaum möglich: Zu den bereits angesprochenen Problemen der Integration unterschiedlicher Umweltmedien, der Erfassung der technologischen Ausrichtung (additiv, integriert), der Art der Leistung (Ware, Dienstleistung, Komponente) usw. kommt erschwerend hinzu, dass sich die Umweltschutzanforderungen im Zeitablauf ändern. Dies wiederum ist nur zu einem Teil marktbestimmt, zu einem großen anderen Teil unterliegt der Markt für Umweltschutzgüter (stark oszillierenden) politischen Präferenzen, Normen und Einflussfaktoren. Diese sind weltwirtschaftlich keineswegs harmonisiert.

Zunächst wird das Grundkonzept für die empirische Analyse, nämlich die Abgrenzung von Industriezweigen des Umweltschutzes dargelegt, der eigene Ansatz für die international vergleichende Analyse erläutert und eine Abwägung mit anderen Ansätzen vorgenommen, die im internationalen Raum in der Diskussion stehen (Abschnitt 1.1).¹⁶ Denn das Vorgehen bedarf eingehender methodischer Erläuterungen. Abschnitt 1.2 geht dann auf die Produktionsstrukturen in Deutschland ein - und zwar sowohl nach Umweltschutzbereichen als auch nach Wirtschaftszweigen, in denen die Güter produziert werden.

1.1 Abgrenzung der Umweltschutzwirtschaft

Eine amtliche Abgrenzung der Umweltschutzwirtschaft, die man auch in Wirtschaftszweigklassifikationen wiederfinden könnte, kann es praktisch nicht geben - schon gar nicht eine, die international vergleichende Untersuchungen zuließe. Auch ist es streng genommen nicht möglich, sich aus üblichen statistischen Datenquellen eine Umweltschutzwirtschaft zusammenzustellen. Die empirische Darstellung der Umweltschutzwirtschaft wird immer nur eine Näherungslösung sein können.

Bei jeder Abgrenzung des Umweltschutzmarktes ist eine Reihe von Annahmen zu treffen, die weitreichende Folgen für die Untersuchung haben.¹⁷ Die Abgrenzung von Umweltschutzwirtschaft sowie

¹⁵ Vgl. Sprenger (1979). Ähnlich auch die Definition von OECD/Eurostat (OECD, 1999a).

¹⁶ Diese Abgrenzung ist entsprechend der jeweiligen fachlichen Erfordernisse (Analyse des Patent- bzw. Publikationsstrukturen) anzupassen.

¹⁷ Vgl. die Übersicht von Lemke, Wackerbauer (2000).

von Umweltschutztechnologien ist deshalb ein neuralgischer Punkt. Ziel der hier vorgenommenen Untersuchung ist es, Anhaltspunkte für die internationale Wettbewerbsposition und technologische Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltschutzwirtschaft zu erhalten.

Im Folgenden wird der zu diesem Zweck verwendete „produktionswirtschaftliche“ Ansatz zur Erfassung der Umweltschutzindustrie dargestellt (Abschnitt 1.1.1). Dieser **methodische** Ansatz ist auch Basis für die empirische Analyse und liefert auch die Richtschnur für die fachlich den jeweiligen statistischen Möglichkeiten bzw. Datenbankerfordernissen angepassten Abgrenzungen in der Patent- und Publikationsstatistik (Abschnitt 3). Allerdings steht der produktionswirtschaftliche Ansatz keineswegs konkurrenzlos da, weder vom Ansatz her, noch - bei prinzipiell gleicher Vorgehensweise - in seiner spezifischen Ausprägung. Deshalb wird in Abschnitt 1.1.2 auch auf alternative Abgrenzungsversuche eingegangen.

1.1.1 Produktionswirtschaftlicher Ansatz „Umweltschutz- und Klimaschutzwirtschaft“

Die Untersuchung baut auf einem produktionswirtschaftlichen Ansatz auf, im Kern handelt es sich um eine **angebotsorientierte** Betrachtung. Ein derartiger Ansatz ist unabdingbar, um ökonomische Daten wie Produktion, umweltschutzinduzierte Beschäftigung, Exporte nach Umweltmedien, Unternehmensgrößenklassen usw. abschätzen zu können. „Angebotsorientierter Ansatz“ bedeutet vor dem Hintergrund der Fragestellung „technologischer Leistungsfähigkeit und internationale Wettbewerbsposition“, dass vor allem Produktinnovationen ins Visier geraten. Die Umsetzung von Umweltschutzmaßnahmen, die ja vielfach Prozessinnovationen oder organisatorische Innovationen in der Wirtschaft, in der Verwaltung oder bei privaten Haushalten nach sich ziehen, steht bei einem angebotsorientierten Ansatz hingegen nicht im Blickfeld.

Der Ansatz ist zudem mit Blick auf die Bedeutung der Umweltschutzindustrie im industriellen Spektrum Deutschlands sowie mit Blick auf den Vergleich der Wettbewerbsposition deutscher Anbieter auf den internationalen Märkten für Umweltschutztechnologien **funktional** (d. h. auf Gütergruppenbasis) und **gesamtwirtschaftlich** formuliert. Denn internationale Vergleichbarkeit erfordert immer eine gesamtwirtschaftliche Betrachtungsweise auf der Basis gemeinsamer statistischer Konventionen. Der Ansatz basiert nicht auf gesonderten Erhebungen bei Unternehmen, die sich als Teilnehmer auf dem Umweltschutzmarkt zu erkennen geben, sondern bietet die Möglichkeit, amtliche statistische Daten zu Produktion, Exporten und Importen in einer selbstgewählten Systematik auszuwerten. Der angebotsorientierte, funktionale Ansatz wird im allgemeinen für besonders geeignet gehalten, die Handelsströme bei Umweltschutzgütern zu erfassen.¹⁸ Dieser Ansatz schließt allerdings aus, dass spezielle Unternehmensdaten (bspw. Forschung und experimentelle Entwicklung, Qualifikationserfordernisse, Investitionen usw.) verwendet werden. Dies geht deshalb nicht, weil in den meisten Unternehmen Umweltschutz nur einen Teil ihres Geschäftsfeldes darstellt. Einen Ansatz, den angebotsorientierten Ansatz mit Daten aus Unternehmensbefragungen zu kombinieren, um Anhaltspunkte über das Innovationsverhalten zu bekommen, findet sich in Abschnitt 4.

Die hier gewählte Abgrenzung speist sich aus zwei Untersuchungen, die jedoch prinzipiell vom gleichen methodischen Ansatz ausgehen. Daher ist auch eine gemeinsame Betrachtung möglich:

- Die Abgrenzung der „klassischen“ Umweltschutzindustrie (Abfallwirtschaft/Recycling, Gewässerschutz/Abwasserbehandlung, Luftreinhaltung, Lärmdämmung sowie MSR-Technik) greift auf eine

¹⁸ Vgl. OECD (1999a).

industriezweigübergreifende Liste des Statistischen Bundesamtes (StaBuA) von Gütern zurück, die ihrer Art nach dem Umweltschutz dienen können.

- Der Bereich Energie/Umwelt (erneuerbare Energien, rationelle Energienutzung und -umwandlung) ist aus der ISI-Liste von Klimaschutzgütern entstanden.

Umweltschutzwirtschaft im engeren Sinne

Grundlage für diese erstmals Mitte der 80er Jahre für interne Abschätzungen erarbeitete Zusammenstellung von Umweltschutzgütern waren einerseits Erhebungen des ifo-Instituts¹⁹ zur sektoralen Lieferstruktur von Umweltschutzgütern sowie andererseits die Beschreibung von Technologien und Produkten, wie sie in diversen Anbieterkatalogen zum Umweltschutzbereich aufgeführt sind. Die zweite Revision dieser Liste aus dem Jahre 1994 ist die aktuellste²⁰ - und letzte dieser Art. Die vom StaBuA im Original in der Nomenklatur des Güterverzeichnis für die Produktionsstatistik (GP 1989) erstellte Liste ist jeweils an die systematischen Revisionen der GP 1995 und 2002 angepasst worden. Erfasst werden fast ausschließlich die „klassischen“ Felder des Umweltschutzes (Abfall, Wasser, Luft, Lärm sowie die umweltschutzbezogene MSR-Technik).

Bei dieser Vorgehensweise gibt es durch kritische Punkte, die auch durch die zweifache Aktualisierung und Neudefinition der Güterlisten durch das StaBuA selbst nur teilweise aufgehoben werden konnten. Denn der Ansatz unterliegt prinzipiell gewissen Restriktionen:

- **Dienstleistungen** werden nicht erfasst. Dies ist einerseits misslich, da Dienstleistungen, insbesondere im vorsorgenden Umweltschutz, immer mehr an Bedeutung hinzugewinnen. Außerdem sind die qualifikatorischen Anforderungen bei umweltschutzbezogenen Dienstleistungen noch höher als in der Industrie²¹. Bei einer primär angebotsseitig ausgerichteten Analyse der internationalen Wettbewerbsposition und der technologischen Leistungsfähigkeit kommt es jedoch vor allem auf die Bereiche an, die Standortalternativen haben - und das ist hauptsächlich die Verarbeitende Industrie. Dort werden die Schlüsseltechnologien entwickelt. Dienstleistungen (ähnlich: Bauleistungen) haben hingegen meist komplementären Charakter. Insofern dürfte dieses Manko für den hier verfolgten Zweck selbst dann verkraftbar sein, wenn die Handelbarkeit von Umweltschutzdienstleistungen zugenommen hat.
- Die „multiple-purpose“- oder auch „**dual use**“-**Problematik**²²: Nur ein Teil der Güter ist eindeutig dem Umweltschutz zuzuordnen. Zu einem anderen Teil können die Güter ihrer Art nach zwar Umweltschutzzwecken dienen, genauso gut aber auch andere Funktionen erfüllen (z. B. Pumpen, Leitungen, vor allem jedoch MSR-Geräte). D. h. es ist in vielen Fällen unklar, ob der Kunde die Güter auch für Umweltschutzzwecke einsetzt.

Vor allem aus diesem Grunde **muss** der Ansatz als **potenzialorientiert** bezeichnet werden: Er beruht auf der Überlegung, dass die Entwicklungschancen der Umweltschutzindustrie auch davon abhängen, ob die Unternehmen mit ihren angestammten **Kompetenzen** und **Produktionspotenzialen** (Arbeitskräfte, Know how, Patente, Sachanlagen usw.) entweder **direkt** oder durch entsprechende **Produktdifferenzierung** auf erhöhte Anforderungen und auf Impulse des Umweltschutzmarktes reagieren können. Die originären Kompetenzen der Unternehmen dürften nicht so stark

¹⁹ Sprenger (1979).

²⁰ StaBuA (1994). Erste Berechnungen für Gesamtdeutschland wurden für das Berichtsjahr 1991 vorgenommen. Somit könnten längerfristige Zeitreihen erstellt werden. Seit 1997 wird vom StaBuA eine **Strukturerhebung** bei bis zu 5.000 Unternehmen über ihren Umsatz mit Waren, Bau- und Dienstleistungen, die **ausschließlich** dem Umweltschutz dienen, vorgenommen.

²¹ Löbbe, Horbach u. a. (1994).

²² Vgl. auch Sprenger (1979).

davon abhängen, wofür die Produkte Verwendung finden. Insbesondere bei Zwischenprodukten ist dies häufig ohnehin unklar. Mit Blick auf die der Untersuchung zugrundeliegende Fragestellung - technologische Leistungsfähigkeit - ist die „multiple-purpose“-Problematik neutral. Eine Abschätzung des Marktvolumens für Umweltschutzgüter lässt sich mit diesem methodischen Ansatz jedoch **nicht** vornehmen.

- Viel gewichtiger ist der Punkt, dass in der Mehrzahl **nachgeschaltete** Verfahren Berücksichtigung finden. Denn emissionsarme Technologien und umweltfreundliche Produkte werden in den Gütersystematiken nicht gekennzeichnet. Integrierte Technologien sind dem nachgeschalteten Umweltschutz, der im traditionellen Verständnis der Umweltpolitik nach dem jeweils fixierten „Stand der Technik“ zu vollziehen ist, überlegen. **Integrierter** Umweltschutz bringt jedoch statistisch-analytische Probleme mit sich - eben weil er nicht separierbar und somit statistisch kaum erfassbar ist. Dieser Teil des Umweltschutzes wird mit dieser Methode eher nur zufällig als Nebenprodukt - sofern er in Maschinen, Anlagen, Komponenten und Materialien inkorporiert ist - mitgeschätzt. Ein systematischer Ausweis gerade dieses „modernen“, aus ökologischer Sicht überlegenen Umweltschutzes ist nicht möglich. Es ist nur ein geringer Trost, dass der additive Umweltschutz immer noch den Löwenanteil von Umweltschutzmaßnahmen ausmacht²³. Dennoch wird gerade dem integrierten Umweltschutz immer mehr Bedeutung eingeräumt.²⁴ Nicht zuletzt haben in der Energietechnik integrierten Technologien eine besondere Rolle eingenommen und als Wachstumsvorreiter fungiert.

In der Literatur wird mittlerweile vom „dualen Umweltschutzmarkt“ gesprochen.²⁵ Dort wird zwischen einem „Entsorgungssektor“ (Neutralisierung von Umweltschäden) und einem „Ökologie-sektor“ (vorsorgender Umweltschutz durch emissionsarme Technologien und umweltfreundliche Produktvarianten) unterschieden.

- Prinzipiell ist der in **Anlagen integrierte** Umweltschutz wohl recht gut erfasst (hoher Anteil des Maschinenbaus sowie der MSR-Technik), damit allerdings auch ein Großteil der Güter, die in die multiple-purpose-Kategorie fallen. Der in Ge- und Verbrauchsgütern (**produkt-)integrierte** Umweltschutz ist hingegen nicht sichtbar. Technologische Alternativen zur umweltbelastenden Technik (**prozessintegrierte** Umweltschutztechnik) dürften praktisch nur in Ansätzen ermittelbar sein. Beispielhaft wird dies hier im Folgenden u. a. durch die Integration von Klimaschutztechnologien probiert. Hierunter sind insbesondere erneuerbare Energiequellen zu verstehen. An dem Defizit der mangelnden Erfassung des integrierten Umweltschutzes muss gearbeitet werden - auch unter technologischen Gesichtspunkten, denn integrierter Umweltschutz stellt meist

²³ Vgl. Statistisches Bundesamt (2005).

²⁴ Vgl. z. B. Pfeiffer, Rennings (1999b) oder Walz u. a. (2001). Nach einer Analyse von Pfeiffer, Rennings (1999a) wurde der Anteil des integrierten Umweltschutzes Ende der 90er Jahre auf etwa 35 % geschätzt. In der Industrie betrug der Anteil der Investitionen in integrierte Technik nach der amtlichen Erhebung im Jahre 1995 bereits über 20 % der gesamten Umweltschutzinvestitionen. Allerdings ist die entsprechende Statistik eingestellt worden, so dass sich die weitere Entwicklung nicht mehr überprüfen ließ. Voß (1998) erwartete, dass dieser Anteil im Jahre 2010 ein Drittel erreicht, im Vorleistungssektor lag er 1995 bereits bei mehr als 30 %. In der Zwischenzeit liegt vom StaBuA (2005) eine Neuerauswertung vor. Bereits im Jahre 2003 waren 32 % der Umweltschutzinvestitionen im Produzierenden Gewerbe auf integrierte Maßnahmen zurückzuführen. Angesichts der Tatsache, dass die Umweltschutzinvestitionen langfristig gesunken sind, ist dieser „Anstieg“ beachtlich. Es ist daher davon auszugehen, dass bereits in den Vorjahresmeldungen ein hoher Anteil von integrierten Maßnahmen enthalten war. Eine neuere Untersuchung in sieben OECD-Ländern (Deutschland, Frankreich, Japan, Kanada, Norwegen, Ungarn, USA) hat zum Ergebnis, dass über drei Viertel der untersuchten Unternehmen in diesen Ländern angeben, dass sie vorwiegend in Maßnahmen des integrierten Umweltschutzes investieren, hauptsächlich mit dem Ziel der Kostensenkung. In Japan erreicht der Anteil einen Spitzenwert von 87 % unter den untersuchten OECD-Ländern, Deutschland weist mit 58 % den geringsten Anteil auf (vgl. Frondel, Horbach, Rennings, 2004). Die Feststellung, dass man integrierten Umweltschutz betreibt, sagt jedoch nichts über das quantitative Volumen der Maßnahmen aus.

²⁵ Vgl. Lemke, Wackerbauer (2000).

auch höhere Innovationsanforderungen. Bislang ist dies in den vorliegenden Ansätzen jedoch noch nicht gelungen (vgl. Abschnitt 1.1.2).

Darüber hinaus ist zu bemerken, dass die Dualität additiv/integriert mittlerweile dadurch aufgehoben wird, dass sich immer häufiger das umweltpolitische Paradigma „Ressourcenmanagement“ durchsetzt.²⁶ Vielfach sind auch die Anwender von Umweltschutztechniken bei der Entwicklung der Verfahren beteiligt. Sie werden sich jedoch kaum in ein Anbieterverzeichnis zum Umweltschutzmarkt aufnehmen lassen. Dies ist insbesondere bei integrierten Technologien der Fall und ein weiteres Zeichen dafür, dass sich der Umweltschutzsektor immer mehr zu einem Querschnittsbereich entwickelt.²⁷

Die hier verwendete Liste ist streng genommen nur auf die **deutschen** (umweltpolitischen) Verhältnisse zugeschnitten. Ihre Anwendung auf internationale Warenströme beruht auf der Annahme, dass die Umweltschutzanforderungen in den übrigen Volkswirtschaften tendenziell ähnlich gelagert sind und dass die recht weite Definition **potenzieller** Umweltschutzgüter zumindest zwischen den hochentwickelten Industrieländern differierende Umweltschutzanforderungen mitefasst. Unter dieser Annahme kann die deutsche Liste letztlich einigermaßen guten Gewissens auch auf den internationalen Handel übertragen werden.

Bereich Energie/Umwelt (Klimaschutzwirtschaft)

Die Bedeutung des Klimaschutzes ist in den letzten Jahren sowohl national als auch international stark gestiegen. Deshalb ist in diese Untersuchung eine weitere Klassifikation²⁸ hinzugenommen worden, die sich zwar allein dem energiebezogenen Klimaschutz widmet, jedoch prinzipiell nach den gleichen Kriterien erstellt wurde. Die Ergebnisse der „ISI-Klimaschutzliste“²⁹ und der StBuA-Liste lassen sich daher problemlos miteinander verzahnen.

Beim energiebezogenen Klimaschutz handelt es sich um vielfältige Technologien aus den Bereichen

- rationelle Energienutzung bei industriellen Prozessen,
- rationelle Energienutzung bei Querschnittstechnologien (z. B. Licht, Elektromotoren, Kühltechnik, Druckluft),
- rationelle Energienutzung im Haushalts- und Verkehrsbereich,
- umweltfreundliche Energieumwandlungstechnologien,
- Technologien zur Nutzung regenerativer Energien.

Energiebezogener Klimaschutz betrifft also vornehmlich Maßnahmen, die eher dem integrierten Umweltschutz zuzuordnen sind, und ist durch die Integration des Umweltentlastungsziels in die „normalen“ (betrieblichen) Zielsetzungen und Abläufe gekennzeichnet.

Bei der Abgrenzung klimaschutzpolitisch relevanter Technologien in der ISI-Liste hätte es dem Potenzialansatz zwar logisch entsprochen, alle „klimaschutzkontaminierte“ Güter aufzunehmen. Es muss jedoch bedacht werden, dass auf Grund der Ubiquität von Energieprozessen und ihrer Integration in die Produkte und Prozesse die unter Klimaschutz erfassten Bereiche dann sehr ausgefüllt wären. Um

²⁶ Vgl. hierzu z. B. OECD/Eurostat (1999a) und Sprenger (2003).

²⁷ Vgl. Horbach, Blien, v. Hauff (2001).

²⁸ Vgl. Legler, Walz u. a. (2006).

²⁹ Vgl. im Detail zur Abgrenzung der ISI-Klimaschutzliste ebenfalls Legler, Walz u. a. (2006).

dies zu vermeiden, wurde eine **angepasste Abgrenzung** entwickelt. Dabei sind für die Abgrenzung folgende vier Fälle zu unterscheiden:

- *Fall 1:* Es gibt Güter, bei denen das klimaschützende Ziel offensichtlich ist (z. B. weil sie explizit der Energieeinsparung dienen), und die gleichzeitig disaggregiert in der Statistik abgebildet sind. Diese Güter stellen eine Analogie zum anlagenintegrierten Umweltschutz der VDI 3800³⁰ dar und werden der Liste potenzieller Klimaschutzgüter zugerechnet (Beispiele: Messgeräte zur Überwachung des Energieverbrauchs, Regelgeräte, Wärmetauscher, Wärmeisolation).
- *Fall 2:* Es gibt Güter oder Techniksysteme, die aus Klimaschutzgründen gefördert werden wie z. B. Anlagen, die der Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien dienen. Auch diese Gütergruppen sind als (potenzielle) Klimaschutzgüter zu qualifizieren.
- *Fall 3:* Es gibt Güter oder Techniken, die als besonders energieeffizient klassifiziert werden können, z. B. hocheffiziente Dampfturbinen. Statistisch werden aber in der zugehörigen Warengruppe sowohl hocheffiziente als auch weniger effiziente Turbinen erfasst. Sofern der Anteil derer, die als besonders klimaschützend gelten, nicht separat in der Statistik ausgewiesen wird, wird diese Gütergruppe nicht einbezogen.
Man könnte zwar den Anteil schätzen, der als besonders klimaschützend klassifiziert wird³¹. Dabei ergibt sich aus methodischer Sicht das Problem, dass die amtliche Statistik als Datenbasis verlassen werden muss und evtl. aufwändige Sonderrechnungen und Datenrecherchen erforderlich würden. Bei einer derartigen Vorgehensweise könnte keine international vergleichende Analyse durchgeführt werden, da hierzu in Zeitreihen- und internationalen Querschnittsanalysen unterstellt werden müsste, dass sowohl im Zeitablauf als auch bei den ausländischen Anbietern ein konstanter bzw. gleich hoher Anteil klimaschutzrelevant ist. Diese Annahme ist aber völlig unrealistisch. Eine derartige Analyse könnte also lediglich dazu genutzt werden um herauszufinden, ob der besonders klimaschützende Anteil der statistisch erfassten Technologien einen bestimmten Anteil überschreitet.
- *Fall 4:* Es gibt Güter, die Komponenten enthalten, die als besonders klimaschützend klassifiziert werden können (z. B. effiziente Haushaltsgeräte). Von dem in der Statistik abgebildeten Bereich ist aber nur ein kleiner Anteil tatsächlich klimaschützend und die Disaggregation in Komponenten ist nicht möglich, da die Klimaschutzwirkung prozessintegriert ist und nicht weiter technisch aufgegliedert werden kann. Wenn es keine guten Gründe gibt, das in der Statistik abgebildete Aggregat komplett zu übernehmen (Fall 2), werden diese klimaschutzrelevanten Techniken bei der Liste potenzieller Klimaschutzgüter nicht einbezogen.

Die in die ISI-Liste aufgenommenen Klimaschutzgütergruppen sind auf der Basis des GP 2002 definiert worden. Sie bilden letztlich die Basis für den produktionswirtschaftlichen Ansatz zur Abschätzung von Produktionsvolumina, Import und Export von Klimaschutzgütern. Die Güterliste wurde nach dem „Schwerpunktprinzip“ zusammengestellt, d. h. es gibt wie bei der Liste von Umweltschutzgütern des StaBuA Unschärfen: Einerseits konnten bei weitem nicht alle Technologien erfasst werden, die zum Klimaschutz beitragen, insbesondere nicht die produktintegrierten. Zum anderen sind einige Güterklassen jedoch weiter gefasst und enthalten - allerdings nicht im Schwerpunkt - weitere Güter, die auch anderen Zwecken als dem des Klimaschutzes dienen können.

Deshalb muss auch hier das potenzialorientierte Element derartiger Listen betont werden, was jedoch für die überwiegend unter dem Gesichtspunkt der internationalen und technologischen Wettbewerbsposition formulierte Fragestellung keineswegs schädlich ist. Allerdings wurde bei der Festlegung der Liste potenzieller Klimaschutzgüter vergleichsweise restriktiv vorgegangen: Technologien, die nach Fall 3 einzugruppieren wären, und bei denen folglich der tatsächliche Bezug der statistischen Einheit zum Klimaschutz am schwächsten ausgeprägt ist, der Potenzialcharakter jedoch am stärksten zum Ausdruck käme, wurden ebenso wie die in Fall 4 beschriebenen Klimaschutzgüter komplett **nicht** in die Liste von potenziellen Klimaschutzgütern aufgenommen. Insgesamt dürfte der Bereich „Klimaschutz, Energie und Umwelt“ daher eher unter- als überschätzt sein.

³⁰ Richtlinie VDI 3800 „Ermittlung der Aufwendungen für Maßnahmen zum betrieblichen Umweltschutz“. Die Richtlinie des VDI unterscheidet Umweltschutzaufwendungen in drei Kategorien: Vermeidungs- und Beseitigungsaufwendungen, Planungs- und Überwachungsaufwendungen sowie Ausweich- und Schadensaufwendungen.

³¹ Wenn dieser Anteil einen bestimmten vorab zu definierenden Schwellenwert überschreitet (z. B. 30 oder 50 %), wäre dies ein Grund, den gesamten in der Statistik abgebildeten Bereich im Sinne des Potenzialansatzes aufzunehmen. Würde dieser Wert allerdings unterschritten, bliebe der gesamte Bereich unberücksichtigt.

1.1.2 Auseinandersetzung mit anderen Ansätzen

Der hier verwendete Ansatz wird - abgesehen von der Erweiterung um Klimaschutz - seit über einem Jahrzehnt verwendet und bedarf daher einer methodischen und konzeptionellen Überprüfung dahingehend, ob er die aktuelle Situation und Entwicklung auf dem Markt und Umweltschutzgüter und -leistungen noch realistisch abbilden kann und welche Weiterentwicklungen möglich sind. Im Folgenden wird kurz auf alternative Ansätze eingegangen, vor allem mit dem Ziel, für künftige Arbeiten methodische Inspiration zu bekommen. Angesichts der vielfältigen Annahmen, die zu treffen sind, und angesichts der Bewegung, die in der Umweltpolitik herrscht, stellt sich immer die Frage nach dem Revisionsbedarf des eigenen Ansatzes.

Der Vollständigkeit halber soll der Ansatz des StatBuA in der Erhebung der „**Waren, Bau- und Dienstleistungen, die ausschließlich dem Umweltschutz dienen**“ erwähnt werden. Die Ergebnisse für die Berichtsjahre 1997 bis 2003, mit denen der Markt für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen dargestellt werden soll, liegen vor. Allein schon die komplizierte Bezeichnung der Erhebung - „Waren, Bau- und Dienstleistungen, die ausschließlich dem Umweltschutz dienen“ - lässt ahnen, dass auf dem Weg zu dieser Statistik eine Reihe von definitorischen und praktischen Problemen zu bewältigen waren. Auch der lange zeitliche Verzug bis zur ersten Veröffentlichung von Ergebnissen deutet darauf hin, dass nicht alles reibungslos abgelaufen ist. Im August 2005 hat es jedoch eine Novelle gegeben, die der Statistik ein völlig neues Gesicht geben und viele Kritikpunkte ausmerzen wird.³²

Beachtung hat eine Untersuchung über die **Beschäftigungseffekte des Umweltschutzes** gefunden. Sie basiert auf einer Spezialauswertung des Betriebspanels des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung in Kooperation mit der Universität Kaiserslautern und dem Institut für Wirtschaftsforschung Halle³³. Dieser produktionsorientierte Ansatz ist prinzipiell geeignet, wenn es um die Ermittlung von Beschäftigungswirkungen geht. Vorteilhaft könnte es zudem sein, die Paneleigenschaften der Erhebung auszunutzen und die Merkmale der Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft mit anderen Merkmalen aus dem Panel zu kombinieren. Zu denken ist hierbei insbesondere an das Innovationsverhalten der Umweltschutzbetriebe. Als problematisch muss hingegen gelten, dass die Erhebungsbögen aus einem anderen Grundzusammenhang (Arbeitsmarktforschung) heraus zusammengestellt und vom Personalbüro ausgefüllt werden.

Die **OECD und Eurostat**³⁴ haben den Stand der Diskussion zur Erfassung und Abgrenzung der Umweltschutzwirtschaft und der in den Mitgliedsstaaten verfolgten Ansätze in einer Broschüre zusammengefasst. Sie haben auch selbst ein Analyseschema entworfen, sich jedoch nicht dazu durchringen können, den Mitgliedsländern eine Empfehlung zu geben. Die hinter der Systematik stehenden Grundüberlegungen sind allerdings derzeit internationaler Standard. Sie haben z. T. auch die vorliegende Untersuchung inspiriert. Deshalb sollte die dortige Definition der Umweltschutzwirtschaft auf den Prüfstand gestellt werden.³⁵

Der Ausgangspunkt der Initiative von Eurostat und OECD, eine gemeinsame Klassifikation und Abgrenzung der Umweltschutzwirtschaft zu erarbeiten, ist dem Ansatz des StaBuA (1994) sehr ähnlich:

³² Vgl. einige Bemerkungen bei Legler, Schmoch u. a. (2002) sowie die Dokumentationen VDI (2003) und StaBuA (2005).

³³ Vgl. Horbach, Blien, v. Hauff (2001) sowie die Anmerkungen hierzu bei Legler, Schmoch u. a. (2002).

³⁴ Vgl. OECD (1999a).

³⁵ Weitere Abgrenzungsversuche stammen u. a. von der Apec - insbesondere mit Ziel, Kriterien für außenhandelspolitische Maßnahmen im Bereich des Umweltschutzes zu formulieren helfen. Vgl. z. B. die Ausarbeitung von Steenblik (2005).

Im Grunde ist es eine produktionswirtschaftliche Betrachtung. Sie unterscheidet sich gedanklich vor allem dadurch vom StaBuA, dass neben dem traditionellen medienorientierten „Umweltschutzmanagement“ die Bereiche „saubere Technologien, Produkte und Dienstleistungen“ sowie „Ressourcenmanagement“ explizit in die Klassifikation eingeführt werden. Insofern wird das Konzept des „dualen Umweltschutzmarktes“ aufgegriffen und Elemente des „ökologischen Sektors“ mit einbezogen.

- Für die Zwecke der Umsetzung in empirische Analysen gehen Eurostat/OECD davon aus, dass die Güter und Leistungen der „Umweltschutzmanagementgruppe“ leicht identifizierbar sind und eindeutig dem Umweltschutz dienen. Hierzu gehören vor allem die traditionellen Umweltmedien sowie Erziehung/Ausbildung.
- Güter und Dienstleistungen aus der Gruppe „saubere Technologien und Produkte“ vermindern Umweltbeeinträchtigungen, aber sie werden nicht zuletzt für andere Zwecke und mit anderem Ziel eingesetzt und hergestellt (z. B. Ressourceneffizienz).
- Güter und Dienstleistungen aus der „Ressourcenmanagementgruppe“ (bspw. des Staates, von Dienstleistungsunternehmen usw.) werden nicht primär für Umweltschutzzwecke angeboten. Die Berücksichtigung dieser Gruppe trage dem Gedanken einer dauerhaft zukunftsfähigen Entwicklung besser Rechnung als das traditionelle Umweltschutzverständnis. Hierzu zählen Raumluftkontrolle, Wasser/Trinkwasser, Recycling, Erneuerbare Energien, rationelle Energieverwendung und -umwandlung, nachhaltige Land- und Forstwirtschaft/Fischerei, Risikomanagement, Ökotourismus.

Des Weiteren gibt die Studie noch einen wichtigen Hinweis in Richtung Aussagekraft der verschiedenen Statistiken. Sie empfiehlt vor allem eine parallele Betrachtung von Angebot und Nachfrage, einmal, um buchhalterisch Konsistenz zu bekommen und zum anderen, um die Umweltschutzaktivitäten auch besser in das System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung einpassen zu können.

OECD/Eurostat haben besonders deutlich darauf hingewiesen, welche Probleme entstehen, wenn in den nationalen Statistiken nicht danach unterschieden wird, ob der Umweltschutz Haupt-, Neben- oder gar nur Hilfszweck der angesprochenen Aktivität ist. Denn letztlich führt die vollständige Erfassung aller Aktivitäten zu einer extremen Überschätzung.³⁶ An dieser Stelle bestünde theoretisch auch ein Anknüpfungspunkt, die vorhandenen Güter- und Dienstleistungsklassifikationen entsprechend zu ergänzen. Denn die Tendenz zur Überschätzung ist ja auch dem potenzialorientierten Ansatz inhärent.

Ein - wie erwähnt - weitgehend identischer gedanklicher Einstieg in die Materie heißt jedoch noch längst nicht, dass bei der empirischen Umsetzung der Gedanken jeweils auch weitgehend die gleichen Güter- und Dienstleistungsgruppen enumeriert werden. Dies gilt³⁷ nicht einmal für den Kernbereich des Umweltschutzgüterangebots aus der Verarbeitenden Industrie. So geht auch aus den Erläuterungen, Erklärungen und Empfehlungen für die konkrete statistische Erfassung hervor, dass selbst nach eingehender Beschäftigung von Experten mit der Thematik keine leicht zugängliche Methode zur Datenerfassung vorgeschlagen werden kann.³⁸ Die zunehmende Bedeutung von sauberen Technologien und Produkten für eine nachhaltige Entwicklung wird zwar angesprochen, gleichzeitig wird jedoch auf die Definitions-, Abgrenzungs- und Erfassungsprobleme hingewiesen. Nur etwa 1 % der

³⁶ Vgl. Sprenger u. a. (2002).

³⁷ Vgl. Legler (2003).

³⁸ Vgl. Köppl (2000).

weltweiten Umweltschutzgüterausfuhren nach OECD/Eurostat-Abgrenzung würde der Gruppe der „sauberen Technologien“ zugerechnet werden können.³⁹

Letztlich können sich auch OECD/Eurostat nicht dazu durchringen, eine einheitliche Liste von Aktivitäten im Umweltschutz vorzuschlagen. Einerseits geschieht der Verzicht aus Respekt vor den Problemen der empirischen Erfassung in den Mitgliedsländern, andererseits jedoch auch mit Rücksicht auf die nationalen Besonderheiten des Umweltschutzes, wie sie sich bspw. in unterschiedlichen Umweltnormen, aber auch in Unterschieden in der Arbeitsteilung zwischen Wirtschaft und Staat niederschlagen. Insofern bliebe - selbst wenn man die Eurostat/OECD-Rahmendefinition akzeptieren würde - genügend Spielraum für die Berücksichtigung nationaler Eigenheiten.⁴⁰

Allerdings: Dies führt im Zusammenhang mit der Thematik der technologischen Leistungsfähigkeit und internationalen Wettbewerbsposition der deutschen Umweltschutzindustrie nicht sehr viel weiter. Denn hier ist es ja geradezu Randbedingung, international vergleichende Analysen anzustellen. Insofern muss für die hier verfolgten Ziele eine praktikable Definition gefunden werden. Dies mag anders sein, wenn man bspw. konkrete Marktstudien anfertigen möchte. Dann muss man zwangsläufig mit beiden Beinen auf der Erde stehen und den Abstraktionsgrad deutlich senken. Man bekommt dafür jedoch auch mehr methodische Gestaltungsfreiheit. Die Erstellung von Marktstudien ist jedoch nicht Ziel dieser Studie.

Ein Versuch der praktischen Umsetzung des OECD/Eurostat-Ansatzes ist vor allem in Österreich⁴¹ unternommen worden. Hierbei hat sich gezeigt, dass über sekundärstatistisches Material die Sektoren „saubere Produkte und Technologien“ sowie „Ressourcenmanagement“ nur schwer greifbar sind. Deshalb ist dort der angebotsseitige Ansatz mit nachfrageseitigen Daten aus der Umweltschutzausgabenerhebung kombiniert worden. Ergänzend wurden Firmenbefragungen durchgeführt und Schätzungen vorgenommen.⁴² Umsetzungsversuche hat es auch in den Niederlanden und in Schweden gegeben.⁴³ Ein Vergleich aller drei Versuche zeigt jedoch, dass die daraus entstandenen Abgrenzungen nicht das Geringste miteinander zu tun haben.

Insbesondere hat sich aus den Weiterarbeiten an Umweltschutzgüterlisten seit 1994 nach der Integration des Klimaschutzes bislang kein grundlegender Revisionsbedarf der StaBuA-Liste ergeben. Weder die Ausschließlichkeitsabgrenzung des StaBuA zur Erhebung von Waren, Bau- und Dienstleistungen noch die OECD/Eurostat-Arbeiten haben weitergeführt. Es mag sein, dass sich aus technologischer Sicht die eine oder andere Modifikation aufdrängt; diese erschließt sich jedoch nicht aus dem Studium der Listen, sondern müsste einem Expertengremium überlassen bleiben. Es dürfte jedoch als sicher gelten, dass der novellierte Erhebungsansatz des StaBuA weitere Erkenntnisse für die Statistik und marginale Fortschritte für die Anwendbarkeit auf die internationalen Handelsbeziehungen bringen wird.

Insofern werden die folgenden empirischen Untersuchungen auf der Basis der eigenen Liste fortgeführt - natürlich wie immer mit der gebotenen kritischen Distanz.

³⁹ Vgl. Legler (2003).

⁴⁰ Wie hoch der Ermessensspielraum ist, zeigt zudem eine „synthesis of submissions on environmental goods“ der EU (2005). Dort sind eine Reihe von Vorschlägen aus verschiedenen Ländern einander gegenüber gestellt worden.

⁴¹ Faksimilierte Unterlagen des Österreichischen Statistischen Amtes.

⁴² Vgl. auch Sprenger u. a. (2002).

⁴³ Vgl. Dietz, Kuipers, Salomons (2000) bzw. Tängdén u. a. (2000).

1.2 Produktionsvolumen und Produktionsstruktur

Im Folgenden werden Schätzungen zum industriellen Umweltschutzgüterproduktionspotenzial in Deutschland auf der Basis des eigenen methodischen Ansatzes vorgenommen, um die Bedeutung der Umweltschutzindustrie für die industrielle Produktion anzudeuten. Diese Schätzungen beziehen sich ausschließlich auf die Produktion von Gütern im engeren Sinne und tangieren damit lediglich die Verarbeitende Industrie als den „harten Kern“ der Umweltschutztechnik. Sie starten hier mit Berichtsjahr 2002, weil gemeinsame Schätzungen zur Umweltschutzindustrie **und** zur Klimaschutzindustrie lediglich für den aktuellen Zeitraum 2002 bis 2005 zusammengeführt werden können. Für den „klassischen Umweltschutz“ allein liegen auch längere Zeitreihen und Analysen vor⁴⁴.

Produktion und Nachfrage

Das Umweltschutzgüterproduktionspotenzial in Deutschland kann man nach dem Schätzansatz auf der Basis der StaBuA/ISI-Liste für das Jahr 2005 auf knapp 55 Mrd. € schätzen (Tab. 1.2.1). Empirische Erfahrungen mit Ergebnissen auf der Grundlage einer sehr ähnlichen Systematik sowie aus Unternehmensbefragungen Mitte der 90er Jahre deuten darauf hin, dass 35 bis 40 % des potenziellen Umweltschutzgüterproduktionsvolumen auch **tatsächlich** dem Umweltschutz dienen.⁴⁵ Geht man davon aus, dass sich an diesen Relationen nicht viel geändert hat, dann dürfte im Jahr 2005 das tatsächliche Umweltschutzgüterproduktionsvolumen 19 bis 22 Mrd. € betragen haben.

Demnach entfallen 4,8 % der gesamten Industrieproduktion auf potenzielle Umweltschutzgüter, d. h. knapp 5 % der Industrieproduktion **können** für Umweltschutzzwecke mobilisiert werden. Dieser Anteil hat sich seit der zweiten Hälfte der 90er Jahre als einigermaßen stabil erwiesen (Tab. A.1.2.1), wobei es nach leichten Einbußen Anfang des Jahrhunderts seit 2002 wieder einen Produktionsschub gegeben hat, vornehmlich getragen von MSR-Technik sowie Elektronik mit Umweltschutzpotenzial (Tab. 1.2.1). Mit anderen Worten: Das Umweltschutzgüterproduktionspotenzial hat insgesamt im vergangenen Jahrzehnt keinen starken Wachstumsschub erlebt, sondern sich vielmehr der allgemeinen industriekonjunkturellen Entwicklung angepasst. Sein Anteil an der Industrieproduktion liegt damit auch deutlich unter dem, der in der ersten Hälfte der 90er Jahre realisiert werden konnte⁴⁶. Das Wachstum blieb somit hinter den Erwartungen zurück, die noch in den 90er Jahren an die ökonomischen Effekte des Umweltschutzes geknüpft worden waren. Die Umweltschutzindustrie ist im Konjunkturverlauf eher als Mitläufer denn als treibende Kraft anzusehen. Lediglich erneuerbare Energien sowie MSR-Technik - auch für Gewässerschutz - konnten in den letzten Jahren überdurchschnittlich expandieren. Gezielte staatliche Förderung vor allem über das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) hat diesen Schwung mit bewirkt.

⁴⁴ Vgl. Legler, Walz u. a. (2006) sowie Tab. A.1.2.1.

⁴⁵ Vgl. Gehrke, Legler, Schasse (1995).

⁴⁶ Nach Gehrke, Grupp u. a. (1995) lag der Anteil 1993 noch bei knapp 5 % für den „klassischen Umweltschutz“ allein.

Tab. 1.2.1: Produktion von potenziellen Umweltschutzgütern in Deutschland nach Umweltarten und Wirtschaftszweigen 2002 bis 2005

- in Mrd. €-

Umweltarten	2002	2003	2004	2005
Abfall	2,9	2,8	3,1	3,5
Abwasser	9,7	9,9	10,7	11,4
Luft	14,1	14,6	15,5	15,8
Mess-, Steuer-, Regeltechnik	13,0	13,4	14,5	15,3
Energie/Umwelt ¹	9,0	9,4	10,0	10,0
<i>darunter</i>				
Güter zur rationellen Energieverwendung	6,0	6,4	6,3 *	6,4 *
Güter zur rationellen Energieumwandlung	1,2 *	1,0 *	0,9	1,0
Güter zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen	1,7	2,1	2,8	2,6
insgesamt²	47,4	48,5	52,5	54,6
<i>nachrichtlich:</i>				
Anteil an der Industrieproduktion insg. in %	4,7	4,8	4,9	4,8
Wirtschaftszweig	2002	2003	2004	2005
Maschinenbau	21,6	21,9	23,8	24,8
Mess-, Steuer-, Regeltechnik	8,2	8,3	8,9	9,3
Elektrotechnik	4,5	4,9	5,5	5,1
Glas, Keramik, Steine, Erden	3,6	3,5	3,6	3,6
Metallerzeugung	2,8	2,8	3,2	3,5
Gummi-/ Kunststoffverarbeitung	2,5	2,7	2,9	3,0
Metallverarbeitung	1,4	1,4	1,4	1,5
Elektronik, Medientechnik	0,4	0,5	0,9	1,3
Chemische Industrie	1,2	1,0	1,1	1,2
Textilindustrie	0,5	0,6	0,5	0,6
Papierindustrie	0,5	0,5	0,5	0,5

1) ohne Wärmepumpen. - 2) Inkl. Lärmschutz, um Mehrfachzuordnungen bereinigt.

*) Teilweise geschätzt.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 3.1 sowie Sonderauswertungen. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Überschlägig lässt sich ermitteln, aus welchen Komponenten sich die Ausweitung des Umweltschutzgüterproduktionspotenzials gespeist hat: Ob überwiegend die **Nachfrageexpansion** im Inland oder die **Auslandsnachfrage** die - bescheidene - Dynamik der Umweltschutzgüterproduktion entfacht hat:

- Die sichtbare Inlandsnachfrage nach potenziellen Umweltschutzgütern ergibt sich rechnerisch aus der Produktion abzüglich des Exportüberschusses.⁴⁷
- Während nach dieser Formel das sichtbare Inlandsnachfragevolumen im „klassischen Umweltschutz“ (in jeweiligen Preisen gerechnet) in den Jahren 2002 bzw. 2004 fast genau so hoch war wie im Jahr 1995, waren die Produktionspotenziale in diesem Zeitraum um gut 6 bzw. 10 Mrd. € gestiegen.
- Mit anderen Worten: Die Ausweitung des industriellen Umweltschutzgüterproduktionspotenzials ist rechnerisch ausschließlich auf die Verbesserung der Absatzmöglichkeiten im Ausland zurückzuführen.
- Die Bedeutung des Auslandsgeschäfts für die Entwicklung der Umweltschutzwirtschaft kann man auch recht gut aus den Erhebungen des StaBuA analysieren⁴⁸. Der Auslandsumsatz macht in einer

⁴⁷ Zur Berechnung des Exportüberschusses vgl. Abschnitt 5.

„Marginalbedeutung“ praktisch das gesamte Wachstum der Unternehmen mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz zwischen 1998 und 2002 aus: So stagnierte der Inlandsumsatz praktisch in der Phase von 1998 bis 2002; der gesamte Umsatzzuwachs ist auf das Auslandsgeschäft entfallen.

- Geringfügige Modifikationen in der Beurteilung ergeben sich, wenn Klimaschutzgüter in die Betrachtung mit einbezogen werden: Dann kann zwischen 2002 und 2004 von einer Steigerung der sichtbaren Inlandsnachfrage von knapp 2 Mrd. € und von einer Produktionssteigerung von 5 Mrd. € ausgegangen werden. Dann bleibt per Saldo zwar immer noch eine starke Exportabhängigkeit der Umweltschutzgüterproduktionspotenzialdynamik insgesamt. Im Klimaschutz ist jedoch die Inlandsnachfrage die treibende Kraft. Deren Zuwachs konnte zudem in jüngster Vergangenheit nur mehr zur Hälfte durch Inlandsproduktion bedient werden.

Produktionsstruktur

Das Umweltschutzgüterproduktionspotenzial setzt sich nach **Tätigkeitsfeldern** betrachtet zusammen aus⁴⁹

- Luftreinhaltetechnologien (29 % mit mittelfristig leicht zunehmender Bedeutung),
- MSR-Geräten für den Umweltschutz (28 % mit kontinuierlich wachsenden Strukturanteilen),
- Technologien für den Gewässerschutz und die Abwasserbehandlung (21 %, leicht steigende Tendenz),
- Klimaschutzgütern (gut 18 %, expansive Entwicklung bei erneuerbaren Energien, rückläufiger Anteil bei rationeller Energieverwendung und -umwandlung),
- Abfalltechnologien (gut 6 %, mit stabiler Bedeutung) sowie
- Lärmschutzgütern, die jedoch in der Statistik beim hier gewählten Ansatz nur schwer nachweisbar sind.

Die Umweltschutzwirtschaft erfüllt quasi eine Brückenfunktion zwischen ressourcenintensiven Strukturen und umweltschonenden Produktionsverfahren. Sie trägt über den Einsatz von technologischem Wissen zu Umweltschutzlösungen und zur Schonung von knappen Ressourcen bei. Die Umweltschutzwirtschaft ist erfahrungsgemäß überdurchschnittlich FuE-intensiv. Eine Konsequenz der hier vorgenommenen „synthetischen“ Erfassung der Umweltschutzwirtschaftspotenziale ist zwar, dass aus bestehenden Statistiken keine sektoralen Daten zum Innovationsverhalten bzw. zu den Innovationspotenzialen (bspw. FuE- und Humankapitaleinsatz) zur Verfügung stehen. Vielmehr müssen diese Daten über einen Rückgriff auf vorhandene Studien, die mit eigenen Erhebungen diesen Faktoren auf die Spur gekommen sind, abgeschätzt werden (Abschnitte 3 und 4). Allerdings kann man davon ausgehen, dass sich die Faktorintensitäten innerhalb einer Wirtschaftsklasse nicht grundlegend unterscheiden, so dass man über die sektorale Zugehörigkeit von Umweltschutzbetrieben und mit Hilfe eines „interpretativen Brückenschlages“ in gewisser Weise von den sektoralen Schwerpunkten der Umweltschutzindustrie auch auf ihr Innovationspotenzial schließen kann.

So gesehen bestätigt sich bei einer Aufgliederung des Umweltschutzgüterproduktionspotenzials nach seiner sektoralen Herkunft die These von der überdurchschnittlich hohen FuE-Intensität des Umweltschutzgüterangebots in Deutschland. Denn drei Viertel des Umweltschutzgüterproduktionspotenzials konzentriert sich auf **forschungs- und wissensintensive Industriezweige**. Es beanspruchen der Ma-

⁴⁸ Vgl. Legler, Walz u. a. (2006).

⁴⁹ Wegen Mehrfachzuordnungen ergeben sich bei der Summe der Anteile der einzelnen Umweltbereiche mehr als 100 %.

schienenbau gut 45 % (insbesondere in der Luftreinhaltung), die MSR-Technik gut ein Sechstel, Elektrotechnik 9 bis 10 %, Glas/Keramik/Steine/Erden, Metallerzeugung und Gummi-/Kunststoffverarbeitung rund 5 bis 6 % der Produktion. Aus der Metallverarbeitung, der Elektronik und der Chemischen Industrie kommen jeweils zwischen 2 und 3 % des Umweltschutzgüterproduktionspotenzials.

Aus Einzelstudien gibt es zusätzlich eine Reihe von Indizien dafür, dass die Umweltschutzsparten in den Unternehmen im Schnitt höhere Ansprüche an das Innovationspotenzial stellen als die übrigen Bereiche.⁵⁰ So ist die FuE-Intensität sowie das Qualifikationsniveau der Beschäftigten (gemessen am Akademikeranteil) in den Umweltsparten der Betriebe vielfach deutlich höher als im Gesamtbetrieb. Man kann dies unter verschiedenen Blickwinkeln sehen. Besonders ragen heraus⁵¹

- die Hersteller von Anlagen und Komponenten, die meist aus forschungsintensiven Industrien stammen,
- Anbieter aus dem Marktsegmenten Energie/Umwelt, Verfahrenstechnik, Luftreinhaltung und Gewässerschutz sowie
- nach der technologischen Ausrichtung die Anbieter integrierter Technologien und umweltfreundlicher Produkte.

Insofern kann als Zwischenergebnis festgehalten werden, dass die Umweltschutzindustrie mit ihrer Struktur, ihren Anforderungen an das Qualifikationsniveau des Personals sowie an Innovationsfähigkeit und FuE-Aktivitäten durchaus zu dem Anforderungsprofil passt, das einer hoch entwickelten Volkswirtschaft wie Deutschland gut zu Gesicht steht. Dies wird später noch einmal deutlich werden, wenn das Innovationsverhalten der Umweltschutzwirtschaft analysiert wird (Abschnitt 4).

⁵⁰ Vgl. Gehrke, Schmoch u. a. (2002) sowie Löbke, Horbach u. a. (1994) und Horbach, Blien, v. Hauff (2001).

⁵¹ Gehrke, Schmoch u. a. (2002).

2 Förderung der Umweltforschung und Umweltschutzausgaben im internationalen Vergleich

Aus umweltpolitischer Sicht ist es notwendig, die Chancen des Strukturwandels im weitesten Sinne zu einer nachhaltigen Entwicklung zu nutzen. „Strukturwandel“ beinhaltet die Veränderung der Präferenzen der Bevölkerung, der internationalen Arbeitsteilung, der sektoralen Zusammensetzung der Produktion sowie der eingesetzten Technologien und Produktionsverfahren. Umwelttechnischer Fortschritt trägt wesentlich hierzu bei, indem durch umwelttechnische Innovationen eine (relative) Entkoppelung von wirtschaftlichem Wachstum einerseits und Umwelt- und Ressourcenverbrauch andererseits erreicht werden kann. Diese auf Ressourceneffizienz basierende Strategie zur langfristigen Sicherung endlicher Ressourcen und Erhaltung der Umweltqualität stellt dabei grundsätzliche sozio-ökonomische und wirtschaftspolitische Ziele nicht in Frage. Suffizienzstrategische Ansätze hingegen, die im Rahmen der Nachhaltigkeitsdebatte eine absolute Entkoppelung von Wachstum und Ressourcenverbrauch durch Verhaltensänderung und Expansionsgrenzen in den Mittelpunkt einer nachhaltigen Entwicklung im Sinne der Agenda 21 rücken, sind sehr wohl Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion, haben in der praktischen Umsetzung nationaler Nachhaltigkeitsstrategien jedoch keine Relevanz⁵².

2.1 Zum Wechselspiel von umweltpolitischer Regulierung und Innovationspolitik

Der ökologischen Problemlösungskapazität technologischer Innovationen wird daher eine besondere Bedeutung beigemessen. Die Eindämmung persistenter Umweltprobleme wie auch die Vermeidung von neuen Umweltbelastungen erfordert neue technologische Entwicklungen. Es stellt sich daher die Frage, wie Umweltschutzinnovationen angestoßen werden (können), aber auch, welche Innovationen bzw. technologischen Pfade die ökologisch „richtigen“ sind, die sowohl die ökologische als auch die ökonomische Leistungsfähigkeit der Anwender verbessern bzw. nicht verschlechtern. Integrierte Umweltschutzlösungen sind sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht gegenüber additiven Maßnahmen dominant: Ihnen sind Ressourcen- und damit Kosteneinsparungs- sowie Umweltentlastungspotenziale inhärent, woraus sich eine Entkoppelung von Wachstum und Umweltverbrauch ableitet. Dennoch können integrierte Umweltschutzlösungen additive Maßnahmen nicht gänzlich substituieren. Nur eine Kombination beider Arten kann zu einer optimalen ökologischen wie auch ökonomischen Lösung führen⁵³.

Wie sind jedoch die Interessenlagen einzuschätzen? Für **Unternehmen** besteht ökonomisch meist nur dann ein Anreiz, in Umweltinnovationen zu investieren (FuE, Sachinvestitionen, Organisation), wenn der Nutzen bzw. Gewinn die Kosten übersteigt. Dabei sind die Unternehmen nach ihrer Motivation zu differenzieren⁵⁴:

- Zum einen sind es vor allem Anreize durch umweltpolitische Regulierungen, Normen und Instrumente. Durch umwelttechnologische Neuerungen sollen Kosten der Nichtbeachtung umweltpolitischer Auflagen vermieden werden.

⁵² Vgl. hierzu die Beiträge in Beckenbach u. a. (2005), Seiter (2005) und Huber, Krämer, Kurz (2005).

⁵³ Vgl. von Hauff (2005a und 2005b).

⁵⁴ Vgl. von Hauff (2005b) und Rennings (2005). Zur Übersicht vgl. auch Walz, Sonntag (2006). U. a. werden auch Erhalt und Vergrößerung des Marktanteils sowie Umweltbewusstsein und Reputation aufgeführt.

- In vielen Fällen werden diese Innovationen aber nicht durch die Anwender selbst, sondern durch Anbieter von Umweltschutzlösungen ermöglicht. Die Innovationsmotivation ist wettbewerblicher Art und ist durch die Marktnachfrage und Erwartungen zukünftiger Marktentwicklungen determiniert, die sich mit der Diffusion umweltpolitischer Regulierungen, Normen und Instrumente ausweiten.
- Insbesondere bei prozessintegrierten Innovationen ist es nicht immer eindeutig, ob die Motivation umweltpolitischen oder betriebswirtschaftlichen Überlegungen entspringt. Dort, wo Innovationen zu einer Steigerung der Ressourceneffizienz führt, werden auch die Produktionskosten verringert - bspw. als Reaktion auf eine Veränderung der relativen Preise. Nicht immer wird diese Art von Umweltinnovation von den Unternehmen auch als Umweltschutz wahrgenommen. Hinzugewonnene Handlungsspielräume durch einen effizienteren Ressourceneinsatz können auch dafür verwendet werden, bei gegebenem Ressourceneinsatz den Produktionsoutput zu erhöhen und in zusätzliches Wachstum umzusetzen.

Der Markt für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen hat keine eigenständige Dynamik. Er wird maßgeblich erst durch staatliches regulatorisches Eingreifen induziert und in Gang gehalten; **umweltpolitische Instrumente** haben daher einen starken Einfluss auf **Umweltinnovationen**⁵⁵. Das Wirkungsgefüge von Umwelttechnik und Umweltpolitik ist durch unterschiedliche Konstellationen gekennzeichnet:

- Zum einen vermögen technologische Lösungen von Umweltschutzproblemen Politikinnovationen zu induzieren, die der Technologiediffusion wiederum förderlich sind. Auch kann die Diffusion einer umwelttechnologischen Innovation eine sie unterstützende Politik nach sich ziehen.⁵⁶
- Andererseits - und dies wird der häufigere Fall sein - können auch umweltpolitische Rahmenbedingungen als „demand-pull“-Faktoren umwelttechnologische Innovationen hervorrufen, deren Ausbreitung eine (internationale) Diffusion der Politikinnovation nach sich ziehen kann⁵⁷.

Es ist nicht immer gewährleistet, dass Umweltinnovationen auch zu den gewünschten umweltpolitischen Zielen führen. Umweltprobleme erfordern gelegentlich auch einschneidende technologische und organisatorische Innovationen und damit ein Verlassen „ausgetretener“ Technologiepfade. Dies ist - wie jeder Strukturwandel - mit technologischen Risiken für Innovatoren verbunden. Es liegt daher nahe, dass der Staat nicht nur (indirekt) ordnungsrechtliche Anreize geben sollte, sondern die Regulierung auch direkt über innovationspolitische Maßnahmen wie Forschungsförderung oder eigene Forschung flankieren sollte. Damit werden einerseits die umwelttechnologischen Möglichkeiten ausgeweitet, zum anderen wird das Risiko bei innovierenden Unternehmen gesenkt. Gerade dort, wo Märkte ohne immanente Eigendynamik entstehen sollen, ist der Staat besonders gefordert: Das innovationspolitische Gebot der Förderung von Wissenschaft, Forschung und experimenteller Entwicklung zum Ausgleich von Marktversagen wird durch das Argument der den Umweltschutzmärkten immanenten Trägheit verstärkt. Innovationspolitik einerseits und umweltpolitisch gebotene Regulierung von Märkten andererseits sind daher konsistent miteinander zu formulieren. Insbesondere sollten Regulierungen Verlässlichkeit signalisieren und über eine „Technologieperiode“ hinweg Gültigkeit haben, damit die Unternehmen stabile Grundlagen für ihre Innovations- und Investitionsplanungen haben.

⁵⁵ Vgl. Rennings (2005) und die dort zitierte Literatur sowie Köppl (2005).

⁵⁶ Z. B. die Katalysatorernte bei PKW oder Rauchgasentschwefelung (vgl. Volkery, Jänicke, 2003).

⁵⁷ Z. B. Cadmium-Substitute (vgl. Volkery, Jänicke, 2003).

Nicht zuletzt beinhalten innovationspolitische Maßnahmen aber auch die Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit einer innovativen Umweltschutzindustrie, der sich mit zunehmender Diffusion von umweltpolitischen Standards neue Märkte eröffnen. Denn durch zunehmende transnationale Abkommen zum Umweltschutz⁵⁸ aus der Erkenntnis heraus, dass geoökologische Systeme über Staatsgrenzen hinaus wirken, wird der Diffusionsprozess innovativer Umweltpolitik beschleunigt. Damit rücken aber auch Fragen nach der Leistungsfähigkeit der Wissenschaft, der Umsetzung von FuE-Ergebnissen in marktorientierte Erfindungen, dem Innovationsverhalten und der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Anbieter von Umweltschutztechnologien im internationalen Vergleich in den Mittelpunkt (vgl. Abschnitte 3 bis 5).

Das globale - wenn auch nicht immer erfolgreiche, aber gemeinsame - Streben nach einer ökologisch tragbaren Entwicklung ermöglicht den „Pionieren“ im Umweltschutz „first mover“-Vorteile, in dessen Entwicklungsverlauf nationale Pioniermärkte entstehen, die mit der internationalen Diffusion von Technologien zu Leitmärkten avancieren können⁵⁹. Fallstudien⁶⁰ zeigen, dass Leitmärkte für Umweltinnovationen über die generellen Leitmarktfaktoren⁶¹ hinaus zusätzliche Faktoren voraussetzen: Neben ordnungs- und innovationspolitischen Maßnahmen des Staates ist dies auch ein gesellschaftspolitischer Lernprozess, der durch eine Vielzahl von Maßnahmen, Instrumente und Akteure gekennzeichnet und der Prägung einer umweltfreundlichen Nachfragepräferenz förderlich ist⁶². Auch die inländische Nachfrage - insbesondere des Staates - nach Umweltschutzlösungen spielt daher eine Rolle (Abschnitt 2.3).

2.2 Öffentliche Förderung von Umweltschutzforschung und -wissenschaft

Eine Begründung für staatliche Forschungsaktivitäten und damit für die öffentliche Förderung von FuE liegt in der Lücke zwischen volkswirtschaftlichen und betriebswirtschaftlichen Erträgen von FuE-Aktivitäten (Marktversagen). Dies gilt besonders für die Grundlagenforschung, so dass die öffentliche Forschung hier vor allem ihren Auftrag sieht. Eine weitere Begründung liefern Aufgaben öffentlichen Interesses wie Gesundheit, äußere Sicherheit oder auch Umweltschutz. Diese entziehen sich zwar zunächst einer ökonomischen Bewertung, können in langfristiger Sicht aber durchaus auch aus privatwirtschaftlicher Sicht, sprich für Unternehmen, profitabel sein.

Dem Staat kommt bei Umwelttechnologien eine besondere Bedeutung zu. Einerseits setzt er über Normen und Standards der Umweltpolitik die Randbedingungen für Innovationen und deren Diffusion. Andererseits hat er gerade auf diesem Feld unabhängig von Fragen der technologischen Leistungsfähigkeit der Wirtschaft eigenständige (umweltpolitische) Ziele zu verfolgen. Aber auch diese „Vorsorgefunktion“ mag ihre Effekte auf die technologische Leistungsfähigkeit der Wirtschaft haben: Denn Fortschritte in Wissenschaft und Forschung erweitern nicht nur die umweltpolitischen Optionen

⁵⁸ Eine Zusammenstellung transnationaler Abkommen ist in OECD (2004) ersichtlich.

⁵⁹ Vgl. Blazejczak (1999), Taistra (2001) und für empirische Befunde Jacob u. a. (2005).

⁶⁰ Jacob u. a. (2005).

⁶¹ Der Begriff des Lead Market wird in der Literatur unterschiedlich verwendet, z. T. nachfrageseitig, z. T. technologieeitig. Der von Beise (2000) in die Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands eingebrachte Begriff „lead market“ bezieht sich eher auf die nachfrageseitige Funktion. Lead Markets sind regionale Märkte (in der Regel Länder), die ein bestimmtes Innovationsdesign früher als andere Länder nutzen und über spezifische Eigenschaften (Lead Market-Funktionen) verfügen, die die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass in anderen Ländern das gleiche Innovationsdesign ebenfalls breit adaptiert wird. Dies eröffnet dem innovierenden Land große Exportmöglichkeiten. Die Lead Market-Faktoren sind Nachfrage-, Preis-, Transfer-, Export- und Marktstrukturvorteil.

⁶² Bspw. Abbau von Informationsdefiziten, Umweltbildung, Positionierung, Wahrnehmung und Durchsetzungsvermögen umweltpolitischer Nichtregierungsorganisationen.

der Gesellschaft, sondern auch die technologischen Optionen der Unternehmen. Diese „doppelte Externalität“⁶³ verdeutlicht, dass technologische Neuerungen im Umweltbereich für Entstehung und Verbreitung der staatlichen Förderung und politischen Flankierung bedürfen.

2.2.1 Staatliche Ausgaben für Umweltforschung

In den 90er Jahren hat Umweltschutz auf der politischen Tagesordnung der meisten Industrieländer eine deutlich steigende Bedeutung erhalten.⁶⁴ Eine Möglichkeit, den Anteil an den Ressourcen abzuschätzen, den die Staaten der Vorsorge im Umweltschutz zuweisen, ist die Analyse der staatlichen Umwelt-FuE-Programme. Dies ist gleichsam ein messbarer Ausdruck für das Gewicht, das Umweltschutz als technologiepolitisches Ziel genießt.

In der international harmonisierten Statistik werden die staatlichen Mittelzuweisungen für FuE nach „sozio-ökonomischen Zielen“ aufgliedert, darunter auch für das Ziel Umweltschutz. Hierunter fallen alle staatlichen FuE-Ausgabenansätze, die auf eine „unzerstörte physische Umwelt“ abzielen (Luft, Wasser, Abfall, Boden, Lärm, Strahlenschutz). Allerdings geben diese Zahlen ein unvollständiges Bild wieder, weil sie nur die Programme und Projekte erfassen, in denen Umweltschutz als Hauptzweck angegeben wird. Nicht zugerechnet werden Maßnahmen, in denen Umweltschutz nicht an erster Stelle genannt wird⁶⁵. Daher dürften die Statistiken die staatlichen Anstrengungen zur Unterstützung von FuE im Umweltschutz dort unterschätzen, wo Umweltschutz gleichsam ein „Nebenprodukt“ der technologischen Forschung ist.

Im Jahr 2004 betragen die staatlichen FuE-Aufwendungen für den Umweltschutz in den OECD-Ländern insgesamt rund 3,6 Mrd. \$.⁶⁶ Das sind 2,1 % aller zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in den OECD-Ländern (vgl. Tab. 2.2.1). In der EU⁶⁷ hat dieser Posten innerhalb der staatlichen FuE-Ausgaben eine größere Bedeutung. Hier umfassen die FuE-Aufwendungen für Umweltschutz 3,1 % der staatlichen FuE-Budgets insgesamt, mit gut 1,9 Mrd. \$ sind dies rund 54 % der Ausgaben aller OECD-Länder. Seit 1991 sind die staatlichen FuE-Ausgaben für den Umweltschutz in der OECD insgesamt um gut vier Fünftel gestiegen (vgl. Abb. 2.2.1), praktisch in ähnlichem Rhythmus wie in den EU-Ländern. Der Anteil an den gesamten staatlichen FuE-Ausgaben hat sich jedoch nicht merklich verändert. Dieses war in der Dekade von 1981 bis 1991 noch anders: Mit der Verdoppelung (schätzungsweise) der staatlichen FuE-Ausgaben für den Umweltschutz bis 1991 in der OECD sowie einer Verdreifachung in der EU⁶⁸ konnte sich der Umweltschutz in der staatlichen Forschungsförderung etablieren und hat sich zu Beginn der 90er Jahre auf einen Anteil von etwas mehr als 2 % am gesamten staatlichen FuE-Budget in der OECD bzw. 3 % in der EU eingependelt. Seit Mitte der 90er Jahre hat Umweltschutz als innovationspolitische Aufgabe in den staatlichen FuE-Budgets jedoch wieder etwas an Gewicht verloren.

⁶³ Vgl. Staiß, Nitsch, Edler, Lutz u. a. (2006).

⁶⁴ Vgl. OECD (2002).

⁶⁵ Bspw. die Bereiche „Erzeugung, Verteilung und rationelle Nutzung der Energie“ sowie „Infrastrukturmaßnahmen und Raumgesamtplanung“.

⁶⁶ Es liegen nicht für alle OECD-Länder für jedes Jahr Daten vor. Daher sind Aggregatangaben zur OECD bzw. zum EU-Raum jeweils als grober Anhaltspunkt anzusehen.

⁶⁷ Die EU-Staaten umfassen nur Mitgliedstaaten vor der Erweiterung am 01.05.2004 und mit kontinuierlichen statistischen Meldungen.

⁶⁸ Bezogen auf Länder, für die Daten von 1981 und 1991 vorliegen. EU meint alle Länder, die am 30. 4. 2004 Mitglied waren.

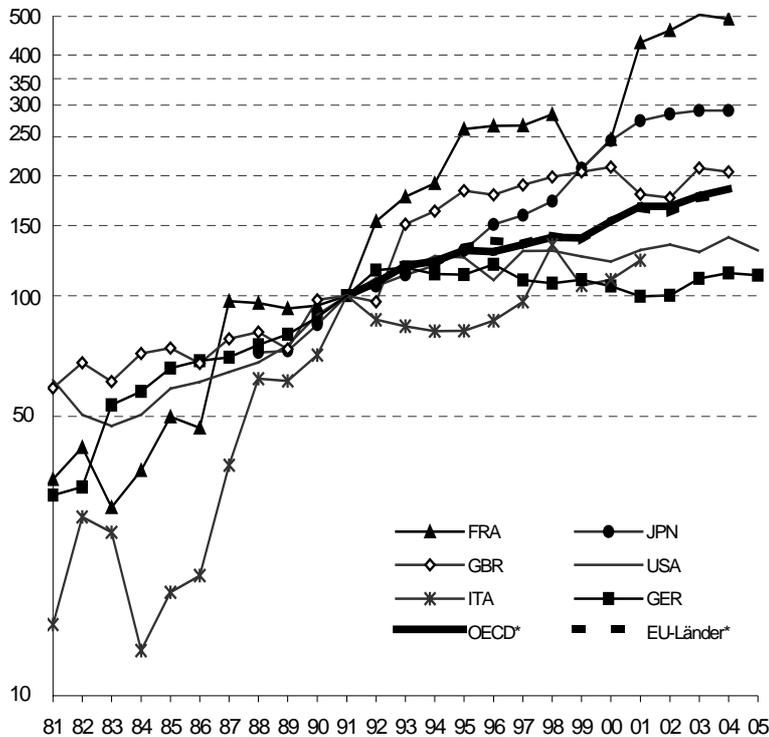
Tab. 2.2.1: Umweltforschung in den zivilen staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 1981-2005

	Anteil staatlicher Umweltforschungsausgaben an den zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in %								Jahresdurchschnittliche Veränderung der staatlichen Umweltforschungsausgaben in %				Anteil staat. Umweltforschungsausgaben am BIP in Promille				
	1981	1991	1995	2001	2002	2003	2004	2005	1981-1991	1991-2004	1991-2001	2001-2004	1981	1991	2001	2004	2005
GER	2,0	3,8	3,9	3,4	3,3	3,5	3,7	3,6	12,2	1,0	0,0	4,6	0,20	0,33	0,24	0,26	0,26
AUT	0,4	2,4	2,5	1,4	1,3	1,7	1,6	1,9	29,4	0,8	-0,9	6,8	0,02	0,15	0,09	0,10	0,12
BEL	2,8	3,0	1,8	2,6	2,7	2,1	1,4		6,6	-0,7	4,0	-15,0	0,15	0,16	0,16	0,09	
DEN	1,8	3,2	4,4	2,4	2,3	1,9	1,9	1,8	17,8	0,6	2,4	-5,2	0,08	0,21	0,18	0,14	0,12
FIN	0,9	2,7	2,6	2,2	2,2	2,0	2,0	1,9	28,2	2,6	3,2	0,3	0,05	0,25	0,22	0,20	0,19
FRA	0,9	1,1	2,8	3,7	3,8	4,0	3,7		11,1	13,1	15,7	4,6	0,07	0,09	0,28	0,29	
GRE	3,2	2,1	3,7	4,1	3,3	4,0	3,6		21,0	17,9	23,3	1,7	0,04	0,04	0,13	0,11	
IRL*									16,3	22,3	19,3	33,1	0,02	0,03	0,06	0,10	0,09
ITA	1,9	3,1	2,5	2,4					20,8		2,1		0,10	0,21	0,16		
NED		3,3	3,8	3,3	3,1	2,9	2,9	2,6		1,9	3,1	-2,2		0,31	0,25	0,22	0,19
POR		3,0	4,5	3,7	3,6	3,4	3,8	3,9		13,4	15,6	6,3		0,11	0,23	0,25	0,26
ESP	0,8	4,3	2,9	5,9	2,4	2,5	2,6		40,8	6,1	9,9	-5,8	0,02	0,18	0,24	0,17	
GBR	2,3	2,6	3,7	2,7	2,4	2,6	2,6		5,4	5,7	6,0	4,4	0,17	0,12	0,13	0,13	
SWE	2,1	4,3	3,0	1,1	1,3	1,9	2,2	3,2	16,8	-2,4	-11,0	32,5	0,20	0,38	0,08	0,16	0,24
CZE					4,1	4,3	4,4									0,23	
POL							1,5									0,05	
SVK					3,0	1,7	2,9	1,2					20,5		0,06	0,08	0,04
NOR	3,3	3,8	3,0	3,0	2,8	2,6	2,3	2,2	13,3	1,3	1,9	-0,8	0,19	0,31	0,19	0,17	0,15
SUI	3,1				0,3		0,2						0,08		0,01		
TUR																	
USA	1,8	1,7	1,7	1,3	1,2	1,0	1,1	1,0	5,0	2,6	2,7	2,4	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05
CAN	1,3	1,9	3,9	4,6	4,8	4,7	4,5		12,2	12,1	13,5	7,5	0,07	0,12	0,27	0,28	
MEX*											19,7			0,02	0,02		
JPN		0,6	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9			8,6	10,6	2,0		0,02	0,06	0,06	
KOR				5,3	4,8	5,1	5,2					10,2			0,32	0,35	
AUS	3,0	3,8	1,3	2,1	2,0	2,3	2,6	3,6	10,2	3,0	0,2	13,1	0,18	0,20	0,12	0,14	0,19
NZL		3,4	3,4											0,19			
OECD**	k.A.	2,1	2,4	2,2	2,1	2,0	2,1		k.A.	4,8	5,3	3,3	k.A.	0,12	0,12	0,12	
dar. EU-Länder	k.A.	2,9	3,4	3,4	3,0	3,2	3,1		k.A.	4,6	5,2	2,7	k.A.	0,20	0,22	0,21	

* Aufgrund fehlender Angaben zu staatlichen Forschungsaufwendungen für Verteidigung können keine Werte zu den zivilen staatlichen Forschungsaufwendungen abgeleitet werden. - ** Nur OECD-Länder, für die zwischen 1991 und 2004 Werte vorliegen.

Quelle: OECD, R&D-Database, GBAORD, MSTL - Berechnungen des NIW.

Abb. 2.2.1: Entwicklung der staatlichen Umwelt-FuE-Ausgaben in ausgewählten Ländern 1981-2005



* Nur OECD- und EU-Länder ab 1991, für die zwischen 1991 und 2004 Werte vorliegen.

Quelle: OECD, R&D-Database, GBAORD. - Berechnungen des NIW.

Das quantitative Gewicht des Umweltschutzes in den staatlichen FuE-Budgets weist in einzelnen Ländern in der gesamten Periode z. T. erhebliche jährliche Schwankungen auf, die auf kurzzeitige Bedeutungsverluste (Bevorzugung anderer Sektorforschung vor der Umweltforschung, z. B. Nuklearforschung, Verteidigung) oder Bedeutungsgewinne (Bereitstellung von Budgets für bestimmte umweltschutzbezogene Forschungsprogramme) zurückzuführen sind: Aktuelle Fragestellungen oder Gesetzgebungen, aber auch die „Umweltkonjunktur“ können hierzu Erklärungsbeiträge leisten.

Deutschland lag im Jahr 2004 mit einem Anteil von 3,7 % der Ausgaben für Umweltforschung an den gesamten zivilen staatlichen FuE-Ausgaben weit über dem OECD-Durchschnitt und auch über dem der EU. Nur wenige Länder weisen dem Umweltschutz mehr Mittel aus ihrem zivilen staatlichen FuE-Budget zu: Allen voran Korea (5,2 %), aber auch Kanada (4,5 %) und die Tschechische Republik (4,4 %). Doch auch in Portugal, Griechenland und Frankreich hat die Umweltschutzforschung eine ähnliche Bedeutung wie in Deutschland - Länder, denen man in der Vergangenheit eher Rückständigkeit im Umweltschutz nachgesagt hat. Es scheint sich in den letzten Jahren in diesen Ländern ein Wertewandel zu vollzogen zu haben, der sich auch in zunehmenden Anstrengungen in FuE für Umweltbelange ausdrückt. Es ist aber auch durchaus vorstellbar, dass die zunehmende Angleichung der EU-Umweltgesetzgebung diese Staaten dazu veranlasst, FuE-Lücken auszugleichen, die sich mangels betrieblicher Umweltforschung in diesen Ländern aufbauten⁶⁹. Denn zu Beginn der 90er Jahre lag der umweltschutzbezogene Anteil der staatlichen FuE-Budgets in Frankreich, Portugal und Griechenland noch deutlich unter dem deutschen Anteilswert. Seitdem sind für diese Länder bei den Ausgaben für die Umweltforschung zweistellige jährliche Wachstumsraten zu verzeichnen. Außer den genannten Ländern konnten nur Kanada und Irland zwischen 1991 und 2004 ihr Umweltforschungsbudget jahresdurchschnittlich ebenfalls um mehr als 10 % steigern.

Grob lässt sich die Zeit seit Beginn der 80er Jahre zum einen in eine Aufschwungphase bis Anfang der 90er Jahre gliedern, in der die Umweltforschung in fast allen staatlichen Forschungsbudgets an Bedeutung gewonnen und sich zu einem (ge)wichtigen Technologiebereich der öffentlichen Forschungsförderung etabliert hat. Zum anderen begann danach eine Konsolidierungsphase, in der die Umweltforschung nicht in allen Ländern den Rang halten konnten, den sie sich bis 1991 erarbeitet hatte. Denn die Periode seit 1991 unterscheidet sich wesentlich zu der vorherigen Periode von 1981 bis 1991. Allerdings ist die Aggregation der Umweltforschungsdaten zu welt- oder europaweiten Trends nicht nur aus statistischer Sicht schwierig. Da Unterschiede im Umweltschutz trotz globaler Probleme sowie entsprechend vielfältiger globaler oder supranationaler Initiativen, Harmonisierungsbestreben und Abkommen immer noch weitgehend von unterschiedlichen gesellschaftlichen Präferenzen und von stark abweichenden Vollzugspraktiken in den Volkswirtschaften geprägt sind, ist auch zu erwarten, dass sich diese auch in den nationalen FuE-Anstrengungen widerspiegeln; insofern ist der Blick auf die Umweltforschungsdynamik in einzelnen Ländern angebracht:

Fast alle Länder, für die Daten über die 80er Jahre vorliegen, haben ihre staatlichen Umweltausgaben in dieser Zeit jährlich um zweistellige Wachstumsraten ausweiten können. Von den europäischen Ländern blieben lediglich Belgien und Großbritannien darunter; diese konnten jedoch schon weit überdurchschnittlich hohe Anteile der Umweltforschung am gesamten Forschungsbudget aufweisen. Auch die USA, wo die Umweltforschung seit Beginn der 80er Jahre eine kontinuierlich

⁶⁹ Es ist nicht auszuschließen, dass durch Unschärfen und Ermessensspielräume bei der Zuordnung von Fördermaßnahmen nach sozio-ökonomischen Zielen (entscheidend ist jeweils das verkündete Primärziel der Projekte) im Zeitablauf leichte Gewichtsverlagerungen eintreten, ohne dass sich real an den Forschungsstrukturen etwas verändert hat. Insofern kann man lediglich große Abstände zwischen den Volkswirtschaften bzw. für einzelne Länder lediglich starke Veränderungen im Zeitablauf mit einigermaßen Gewissheit kommentieren. Diese Veränderungen mögen insbesondere in den südeuropäischen Ländern auch auf eine verstärkte Forschungsförderung im Umweltbereich durch die EU zurückzuführen sein.

sinkende Bedeutung unter den staatlichen Forschungsausgaben erfahren musste, haben bei der staatlichen Umweltforschungsdynamik nicht mithalten können.

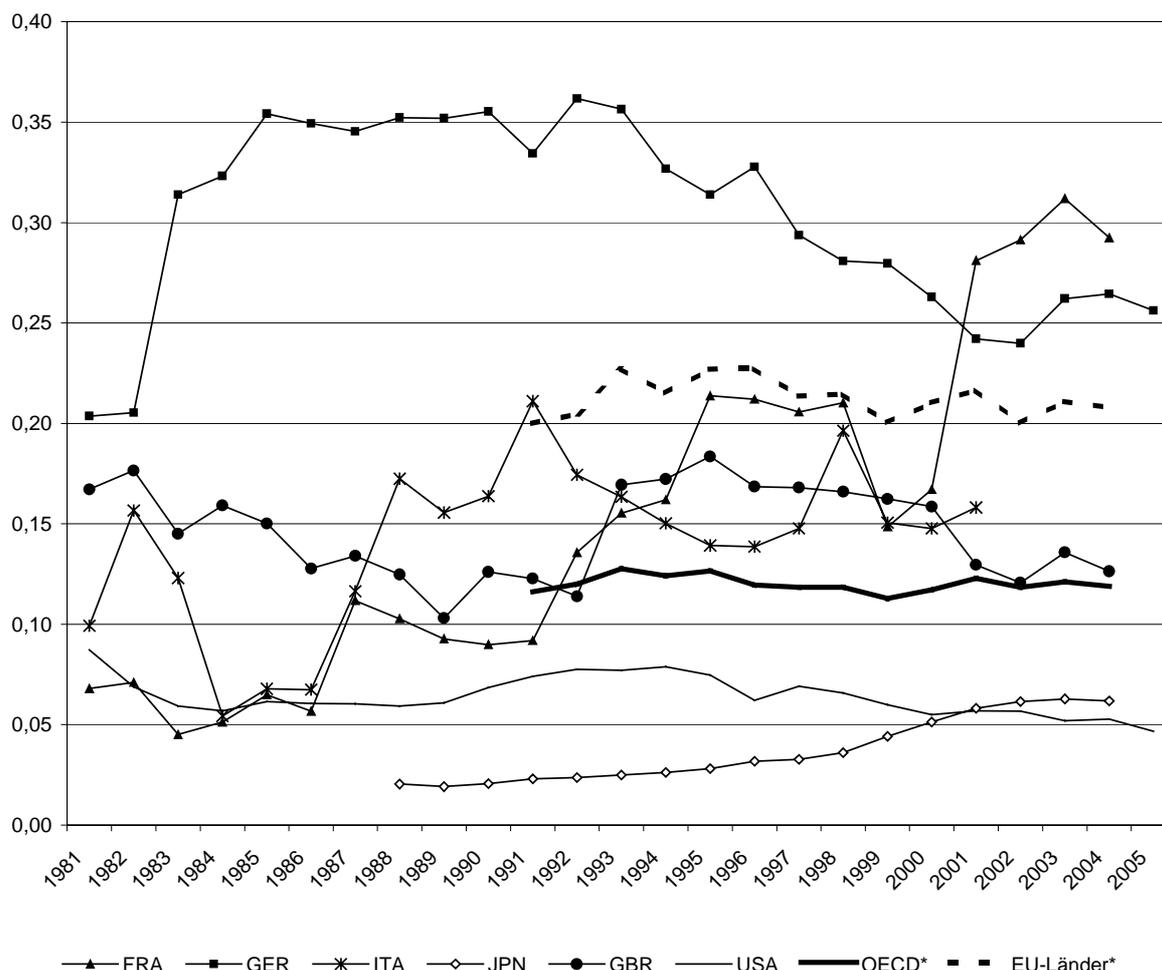
In Deutschland sowie in den Niederlanden, in Portugal, Großbritannien und Griechenland hat die Umweltforschung ihre - über dem OECD-Durchschnitt liegende - Bedeutung in den staatlichen FuE-Budgets auch in den 90er Jahren nahezu beibehalten. In Norwegen, Belgien und Österreich ist der einst überdurchschnittliche Anteil der Umweltforschung am staatlichen FuE-Budget hingegen sukzessive rückläufig. Kanada und Frankreich haben ihre Umweltforschungsbudgets seit 1991 wiederum weit überdurchschnittlich ausgeweitet, auch ist deren Anteil im staatlichen Forschungsbudget kontinuierlich gestiegen und nimmt nun im internationalen Vergleich einen der vorderen Ränge ein. In anderen Ländern wie Schweden, Spanien und Australien sind die Strukturanteile der Umweltforschungsbudgets im Zeitverlauf stark schwankend, was vermuten lässt, dass die öffentliche Umweltforschungsförderung weniger kontinuierlich strukturiert ist.

Was sich die OECD-Staaten die Umweltforschung kosten lassen, zeigt sich noch deutlicher am Anteil der Umweltforschungsausgaben am Inlandsprodukt, denn der Bezug auf das staatliche FuE-Budget blendet das stark unterschiedliche gesamte Engagement der Staaten in der Finanzierung von FuE⁷⁰ aus. Auf den ersten Blick finden sich die Niveauunterschiede zwischen den Staaten auch beim Anteil der Umweltforschungsausgaben am Inlandsprodukt wieder. Beim näheren Hinschauen kommen aber durchaus Differenzierungen zu Tage. So relativieren sich die hohen Anteile der Umweltforschung an den staatlichen FuE-Budgets Spaniens, Griechenlands aber auch Großbritanniens. Denn gemessen am Inlandsprodukt ist die Umweltforschung in Deutschland, Frankreich, Portugal und den Niederlanden mit 0,22 ‰ und mehr im Jahr 2004 bedeutender als in Griechenland oder Großbritannien, obwohl der Anteil der Umweltforschung am gesamten staatlichen FuE-Budget gleich oder niedriger ist als in diesen Ländern (vgl. Tab. 2.2.1). Ganz vorne zeigt sich Korea, dessen Anteil der Umweltforschungsausgaben am Inlandsprodukt 0,35 ‰ beträgt und damit weit über dem OECD-Durchschnitt von 0,13 ‰ liegt. Kanada, Frankreich, Deutschland und Portugal folgen mit Werten zwischen 0,25 und 0,29 ‰. Die USA liegen zusammen mit Japan, Island und Polen mit rund 0,05 ‰ am unteren Ende der OECD-Länder. Ehemals stark engagierte Staaten wie Schweden, Norwegen und die Niederlande, die Anfang der 90er Jahre noch mehr als 0,3 ‰ ihres Inlandsproduktes für die Umweltforschung ausgaben, haben sich stark zurückgenommen.

Zu dieser Gruppe zählt allerdings auch Deutschland. Unter den großen Volkswirtschaften war Deutschland lange Zeit Vorbild in der Umweltforschungsförderung und mit großem Abstand führend (vgl. Abb. 2.2.2). Seit Beginn der 90er Jahre aber haben sich die staatlichen Umweltforschungsausgaben nicht mehr im Gleichschritt mit dem Inlandsprodukt entwickelt. Seit 2001 hat Frankreich die Führung unter den großen Volkswirtschaften übernommen. Die staatlich finanzierte Umweltforschung genießt in Deutschland im Vergleich zu anderen Nationen, speziell im Vergleich zu den USA und Japan, dennoch weiterhin eine hohe Priorität. Sie beträgt gut ein Viertel Promille des Inlandsprodukts und liegt damit auch über dem Durchschnitt der EU-Länder.

⁷⁰ Vgl. hierzu und zu der zwischen den Volkswirtschaften stark unterschiedlichen Dynamik Legler, Krawczyk (2006).

Abb. 2.2.2: Anteil der staatlichen Umwelt-FuE-Ausgaben am BIP in ausgewählten Ländern 1981-2005

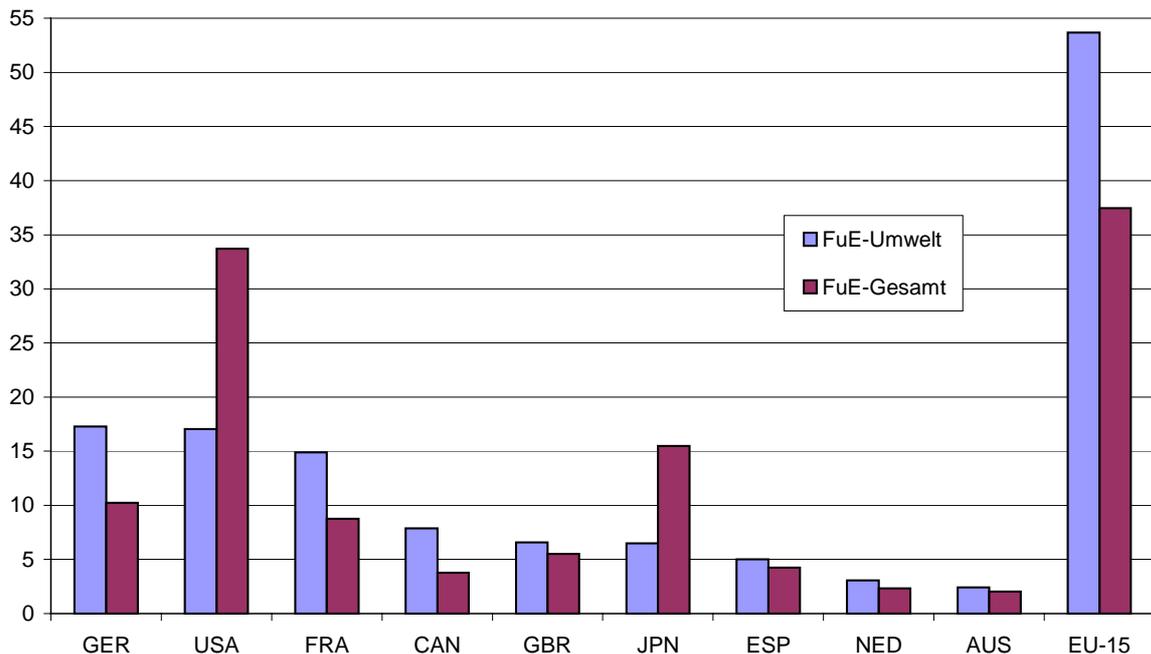


* Nur OECD- und EU-Länder ab 1991, für die zwischen 1991 und 2004 Werte vorliegen.

Quelle: OECD, R&D-Database, GBAORD, MSTI. - Berechnungen des NIW.

Auf Deutschland entfiel im Jahr 2004 mit 17,3 % der größte Anteil aller staatlichen FuE-Ausgaben für den Umweltschutz in der OECD, auf die USA entfallen mit 17,1 % sogar absolut gesehen weniger als in Deutschland. Zum Vergleich: Deutschlands Anteil an allen zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in der OECD beträgt lediglich rund 10 %, der der USA hingegen fast 34 % (vgl. Abb. 2.2.3). Die EU-15 insgesamt vereinen fast 54 % aller staatlichen OECD-Ausgaben für den Umweltschutz - im Vergleich zu einem Anteil von 37½ % an allen staatlichen FuE-Ausgaben ist dies deutlich überdurchschnittlich viel. Im Zuge der Globalisierung der Umweltpolitik und der damit verbundenen Verbreitung internationaler Umweltschutzabkommen haben allerdings andere Länder aufgeholt; der Beitritt in die internationale Staatengemeinschaft der OECD-Länder, vor allem zur EU, hat dies zusätzlich beflügelt. Aus Gründen des Umweltschutzes ist es zu begrüßen, dass sich mehr Staaten intensiver in der Forschung zur Lösung von Umweltproblemen engagieren. Vor dem Hintergrund, dass technologischer Fortschritt enorme Umweltentlastungspotenziale mit sich bringen und die Diffusion erfolgreicher Umweltschutztechnologien gleichzeitig Wertschöpfung und Beschäftigung generieren kann, ist das aktuelle staatliche Engagement jedoch als zu gering zu bewerten. Denn seit 2001 expandieren die staatlichen Umweltforschungsausgaben in der OECD wie auch in der EU (mit 3,3 bzw. 2,7 % im Jahresdurchschnitt) nicht so stark wie die gesamten zivilen staatlichen FuE-Budgets (6,2 bzw. 5,8 %).

Abb. 2.2.3: Anteil ausgewählter Länder an den zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in der OECD 2004 – Umwelt und insgesamt



Quelle: OECD, R&D-Database, GBAORD. - Berechnungen des NIW.

2.2.2 Umweltforschung in Deutschland

Für Deutschland lässt sich differenzieren, welche thematischen Schwerpunkte in der Umweltforschung und -forschungsförderung gesetzt werden. Empirische Basis ist die Umweltforschungsdatenbank UFORDAT des Umweltbundesamtes (UBA), die Daten zu FuE-Vorhaben mit Umweltbezug in Deutschland, Österreich und der Schweiz enthält. Mit Stand vom Februar 2004⁷¹ waren in dieser Datenbank ca. 78.600 Forschungsvorhaben und ca. 14.000 Institutionen erfasst, die bis in das Jahr 1974 zurück reichen. Das UBA pflegt zur systematischen Fortschreibung der UFORDAT einen regelmäßigen Datenaustausch mit den Datenbanken finanzierender und fördernder Institutionen und führt eigene Datenerhebungen durch⁷². Auf diese Weise können zwar nicht alle Vorhaben erfasst werden; als sicher sollte jedoch gelten, dass alle öffentlich geförderten Projekte der privaten Wirtschaft sowie die in öffentlichen Einrichtungen durchgeführten Vorhaben vertreten sind. Für die inhaltliche Erschließung der FuE-Vorhaben sind diese in 13 Umweltbereiche gegliedert. Für diese Auswertung wurden die seit 1991 begonnenen und in Deutschland durchgeführten Forschungsvorhaben nach dem Jahr des Forschungsbeginns, dem thematischen Schwerpunkt (Umweltbereich), der Art der durchführenden und der finanzierenden Institution und dem Projekt- und Fördervolumen ausgewertet.

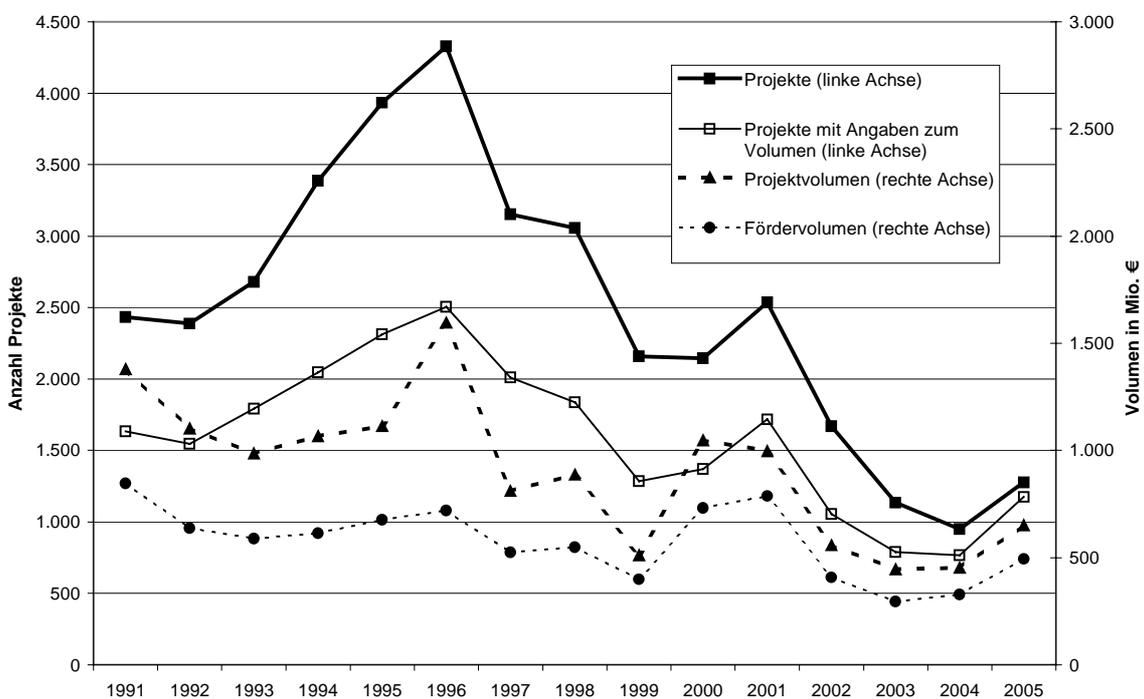
In die Analyse sind 37.237 umweltbezogene Forschungsvorhaben eingegangen, die zwischen 1991 und 2005 begonnen wurden. Die Zuordnung der Projekte nach dem Beginn führt dazu, dass der zeitliche Verlauf in den Projektvolumina und -fördersummen etwas „zackiger“ verläuft als wenn diese Daten nach Mittelabfluss aufgenommen worden wären.

⁷¹ Eine aktualisierte Auszählung ist derzeit nicht möglich.

⁷² Vgl. UBA (2005).

In der zeitlichen Entwicklung markiert das Jahr 1996 einen Höhepunkt mit über 4.300 begonnenen Forschungsprojekten (vgl. Abb. 2.2.4). Der starke Anstieg hat auch mit dem Umweltschutzforschungsbedarf in den neuen Bundesländern zu tun. Seitdem ging - mit einer kleinen Erholungsphase zwischen 2000 und 2001 - die Zahl der Umweltforschungsvorhaben in Deutschland kontinuierlich zurück. Erst am aktuellen Rand ist die Zahl der Forschungsprojekte erneut gestiegen. Für 23.843 Forschungsvorhaben liegen Angaben zum Projektvolumen vor, 22.019 Projekte davon haben eine Förderung erhalten. Insgesamt sind in dem Betrachtungszeitraum Projekte mit einem Gesamtvolumen von rund 13,6 Mrd. € begonnen worden, von denen 8,6 Mrd. € gefördert sind. Die Fördersummen (Abb. 2.2.4) sind bis 1999 gesunken, hatten 2000 und 2001 ein Zwischenhoch, fielen dann bis 2003 wieder unter das Niveau von 1999, haben diesen Pegel im Jahr 2005 jedoch wieder leicht überschritten. Mit der Zahl der Projekte sind auch die Fördersummen im Jahr 2005 wieder gestiegen.

Abb. 2.2.4: In der UFORDAT-Datenbank erfasste Forschungsvorhaben von 1991-2005



Quelle: Umweltbundesamt: UFORDAT. - Berechnungen des NIW.

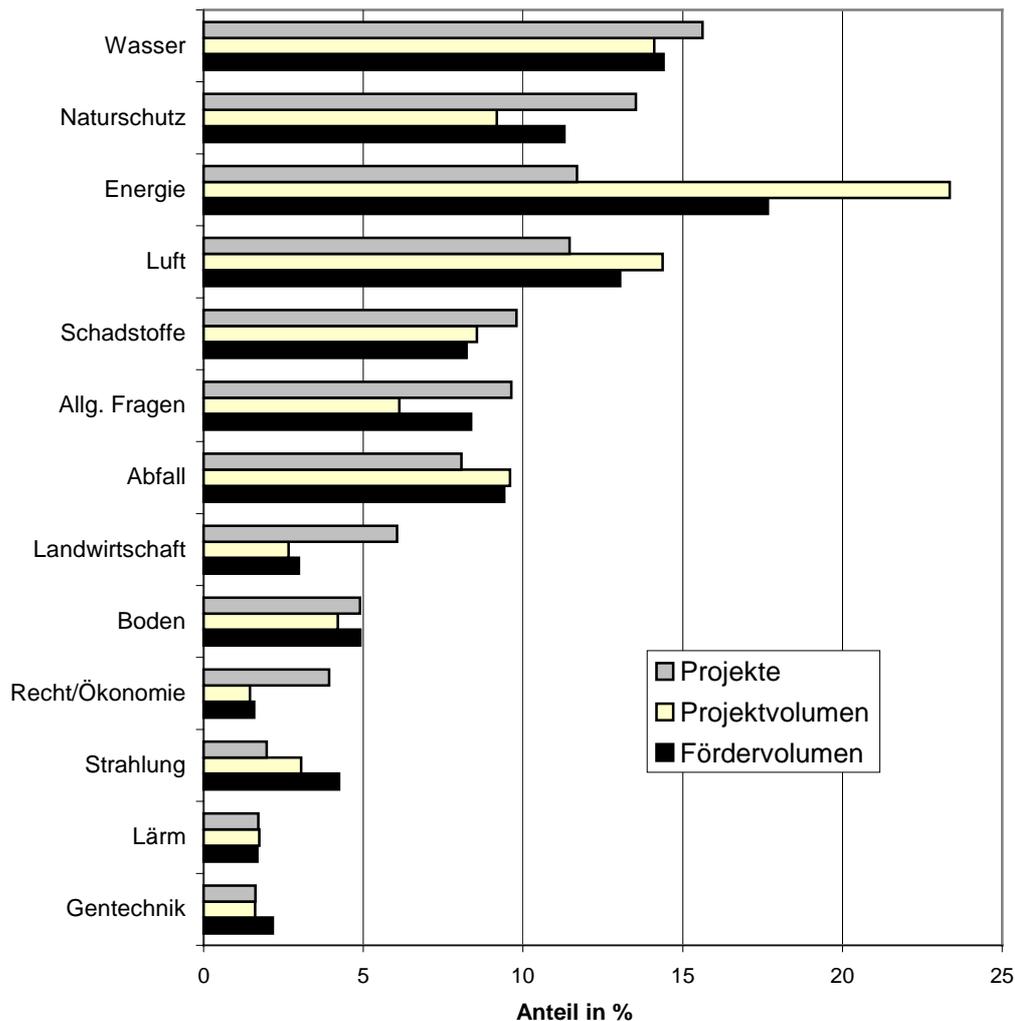
Für die Strukturanalyse wurden die Projekte in zwei Zeiträumen zusammengefasst: Die expansive Phase von 1991-1996 sowie die kontraktive Phase 1997-2005. Die Zahl der Projekte verteilen sich ungefähr gleich auf die beiden Perioden.

Struktur nach Umweltbereichen

Rund 16 % aller Forschungsvorhaben seit 1991 betrafen Fragen des Wasser- und Gewässerschutzes. Dieser Themenkomplex ist nach der Zahl der Vorhaben der größte unter den 13 Umweltklassen (vgl. Abb. 2.2.5). Die Bereiche Naturschutz und Landschaftsnutzung, Energie und Rohstoffe sowie Luft weisen noch Anteile von über 10 % der Forschungsvorhaben auf. Allerdings entfallen auf den Themenkomplex Energie die größten finanziellen Anteile, was sowohl das gesamte Projektvolumen als auch das Fördervolumen betrifft. Hier spiegelt sich die hohe Priorität von Klimaschutzbelangen auf der einen und von Risikovermeidung auf der anderen Seite in der Umweltpolitik der letzten Jahre wider.

- Größere Differenzen zwischen Projekt- und Finanzierungsanteilen bestehen noch in den Themenbereichen Landwirtschaft und Recht/Ökonomie, wo die Projekte eher kleinvolumig sind, sowie Strahlung, was auf eine reichliche materielle Ausstattung und lange Laufzeiten von Forschungsprojekten in diesem Themenbereich zurückzuführen ist.
- Die Themen Lärm und Gentechnik spielen in der von UFORDAT erfassten Umweltforschung in Deutschland, bezogen auf alle drei Kriterien, eher eine untergeordnete Rolle.

Abb. 2.2.5: Schwerpunkte in der Umweltforschung – Anteil der Umweltbereiche an den Forschungsvorhaben 1991-2005



Quelle: Umweltbundesamt: UFORDAT. - Berechnungen des NIW.

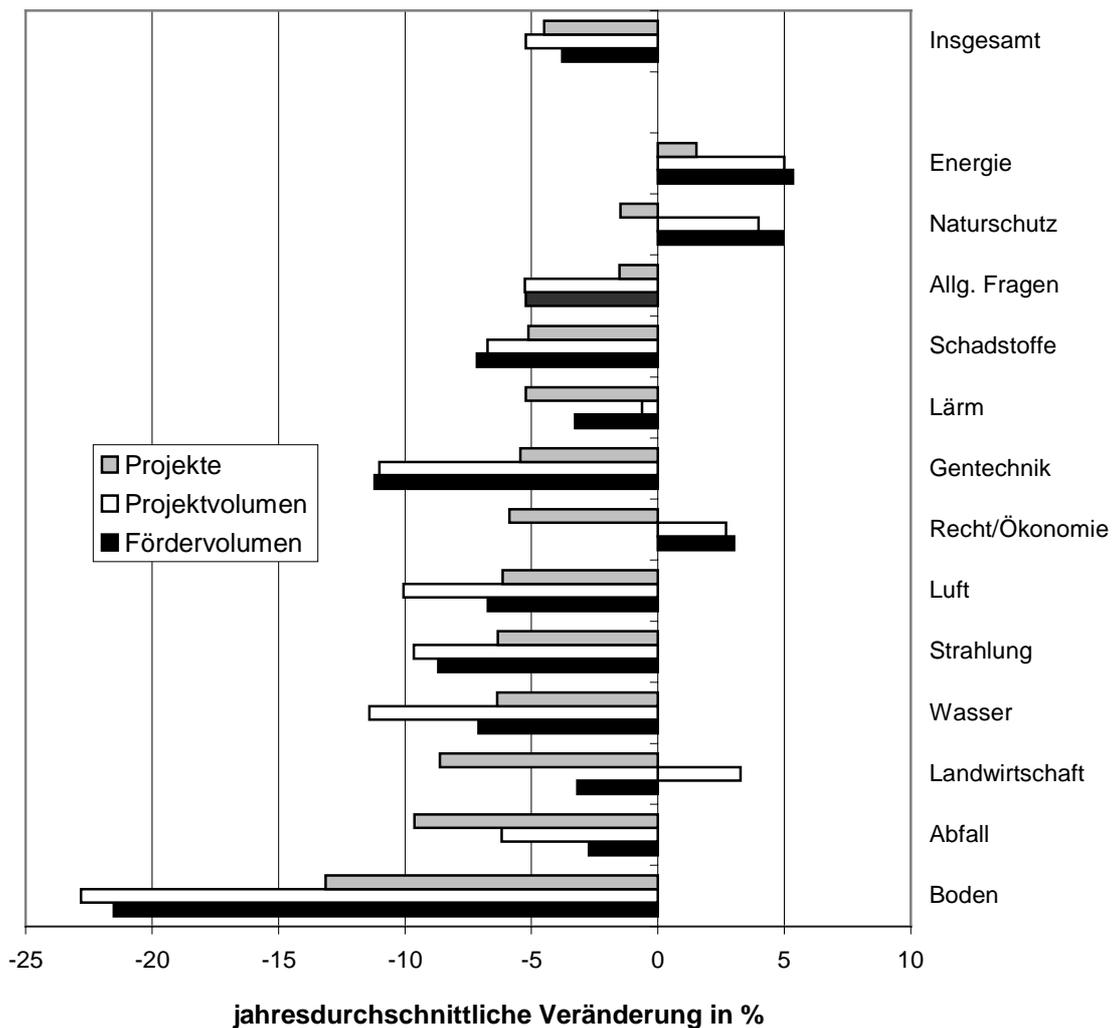
Vergleicht man die Dynamik in den einzelnen Umweltbereichen mit der durchschnittlichen Entwicklung bei allen Forschungsvorhaben, dann lassen sich Verschiebungen in der Schwerpunktsetzung feststellen.

- Allein das Thema Energie kann in dieser Zeit auch absolute Zuwächse in Bezug auf alle drei Indikatoren verzeichnen. Relative Bedeutungsgewinner (2005 gegenüber 1991) sind, bezogen auf die Zahl der Projekte, die Bereiche Naturschutz und Landschaftsnutzung, allgemeine und übergreifende Umweltfragen sowie Energie und Rohstoffe (vgl. Abb. 2.2.6). Naturschutz, Landwirtschaft sowie Recht und Ökonomie haben eine positive Veränderung bei den Projektausgaben. Bei der För-

derung wurden neben dem Bereich Energie lediglich den Bereiche Naturschutz sowie Recht und Ökonomie 2005 mehr Gelder zugewiesen als noch 1991.

- Alle anderen Themenkomplexe unterscheiden sich lediglich in der unterschiedlich deutlichen Ausprägung des Rückgangs. Allgemeine Umweltfragen und Lärm haben dabei weit weniger pekuniäre Verluste hinnehmen müssen als im Durchschnitt aller Projekte. Weit überdurchschnittlich im Minus sind Strahlung, Luft, Wasser, Boden sowie Umweltaspekte gentechnisch veränderter Organismen und Viren. Die Fördervolumina betreffend, kommt der Bereich Schadstoffe noch hinzu.

Abb. 2.2.6: Jahresdurchschnittliche Veränderung von Forschungsvorhaben, Projektvolumen und Fördervolumen in den Umweltbereichen und bei Forschungsvorhaben insgesamt 1991-2005



Quelle: Umweltbundesamt: UFORDAT. - Berechnungen des NIW.

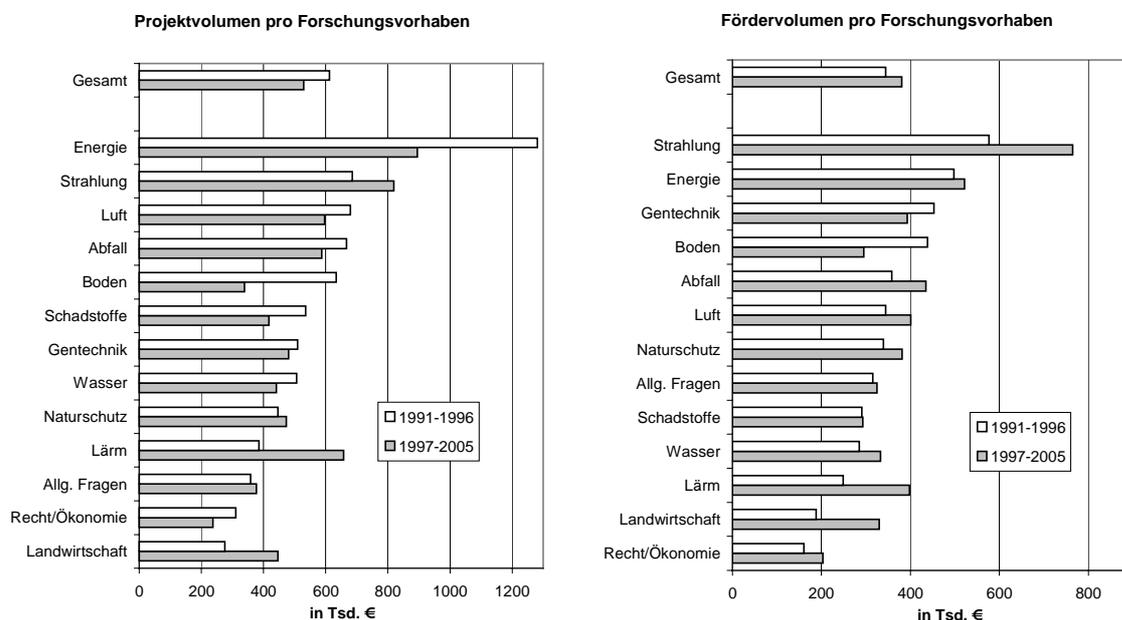
Insgesamt zeigt sich, dass umweltmedienübergreifende Forschungsvorhaben an Bedeutung gewinnen. Auch rücken Themen der Emissionsvermeidung in den Vordergrund, Projekte über Umweltachsorge verlieren an Bedeutung. Eine solche Schwerpunktverschiebung von Forschungsthemen ist zwischen den Bereichen Luft (Nachsorge) und Energie (Emissionsminderung) oder auch Wasser, Boden (Nachsorge) und Umweltaspekte der Landschaftsnutzung, Landwirtschaft, Naturschutz (Ressourcenschonung, Emissionsminderung) vorstellbar. Insbesondere der Bereich Energie hat gerade seit dem Jahr 2000 enorm zugelegt: Projekt- und Fördervolumina sind seit dem um die Hälfte gestiegen. Dies unter-

streicht die Bedeutung, die die Forschung für die rationelle Energieumwandlung und -verwendung, vor allem aber für die Erschließung regenerativer Energiequellen im neuen Jahrhundert einnimmt. Die umweltpolitischen Akzentverschiebung zu Gunsten des Klimaschutzes findet demnach in den FuE-(Förder-)Strukturen ihre Entsprechung. Dies ist wohl weltweit so. Denn die zunehmende Konzentration der Umweltforschung auf den Klimaschutz hat nicht dazu geführt, dass Deutschland in den Forschungsergebnissen anderen Ländern enteilen konnte (Abschnitt 3.2). Insofern ist davon auszugehen, dass die Anstrengungen auf diesem Feld allenthalben kräftig erhöht worden sind.

Das durchschnittliche Projektvolumen betrug im gesamten Betrachtungszeitraum rund 570 Tsd. € Allerdings sank das durchschnittliche Projektvolumen von 840 Tsd. € (1991) auf unter 400 Tsd. € (1999); es stieg dann bis 2005 wieder auf 550 Tsd. € an. Das durchschnittliche Fördervolumen sank jahresdurchschnittlich mit 3,8 % nicht so stark wie das Projektvolumen (-5,2 %): von 560 Tsd. € (1991) auf 425 Tsd. € (2005). Dadurch hat sich die durchschnittliche Förderquote pro Forschungsvorhaben von 67 auf 76 % erhöht.

Differenziert nach Umweltbereichen zeigen sich in der ersten Periode noch Forschungsvorhaben der Themenkomplexe Energie, Strahlung, Luft, Abfall und Boden als überdurchschnittlich kostenintensiv (vgl. Abb. 2.2.7). In der Periode 1997-2005 überstiegen auch Forschungsvorhaben des Themenbereichs Lärm/Erschütterung die durchschnittlichen Projektkosten aller Forschungsvorhaben, Boden verliert an Boden. Mit Ausnahme der Bereiche Strahlung, Lärm, Naturschutz und Landwirtschaft sind die durchschnittlichen Projektkosten in den Jahren 1997-2005 gegenüber der vorigen Betrachtungsperiode gesunken.

Abb. 2.2.7: Durchschnittliches Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen 1991-1996 und 1997-2005



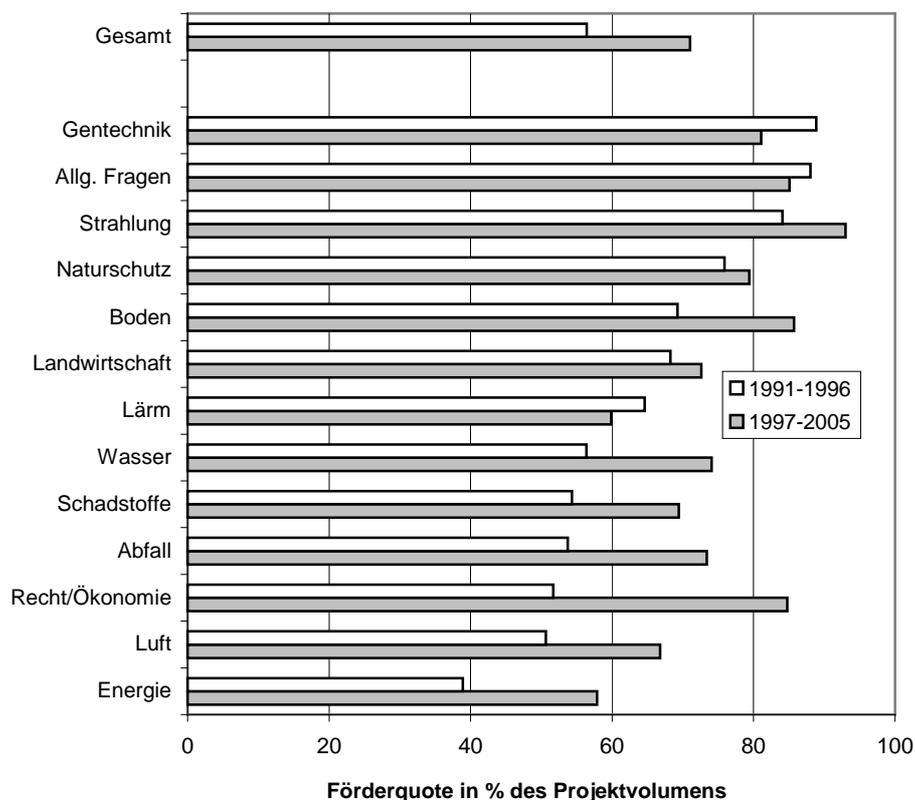
Quelle: Umweltbundesamt: UFORDAT. - Berechnungen des NIW.

Die Fördervolumina haben sich allerdings in der Periode 1997-2005 gegenüber der Vorperiode in kaum einem Umweltbereich so stark nach unten entwickelt wie es bei den in UFORDAT enthaltenen Projektvolumina der Fall ist. Lediglich Forschungsprojekte der Themenschwerpunkte Boden und Gentechnik haben einen Rückgang von über einem Drittel des durchschnittlichen Förderbeitrags hinnehmen müssen. Dennoch muss man aus diesen Daten - wie aus dem internationalen Vergleich der staatlichen Umweltschutz-FuE-Anstrengungen (Abschnitt 2.2) - nicht nur schließen, dass sich die

Umweltforschungsförderung seit den 90er Jahren der insgesamt in Deutschland schwachen staatlichen FuE-Ausgabendynamik angeschlossen hat. Es muss hingegen zusätzlich konstatiert werden, dass Umweltforschung einen Prioritätsverlust hinnehmen musste.

Als Folge von stark sinkenden Projektvolumina und weniger stark sinkenden staatlichen Förderbeiträgen ist in den meisten Umweltbereichen die Förderquote gestiegen. Ausnahme bilden hier die Bereiche Allgemeine Fragen, Gentechnik sowie Lärm (vgl. Abb. 2.2.8). Es zeigt sich auch, dass das Thema Strahlung mit einer durchschnittlichen Förderquote von über 90 % nach wie vor auf staatliche Unterstützung angewiesen ist. Auch in der Gentechnik, dem Bodenschutz sowie bei allgemeinen Fragen zu Umweltaspekten in Bildung und Politik und im Umweltrecht und der Umweltökonomie ist das staatliche Interesse groß.

Abb. 2.2.8: Förderquoten nach Umweltbereichen



Quelle: Umweltbundesamt: UFORDAT. - Berechnungen des NIW.

Struktur nach forschenden Einrichtungen

Die Liste der forschenden Einrichtungen ist sehr heterogen und umfasst neben reinen Forschungsinstituten auch eine Vielzahl von privaten und öffentlichen Betrieben. Eine Klassifizierung der forschenden Einrichtungen gestaltet sich als schwierig, weil sie bei der Erfassung der Forschungsprojekte in der UFORDAT nicht vorgenommen wird. Für diese Auswertung wurde daher eine vereinfachte Klassifizierung vorgenommen. Neben Hochschuleinrichtungen (Universitäten, Fachhochschulen, An-Institute der Hochschulen) wird weiter nach Forschungseinrichtungen des Bundes (Bundesanstalten) sowie der Länder (Landesanstalten), nach Instituten der Fraunhofer Gesellschaft, Max-Planck-Instituten und Instituten der Helmholtz Gemeinschaft differenziert. Unter den verbleibenden „Sonstigen“ befinden sich weitere private und öffentliche Forschungsinstitute sowie private und öffentliche Betriebe (bspw. kommunale Ver- und Entsorgungsbetriebe, Ingenieurbüros sowie Unternehmen der Industrie aus den unterschiedlichsten Wirtschaftszweigen).

Nach dieser Klassifizierung entfallen fast die Hälfte aller Forschungsprojekte zum Thema Umwelt zwischen 1991 und 2005 auf Hochschulen, weitere 38 % auf die heterogene Gruppe der „Sonstigen“ (vgl. Tab. 2.2.2). Bundes- und Landesforschungsanstalten sowie die Forschungsgemeinschaften teilen sich die verbleibenden gut 13 %, jeweils mit Anteilen zwischen 1 und 4 %. Bei der Gegenüberstellung der Perioden 1991-1996 und 1997-2005 zeigt sich eine Verschiebung der Strukturen: Hochschulen, Bundes- und Landesanstalten verlieren, alle anderen Einrichtungen gewinnen an Bedeutung.

Tab. 2.2.2: Umweltforschung 1991-2005 nach durchführenden Forschungseinrichtungen

Projekte					
	Anzahl 1991-2005	Strukturanteile in %			jahresd. Veränd. 1991-2005 in %
		1991-2005	1991-1996	1997-2005	
Hochschulen	18.041	48,4	51,7	45,0	-8,1
Bundesanstalten	1.434	3,9	4,0	3,7	-4,2
Landesanstalten	1.161	3,1	3,5	2,7	-10,4
Fraunhofer Ges.	812	2,2	2,0	2,4	-0,8
Max-Planck-Inst.	283	0,8	0,6	0,9	-11,3
Helmholtz Gem.	1.401	3,8	3,1	4,5	1,6
sonstige	14.105	37,9	35,2	40,8	-1,3
Gesamtergebnis	37.237	100	100	100	-4,5
Projektvolumen					
	Mio. € 1991-2005	Strukturanteile in %			jahresd. Veränd. 1991-2005 in %
		1991-2005	1991-1996	1997-2005	
Hochschulen	3.227	23,7	20,7	27,1	-3,1
Bundesanstalten	242	1,8	1,9	1,7	-4,7
Landesanstalten	241	1,8	2,1	1,4	-14,8
Fraunhofer Ges.	331	2,4	2,1	2,8	1,7
Max-Planck-Inst.	428	3,1	4,7	1,4	-6,8
Helmholtz Gem.	1.214	8,9	6,6	11,6	9,4
sonstige	7.920	58,2	61,9	54,0	-7,5
Gesamtergebnis	13.603	100	100	100	-5,2
Förderung					
	Mio. € 1991-2005	durchschn. Förderquote	Strukturanteile in %		jahresd. Veränd. 1991-2005 in %
			1991-1996	1997-2005	
Hochschulen	2.670	82,7	29,1	32,8	-3,2
Bundesanstalten	208	86,0	2,7	2,2	-3,3
Landesanstalten	179	74,0	2,6	1,6	-13,7
Fraunhofer Ges.	266	80,1	3,1	3,1	1,3
Max-Planck-Inst.	89	20,9	0,5	1,5	-6,6
Helmholtz Gem.	838	69,0	6,0	13,1	14,7
sonstige	4.352	54,9	56,0	45,8	-6,6
Gesamtergebnis	8.600	63,2	100	100	-3,8

Quelle: Umweltbundesamt: UFORDAT. - Berechnungen des NIW.

Nach Projekt- und Fördervolumina gerechnet zeigt sich ein leicht anderes Strukturbild.

- Denn Hochschulen führen zwar die Hälfte der Projekte durch, ihr Anteil an den Projektausgaben beträgt jedoch nur einem Viertel. „Sonstige“ tätigen fast 60 % der Projektausgaben. Institute der Helmholtz Gemeinschaft haben rund 9 % des Projektvolumens, bei 3 % der Projekte. Auch bei der Förderung liegen die Hochschulen mit 32 % unter ihrem Projektanteil. Bis auf Bundes- und Landesforschungsanstalten haben alle anderen höhere Förderanteile als Projektanteile.
- Mit 1,5 Mio. € sind die durchschnittlichen Projektausgaben bei den Max-Planck-Instituten am höchsten, gefolgt von den Instituten der Helmholtz Gemeinschaft mit fast 0,9 Mio. € Am unteren Ende der durchschnittlichen Projektkosten liegen mit 170 Tsd. € die Bundeseinrichtungen und mit 180 Tsd. € die Hochschulen. Dies gibt Aufschluss über die Arbeitsteilung in der öffentlichen Um-

weltforschung: Kostenintensive Forschung findet in hochspezialisierten Instituten statt, Hochschulforschung und Forschung in Bundes- und Landeseinrichtungen ist hingegen weniger kostenintensiv bzw. sind die Forschungskosten z. T. auch durch allgemeine Mittel gedeckt (z. B. Personalkosten).

Tab. 2.2.3: Struktur der Forschungsvorhaben nach Umweltbereichen und Art der forschenden Institution

a) Verteilung der Umweltbereiche auf forschende Institutionen (Anteil in %)

	Hochschulen	Bundeseinr.	Landeseinr.	Fraunhofer	Max-Planck	Helmholtz	GRS*	sonst.	Gesamt
Abfall	42,3	1,7	1,4	2,8	-	2,2	0,7	48,8	100
Boden	57,3	5,6	6,0	2,3	0,3	3,7	0,6	24,2	100
Schadstoffe	47,9	5,7	1,9	3,8	0,7	4,8	0,2	35,1	100
Wasser	57,1	2,0	3,2	1,4	0,6	4,6	0,0	31,1	100
Lärm	35,7	7,2	1,7	1,1	-	3,0	-	51,3	100
Landwirtschaft	57,0	13,4	9,6	0,6	0,3	1,2	-	18,0	100
Naturschutz	52,6	3,5	5,9	0,3	0,6	3,6	-	33,5	100
Luft	48,3	2,1	1,9	3,5	3,3	6,6	0,0	34,2	100
Energie	36,0	1,1	0,8	4,4	0,3	2,7	0,0	54,7	100
Strahlung	45,7	6,3	1,2	2,2	-	8,2	5,7	30,8	100
Gentechnik	44,7	15,1	3,1	1,7	2,8	3,8	-	28,8	100
Allg. Fragen	42,0	2,9	1,7	1,2	0,3	2,8	0,1	49,1	100
Recht/Ökonomie	51,3	3,7	1,3	1,5	0,5	1,1	-	40,6	100
Gesamtergebnis	48,4	3,9	3,1	2,2	0,8	3,8	0,2	37,6	100

b) Verteilung der forschenden Institutionen auf Umweltbereiche (Anteil in %)

	Hochschulen	Bundeseinr.	Landeseinr.	Fraunhofer	Max-Planck	Helmholtz	GRS*	sonst.	Gesamt
Abfall	7,1	3,5	3,6	10,3	-	4,8	24,2	10,5	8,1
Boden	5,8	7,2	9,4	5,2	1,8	4,9	12,1	3,1	4,9
Schadstoffe	9,7	14,4	5,9	16,9	8,5	12,4	9,9	9,1	9,8
Wasser	18,4	8,2	16,3	9,9	11,3	19,0	1,1	12,9	15,6
Lärm	1,3	3,2	0,9	0,9	-	1,4	-	2,3	1,7
Landwirtschaft	7,1	21,0	18,6	1,7	2,1	1,9	-	2,9	6,1
Naturschutz	14,7	12,2	25,7	2,1	10,6	12,9	-	12,0	13,5
Luft	11,4	6,3	7,1	18,2	49,1	20,2	1,1	10,4	11,5
Energie	8,7	3,5	3,2	23,5	4,2	8,4	1,1	17,0	11,7
Strahlung	1,9	3,2	0,8	2,0	-	4,3	46,2	1,6	2,0
Gentechnik	1,5	6,3	1,6	1,2	6,0	1,6	-	1,2	1,6
Allg. Fragen	8,3	7,2	5,3	5,3	3,5	7,1	4,4	12,6	9,6
Recht/Ökonomie	4,2	3,8	1,6	2,7	2,8	1,1	-	4,2	3,9
Gesamtergebnis	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS).

Quelle: Umweltbundesamt: UFORDAT. - Berechnungen des NIW.

Die Hochschulforschung nimmt also in der Zahl der Forschungsprojekte die führende Stellung ein und ist thematisch breit aufgestellt. Dies wird auch in Tab. 2.2.3 ersichtlich: Die Anteile der Hochschulen an den Projekten streuen bei den Themenkomplexen weniger als bei den anderen Forschungseinrichtungen. Bundeseinrichtungen haben ihre Schwerpunkte in den Themen Landwirtschaft, Schadstoffe und Naturschutz. Schwerpunkte von Landeseinrichtungen sind Wasser, Landwirtschaft und Naturschutz. In der Fraunhofer Gesellschaft entfallen fast 60 % der Projekte allein auf die Themenbereiche Energie, Luft und Schadstoffe, Max-Planck-Institute haben allein fast 50 % der Projekte im Themenbereich Luft. Auch die Helmholtz Gemeinschaft hat in diesem Bereich ihren Umweltforschungsschwerpunkt. In diese Auswertung wurde auch die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) in die Betrachtung mit einbezogen. Auf sie entfällt zwar nur ein Viertel Prozent aller

Forschungsprojekte, jedoch allein 6 % aller Forschungsprojekte des Themenbereiches Strahlung. Die GRS ist die zentrale Fachinstitution für nukleare Sicherheit in Deutschland, rund zwei Drittel ihrer Umweltforschungsprojekte beschäftigen sich mit der Umweltauswirkung von Strahlung sowie der Entsorgung nuklearer Abfälle (Abfall, Boden).

Struktur nach Förderinstitutionen

Die Liste der fördernden Institutionen ist weit weniger heterogen als die der forschenden. Zwischen 1991 und 2005 entfallen von den rund 8,6 Mrd. € Fördermitteln für die Umweltforschung 6 Mrd. € (70 %) auf Förderung durch den Bund (vgl. Tab. 2.2.4). Die Hälfte des gesamten Fördervolumens (53 %) kommt vom BMBF, rund 10 % vom Bundesumweltministerium. Auch die EU steuert mit 13 % einen zweistelligen Anteil zur Förderung bei, die Deutsche Bundesstiftung Umwelt hat 9 % des Fördervolumens getragen. Die traditionell der Grundlagenforschung verpflichtete Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) spielt in der Umweltforschungsförderung eher eine untergeordnete Rolle. Angewandte, häufig interdisziplinäre Forschung, wie sie zur Lösung von Umweltproblemlösungen häufig erforderlich ist, tut sich in dem Fördersystem der DFG eher schwer.

Bei fast allen Förderinstitutionen ist das Fördervolumen zwischen 1991 und 2005 zurückgegangen, insgesamt um fast 4 % jahresdurchschnittlich. Lediglich das Bundeswirtschaftsministerium und die EU haben ihr Fördervolumen in diesem Zeitraum erhöht.

Tab. 2.2.4: Förderung von Umweltforschungsvorhaben 1991-2005 nach Förderinstitutionen

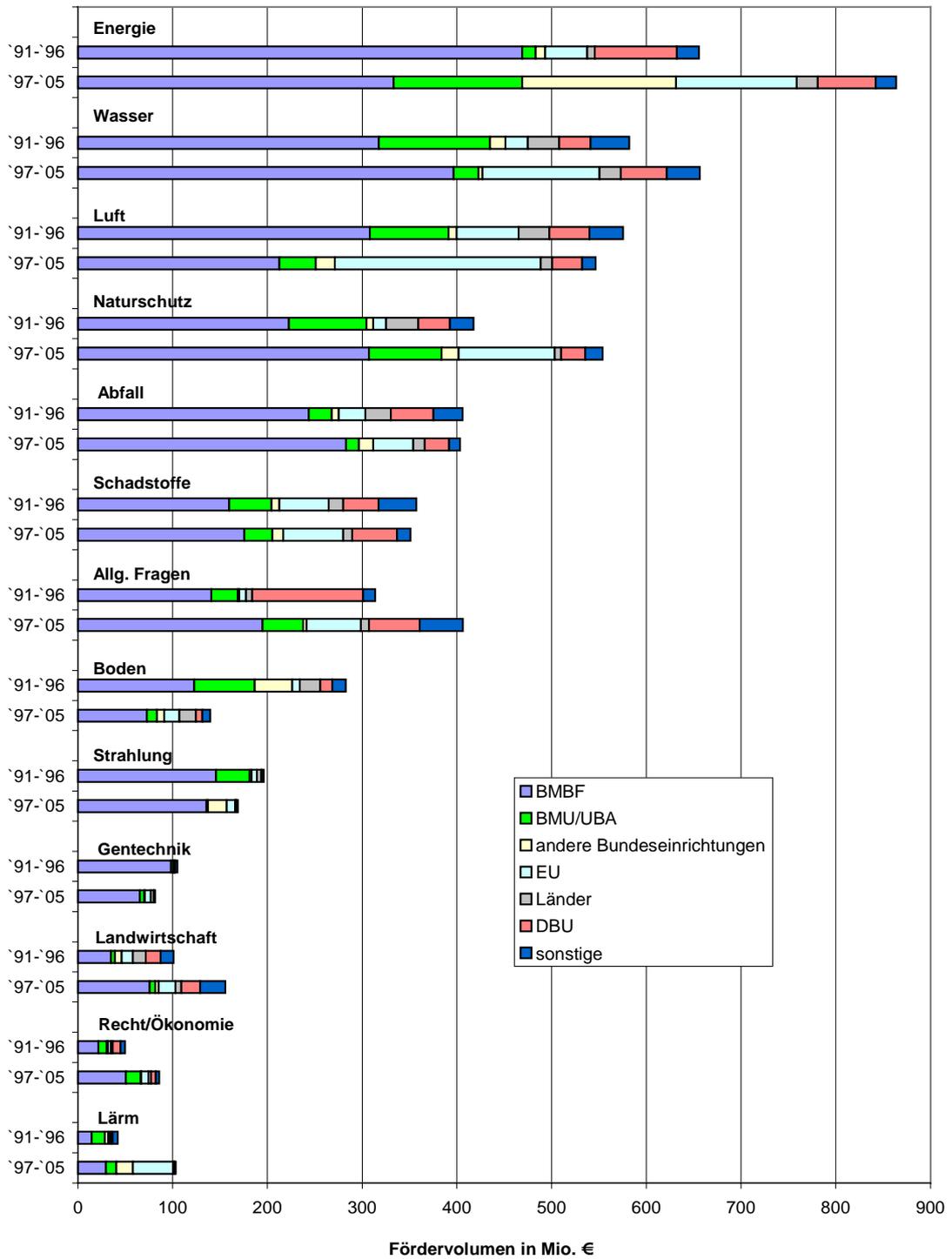
	in Mio. € 1991-2005	Fördervolumen			geförderte Projekte			Durchschn. Förder- volumen pro Projekt in Tsd. €
		Strukturanteile 1991-1996	1997-2005	jahresd. Veränd. 1991-2005 in %	Strukturanteile 1991-1996	1997-2005	jahresd. Veränd. 1991-2005 in %	
Bundeseinrichtungen	5.966	71,9	67,1	-4,1	53,2	63,5	-1,1	462,7
darunter								
BMBF	4.634	56,3	51,7	-2,2	39,4	42,1	-1,6	515,7
BMU	934	12,8	9,1	-9,4	10,0	16,7	2,2	313,8
BMVBS	9	0,2	0,1	-20,7	0,5	0,2	-15,2	115,8
BMELV*	23	0,4	0,2	-15,1	0,6	0,2	-16,7	275,1
BMW i	280	0,7	5,6	13,3	1,4	3,6	4,4	498,8
sonst. Bundeseinr.	86	1,5	0,5	-27,2	1,4	0,6	-13,3	404,5
EU	1.099	6,5	18,4	2,5	4,8	6,4	-6,2	881,0
Land	324	4,9	2,8	-11,8	11,4	6,1	-10,7	170,3
DBU	760	10,6	7,2	-2,8	16,1	15,2	10,1	220,4
DFG	170	2,5	1,5	-16,5	5,6	2,9	-16,4	186,5
AIF	23	0,3	0,2	-13,4	0,8	0,5	-14,5	161,1
VW Stiftung	30	0,3	0,4	-3,0	0,6	0,4	-13,0	277,0
sonstige	228	3,0	2,3	-10,3	7,5	5,0	-11,2	167,5
Gesamtergebnis	8.600			-3,8			-1,8	390,6

* jeweils bis 2002. Seit 2003 sind in der Datenbank keine durch das BMELV geförderten Projekte mehr erfasst.

Quelle: Umweltbundesamt: UFORDAT. - Berechnungen des NIW.

Differenziert nach Umweltbereichen zeigt sich, dass das BMBF auch in der Periode 1997-2005 gegenüber der Vorperiode in den meisten Themenkomplexen dominierende Förderinstitution bleibt (vgl. Abb. 2.2.9), mit Ausnahme der Bereiche Luft und Lärm: Hier engagiert sich die EU deutlicher in der Forschung. Das BMBF hat sich im Bereich Luft zurückgenommen, wogegen im noch wenig erforschten und geförderten Bereich Lärm neben der EU sowohl das BMBF als auch andere Bundesministerien ihre Förderleistung erhöht haben.

Abb. 2.2.9: Anteil der Förderinstitutionen am Fördervolumen nach Umweltbereichen 1991 bis 1996 und 1997 bis 2004



Quelle: Umweltbundesamt: UFORDAT. - Berechnungen des NIW.

2.3 Umweltschutzausgaben

Es ist davon auszugehen, dass die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Volkswirtschaften auf den Märkten für Umweltschutzgüter nicht nur mit staatlichen Vorleistungen und der Förderung der Umweltschutzforschung in Zusammenhang zu bringen ist, sondern auch mit der Struktur und Dynamik der jeweiligen heimischen Märkte, d. h. mit marktrelevanten umweltpolitischen Aktivitäten in den Volkswirtschaften.

- Als ein wichtiger Faktor ist hier die inländische Nachfrage nach Umweltschutzgütern zu nennen. In den meisten Ländern ist der Staat der wichtigste Nachfrager auf den Märkten für Umweltschutz; dies hat vielfach Protektionismus zu Gunsten inländischer Anbieter zur Folge. Zudem sind im Umweltschutz wegen der nationalstaatlichen Regelungskompetenz oft auch „maßgeschneiderte“ Lösungen erforderlich, die engen Kontakt zu den jeweiligen Regionalmärkten erfordern. Für Klein- und Mittelunternehmen ist dies über die so oder so bestehenden Hemmnisse im internationalen Geschäft eine zusätzliche „Exportbarriere“. Dennoch ist der Markt für Umweltschutzgüter kein abgeschotteter Nationalmarkt. Mit der zunehmenden Diffusion von umweltpolitischen Standards durch transnationale Abkommen zum Umweltschutz eröffnen sich auch neue internationale Märkte für Anbieter von innovativen Umweltschutzlösungen.
- Anders ist dies bei Unternehmen. Denn nicht immer ist eindeutig, ob Anlageinvestitionen (Bauten und Ausrüstungen) primär auf den Umweltschutz zielen und nur sekundär auch positive Auswirkungen auf die Umwelt haben. Insbesondere bei prozessorientierten Innovationen wird zwar die Umwelt durch verminderten Ressourceneinsatz und verminderter Emissionen geschützt, die Motivation entspringt aber eher Kosteneinsparmotiven. Die integrativen, nicht immer sichtbaren Maßnahmen werden von der Statistik für Umweltschutzausgaben z. T. nicht vollständig, z. T. gar nicht erfasst.⁷³ Hier ist eine Grenze dieses Untersuchungsansatzes erreicht, die auch nicht immer über Primärerhebungen überschritten werden kann. Für Deutschland lässt sich diese Erkenntnis erhärten⁷⁴: Während die - weitgehend „additiven“ - Investitionen des Produzierenden Gewerbes in Umweltschutzmaßnahmen seit 1992 kontinuierlich zurückgehen⁷⁵, zeigen die Ergebnisse der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamtes, dass - bei steigender Nettoproduktion - der Energie-, Ressourcen- und Wasserverbrauch sowie die Emission von Abwasser, Kohlen-, Schwefel- und Stickoxyden seit dieser Zeit rückläufig ist. Dies dürfte neben dem wirtschaftlichen Strukturwandel auch auf investive Maßnahmen und Innovationen im Produktionsprozess mit positiven Auswirkungen auf die Umwelt zurückzuführen zu sein, die mit den hier verwendeten Indikatoren kaum belegt werden können: Integrierte Umweltschutzmaßnahmen entziehen sich zunehmend der Analyse, diese Art des Umweltschutzes wird nicht so bewusst wahrgenommen wie additive Maßnahmen.

Dennoch sollte man in der (Selbst-)Kritik nicht überdramatisieren: Zum einen spielen öffentliche, nachsorgende Umweltschutzinvestitionen immer noch eine gewaltige Rolle, zum anderen überwiegen auch bei den Unternehmen „additive“ Maßnahmen⁷⁶. Unter diesen Vorzeichen ist auch die folgende

⁷³ Eine neuere Untersuchung in sieben OECD-Ländern (Deutschland, Frankreich, Japan, Kanada, Norwegen, Ungarn, USA) hat zum Ergebnis, dass über drei Viertel der untersuchten Unternehmen in diesen Länder angeben, dass sie vorwiegend in Maßnahmen des integrierten Umweltschutzes investieren. In Japan erreicht der Anteil einen Spitzenwert von 87 % unter den untersuchten OECD-Ländern, Deutschland weist mit 58 % den niedrigsten Anteil auf (vgl. Frondel, Horbach, Rennings, 2004). Hier darf jedoch kein Missverständnis entstehen: Die Untersuchung gibt an, wie viel Unternehmen integrierte Maßnahmen zum Umweltschutz ergreifen. Sie sagt nichts über die quantitativen Verhältnisse zwischen integriertem und additivem Umweltschutz aus.

⁷⁴ Vgl. Statistisches Bundesamt (2005, <http://www.destatis.de>).

⁷⁵ Vgl. Grundmann, Becker (2004).

⁷⁶ Vgl. Grundmann, Becker (2004).

Zusammenstellung der Umweltschutzausgaben im internationalen Vergleich zu sehen, die vor allem darstellen soll, welche Präferenz die Volkswirtschaften dem Umweltschutz beimessen.

Das ökonomische Gewicht des Umweltschutzes lässt sich schlecht messen. International üblich ist ein Vergleich der Aufwendungen zur Vermeidung und Kontrolle von Umweltverschmutzungen, bezogen auf die gesamtwirtschaftliche Leistung (Inlandsprodukt). Dahinter steht die Vorstellung, dass das Niveau der Umweltschutzstandards auch den Aufwand für Investitionen, Personal, Dienstleistungen und Sachgüter bestimmt: Je höher die Umweltschutzaufgaben und je konsequenter der Vollzug, desto höher sind auch die Ausgaben für Errichtung und Betrieb der Umweltschutzinfrastruktur.

Die Vermeidungs- und Kontrollausgaben sind Teil der Umweltschutzaufwendungen. Sie decken die nach- und vorsorgenden Maßnahmen ab, die direkt auf Vermeidung und Kontrolle von Umweltbelastungen zielen⁷⁷. In den meisten OECD-Ländern liegt der Anteil zwischen 1 und 2 % des Inlandsproduktes (Tab. 2.3.1). Die Erhebungs- und Klassifizierungsmethoden von Umweltschutzausgaben in den einzelnen Ländern sind z. T. erheblich voneinander abweichend. Nicht immer ist gewährleistet, dass in den Ländern nur Investitionen und laufende Ausgaben für die Vermeidung, Beseitigung und Kontrolle von Umweltverschmutzungen und nicht auch andere Ausgaben (bspw. für den Natur- und Landschaftsschutz) erfasst werden und im temporalen Längsschnitt ist es vielfach kaum möglich, die Ausgabenentwicklung in den einzelnen Ländern ohne statistische Brüche oder Erhebungslücken zu verfolgen⁷⁸. Der Umgang mit privaten und privatisierten ehemals öffentlichen Unternehmen aus dem Entsorgungsbereich (Abfall, Abwasser) ist in der Erfassung und Zuordnung in den Ländern sehr unterschiedlich. Für einige Länder ist diese Art von Entsorgungsbetrieben separat ausgewiesen (u. a. in Deutschland), in anderen Ländern sind diese hauptsächlich bei den Ausgaben der öffentlichen Hand zu vermuten, manchmal mögen sie aber auch der privaten Wirtschaft zugeordnet sein. Eine konsistente Vergleichbarkeit zwischen den Ländern ist daher kaum bzw. nur unter Vorbehalt möglich.

Da sich die jeweiligen Anteile der Umweltschutzausgaben am Inlandsprodukt jedoch in einem Korridor von ca. 0,5 bis fast 3 % Ende der 90er Jahre bewegen, lassen sich zumindest Aussagen zu den Größenordnungen der Gesamtausgaben treffen: Deutschland, Frankreich die kleineren westeuropäischen Länder Belgien, Niederlande, Österreich, aber auch Polen und Tschechien sowie Japan und Korea geben Ende der 90er Jahre mit mehr als 1,5 % des Inlandsprodukts relativ am meisten für den Umweltschutz aus. Großbritannien, Italien, Irland, Portugal, Schweden, Finnland, Slowakei und Australien haben Umweltschutzausgaben von weniger als 1 % ihres Inlandsprodukts.

Die „ökonomische Arbeitsteilung“⁷⁹ im Umweltschutz zwischen Wirtschaft und Staat ist - unter den genannten statistischen Vorbehalten betrachtet - recht unterschiedlich:

- In der Mehrzahl der Länder wird Umweltschutz überwiegend noch als Aufgabe des Staates eingestuft, der den größten Ausgabenteil einnimmt. Die öffentlichen Maßnahmen - dazu zählen auch die der privatisierten Entsorgungsbetriebe - konzentrieren sich auf Gewässerschutz und Abwasserbehandlung sowie auf Sammlung und Beseitigung von (Siedlungs-)Abfall. In Deutschland machen sie drei Viertel aller Umweltschutzinvestitionen aus (Abb. 2.3.1). Besonders hoch ist gewöhnlich der Ausgabenanteil für Gewässerschutz und Abwasserbehandlung. Die öffentlichen Maßnahmen sind nur z. T. steuerfinanziert, in den meisten Ländern finanzieren die privaten Haushalte die Aufwendungen über entsprechende Gebührenzahlungen.

⁷⁷ Vgl. OECD (2004).

⁷⁸ Vgl. OECD (2003).

⁷⁹ Voß (1998).

Tab. 2.3.1: Ausgaben zur Vermeidung und Kontrolle von Umweltverschmutzungen in den OECD-Ländern 1990-2000

Land	~1990		~1994		~1998		~2000		Insgesamt*			
	Staat	Wirt- schaft	Staat	Wirt- schaft	Staat	Wirt- schaft	Staat	Wirt- schaft	~1990	~1994	~1998	~2000
GER	0,9	0,5	0,8	0,5	1,4	0,3	1,3	0,3	1,4	1,4	1,8	1,6
FRA	0,6	0,4	0,7	0,3	0,8	0,3	0,9	0,3	1,2	1,4	1,5	1,6
GBR	0,4	0,3		0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,7		0,8	0,7
ITA					0,7	0,1	0,7				0,8	
BEL				0,4	0,7	0,4	0,7	0,3			1,4	1,5
NED		0,7	1,3	0,5	1,1	0,5				1,8	2,0	
DEN	1,3		1,3		1,4		1,4					
IRL					0,4	0,2					0,6	
GRE	0,7		0,5		0,5		0,5					
ESP					0,6		0,6					
POR				0,1	0,5	0,2	0,5	0,3		0,7	0,7	0,8
SWE		0,3	0,2		0,2	0,2	0,2	0,1			0,4	0,3
FIN			0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3		1,0	1,0	0,8
AUT	1,1		1,0	0,8	1,5	0,5	1,3	0,5		1,8	2,6	2,4
POL	0,2	0,5	0,3	0,6	0,9	1,9	0,8	1,2	0,7	0,9	2,8	2,0
CZE			0,8	1,6	0,6	1,2	0,5	0,5	1,0	2,4	2,4	1,7
HUN		0,4		0,2	0,5	0,3					0,8	
SVK	4,2		0,9		0,5	2,6	0,1	0,7			2,1	0,8
SUI				0,6	0,8		0,8			0,6		
NOR	0,4		0,6		0,3		0,3					
ISL	0,2		0,4		0,3		0,3					
TUR					0,9	0,2					1,1	
CAN	0,7		0,7	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5		1,2	1,1	1,1
USA	0,6	0,8	0,7	0,9		0,2			1,4	1,6		
MEX	0,3		0,4		0,2		0,2					
JPN	0,3	0,8	0,5	0,9	0,5	0,8	0,6	0,8	1,1	1,3	1,3	1,4
KOR			0,8	0,7	0,9	0,6	0,7	0,7		1,6	1,6	1,5
AUS	0,4	0,2	0,5	0,3			0,2		0,6	0,8	0,3	

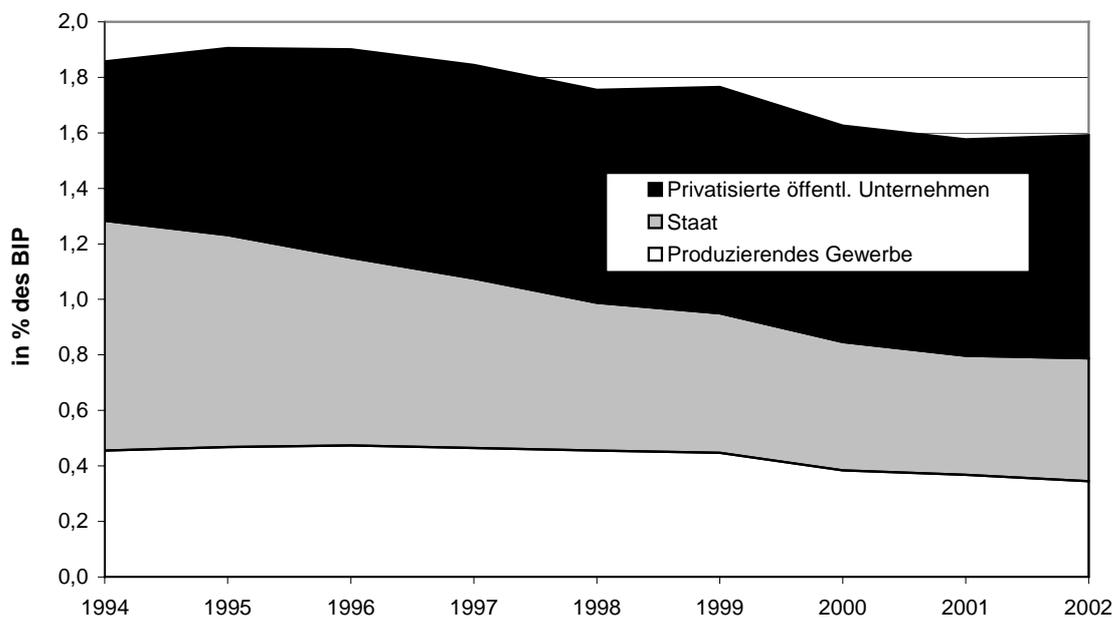
* ab 1998 beinhalten die Gesamtausgaben von AUT, GER, NED, POL und CZE auch Ausgaben spezialisierter privater und privatisierter öffentlicher Unternehmen der Entsorgung

Quelle: OECD (2003) "Pollution Abatement and Control Expenditure in OECD Countries."

- Im privaten Sektor (Wirtschaft) zielen die Maßnahmen vor allem auf die Vermeidung von Luft- und Gewässerverunreinigung sowie auf die Sondermüllbeseitigung. Hier gilt in der Regel das Verursacherprinzip. In den USA (1994) und Kanada, Großbritannien, Tschechien, Japan und Korea trägt die Wirtschaft die Hälfte der Umweltschutzausgaben, in Polen sogar mehr als die Hälfte. In den meisten anderen Ländern liegt dieser Anteil häufig bei einem Drittel, so auch in Deutschland.
- Unter dem Diktat der leeren öffentlichen Kassen ist zuletzt indes ein tendenzieller Rückzug des Staates und ein Trend zur Privatisierung zu beobachten. Im Zusammenhang mit den weltweit nur wenig gesteigerten Anstrengungen im Umweltschutz sind parallel dazu jedoch auch die unternehmerischen Ausgaben für Umweltschutz nicht mehr so kräftig expandiert. Letzteres mag auch darauf zurückzuführen sein, dass die Wirtschaft zunehmend von „End-of-Pipe“ auf „Cleaner Produc-

tion“-Maßnahmen im Umweltschutz umstellt und daher gewisse Zurechnungsprobleme entstehen.⁸⁰ Dieses lässt sich für Deutschland präzisieren: die gesamten Umweltausgaben (absolute Ausgaben in jeweiligen Preisen) im Jahr 2002 befinden sich - nach einigen Auf- und Abs - auf dem gleichen Niveau wie schon 1994. In der Arbeitsteilung allerdings hat es einige Verschiebungen gegeben. Während das produzierende Gewerbe seine Ausgaben pro Jahr im Durchschnitt um 1 % zurückgenommen hat, haben der Staat und die Entsorgungsbetriebe diesen Rückgang kompensiert. Dabei ist es allerdings zur kompletten Umkehrung des Verhältnisses zwischen Staat und privaten sowie privatisierten ehemals öffentlichen Entsorgern gekommen: 2002 nehmen die Entsorgungsbetriebe in Deutschland mit 0,8 % des Inlandsprodukts vor dem Staat und dem produzierenden Gewerbe den größten Anteil bei den Umweltschutzausgaben ein (vgl. Abb. 2.3.1).

Abb. 2.3.1: Umweltschutzausgaben in Deutschland 1994 bis 2002 in % des BIP



Quelle: Statistisches Bundesamt, Volkswirtschaftliche und Umweltökonomische Gesamtrechnung 2005.

⁸⁰ Vgl. die methodischen Erläuterungen zum eigenen Ansatz.

3 Umweltwissenschaft und -technologieangebot: Deutschlands Stand im internationalen Technologiewettbewerb

Im folgenden Abschnitt soll der Frage nachgegangen werden, wie „leistungsfähig“ Deutschlands Wissenschaftler und Forscher gemessen an den publizierten Ergebnisse der Forschung in den Umweltwissenschaften einzuschätzen sind, im Vergleich zu ihren Konkurrenten. Hat die nachlassende Bedeutung der Umweltforschung Spuren hinterlassen? Zum zweiten ist zu klären, ob an den patentgeschützten Erfindungen in der Umweltwirtschaft und in ihren Fachzweigen im internationalen Vergleich erkennbar wird, welche Richtung der umwelttechnische Fortschritt einschlägt und welche Rolle deutsche Erfinder und Innovatoren in diesem Prozess spielen. Dies wird anhand des Patentschutzes ermittelt, den sich Unternehmen für ihre technologischen Neuerungen geben lassen, um auf den (internationalen) Märkten reüssieren zu können. Exkursartig wird dabei ein besonderes Augenmerk auf die Situation bei Brennstoffzellen gelegt, die sowohl aus energetischen als auch aus Umweltgründen derzeit in aller Munde ist.

3.1 Patentanmeldungen: Die Marktorientierung von technologischen Erfindungen

Als Innovationsindikator beziehen sich Patente in erster Linie auf technische Innovationen, während weitere Komponenten und Dimensionen des Innovationsprozesses nicht unmittelbar abgebildet werden können. Patente stellen damit einerseits nur einen Teil des Innovationsoutput dar und umfassen andererseits lediglich einen Teil des kodifizierten Wissens. Bezogen auf die Gesamtheit der formellen Schutzrechtsformen, wie bspw. Marken, Geschmacks- und Gebrauchsmuster, oder auch Urheberrechte, nehmen Patente jedoch insofern eine herausgehobene Stellung ein, da sie einer Reihe von formellen Anforderungen genügen müssen, die für andere Schutzrechtsformen nicht in gleicher Weise gelten. Insbesondere ist das „Neuheitskriterium“ der entscheidende Unterschied zu anderen Schutzrechten, die in der Regel ohne Neuheitenanspruch gewährt werden. Hinzu kommt, dass durch Patente den Anmeldern eine Sicherung von Monopolrenten zugestanden wird, mittels derer die Innovatoren ihre Aufwendungen im Forschungs- und Entwicklungsprozess absichern können.⁸¹

3.1.1 Abgrenzung und Datenlage

Abgrenzung von Umweltschutzpatenten

Der Umwelttechnik bzw. der Umweltwirtschaft kann ein Querschnittscharakter unterstellt werden, d. h. Umweltaspekte finden in zahlreichen Produkten und Prozessen ihren Niederschlag. Entsprechend diesem Querschnittscharakter - dies wurde bereits in Abschnitt 1 dargestellt - ist es nur schwer möglich, diese „Branche“ oder „Industrie“ und ihre Produkte in den gängigen Statistiken zu identifizieren. Analog zur Vorgehensweise in den übrigen Abschnitten dieser Analyse wird das Potenzial der Technologien und dessen Bedeutung für Umweltschutz als Kriterium für die Zuordnung von einzelnen Patenten zur Kategorie „Umweltschutz“ verwendet.

Ganz anders verhält sich dies im Allgemeinen bei den zu Grunde liegenden Technologien. Diese Technologien und technologischen Komponenten der Umweltwirtschaft lassen sich mit Patenten sta-

⁸¹ Eine ausführliche Diskussion der Patente als Innovationsindikator sowie der methodischen Besonderheiten bei der Erhebung, Analyse und Interpretation von Daten findet sich in (Frietsch 2006; Frietsch, Schmoch 2006; Grupp, Schmoch 1999; Schmoch 1990; Schmoch, Hinze 2004).

tistisch sehr detailliert erfassen - zumindest der veröffentlichte und kodifizierte Teil des damit verbundenen Wissens. Dabei kann eine nach den einzelnen Teilfeldern und -technologien differenzierte Untersuchung durchgeführt werden, welche insgesamt die folgenden acht Bereiche unterscheidet:

- Abfallbehandlung, -entsorgung und -vermeidung
- Recycling
- Lärmschutz
- Luftreinhaltung
- Wasserreinhaltung
- Umweltmesstechnik
- Technologien zur rationellen Energienutzung⁸²
- Technologien zur ressourcenschonenden Energieerzeugung (wie bspw. Wind- und Wasserkraftanlagen, Photovoltaik, Biomasse).

Hierzu war eine Identifikation und Abgrenzung dieser Technologien in der Patentklassifikation notwendig. Die internationale Patentklassifikation unterscheidet in ihrer tiefsten Gliederung aktuell mehr als 70.000 Symbole, wodurch eine sehr differenzierte Erfassung auch der Umweltwirtschaft bzw. umweltbezogener Technologien möglich ist. Als Ausgangspunkt für die hier verwendete Neuabgrenzung dienten dabei Erfahrungen aus früheren Projekten zur Umweltwirtschaft.⁸³ Insgesamt können die Technologien recht gut zugeordnet werden. In einzelnen Fällen, wie bspw. bei Technologien zur rationellen Energienutzung, ist eine Abgrenzung und vor allem eine vollständige Erfassung jedoch eher schwierig. Jedenfalls werden bspw. Haushaltsgeräte bzw. Teile davon in den Patentanmeldungen nicht als energieeffizient klassifiziert, so dass dieses Label auch nicht für die Untersuchung herangezogen werden kann. Dies entspricht auch der Vorgehensweise bei der Abgrenzung der „Klimaschutzgüter“ nach der ISI-Liste (vgl. Abschnitt 1).

Eine gewisse Schlagseite ergibt sich dadurch, dass - zwar nicht ganz so krass wie in den Güterstatistiken - die Umweltschutzwirkung von nachgeschalteten Verfahren leichter nachweisbar ist als die des vorsorgenden Umweltschutzes und dass Umweltschutzdienstleistungen nicht patentierbar sind. Andererseits ergibt sich dadurch jedoch eine recht gute Übereinstimmung mit den Abgrenzungskriterien nach den Güterlisten des StaBuA und des ISI zum Umwelt- bzw. Klimaschutz.

Die **Brennstoffzellentechnologie** wird in dieser Analyse separat behandelt, da es keine originäre Umwelttechnologie ist. Zwar ruhen auf dieser Technologie große Hoffnungen zur Lösung der zukünftigen Energieprobleme speziell im Bereich von Fahrzeugen, aber auch im stationären Betrieb zur Energieversorgung von Haushalten. Wasserstoff, welcher zum Betrieb mit Brennstoffzellen besonders geeignet ist, kommt in der Natur nicht vor und muss somit als Sekundärenergieträger erzeugt werden⁸⁴. Brennstoffzellen bestehen aus einzelnen Modulen, die in so genannten „Stacks“ hintereinander geschaltet werden können, um die jeweils gewünschte Energie zu erzeugen.

Brennstoffzellen wandeln die im Wasserstoff gespeicherte Energie in elektrische Energie um, die dann bspw. für den Betrieb eines Elektromotors verwendet werden kann. Es ist im Prinzip die Umkehrung der Elektrolyse, wo mit Hilfe von elektrischem Strom Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird. Letzterer ist in der Luft vorhanden, während ersterer zu- bzw. mitgeführt werden muss, wenn man die Energie bspw. zum Antrieb eines Fahrzeugs nutzen möchte. Bei der Freisetzung dieser Energie entsteht als Nebenprodukt Wasser bzw. Wasserdampf.

Wasserstoff ist also lediglich der Energieträger, der die in ihn „investierte“ Energie bei der Reaktion mit Sauerstoff in einer Brennstoffzelle wieder freisetzt. Ist die „Investition“ nicht umweltfreundlich, dann ist der gesamte Prozess nicht umwelt-

82 Die komplette Palette an Technologien zur rationellen Energienutzung kann an dieser Stelle nicht abgebildet werden, zumal hierzu eine detaillierte Definition einzelner Technologien notwendig wäre. Statt dessen werden an dieser Stelle einige Technologien beispielhaft analysiert. Diese sind: Energieeffiziente Beleuchtung, Blockheizkraftwerke, Gasturbinen, Wärmepumpen sowie energiesparende Technologien im Haushalt (Waschmaschinen und Spülmaschinen).

83 Siehe bspw. Gehrke, Schmoch u. a. (2002).

84 NKJ (o. J.).

freundlich⁸⁵. Negativ schlägt dabei zu Buche, dass einerseits der Prozess zur Herstellung von Wasserstoff sehr energieintensiv ist, andererseits auch dessen Speicherung und Transport, da das Verhältnis von Volumen und Energie beim Wasserstoff „recht ungünstig“ ist und er daher unter Druck gesetzt werden muss, wenn man nicht einen gigantischen Tank einbauen oder eine Pipeline zum Auto legen will. Es ist allerdings mittlerweile problem- und gefahrlos möglich, in dem Volumen eines gewöhnlichen Kraftstofftanks eines Autos so viel Wasserstoff unterzubringen, dass die Energie für mehrere 100 km reicht. Andererseits, und dies muss bei der gesamten Energiebilanz von Wasserstoff bzw. Brennstoffzellen berücksichtigt werden, gibt es auch in der Brennstoffzelle Energieverluste. Diese sind aber nicht thermodynamisch vorgegeben wie bei den Verbrennungsmotoren (Carnot-Prozess).

Erst wenn substantielle Mengen an regenerativen Energiequellen zur Herstellung von Wasserstoff - also zur Speicherung regenerativer Energie in Wasserstoff - verwendet werden können, dann erschließt sich das gesamte umweltrelevante Potenzial der Brennstoffzelle. Bis dahin ist diese Technologie „umweltneutral“ bzw. von der Umweltverträglichkeit der originären Energiequelle abhängig. Der einzige umweltrelevante Vorteil, den man bis dahin der Brennstoffzellen- bzw. Wasserstoff-Technologie zugestehen kann, ist eine Verlagerung der Emissionen bspw. von NO_x oder CO₂ weg von den Städten und hin zu den Orten, wo die Kraftwerke stehen. Die Konzentration von Abgasen in den Städten kann somit reduziert und die Abgasausscheidung besser kontrolliert werden.

Die größten Potenziale ergeben sich beim Einsatz von Brennstoffzellen im Bereich von Kraftfahrzeugen, wobei hier in erster Linie der private Individualverkehr gemeint ist. Lastkraftwagen oder auch Züge scheinen weniger attraktiv, so dass eine breite Serienfertigung hier weniger wahrscheinlich erscheint⁸⁶. Für die Anwendung im Verkehrsbereich eignen sich insbesondere die so genannten PEMs, d. h. Brennstoffzellen mit einer Membran (Proton Exchange Membrane). Diese Brennstoffzellenart findet sich auch bei portablen Anwendungen bspw. in Laptops, Handys oder auch elektrischen Handwerkzeugen. Auch Methanol wird, bei schlechtem Wirkungsgrad, als Energieträger in PEM eingesetzt, diese Bauvariante wird DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) genannt. Demgegenüber erweisen sich Hochtemperatur-Brennstoffzellen wie SOFCs (Solid Oxid Fuel Cells = Festoxid-BZ) oder MCFCs (Molten Carbonate Fuel Cells = Schmelzkarbonat-BZ), als besonders geeignet für die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in stationären Anwendungen bspw. zur Energieversorgung von Häuserzeilen und von Siedlungen. Ob sich Brennstoffzellen allerdings gegen andere KWK-Technologien, wie bspw. Stirlingmotoren durchsetzen, bleibt abzuwarten⁸⁷. Auch diese Technologien können mit erneuerbaren Energien kombiniert werden, durch gesteigerte Effizienz im Haushalt bzw. in der stationären Anwendung Konkurrenzprodukte zu bestehenden Technologielinien sein.

Summa summarum erweist sich die Anwendung der Wasserstofftechnologie bzw. von Brennstoffzellen in Fahrzeugen als einerseits besonders attraktiv auf Grund des hohen Einsparpotenzials von fossilen Brennstoffen und damit von CO₂ und auf der anderen Seite auch am aussichtsreichsten bezüglich einer breiten Markteinführung und Diffusion. Demgegenüber sind stationäre und portable Anwendungen zwar ebenfalls absehbar, allerdings angesichts konkurrierender Technologien und geringerer Gesamtleistungen unbedeutender in den zu erwartenden Auswirkungen. Die Wasserstofftechnologien im PKW-Verkehr werden laut einer aktuellen Studie im Auftrag der EU-Kommission⁸⁸ allerdings nicht vor dem Jahr 2012 Serienreife erreichen und es bedarf dann einer breiten Diffusion der Technologien sowie insbesondere von Versorgungs-, Transportnetzen und Tankstellen. Optimistische Szenarien kalkulieren einen signifikanten Anteil der Energieaufwendungen für den Fahrzeugverkehr ab etwa dem Jahr 2020, etwas pessimistischere Schätzungen nennen das Jahr 2030. Dabei sei nochmals betont, dass Brennstoffzellen erst mit dem Einsatz von erneuerbaren Energien zur Herstellung von Wasserstoff ihren vollwertigen Beitrag zur Umweltentlastung leisten. Insofern ist es an dieser Stelle und zu diesem Zeitpunkt durchaus angebracht, die Brennstoffzelle bzw. die Wasserstoffwirtschaft getrennt von den übrigen Umwelttechnologien zu betrachten.

Ein weiterer Grund, die Brennstoffzellen-Technologie separat zu behandeln ist die Tatsache, dass speziell in der jüngeren Vergangenheit eine Vielzahl von Patenten zur Anmeldung gebracht wurden. Eine integrierte Betrachtung dieser Patente mit den Anmeldungen in den übrigen Umwelttechnologien würde eine starke Überlagerung der Entwicklung durch die Brennstoffzelle zur Folge haben. Der Gesamttrend wäre hiervon deutlich beeinflusst und eine Interpretation würde erschwert werden. Da eine Marktreife und eine umfassende Diffusion noch nicht gegeben ist, wäre es zudem problematisch, die dann aggregierten Kennziffern insbesondere mit den marktnäheren Indikatoren zu vergleichen, welche die Brennstoffzelle nicht enthalten.

Datenlage

Im Folgenden werden die Analysen der Patentdaten dargestellt, wobei

85 Krewitt u. a. (2004).

86 HyWays (o. J.).

87 Koschorke u. a. (2005).

88 HyWays (o. J.).

- sowohl die deutschen Anmeldungen am deutschen Patent- und Markenamt (DPMA) inklusive der über den Anmeldeprozess am deutschen Amt Gültigkeit erlangende Dokumente (nationale Analyse)
- als auch die Anmeldungen von Erfindern ausgewählter Volkswirtschaften⁸⁹ am europäischen Patentamt (EPA) erhoben wurden (internationaler Vergleich).

Diese werden an dieser Stelle jedoch nicht im einzelnen erörtert, sondern es wird auf die wesentlichen Ergebnisse bzw. Länder abgezielt. Es wurden bei der Untersuchung der Patente lediglich Anmeldungen am EPA sowie die an das EPA im Rahmen der Patent Cooperation Treaty (PCT) überführten Anmeldungen (Euro-PCT in der regionalen Phase) verwendet. Die Gründe hierfür liegen einerseits in der Relevanz dieses Patentamtes insbesondere für die Bedienung internationaler Märkte sowie in der Tatsache begründet, dass die meisten - zumindest europäischen - Unternehmen auch für Anmeldungen, für die eine Gültigkeit in Deutschland angestrebt wird, den Weg über das EPA bzw. die WIPO (PCT) gehen, da es sich hierbei um eine Vereinfachung des Anmeldeprozesses handelt. Insofern kann mit diesem Ansatz insbesondere auf international relevante Anmeldungen im Bereich der Umwelttechnologien abgestellt werden. Gleichzeitig - und dies sei an dieser Stelle explizit hervorgehoben - werden mit diesen Analysen nicht alle Patente, die in Deutschland angemeldet werden, erfasst. Speziell kleine und mittelgroße Unternehmen sind häufig zu einem großen Teil auf den nationalen Markt ausgerichtet, so dass Patente dieser Gruppe mit den EPA-Anmeldungen nicht vollständig erfasst werden. Der internationale Vergleich bei Umwelttechnologien kann damit vor allem klären, inwiefern deutsche Unternehmen sich mit ihren Inventionen und Innovationen auf internationale Märkte hin orientieren und **neue** Technologien und Produkte in der unmittelbaren Konkurrenz mit internationalen Mitbewerbern platzieren können. Denn entscheidendes Kriterium für die Schutzwirkung von Patenten ist die „Neuheit“.

Das Prioritätsjahr wird als Zeitpunkt der ersten Anmeldung einer Erfindung zugrunde gelegt. Dies hat den großen Vorteil, dass Patentdaten, wenn sie als ein Outputindikator von Forschungsprozessen interpretiert werden, mit weiteren Innovationsindikatoren in einen zeitlichen Zusammenhang gebracht werden können. So wäre es auf diese Weise möglich, eine - wenn auch nur qualitative - Brücke zu Inputfaktoren wie bspw. Forschungsaufwendungen oder dem eingesetzten „Humankapital“ herzustellen, ebenso wie zu eher output-orientierten Indikatoren wie bspw. dem Außenhandel mit Hochtechnologiegütern oder dem Umsatz. Der Anmeldeprozess sowohl am DPMA wie auch am EPA hat eine Publikation der Anmeldung erst nach 18 Monaten ab dem Prioritätsdatum zur Folge, weshalb an dieser Stelle lediglich Daten bis zum Jahr 2004 für Analysen zur Verfügung stehen. Hinzu kommt, dass durch das PCT-Verfahren - also einem weiteren Verfahren, um zu einer deutschen bzw. europäischen Anmeldung zu gelangen - eine Überleitung in die regionale Phase mit einer Verzögerung von weiteren 18 Monaten eine Hochrechnung der Anmeldungen am aktuellen Rand notwendig macht. Dabei kann diese Hochrechnung lediglich zuverlässig für die Anmeldungen am EPA geleistet werden, während hier auf eine Schätzung der Überleitung an das DPMA verzichtet wird. Entsprechend wird daher der Analysezeitraum 1970 bis 2002 für die in Deutschland gültigen Anmeldungen (nur deutsche Erfinder) dargestellt; für die Anmeldungen am EPA endet er im Jahr 2004. Es gilt dabei zusätzlich zu beachten, dass das EPA erst im Jahr 1978 seinen Dienst aufgenommen hat. Aus verschiedenen Gründen sind Daten dieses Amtes bei der Verwendung für statistische Zwecke erst mit dem Prioritätsjahr 1985 zuverlässig interpretierbar. Entsprechend erstreckt sich der Analysezeitraum für Daten an diesem Amt auf die Jahre von 1985 bis 2004.

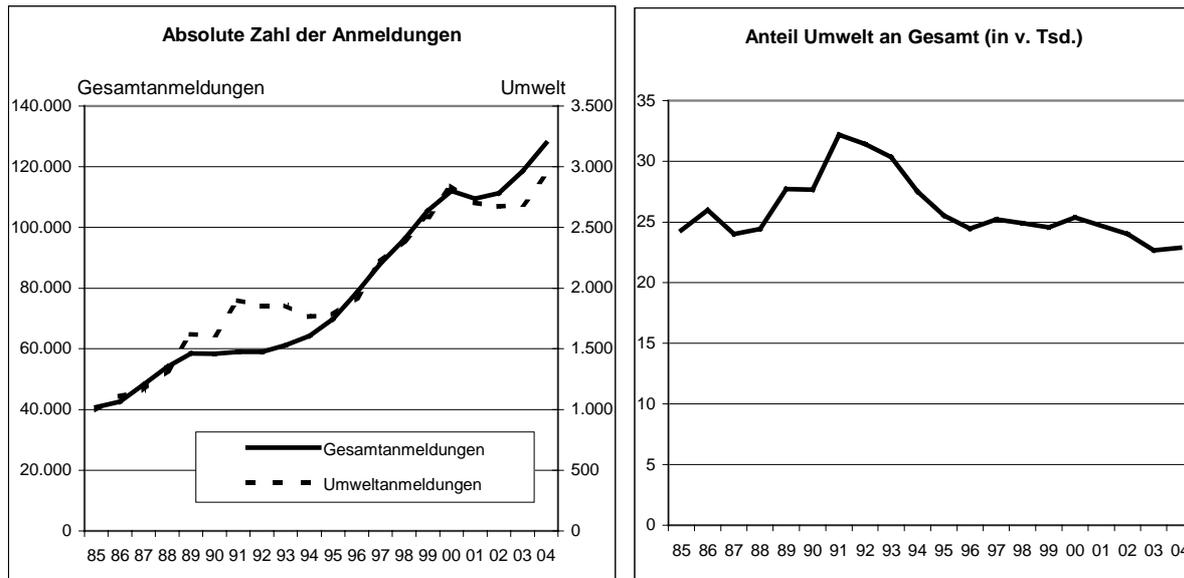
⁸⁹ Diese sind neben Deutschland zusätzlich folgende Länder: USA, Japan, Großbritannien, Frankreich, Schweiz, Kanada, Schweden, Italien, die Niederlande, Finnland, Südkorea und zusätzlich Dänemark und Österreich.

3.1.2 Patente für Umweltschutz im internationalen Vergleich

Globalentwicklung

In Abb. 3.1.1 ist die Entwicklung der Gesamtanmeldungen (linke Achse im linken Block) am EPA sowie der Verlauf der Anmeldungen im Bereich der Umwelttechnologien insgesamt (rechte Achse) dargestellt. Daneben wird im rechten Block ein Index abgetragen, der die Relation der beiden Kurven beschreibt und als Umweltanmeldungen pro 1.000 Gesamtanmeldungen berechnet wird.

Abb. 3.1.1: Entwicklung der Patentanmeldungen am EPA insgesamt, der Umwelttechnik sowie deren Anteile an den Gesamtanmeldungen 1985 bis 2004



Lesehilfe: Bezogen auf die absolute Zahl der Anmeldungen gilt die linke Skala für die Gesamtanmeldungen und die rechte Skala für die Umweltpatente. Die linke Abbildung zeigt die Entwicklung der Umweltpatente in Relation zu allen Anmeldungen (pro 1.000).
Quelle: STN: EPFULL; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Sowohl die Gesamtanmeldungen von Patenten als auch die Umweltanmeldungen haben sich in der zweiten Hälfte der 90er Jahre deutlich erhöht; nach einem Trendbruch im Jahr 2000 beginnen sie seit 2002 erneut leicht zu steigen. Insgesamt wurden 2004 rund 3.000 Patente mit Umweltschutzbezug gezählt; das sind 2,3 % aller Patente. Der erneute Aufschwung nach 1995 ist nicht nur auf die technologische Entwicklung zurück zu führen, sondern auch auf das Exportverhalten der Unternehmen. Zudem kann der Anstieg durch die verstärkte Verwendung von Patenten als strategisches Instrument der Unternehmen interpretiert werden, bspw. zur Erhaltung des eigenen technologischen Spielraumes - ohne dabei direkte Verwertungsabsichten zu verfolgen. Außerdem dienen Patente verstärkt zu Marketingzwecken, zur Mitarbeitermotivation sowie als Zeichen der technologischen Kompetenzen, mit denen auch gleichzeitig die Möglichkeiten auf dem Kapitalmarkt verbessert werden sollen.⁹⁰ Die Patente haben also neben der rechtlichen Funktion zusätzlich eine verstärkte Signalfunktion erhalten. Und dies

90 Blind u. a. (2003 und 2006). Daneben gibt es weitere Erklärungen für das deutliche Anwachsen der Patentzahlen, die jeweils für sich genommen jedoch nicht in der Lage sind die gesamte Entwicklung zu Erklären. So wird bspw. eine gesteigerte FuE-Effizienz, ein verschärfter internationaler Technologiewettbewerb, eine verbesserte internationale Durchsetzbarkeit von Eigentumsrechten, eine erhöhte Bedeutung von Patenten bei Lizenztausch und Firmenübernahmen sowie Gebührensenkungen bei Patentanmeldungen angeführt (Hall, Ziedonis, 2001; Janz u. a., 2001; Kortum, Lerner, 1999).

gilt offensichtlich für die Gesamtanmeldungen ähnlich wie auch für die Patentanmeldungen im Bereich der Umwelttechnologien.

Der Trendbruch in der Wirtschaft insgesamt im Jahr 2000 ist in erster Linie auf die Rezession sowie die damit zusammenhängende Verlangsamung der Steigerung von Forschungsmitteln⁹¹ zurückzuführen. Dabei - so hat es den Anschein - haben Unternehmen weniger die FuE-Projekte abgebrochen oder den Beginn geplanter Projekte gestrichen als vielmehr die Projekte in die Länge gezogen bzw. die Entwicklung zur Marktreife verzögert. Denn jüngst ist erneut eine Steigerung der Anmeldungen zu verzeichnen, die nicht mit einer merklichen Erhöhung der FuE-Ausgaben einhergeht. Die Unternehmen haben also mit ihren Technologien bzw. Produkten eine Verbesserung der wirtschaftlichen Situation abgewartet, um nicht in das „Loch der Rezession“ zu fallen. Die Umwelttechnologien haben entgegen dem allgemeinen Trend am aktuellen Rand nicht erneut zulegen können, was sowohl ein Effekt der schwachen „Umweltkonjunktur“, als auch der über einen langen Zeitraum betrachtet sinkenden Forschungsausgaben in diesem Technologiefeld sein dürfte (vgl. Abschnitte 1 und 2).

Betrachtet man nun den Anteil der Umwelttechnologien an allen Patentanmeldungen, um so die Veränderungen besser einschätzen zu können, dann lässt sich folgendes feststellen: Eine überdurchschnittliche Steigerung der Anmeldungen von Umwelttechnologien fand insbesondere zwischen 1989 und 1991 statt. Bis etwa 1995 hatte sich diese hohe Relation halten können, während sich nach 1995 die Relationen auf einem etwas niedrigeren Niveau eingependelt hatten und dies bis zum aktuellen Rand in etwa halten können. Dies bedeutet, dass der Aufschwung, den die Gesamtanmeldungen im Zuge der strategischen Orientierung der Patente nehmen konnten, im Bereich der Umwelttechnologien nicht oder nicht in gleichem Maße mitgemacht wurde bzw. auf Grund der überdurchschnittlich gesunkenen realen Forschungsausgaben mitgemacht werden konnte. Mit anderen Worten: Umweltschutztechnologien haben Anfang der 90er Jahre ausnahmsweise ein „Hoch“ erlebt. Danach haben sie sich wieder „normalisiert“.

Die Entwicklung nach Teilbereichen

Eine Differenzierung der Umwelttechnologien in verschiedene Teilbereiche erlaubt eine weitere Qualifizierung dieses Ergebnisses (Tab. 3.1.1). Sie zeigt auch deutliche zyklische Muster in der jeweiligen Beanspruchung von umwelttechnischer Kompetenz:

- Technologien im Bereich Brennstoffzelle, Abfall, Recycling, regenerative Energien, Lärmschutz, rationelle Energienutzung, aber auch Messtechnik und Gewässerschutz hatten bis Anfang der 90er Jahre ein eindeutiges Hoch. Sie sind - an den Patentanmeldungen in allen übrigen Technikbereichen gemessen - deutlich überdurchschnittlich intensiv angemeldet worden.
- Abfall und Recycling, aber auch Wasser und Messtechnik sind seitdem kaum gestiegen bzw. sogar rückläufig.
- Demgegenüber weisen die Zahlen der übrigen Teilbereiche in der zweiten Hälfte der 90er Jahre teilweise deutlich nach oben. Dies gilt seit etwa 1998 in verstärktem Maße für Technologien zur regenerativen Energienutzung und insbesondere für die Brennstoffzelle, die zwar nach 2002 ein wenig stagniert und nicht unmittelbar zu den Umwelttechnologien gezählt werden kann, von der aber gerade im Bereich des CO₂-Ausstoßes deutliche Fortschritte zu erwarten sind.⁹²

91 Legler, Krawczyk (2006).

92 Siehe den Exkurs zur Brennstoffzelle. Die Daten zu Brennstoffzellen werden bei der differenzierten Analyse mit angegeben, bei der Gesamtbetrachtung aller Umwelttechnologien jedoch nicht berücksichtigt, da gerade am aktuellen Rand das Ergebnis deutlich von den Patentanmeldungen im Bereich der Brennstoffzellen bestimmt werden würde.

Tab. 3.1.1: Jahresdurchschnittliche Veränderung der Patentanmeldungen beim EPA in Teilbereichen der Umwelttechnologien 1985-2004 (in %)

Medium	1985-1991	1991-1996	1996-2000	2000-2004	1985-2004	nachrichtlich: Anteil an allen Umweltpatenten 2004
Abfall	14,9	-4,5	-3,1	-2,4	2,0	5,1
Recycling	20,1	-3,3	4,8	-4,1	5,1	10,6
Lärm	12,4	1,4	17,1	3,5	8,4	7,8
Luft	5,8	-0,6	15,3	-2,0	4,3	18,5
Wasser	7,8	2,2	6,5	-1,9	3,9	18,4
Messtechnik	8,5	4,9	16,2	-8,1	5,4	5,3
rationelle Energienutzung	11,5	2,5	14,4	9,3	9,2	16,7
regenerativen Energien	17,1	3,5	15,0	7,2	10,9	17,5
Umwelt	11,4	0,3	10,3	0,7	5,8	100,0
nachrichtlich: Brennstoffzelle	21,1	8,3	27,8	8,5	16,2	
alle Technikbereiche	6,3	5,9	9,3	3,3	6,2	

Quelle: STN: EPFULL. - Berechnungen des Fraunhofer ISI und des NIW.

Einige der traditionellen Teilbereiche der Umwelttechnologien wie bspw. Recycling, Wasser, Luft und Umweltmesstechnik sind von dem Abschwung der Anmeldungen nach dem Jahr 2000 am deutlichsten betroffen. Dies dürfte nicht allein ein Effekt der Umweltmarktentwicklung, -forschung und -technologien sein, sondern kann gleichzeitig mit der Schwäche in einigen Querschnittstechnologien wie bspw. der Biotechnologie zusammenhängen, die in den Bereichen Recycling, Wasser und auch Luft eine bedeutende Rolle spielt, sowie der IuK-Technologien, die durchaus auf die Messtechnik „ausstrahlen“. In diesen genannten Bereichen hat nach dem Jahr 2000 das Risikokapital und damit das Forschungskapital deutlich abgenommen bzw. die Vergabe ist deutlich restriktiver⁹³. Entsprechend sind auch die Patentanmeldungen in Bio- und IuK-Technologien nur zögerlich gestiegen bzw. zeitweise gar rückläufig gewesen.

Über die vergangenen zwei Jahrzehnte betrachtet sind somit allein die Patentanmeldungen im Bereich Energie/Umwelt, Lärmschutz sowie Brennstoffzelle überdurchschnittlich schnell nach oben geklettert. Alle anderen Umwelttechnikfelder sind hinter den allgemeinen Steigerungen der Patentanmeldezahlen zurück geblieben.

Länderprofile

Im Folgenden wird die Bedeutung von Umwelttechnologien für das Technologieangebot ausgewählter Länder dargestellt (Abb. 3.1.2).⁹⁴ Es kann zunächst festgehalten werden, dass es einige Volkswirtschaften gibt, die sich seit langem auf Umwelttechnologien spezialisiert haben. Dazu gehört Deutschland ebenso wie Italien, Schweden, Dänemark und Österreich. Es lässt sich ebenso festhalten, dass die Spezialisierung dieser Länder im Zeitverlauf teilweise deutlich rückläufig ist, was auf zwei Effekte zurückgeführt werden kann.

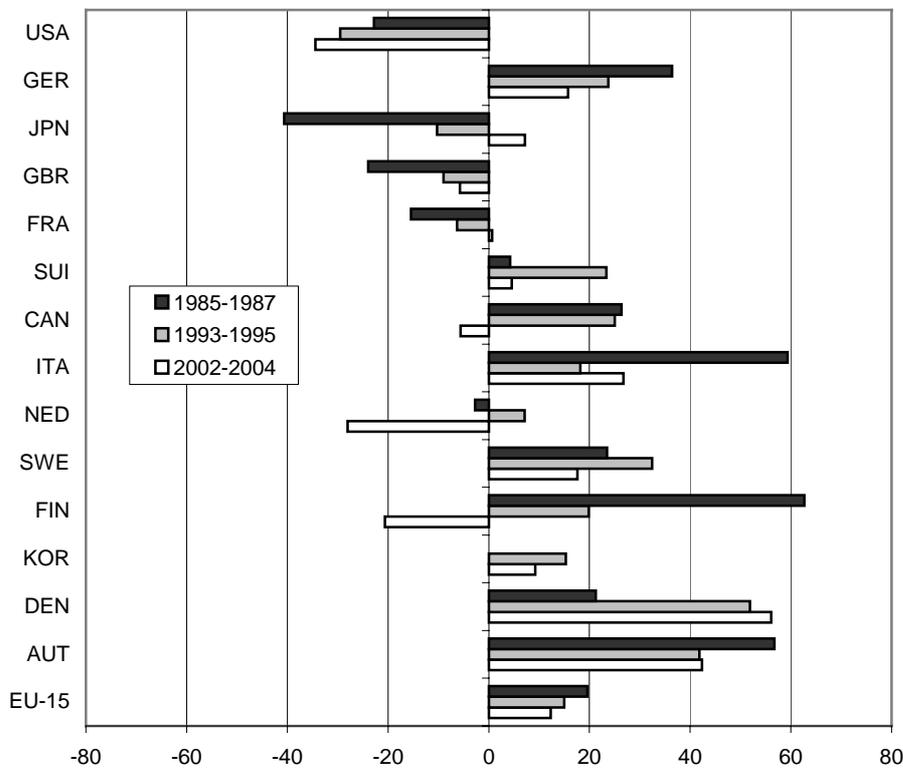
⁹³ Vgl. Rammer (2006b).

⁹⁴ Dabei gilt es erneut zu betonen, dass Patentanmeldungen im Bereich Brennstoffzellen an dieser Stelle nicht berücksichtigt werden.

- Einerseits haben sich einige Länder in anderen Technologiefeldern im Zeitverlauf stärker engagiert. Dies gilt bspw. für Schweden und Finnland im Bereich der IuK-Technologien, so dass Umwelttechnologien in Relation dazu an Bedeutung verloren haben.
- Andererseits sind einige Werte rückläufig, da andere Volkswirtschaften - speziell die größeren wie zum Beispiel Japan, und Frankreich - ihre Anteile der Umwelttechnologien überdurchschnittlich ausweiten konnten.

Die USA haben - bezogen auf ihre sonstigen technologischen Aktivitäten auf den Märkten in Europa - im Umweltbereich deutlich weniger marktorientierte Erfindungen angemeldet. Hingegen haben bspw. im kanadischen Portfolio Umwelttechnologien über einen langen Zeitraum hinaus eine herausragende Rolle gespielt, jüngst hat Kanada jedoch in der technologischen Ausrichtung auf den europäischen Markt stark nachgelassen.

Abb. 3.1.2: Spezialisierung ausgewählter Volkswirtschaften auf Patentanmeldungen am EPA im Bereich der Umwelttechnologien 1985-2004

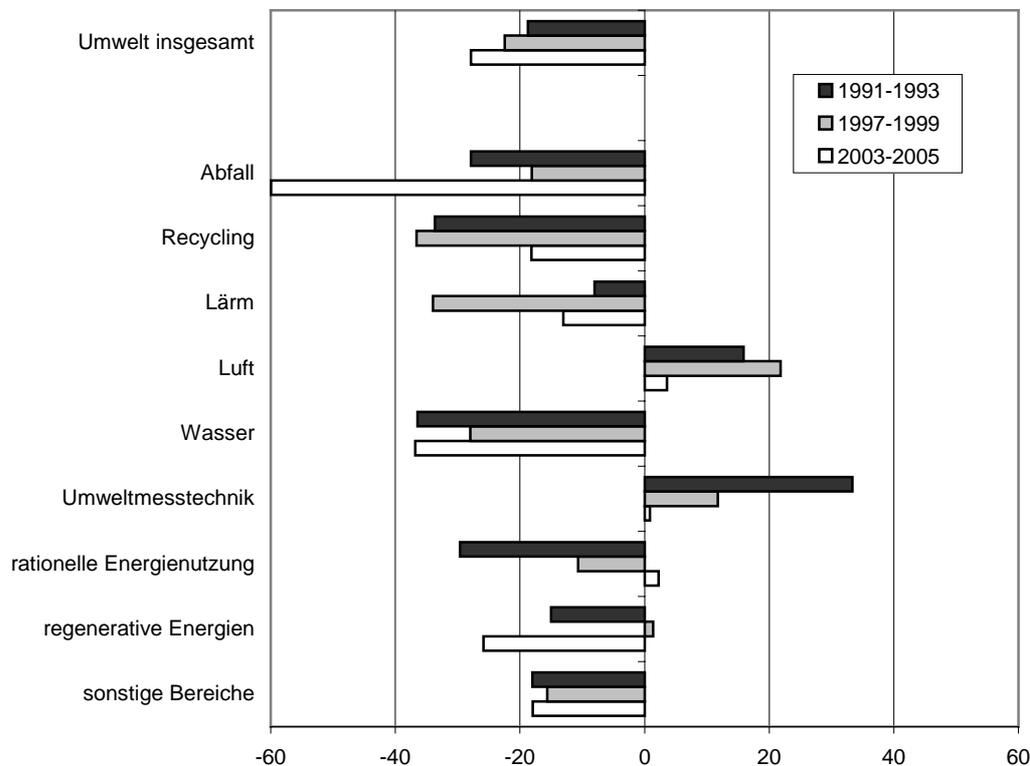


Positives Vorzeichen bedeutet, dass der Anteil der Patente auf diesem Gebiet höher ist als bei Patenten insgesamt.

Quelle: STN: EPFULL; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Das deutsche Angebotsprofil im Bereich der Umwelttechnologien hat sich am Weltmaßstab gemessen entsprechend der Gesamtentwicklung im Zeitverlauf stark verändert (Abb. 3.1.3).

Abb. 3.1.3: Patentspezialisierung Deutschlands in Teilbereichen der Umwelttechnologien 1985-2004



Positives Vorzeichen bedeutet, dass der Anteil der Patente auf diesem Gebiet höher ist als bei Patenten insgesamt.

Quelle: STN: EPFULL; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

- Während in den 80er und frühen 90er Jahren in den traditionellen Teilbereichen wie Abfall, Recycling, Lärm, Luft und Wasser überdurchschnittlich viel an weltmarktrelevanten Technologien angeboten wurde, ist diese Orientierung in einigen dieser Felder zu Gunsten anderer Aktivitäten wie bspw. der regenerativen Energiegewinnung und der rationellen Energienutzung gewichen. Allerdings weisen Lärm und Luft nach wie vor eine deutlich positive Spezialisierung auf.
- Mitte der 90er Jahre war bei Brennstoffzellen ein positiver Spezialisierungswert erreicht worden, der jedoch an den aktuell verfügbaren Daten gemessen erneut in negative Werte umgeschlagen ist. Dies liegt in erster Linie an der massiven Ausweitung der Aktivitäten japanischer Anmelder, die für nahezu die Hälfte aller Brennstoffzellenanmeldungen verantwortlich sind und sich aus einer leicht unterdurchschnittlichen Position in den 80er Jahren in eine deutlich positive Spezialisierung in diesem Bereich entwickeln konnten.
- Insgesamt konnte Japan - als einer der größten Konkurrenten auf dem Markt für Umwelttechnologien - in zahlreichen Bereichen mit Ausnahme der Umweltmesstechnik seine relative Position verbessern. Es meldet insbesondere in den Feldern Abfall, Luft und regenerative Energien neue Technologien zum Patent an. Die USA haben demgegenüber in nahezu allen Bereichen von einer schlechten Position aus weitere Einbußen hinnehmen müssen und sind mit Ausnahme der Umweltmesstechnik in allen Teilbereichen unterdurchschnittlich aktiv. Kleine Länder mit einer deutlichen Ausrichtung auf Umwelttechnologien insgesamt - wie bspw. Österreich und Dänemark - leisten sich ein breites Spektrum an technologischer Spezialisierung (vgl. Tab. A.3.1). So hat Österreich Vorteile in allen traditionellen Bereichen sowie bei regenerativen Energien. Dänemark ist bei Recycling, Wasser und insbesondere bei regenerativen Energien aktiv - und hier nahezu aus-

schließlich im Bereich Wind- und Wasserkraft -, was entsprechend der Lage und der zahlreichen Offshore-Windparks nicht weiter verwunderlich erscheint.

Im Groben betrachtet sind es vor allem (mitteleuropäische) Volkswirtschaften mit Maschinenbautradition und/oder Länder, die in der Messtechnik und im Instrumentenbau große Kompetenzen haben, die auch auf Umweltschutztechnologien konzentriert sind. Ähnliches spiegelt sich in der Struktur der komparativen Vorteile (Abschnitt 5) wider.

Anmeldungen am DPMA bzw. mit Gültigkeit in Deutschland

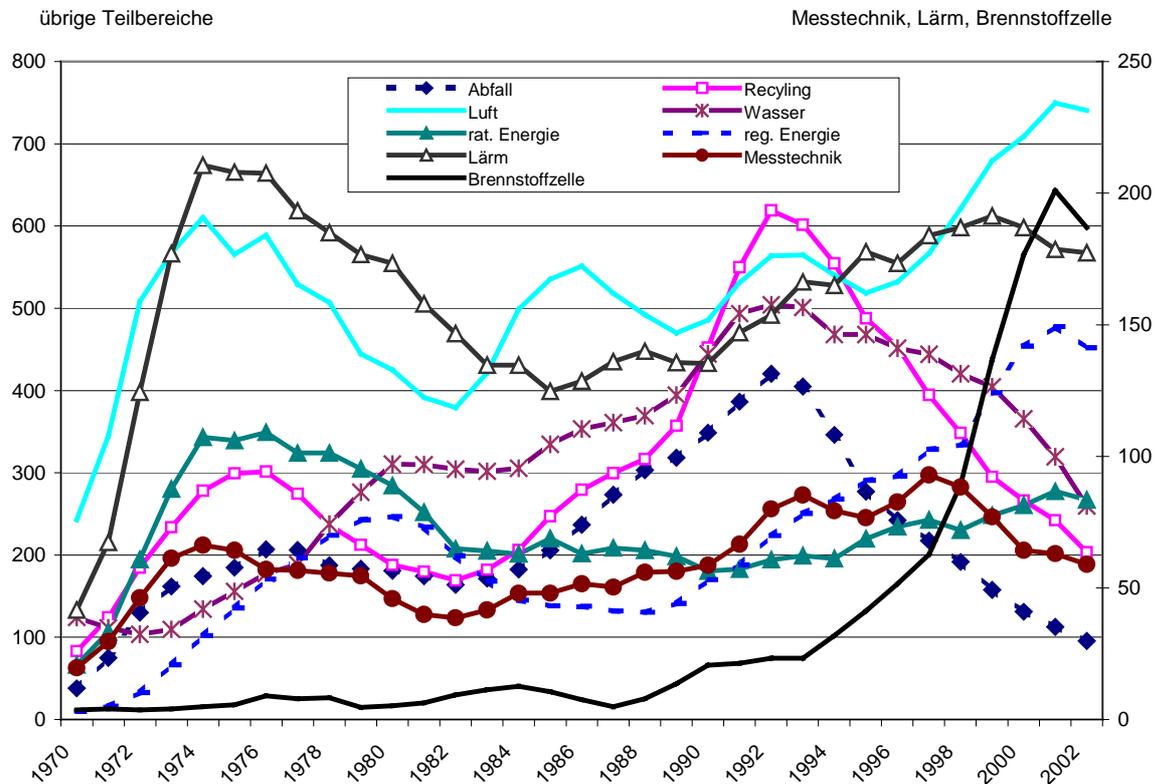
Deutschland ist seit langem ein sehr wichtiger Markt für Umweltschutzgüter. Allerdings haben auch andere Länder im Zeitverlauf die Bedeutung des Umweltschutzes erkannt und bilden somit einen weiteren wichtigen Absatzmarkt für Umwelttechnologien „made in Germany“. Eine Analyse der Anmeldungen am DPMA sowie der in dessen Zuständigkeitsbereich gültigen Anmeldungen erlaubt einerseits einen genaueren Blick auf die bundesdeutsche Entwicklung des Marktes für Umwelttechnologien auch in einer etwas längeren Zeitperspektive. Zudem - und dies ist insbesondere in der jüngeren Vergangenheit von herausgehobener Bedeutung - kann so die „Internationalisierung“ der deutschen Umweltschutzwirtschaft bei diesen Technologiefeldern verdeutlicht werden: Um die Veränderung der Bedeutung europäischer Märkte für deutsche Erfinder zumindest ansatzweise abbilden zu können, werden für die Anmeldungen am DPMA und am EPA „Übergangsquoten“ bzw. Relationen berechnet.

In Abb. 3.1.4 ist die Zahl der Patentanmeldungen von deutschen Erfindern in den verschiedenen Teilbereichen der Umwelttechnologien mit Gültigkeit in Deutschland abgetragen. Es zeigt sich im Wesentlichen das Ergebnis aus der Analyse der Anmeldungen am EPA. Seit der zweiten Hälfte der 90er Jahre gehen die Anmeldungen in einigen Technologiebereichen zurück - allen voran Abfallentsorgung, Recycling und Wasserbehandlung. Es zeigt sich jedoch in der hier etwas längeren zeitlichen Perspektive, dass die Umweltschutzprogramme und -s Sofortmaßnahmen der damaligen Bundesregierung Anfang der 70er Jahre⁹⁵ offensichtlich einen enormen technologischen Schub ausgelöst haben. Mit Nachlassen dieses Schwungs war allerdings bereits in der Mitte der 70er Jahre bei zahlreichen der traditionellen Umwelttechnologien ein Höhepunkt bei der Anmeldung von technologischen Neuerungen zu beobachten, der im weiteren Verlauf in den 80er Jahren dann teilweise deutlich unterschritten wurde. Dies gilt in ausgeprägtem Maße für die Luftreinhaltung, den Lärmschutz und Recycling ebenso wie - etwas weniger ausgeprägt - auch für die Abfallentsorgung. Demgegenüber zeigt die Entwicklung der Anmeldungen bei Wasserbehandlungstechnologien bis Mitte der 90er Jahre mehr oder weniger stetig nach oben. Der erste Höhepunkt der Anmeldungen zur regenerativen Energienutzung war im Jahr 1980 und hat nach einer Schwächeperiode in den 80er Jahren seit etwa 1990 einen erneuten Aufschwung erfahren, der sich seit 1999 noch verstärkt hat. Beide „Technologiezyklen“ sind im Zusammenhang mit den Öl- und Energiepreissteigerungen zu sehen. Zwar waren die regenerativen Energien stets sehr breit angelegt und haben alle Teilbereiche abgedeckt. Allerdings war der erste Höhepunkt in erster Linie auf Entwicklungen im Bereich der Windkraft und der Photovoltaik zurückzuführen, wobei letztere über den gesamten Zeitraum aktuell geblieben ist und die Gesamtanmeldungen in diesem Bereich getragen hat. Demgegenüber ist der aktuelle Trend von allen Technologien (mit Ausnahme der Erdwärme, wo noch keine substantiellen Mengen angemeldet werden) angetrieben. Dies gilt für Solarenergie, Windkraft wie auch für Biomasse und Wasserkraft. Nicht zuletzt dürfte die umweltpolitische Favorisierung regenerativer Energien (Abschnitt 5.3) dabei eine große Rolle spielen.

⁹⁵ Vgl. Bardt, Hüther (2006).

Auch in den Forschungsbudgets hat eine risikoarme und umweltfreundliche Energieversorgung eine ständig zunehmende Bedeutung eingenommen (Abschnitt 2).

Abb. 3.1.4 Anzahl der Anmeldungen in den Teilbereichen der Umwelttechnologien mit Gültigkeit in Deutschland, 1970-2002 (gleitender 3-Jahres-Durchschnitt)



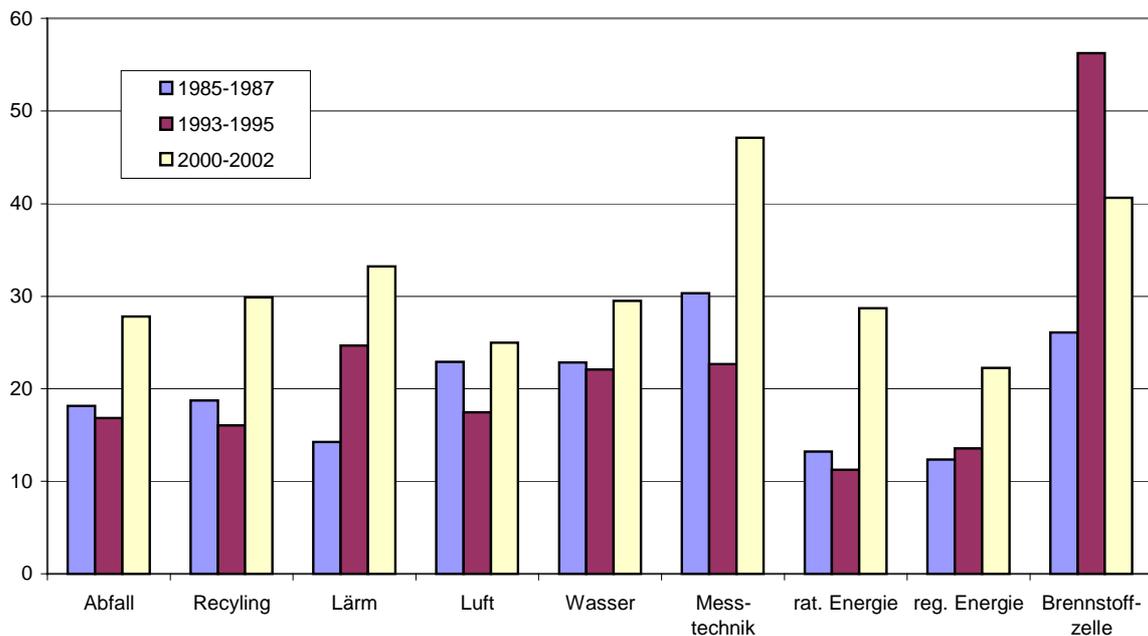
Quelle: STN: WPINDEX; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Rationelle Energienutzung hat mit den neuen Akzenten in der Umweltpolitik sowie in der ersten Energiekrise in der ersten Hälfte der 70er Jahre einen Höhepunkt erreicht, der bis in die frühen 80er Jahre angehalten hat; danach ist sie zwar etwas weniger bedeutend, aber immerhin über den gesamten Zeitraum gleichmäßig relevant geblieben. Auch hier ist seit Anfang des Jahrhunderts ein leichter Trend nach oben festzustellen.

Zur internationalen Ausrichtung deutscher Umweltschutztechnologieanbieter

In Abb. 3.1.5 sind die Relationen der Patentanmeldungen am DPMA und am EPA für jeweils drei Zeiträume abgetragen. Hierdurch soll versucht werden, einige Anhaltspunkte für die internationale Ausrichtung deutscher Erfinder von Umwelttechnologien zu erhalten. Im Zähler steht dabei die Anzahl der Patente deutscher Erfinder am EPA und im Nenner die Anzahl aller in Deutschland gültigen Patentanmeldungen, d. h. sowohl die in Deutschland direkt angemeldeten Patente wie auch die über das Europäische bzw. internationale Verfahren nach Deutschland übergeleiteten Anmeldungen. Insgesamt zeigen sich über die Zeit steigende Anteile von Anmeldungen auch im europäischen Ausland. Dies mag einerseits eine Folge des Binnenmarktes sein - die sich jedoch ausgerechnet in der Phase 1993-1995 nicht niederschlägt. Vielmehr könnte diese Phase stark zunehmender Patentanmeldungen ohne Auslandsmarktrelevanz aus der deutschen Wiedervereinigung und der Konzentration auf Sanierungsmaßnahmen in Ostdeutschland bei gleichzeitiger Rezession auf den Auslandsmärkten herrühren.

Abb. 3.1.5: Relation zwischen Anmeldungen am DPMA und am EPA 1985-2002



Quelle: STN: WPINDEX; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Generell ist jedoch davon auszugehen - und dies zeigen Erfahrungen aus anderen Untersuchungen -, dass die Internationalisierung gerade bei Hochtechnologieprodukten in der zweiten Hälfte der 90er Jahre deutlich angestiegen ist. Interessant ist dabei die Höhe der Anteile, die sich etwa bei 30 % bewegt. Dabei sticht die Messtechnik besonders hervor, die mit Anteilen von fast 50 % am weitesten internationalisiert scheint, was nicht zuletzt auf eine Harmonisierung und Standardisierung der Messungen und Bewertungen im Europäischen Zusammenschluss zurück zu führen sein dürfte. Die Patentanmeldungen im Bereich Brennstoffzellen hatten in punkto Internationalisierung in der ersten Hälfte der 90er Jahre eine Spitze von nahezu 60 % erreicht und liegen auch aktuell noch bei gut 40 %. Allerdings haben sich die absoluten Werte in diesem Zeitraum um etwa das 6fache erhöht, so dass hier auch ein Größeneffekt die deutliche Reduktion erklären kann bzw. im Zuge der deutlichen Ausweitung der Anmeldungen nicht mehr alle Erfindungen gleichermaßen auf internationale Märkte ausgerichtet sind.

Inwiefern sich die Anmeldestrukturen verändert haben, lässt sich zwar mit den vorliegenden Daten nicht untersuchen. Durch den Vergleich mit anderen Technologiefeldern kann jedoch gezeigt werden, dass mit der Ausbreitung der Technologien eine Ausweitung der Anmelder einhergeht und dann verstärkt - neben Großunternehmen, Forschungseinrichtungen und Hochschulen - auch kleine und mittelgroße Unternehmen stärkere Aktivitäten zeigen⁹⁶. Und Klein- und Mittelunternehmen sind im Durchschnitt traditionell weniger international ausgerichtet als Großunternehmen.

3.1.3 Fazit

Deutschland macht auf den Patentmärkten für Umweltschutztechnologien im internationalen Vergleich nach wie vor eine gute Figur. Dennoch darf nicht übersehen werden, dass die Spezialisierung

⁹⁶ Meyer-Krahmer, Dreher (2004) sowie Dreher u. a. (2006).

Deutschlands bei Umweltschutztechnologien sehr stark nachgelassen hat: Der Anteil an den EPA-Patentanmeldungen von 34 % Mitte der 80er Jahre ist auf 23 % gesunken. Andere Länder - allen voran Japan - bedienen den europäischen Markt für Umwelttechnologien verstärkt. Die USA spielen zahlenmäßig in diesem Bereich eine große Rolle - aktuell nehmen sie mit 20 % und beinahe gleichauf mit Japan Platz 3 unter den größten Anmeldern ein -, allerdings bleibt ihr Beitrag angesichts ihres sonstigen technologischen Gewichts beschränkt. Andere kleinere Volkswirtschaften, die ansonsten nicht im Zentrum der Analysen stehen, setzen hingegen in einzelnen Bereichen deutliche Schwerpunkte. Umweltschutz bietet also vielen Ländern mit ausreichenden technologischen Kompetenzen und Maschinenbautradition etliche lukrative „Nischen“. Gerade im Bereich der stark expandierenden regenerativen Energien und der rationellen Energienutzung inklusive der Brennstoffzellentechnologie haben neben Deutschland insbesondere Japan, Österreich und Dänemark eine positive Ausrichtung zu vermelden.

Auch auf den „nationalen Patentmärkten“ kann der Trend bestätigt werden, dass sich insbesondere traditionelle Umwelttechnologien nach unten bewegen und sich die regenerativen Energiequellen und die rationelle Energienutzung verstärken. Allerdings konnte in der langen Reihe auch gezeigt werden, dass nahezu alle Umweltschutztechnologien bereits in den 70er bis hinein in die 80er Jahre - nicht zuletzt als Folge der Energiekrise sowie der Umweltprogramme und Sofortmaßnahmen - einen ersten Boom erfahren hatten. Nicht zu vergessen: Umwelttechnologien orientieren sich seit der zweiten Hälfte der 90er Jahre mit zunehmender Geschwindigkeit an den Erfordernissen der internationalen (Export-)Märkte.

3.2 Publikationen als Gradmesser der Leistungsfähigkeit in der Umweltwissenschaft

Der Hauptoutput des Wissenschaftssystems - und damit einer der wichtigsten Indikatoren zur Bewertung der Leistungsfähigkeit eines nationalen Wissenschafts- aber auch Innovationssystems - sind neue wissenschaftliche Theorien, Formeln, Instrumente und Methoden, Komponenten, Prototypen und andere Erfindungen⁹⁷. Diese Ergebnisse geben eine wichtige Orientierung für die weitere technologische Entwicklung durch Unternehmen oder anwendungsorientierte FuE-Einrichtungen. Von daher haben die Strukturen des Wissenschaftssystems und die Leistungsfähigkeit der Wissenschaftler einen erheblichen Einfluss auf den technologischen Fortschritt. In wissenschaftlichen Veröffentlichungen, insbesondere in Fachzeitschriften, sind praktisch alle relevanten Forschungsergebnisse dokumentiert. Sie sind ein unerlässliches Element des wissenschaftlichen Fortschritts. Mit Publikationen lässt sich - im Zusammenhang mit anderen Indikatoren - nicht zuletzt auch die Wissenschaftsbindung von Technologien erfassen⁹⁸ und damit eine Einschätzung über die Grundlagen des technischen Fortschritts auch in der Umweltwirtschaft abgeben.

3.2.1 Datenlage und Abgrenzung

Für die Analyse der wissenschaftlichen Publikationen wurden diese entsprechend der in den Patentanalysen verwendeten Teilbereiche der Umwelttechnik insbesondere mit Hilfe von Stichwortlisten erfasst. Der Beobachtungszeitraum beschränkt sich dabei zunächst auf die frühen 90er Jahre bis hin zum aktuellen Rand. Als Datenbasis dient dabei einerseits der Science Citation Index (SCI).

⁹⁷ Vgl. OECD (2001).

⁹⁸ Vgl. Gibbons, Limoges, Nowotny, Schwartzmann, Scott, Trow (1994), Grupp (1997) oder Schmoch (2003).

Der SCI kann in einigen ingenieurwissenschaftlichen Feldern kein aussagekräftiges Abbild der wissenschaftlichen Aktivitäten leisten, was unter Umständen auch auf die Umwelttechnik zutrifft bzw. ausstrahlt⁹⁹. Dies muss an dieser Stelle in Kauf genommen werden, da keine alternative Datenbank existiert¹⁰⁰, welche sowohl eine umfassende und verlässliche Quelle für Zeitvergleiche darstellt und in der man gleichzeitig mit Stichworten suchen und die Publikationen nach Ländern unterscheiden kann.¹⁰¹ Es konnte jedoch mit Hilfe einer tief gegliederten Stichwortliste eine adäquate und verlässliche Unterteilung der Daten vorgenommen werden.

3.2.2 Ergebnisse

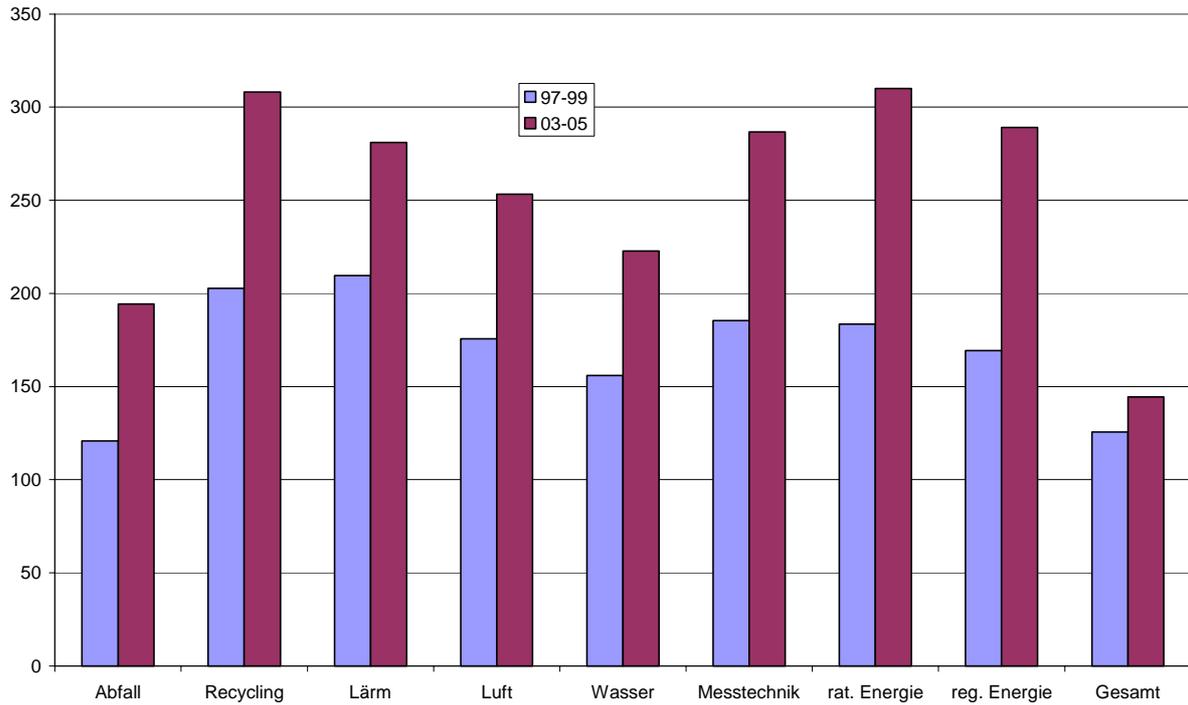
Die Zahl der Publikationen in den Umweltwissenschaften ist seit Anfang der 90er Jahre mehr als doppelt so schnell gewachsen wie die Veröffentlichungen in allen Technikfeldern zusammen. Dies gilt auch für alle Teilbereiche, mit Ausnahme der Abfallbehandlung (Abb. 3.2.1a und Abb. 3.2.1b sowie Tab. 3.2.1). Umweltwissenschaftliche Forschungsergebnisse haben also weltweit überdurchschnittlich bis auf einen Anteil von 2,3 % zugenommen, wobei sich allerdings das relative Wachstum - wie auch in den anderen Technikfeldern - durchweg verlangsamt hat. In den meisten Fällen ist jedoch der absolute Zugewinn in der dritten Vergleichsperiode teilweise nochmals gegenüber der Vorperiode angestiegen (vgl. Abb. A.3.1). Die Bereiche Luft und Wasser erreichen die größten Zahlen beim wissenschaftlichen Output (21 bzw. 17 %), gefolgt von der Umweltmesstechnik und der rationellen Energienutzung/Klimaschutz (rund 10 %). Die Bereiche Lärm, regenerative Energienutzung und Recycling erreichen zwar hohe Wachstumsraten, operieren aber im Vergleich zu den genannten Teilbereichen auf einem niedrigeren Niveau. Die wissenschaftliche Forschung bei der Abfallentsorgung und -behandlung ist demgegenüber nicht nur ein relativ kleines Betätigungsfeld, sondern im Zeitverlauf auch am geringsten gewachsen.

⁹⁹ Vgl. Schmoch (2006).

¹⁰⁰ Es wurde auch die vom UBA herausgegebene und erstellte Datenbank ULIDAT mit Forschungsberichten, Büchern und insbesondere Zeitschriften sowie grauer Literatur aus dem deutschsprachigen Raum herangezogen. Allerdings wurde ULIDAT lediglich bis zum Jahr 2004 als eigenständige Datenbank gepflegt. Seitdem bildet ausschließlich der Bibliothekskatalog des UBA die Basis für diese Datenbank. Da sich hiermit einerseits die Systematik der Datenerfassung und andererseits die Anzahl der in die Datenbank aufgenommenen Titel deutlich verändert hat, sind aussagekräftige Zeitvergleiche auf Basis dieser Datenbank lediglich bis zum Jahr 2003 möglich. Daneben hat sich gezeigt, dass die Budgetrestriktionen des UBA und die deutliche Reduktion der Anzahl der Umweltprojekte (Abschnitt 2), die eine wichtige Quelle für den Eingang in die Datenbank bildeten, seit Beginn des neuen Jahrtausends weitere Auswirkungen auf die Vergleichbarkeit der Daten über die Zeit zur Folge hat.

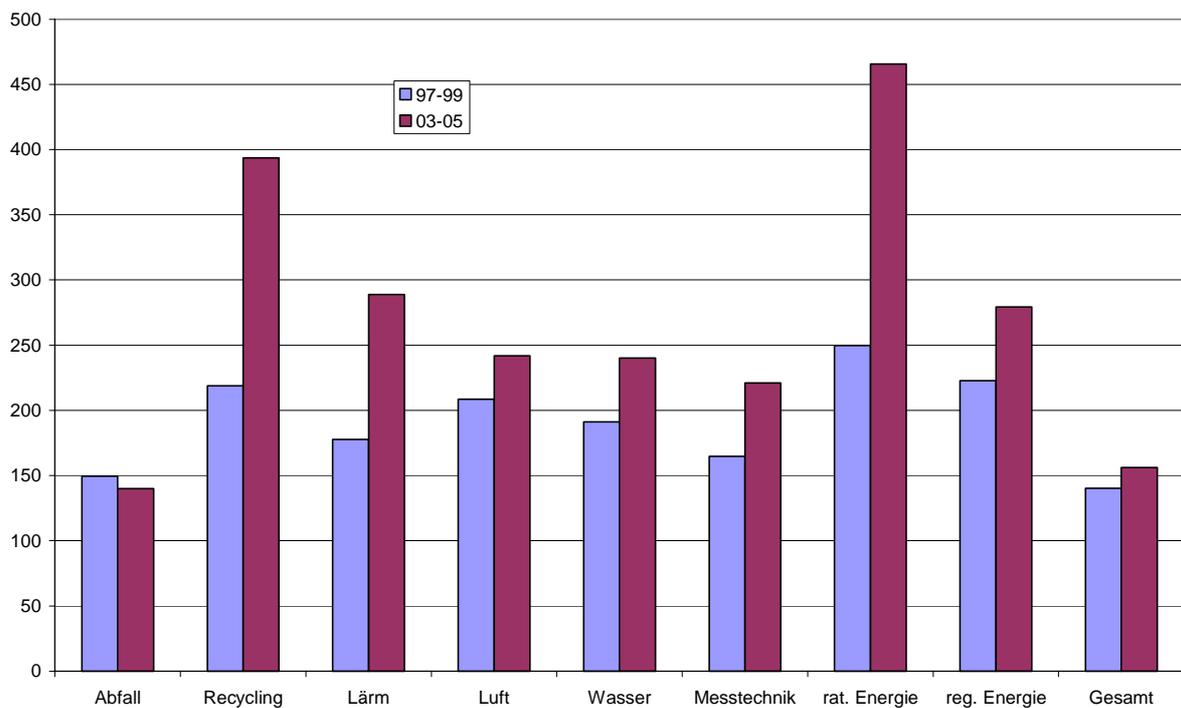
¹⁰¹ Zusätzlich wurde auch die Datenbank „Environmental Abstracts Engineering“, die bei STN unter dem Name EniroEng aufgelegt ist, überprüft. Auch hier kam es zu inkonsistenten Zeitreihen, die nach dem Jahr 1998 deutlich absinken. Eine Begründung hierfür sowie eine detaillierte Darstellung der Methoden und Strukturen der Datenbank konnte nicht gefunden werden, so dass die Daten von der Analyse ausgeschlossen werden.

Abb. 3.2.1a: Wachstumsindex in Prozent (91-93 = 100%) für Teilbereiche der Umweltwissenschaften, 1991-2005



Quelle: STN: SCISEARCH; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Abb. 3.2.1b: Wachstumsindex in Prozent (91-93 = 100%) für Teilbereiche der Umweltwissenschaften in Deutschland, 1991-2005



Quelle: STN: SCISEARCH; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Tab. 3.2.1: Jahresdurchschnittliche Veränderung der wissenschaftlichen Publikationen für Teilbereiche der Umweltwissenschaften 1991-2005

Medium	1991/93 bis 1997/99	1997/99 bis 2003/05	1991/93 bis 2003/05	Anteil im Jahre 2003 bis 2005
Abfall	6,5	17,1	11,7	5,2
Recycling	26,6	15,0	20,6	1,5
Lärm	28,0	10,3	18,8	0,6
Luft	20,7	12,9	16,7	17,3
Wasser	15,9	12,7	14,3	21,2
Messtechnik	22,9	15,6	19,2	9,6
rationelle Energienutzung	22,4	19,1	20,8	10,7
regenerativen Energien	19,2	19,5	19,4	3,8
sonstiges	22,1	15,2	18,6	40,6
Umwelt insgesamt	16,8	10,8	13,8	100,0
alle Technikwissenschaften	7,9	4,7	6,3	

Quelle: STN: EPFULL. - Berechnungen des Fraunhofer ISI und des NIW.

Bezogen auf Deutschland ragt in der ersten Vergleichsperiode die Dynamik in den Bereichen Recycling und rationelle sowie regenerative Energie hervor, während am aktuellen Rand hiervon lediglich die beiden erstgenannten - im internationalen Vergleich sehr deutlich - übrig bleiben und die regenerativen Energien das Wachstumstempo verlangsamen. Vergleicht man dies mit den Ergebnissen der Patentanalyse, dann lassen sich für den Bereich Recycling, der dort nicht sonderlich positiv aufgefallen war, für die nahe Zukunft neue Impulse erwarten, sofern die wissenschaftlichen Grundlagen dann auch in die experimentelle Entwicklungsphase, die Anwendung und die Diffusion übergehen und damit ein erneutes bzw. weiteres Wachstum auch der technologischen Umsetzung der Forschungsergebnisse initiieren.

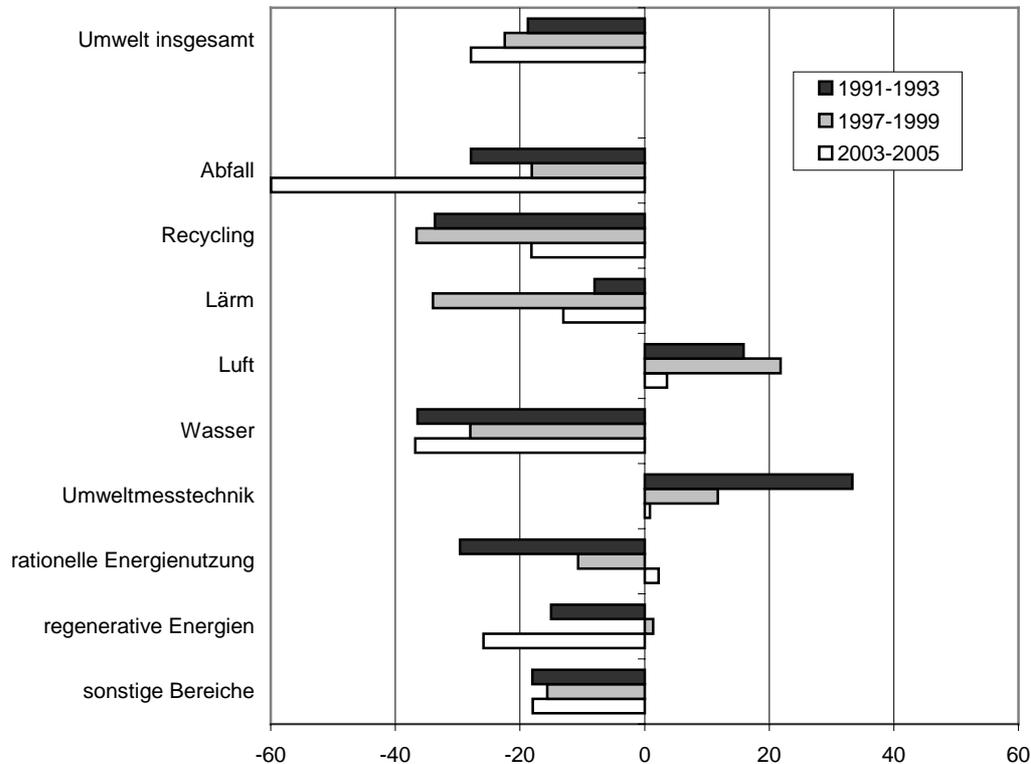
Setzt man in einer kombinierten Zeitreihen-/Querschnittsanalyse die globalen und die nationalen Wachstumsraten in Relation und betrachtet sich die Entwicklung des deutschen Spezialisierungsprofils über die Zeit jenseits der Größenordnungen von Feldern und Ländern (Abb. 3.2.2), dann lassen sich positive Entwicklungen im wissenschaftlichen Output Deutschlands in den Bereichen Recycling und rationelle Energieverwendung/Klimaschutz konstatieren. Demgegenüber hat die deutsche Forschungslandschaft gerade in dem viel versprechenden Teilbereich der regenerativen Energien an Boden verloren - zumindest im Vergleich zur internationalen Konkurrenz, wie sie im SCI zu finden ist. Der einstige Schwerpunkt hat nicht mehr mit gehalten. Positive Akzente setzt Deutschland aber nach wie vor in der Luftreinhaltung - wo auch positive Patentspezialisierungen zu finden sind - und bei der Umweltmesstechnik, wo in jüngster Zeit allerdings nach den Patenten zu urteilen keine positive „Technogiebilanz“ mehr erreicht werden kann.

Per saldo sind wissenschaftliche Forschungsergebnisse im Umweltbereich in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern kein Schwerpunkt. Sie machen 1,7 % aller Publikationen aus. An der Spitze der „Spezialisierungshierarchie“ bei Umweltwissenschaften stehen Finnland, Schweden, die Schweiz sowie die Niederlande und die USA. Allerdings werden Fachveröffentlichungen zum Umweltschutz aus Deutschland sehr gut beachtet - insofern sind die Wissenschaftler als leistungsfähig einzustufen¹⁰². Hingegen lässt die internationale Ausrichtung der deutschen Umweltwissenschaft er-

¹⁰² Vgl. Schmoch (2004).

heblich zu wünschen übrig. Hier besteht Nachholbedarf, um nicht in der internationalen Diskussion zurückzufallen.

Abb. 3.2.2: Spezialisierung deutscher Wissenschaftler auf Teilfelder der Umweltwissenschaften im SCI 1991-2004



Positives Vorzeichen bedeutet, dass der Anteil an den Publikationen auf diesem Gebiet höher ist als bei den Gesamtpublikationen
 Quelle: STN: SCISEARCH; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

3.2.3 Zusammenfassung

Deutschland hat im Umweltschutz nach internationalen Maßstäben keinen wissenschaftlichen Schwerpunkt, allenfalls in Luftreinhaltung und Umweltmesstechnik sowie - in jüngerer Zeit - auch bei rationeller Energienutzung. Hier können entsprechend neue Impulse erwartet werden, sofern dieses wissenschaftliche „Wiedererstarken“ auch in technologische Entwicklungen und damit in anwendungsreife Produkte und Dienstleistungen überführt werden kann. Die positive Ausrichtung auf rationelle Energienutzung geht Hand in Hand mit einer technologischen Spezialisierung. Demgegenüber hat man den Anschluss bei der Entwicklung in den so aussichtsreichen regenerativen Energien offensichtlich ein wenig verpasst, obwohl hier durch eine positive technologische Ausrichtung hinreichend Sensibilität zu erwarten gewesen wäre. Eventuell hat man hier bereits den Staffelstab von der anwendungsorientierten Grundlagenforschung an die industrielle Forschung und Entwicklung übergeben, die traditionsgemäß weniger auf den wissenschaftlichen Output ausgerichtet ist.

4 Innovationsaktivitäten in der deutschen Umweltschutzwirtschaft¹⁰³

Ziel dieses Abschnittes ist es, das Innovationsverhalten von Unternehmen in Deutschland, die im Bereich der Umweltschutzwirtschaft tätig sind, zu untersuchen. Hierbei stellen sich zwei Herausforderungen: Erstens müssen jene Unternehmen identifiziert werden, die im Bereich der „Umweltschutzwirtschaft“ tätig sind. Hierbei ergeben sich die gleichen Abgrenzungsprobleme wie für die anderen Untersuchungsbereiche, da solche Unternehmen nicht über die Zugehörigkeit zu bestimmten Wirtschaftszweigen bestimmt werden können. Zweitens werden für diese Unternehmen Daten benötigt, die eine Beschreibung wichtiger Aspekte der Innovationstätigkeit - wenn möglich auch im internationalen Vergleich - erlauben. Hier werden drei sich ergänzende Wege gewählt, um dieses Informationsproblem zu lösen:

- Erstens wird ein Verzeichnis von **Anbietern von Umweltschutzgütern und -dienstleistungen** herangezogen und mit den Daten der Innovationserhebung des ZEW (Mannheimer Innovationspanel MIP), die im Auftrag des BMBF durchgeführt wird verknüpft. Dadurch kann für eine Stichprobe von Unternehmen, die sich selbst als Anbieter im Umweltschutzmarkt einordnen, das Innovationsverhalten - auch über die Zeit - anhand einiger zentraler Innovationsindikatoren analysiert werden. Nachteile dieser Vorgangsweise sind, dass nur für einen Teil der im Umweltschutzmarkt tätigen Unternehmen Daten zum Innovationsverhalten eruiert werden können (nämlich nur für jene, die im MIP erfasst sind) und dass unklar ist, ob sich die im MIP erfassten Innovationsindikatoren auf Innovationen im Bereich von Umweltschutzgütern und -dienstleistungen beziehen, oder auf andere Tätigkeitsbereiche. Denn für einen Teil der Unternehmen im Umweltschutzmarkt ist anzunehmen, dass sie auch außerhalb dieses Marktsegments Güter und Dienstleistungen anbieten.
- Zweitens wird das Innovationsverhalten von Unternehmen untersucht, deren **Innovationsaktivitäten** (auch) **durch** die Umweltgesetzgebung bzw. **umweltpolitische Regulierungen ausgelöst** wurden. Dieser empirische Zugangsweg gewährleistet eher als der zuvor genannte, dass ein enger Bezug zwischen dem beobachteten Innovationsverhalten und einer Aktivität am Umweltschutzmarkt besteht. Allerdings werden nicht nur Anbieter von Umweltschutzgütern betrachtet, sondern z. B. auch Nachfrager nach Umweltschutztechnologien, die über neue Verfahren bestimmte umweltschutzrechtliche Vorgaben zu erfüllen versuchen. Dadurch wird die angebotsorientierte Perspektive, die konstituierend für die anderen Abschnitte dieser Studie ist, ausgeweitet.
- Drittens werden all jene Unternehmen betrachtet, deren **Innovationsaktivitäten** (direkt oder indirekt) eine **positive Wirkung auf die Umwelt** haben. Dieses Messkonzept verbindet am unmittelbarsten die Innovationsaktivitäten mit Umweltschutzaktivitäten. Solche „Umweltinnovatoren“ umfassen zum einen Anbieter von Umweltschutztechnologien, also den in Anlagen integrierten Umweltschutz. Darüber hinaus werden auch jene Unternehmen einbezogen, die Innovationen im Bereich des in Ge- und Verbrauchsgütern (produkt-)integrierten Umweltschutzes vornehmen. Schließlich sind auch Unternehmen, die prozessintegrierte Umweltschutztechnik anwenden und dadurch die von unternehmensinternen Prozessen ausgehende Umweltbelastung verringern, Teil dieser Gruppe. Durch eine Trennung dieser Gruppen kann das Innovationsverhalten der Umweltschutzgüteranbieter (anlagenintegrierter Umweltschutz) mit jenem des produktintegrierten und prozessintegrierten Umweltschutzes verglichen werden.

Die Ausweitung des Blicks über die Anbieter am Umweltschutzmarkt hinaus lenkt den Blick auch auf Fragen der Diffusion von Umweltschutzgütern und der Umwelteffekte, die bei der Anwendung von

¹⁰³ Andreas Ziegler und Klaus Rennings (ZEW) verdienen Dank für wertvolle Anmerkungen und Diskussionen.

Umweltschutztechnologien entstehen. Dieser weitere Blick ist für die Beurteilung der technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltschutzwirtschaft aus zumindest drei Gründen von Bedeutung:

- Erstens kann eine hohe Nachfrage nach Umweltschutzgütern und eine große Verbreitung von Umweltinnovationen im deutschen Heimatmarkt Vorteile für die deutsche Umweltschutzwirtschaft bringen: Sie erhalten vielfältige Anforderungen und Innovationsimpulse von ihren Kunden im Heimatmarkt, sie können neue Technologien in Kooperationen mit den Kunden vor Ort entwickeln und erproben, und sie können bei frühzeitig hohen Absatzmengen für Umweltschutzgüter rasch Skalenvorteile in der Produktion erzielen.
- Zweitens ist von Interesse, durch welche Merkmale sich das Innovationsverhalten von Umweltinnovatoren auszeichnet und ob sich dabei Unterschiede zeigen zwischen den verschiedenen Arten von Umweltinnovatoren (Hersteller von Umweltschutzgütern, Unternehmen, die mit Hilfe von Umweltschutztechnologien die Umweltbelastung senken oder Unternehmen, die auf anderen innovativen Wegen positive Umweltwirkungen produzieren) untereinander und im Vergleich mit anderen Innovatoren. Dadurch können gegebenenfalls die spezifischen Charakteristika und Herausforderungen von Innovationsprozessen im Bereich der Umweltschutzwirtschaft herausgearbeitet werden.
- Drittens sind neben der Hervorbringung neuen technischen Wissens - das über wissenschaftliche Publikationen und die Anmeldung von Patenten im Bereich der Umwelttechnologien gemessen werden kann - die erfolgreiche Einführung dieser Technologien in den Markt (Verwertung) und ihre Anwendung in der Breite der Volkswirtschaft (Diffusion) weitere wichtige Indikatoren zur Beurteilung der technologischen Leistungsfähigkeit eines Landes im Bereich der Umweltschutzwirtschaft.

4.1 Innovationsaktivitäten und Umweltschutz in Unternehmen: Methodische Vorbemerkungen

Innovationsaktivitäten von Unternehmen der Umweltwirtschaft können als eine spezifische Form von Umweltinnovationen angesehen werden, wengleich nicht notwendigerweise jede Innovation eines Unternehmen der Umweltwirtschaft eine Umweltinnovation sein muss. Unter Umweltinnovationen wird allgemein die Einführung neuer Produkte (inkl. Dienstleistungen) und neuer Prozesse auf Unternehmensebene verstanden, die direkt oder indirekt zur Verbesserung des Umweltschutzes (inkl. Klimaschutz) beitragen.¹⁰⁴ Umweltinnovationen können zu einer geringeren Umweltbelastung (Luft-, Lärm-, Wasseremissionen) bzw. einem geringeren Ressourcenverbrauch (Energie, Materialien, inkl. Recycling) führen. Der Beitrag zum Umweltschutz kann entweder direkt im innovierenden Unternehmen selbst oder indirekt bei Dritten entstehen. Für Hersteller von Umweltschutzgütern ist charakteristisch, dass der Umweltschutzbeitrag erst bei den Anwendern dieser Technologien auftritt. Innovationsaktivitäten von Anbietern im Umweltschutzmarkt messen daher in der Regel Umweltinnovationen mit indirekter Wirkung.

Der Umweltinnovationsbegriff baut auf dem in der Innovationsökonomik gängigen und im Oslo-Manual¹⁰⁵ niedergelegten Innovationsbegriff auf. Der Unterschied zu anderen Innovationen liegt im Wesentlichen darin, dass Umweltinnovationen zusätzlich zu positiven technologischen Externalitäten

¹⁰⁴ Vgl. Kemp, Arundel (1998).

¹⁰⁵ OECD und Eurostat (2005)

und Wettbewerbsvorteilen des Innovators auf den Produktmärkten (sei es über Qualitäts- oder Preisvorteile) auch zu positiven Umweltexternalitäten beitragen.¹⁰⁶

Innovationen im Umweltschutzbereich sind empirisch schwierig zu erfassen, da sie ein breites Spektrum von Innovationsaktivitäten umfassen können. Zumindest fünf Arten von umweltschutzbezogenen Innovationsaktivitäten können unterschieden werden:

- **Innovationen in Umweltschutzgütern/-technologien:** Unternehmen entwickeln neue Umwelttechnologien (inklusive Umweltschutzkonzepte) und bieten diese im Markt an. Ziel dieser Produktinnovationen ist es, beim Anwender dieser Technologien die Umweltbelastung zu verringern. Bei diesen Produktinnovationen handelt es sich in der Regel um anlagenintegrierten Umweltschutz, der in Form von neuen oder verbesserten Prozesstechnologien (z. B. Anlagen, die den Schadstoffausstoß verringern) oder Dienstleistungen zur umweltschonenderen Gestaltung von Prozessen (z. B. Konzepte zur Abfallvermeidung oder Erhöhung der Ressourceneffizienz) auftritt. Die Prozesstechnologien können sowohl integrierte Umweltschutztechnologien (z. B. neue Verfahren zur Energiegewinnung mit verringerten Emissionen oder Primärenergieeinsatz) als auch „*end of pipe*“-Technologien (z. B. Filter) umfassen. Das Branchenspektrum dieser Umweltinnovatoren ist sehr breit und entspricht im Bereich des Verarbeitenden Gewerbes jenen Branchen, die zur angebotsseitig abgegrenzten Umweltwirtschaft gehören (Maschinen- und Anlagenbau, Mess-, Steuer- und wie Gummi- und Kunststoffverarbeitung, Metallverarbeitung und Glas-, Keramik- und Steinwarenerzeugnisse; vgl. Abschnitt 1.2). Im Bereich der Dienstleistungen finden sich Produktinnovationen bei Umweltschutzgütern außerdem in der Softwarebranche und in den technischen Dienstleistungen (Ingenieurbüros, physikalische und chemische Labors).
- **Innovationen im prozessintegrierten Umweltschutz:** Unternehmen führen neue Verfahren ein und reduzieren dabei die negativen Umwelteffekte, die aus der wirtschaftlichen Aktivität des Unternehmens resultieren, bzw. sie erhöhen die Ressourceneffizienz. Solche positiven Umweltwirkungen von Prozessinnovationen können einerseits ein unmittelbares Ziel der Prozessinnovation gewesen sein, sie können aber auch eine nicht primär intendierte Folge von Prozessinnovationstätigkeiten sein. Prozessinnovationen mit dem Ziel einer Verringerung der Umweltbelastung sind insbesondere dann anzutreffen, wenn die Umweltbelastung in einem positiven Zusammenhang mit den Produktionskosten steht, etwa bei Emissionen im Rahmen von Wärmeprozessen. Eine Senkung der Energiekosten durch effizientere Verfahren wird in aller Regel auch die Umweltbelastung, die aus diesem Prozess resultiert, senken. Positive Umweltwirkungen können aber auch ein Nebeneffekt von Prozessinnovationen sein, die im Zug der Einführung neuer Produkte implementiert wurden, oder die auf allgemeine Kostensenkungen (Rationalisierung) oder auf Qualitätsverbesserungen abzielen. Diese sind dann häufig Ergebnis des Einsatzes der neuesten Technologie, die aufgrund des technischen Fortschritts in der Regel eine höhere Energie- und Rohstoffeffizienz aufweist als alte Technologie. Aber auch andere indirekte Umweltwirkungen sind denkbar, etwa wenn Verfahrensinnovationen, die auf eine fehlerfreie Produktion abzielen (d. h. die Produktqualität erhöhen sollen), das Abfallaufkommen reduzieren. Prozessinnovationen mit positiver Umweltwirkung können in jeder Branche angetroffen werden.

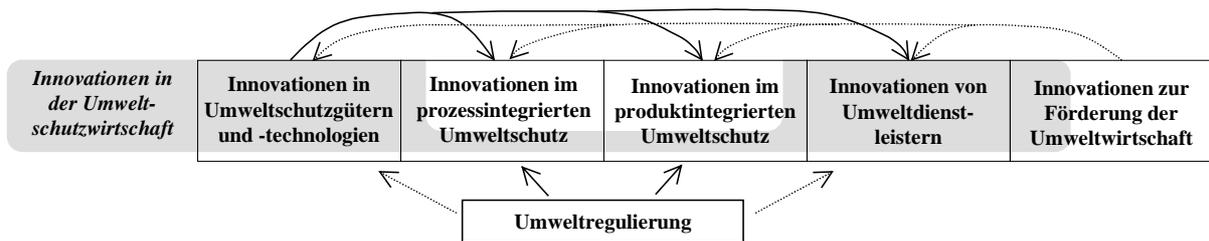
Zu beachten ist, dass reine Umweltschutzinvestitionen, in deren Rahmen Umwelttechnologien gekauft oder im eigenen Unternehmen selbst (weiter-)entwickelt und implementiert werden mit dem alleinigen Ziel, Vorgaben von Umweltregulierungen zu erfüllen, *keine Prozessinnovationen* im Sinn des Innovationsbegriffs sind, wie er im Oslo-Manual der OECD zur Messung von Innovationen festgelegt ist und auch dieser Studie zugrunde liegt.

¹⁰⁶ Vgl. Carraro (2000), Jaffe (2002), Ziegler, Rennings (2004).

- **Innovationen im produktintegrierten Umweltschutz:** Unternehmen führen neue Produkte ein, deren Effekte auf die Umwelt geringer sind als zuvor im Markt angebotene Produkte mit einem vergleichbaren Nutzen. Auch hier kann die positive Umweltwirkung entweder Innovationsziel sein (z. B. Produkte, die keine toxischen oder anderweitig gefährlichen Stoffe enthalten) oder ein Nebeneffekt von neuen Produkten, deren Entwicklung und Einführung z. B. auf die Verbesserung des Kundennutzens oder einen technologischen Vorsprung gegenüber der Konkurrenz und eine daraus resultierende (temporäre) Monopolstellung im Markt abgezielt hat. Ein Beispiel für Produktinnovationen mit positiven Umwelteffekten, die als solche nicht das Ziel der Innovationstätigkeit waren, sind etwa Neuentwicklungen bei Mobiltelefonen, die aufgrund der von den Kunden geforderten Miniaturisierung den Materialverbrauch verringern und aufgrund der aus Produktionskostengründen gewählten modularen Aufbauweise die Recyclingfähigkeit erhöhen. Oft gehen bei Produktinnovationen aber auch die Ziele, auf Kundenwünsche zu reagieren bzw. den Einsatz neuer Technologien voranzutreiben sowie eine positive Umweltwirkungen zu erreichen, Hand in Hand. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn Autohersteller Fahrzeuge mit niedrigerem Benzinverbrauch auf den Markt bringen, um die Betriebskosten bei den Kunden zu senken, oder wenn Haushaltsgerätehersteller den spezifischen Energie- oder Wasserverbrauch der Geräte senken. Dieser Aspekt ist umso wichtiger, je stärker negative Umweltwirkungen sich als Kosten bei den Verursachern bemerkbar machen (d. h. internalisiert sind) und dadurch Kauf- und Investitionsentscheidungen beeinflussen.
- **Innovationen von Umweltdienstleistern:** Unternehmen, die auf die Erbringung von Dienstleistungen spezialisiert sind, die ursächlich auf die Verringerung von Umweltbelastungen und des Ressourcenverbrauchs abzielen, werden als „Umweltdienstleister“ bezeichnet. Sie sind Teil einer breiter abgegrenzten Umweltwirtschaft, die über die Anbieter von anlagenintegriertem Umweltschutz und damit verbundenen EDV- und technischen Dienstleistungen hinaus geht. Zu solchen Umweltdienstleistern zählen insbesondere die Unternehmen der Recycling- und Entsorgungsbranche. Innovationen dieser Unternehmen, die die Effizienz oder Qualität von Prozessen im Unternehmen erhöhen oder neue Anwendungsgebiete erschließen, fallen in der Regel ebenfalls unter die Definition von Umweltinnovationen, da von ihnen eine positive Umweltwirkung zu erwarten ist.
- **Innovationen zur Förderung der Umweltwirtschaft:** Ein spezieller Bereich von umweltschutzbezogenen Innovationen sind neue Produktangebote (insbesondere im Dienstleistungsbereich), deren Nutzung indirekt die Umweltschutzwirtschaft stärken kann. Hierzu zählen z. B. spezielle Angebote für „grünen Strom“ (d. h. elektrischer Energie, die auf Basis regenerativer Energiequellen erzeugt wurde) oder spezielle Anlagefonds für Umweltschutzhersteller, aber auch die Neuaufnahme von Umweltschutzgütern in das Angebot von Handelsunternehmen. Diesen Unternehmen kommt dabei eine Intermediärfunktion zwischen den Herstellern von Umweltschutzgütern bzw. Anwendern von Umweltschutztechnologie einerseits sowie Investoren und privaten Haushalten andererseits zu.

Innovationsaktivitäten von Unternehmen, die der Umweltschutzwirtschaft angehören, können verschiedene Arten von Umweltinnovationen darstellen. Die häufigsten beiden Arten dürften Innovationen in Umweltschutzgütern und -technologien sowie Innovationen in Umweltdienstleistungen darstellen. Denn Umweltschutzgütern und -technologien sowie Umweltdienstleistungen stellen den Kernbereich der Umweltschutzwirtschaft dar. Hier ist davon auszugehen, dass Innovationsaktivitäten der Umweltschutzunternehmen den ganz überwiegenden Teil dieser beiden Arten von Umweltinnovationen zählenden ausmachen. Von den prozess- und produktintegrierte Umweltinnovationen wird dagegen wohl nur ein kleiner Teil von Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft durchgeführt. Vielmehr sind es die Umweltschutzgüter, -technologien und -dienstleistungen, die es anderen Unternehmen ermöglichen bzw. sie dabei unterstützen, die Umweltbelastung, die von ihren Prozessen und Produkten, zu verringern.

Abb. 4.1.1: Arten von Umweltinnovationen und Innovationsaktivitäten von Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft



Die Umweltregulierung, auf deren Rolle als Antreiber von Umweltinnovationen in Abschnitt 4.3 eingegangen wird, zielt in erster Linie auf Umweltinnovationen im Bereich des prozess- und produktintegrierten Umweltschutzes ab, kann dadurch aber auch Innovationsaktivitäten im Kernbereich der Umweltschutzwirtschaft, d. h. bei den Anbietern von Umweltschutzgütern, -technologien und -dienstleistungen, auslösen.

Für die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands sind im Hinblick auf umweltschutzbezogene Innovationsaktivitäten der Unternehmen mehrere Fragen von Interesse:

- Welche Unterschiede bestehen zwischen Innovatoren mit umweltschutzbezogenen Innovationen und anderen Innovatoren in Bezug auf die Innovationsintensität (relative Bedeutung der Aufwendungen für Innovationen), die Ausrichtung der Innovationstätigkeit (Produkt- versus Prozessinnovationen, Marktneuheiten versus Produktimitationen, Innovationen in bestehenden oder in neuen Produktfeldern, Rationalisierungs- oder Qualitätsverbesserungsziele) und den Innovationserfolg?
- Wie verbreitet sind umweltschutzbezogenen Innovationen in der deutschen Wirtschaft und in welchen Sektoren und Unternehmensgrößenklassen sind sie schwerpunktmäßig anzutreffen?
- Welche Bedeutung haben umweltschutzbezogene Innovationen in Deutschland im internationalen Vergleich?
- Welche Bedeutung kommt der staatlichen Regulierung als Anstoßgeber für umweltschutzbezogene Innovationen zu, und welche Auswirkungen haben solche umweltregulierungsgetriebenen Innovationen auf den wirtschaftlichen Erfolg der Innovationen?

Umweltschutzbezogene Innovationsaktivitäten von Unternehmen werden - wie oben erwähnt - über drei empirische Zugangswege zu erfassen versucht:

- Erstens werden die **Innovationsaktivitäten von Unternehmen** betrachtet, die nach eigenen Angaben **Umweltschutzgüter herstellen**. Dabei wird auf eine Liste von Unternehmen zurückgegriffen, die vom Umwelt-Firmeninformationssystem (UMFIS) der Industrie- und Handelskammern erstellt wurde („Umweltschutzmarkt Deutschland“) und die ein breites Spektrum von Anbietern von Umweltschutztechnologie (Anlagen, Geräte), umweltschutzbezogene Dienstleistungen (Beratung, Analytik, Planung, FuE) sowie Umweltschutzdienstleistungen (Entsorgung, Recycling, Sanierung) umfasst. Für diese Unternehmen werden Daten aus dem MIP zugespielt. Da das MIP eine Stichprobenerhebung ist, wird nur ein Teil der „UMFIS-Unternehmen“ im MIP aufgefunden werden können. Da die MIP-Stichprobe gleichzeitig nach Branchen differenzierte disproportionale Ziehungswahrscheinlichkeiten aufweist, besteht für die Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft eine je nach Branchenzugehörigkeit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit, Teil der MIP-Stichprobe zu sein. Da die Branchenverteilung der UMFIS-Unternehmen nicht mit der der Gesamtwirtschaft übereinstimmt, können die für die im MIP erfassten Unternehmen verfügbaren Hochrechnungsfaktoren auf die identifizierten UMFIS-Unternehmen nicht angewendet werden, wodurch auch keine Gesamtaussagen zum Innovationsverhalten der Anbieter im deutschen Umweltschutzmarkt

gemacht werden können. Allerdings können Unterschiede im Innovationsverhalten im Vergleich zu anderen Unternehmen untersucht werden.

- Zweitens werden jene Unternehmen untersucht, die aufgrund von **Umweltregulierungen Innovationen eingeführt** haben. Hier interessiert neben der Bedeutung, die diese regulierungsgetriebenen Umweltinnovationen in der deutschen Wirtschaft haben, vor allem die Frage, ob Unternehmen mit Innovationen, die durch Umweltregulierungen angestoßen wurden, über- oder unterdurchschnittliche ökonomische Erfolge erzielen können. Von Interesse ist dabei insbesondere der Exporterfolg von umweltregulierungsgetriebenen Innovatoren. Dieser wäre ein Hinweis auf eine mögliche Vorreiterrolle Deutschlands in der Umweltregulierung.
- Drittens wird für die Grundgesamtheit der Unternehmen die Bedeutung der verschiedenen, oben angeführten Formen von **umweltschutzbezogenen Innovationen** analysiert. Dabei wird auf Angaben von Unternehmen zur Bedeutung von umweltschutzbezogenen Auswirkungen von Innovationen (auf Basis ihrer eigenen Einschätzung) zurückgegriffen. Dadurch sind repräsentative Aussagen darüber möglich, wie verbreitet solche Innovationen in der deutschen Wirtschaft sind, in welchen Sektoren sie überwiegend stattfinden, wie bedeutend die einzelnen Formen umweltschutzbezogener Innovationen sind sowie welche Unterschiede zwischen Innovatoren mit umweltschutzbezogenen Innovationen und anderen Innovatoren in Bezug auf die Ausrichtung der Innovationstätigkeit und den Innovationserfolg existieren. Dieser empirische Zugangsweg ermöglicht außerdem eine grobe Einschätzung zur Bedeutung umweltschutzbezogener Innovationen in Deutschland im internationalen Vergleich.

Datengrundlage der Auswertungen in diesem Abschnitt ist das MIP. Je nach empirischem Zugangsweg und den hierfür benötigten Informationen werden unterschiedliche Erhebungswellen herangezogen:

- Die Innovationsaktivitäten von Umweltschutzgüteranbietern (UMFIS-Unternehmen) werden auf Basis aller verfügbaren Erhebungswellen des MIP untersucht, um so auch die zeitliche Entwicklung der Innovationstätigkeit in der deutschen Umweltschutzwirtschaft abbilden zu können. Dabei sind allerdings Einschränkungen dahingehend in Kauf zu nehmen, dass sich die Stichprobe der im MIP erfassten UMFIS-Unternehmen von Jahr zu Jahr ändern kann, was auch Rückwirkungen auf die für die einzelnen Jahre ermittelten Innovationsindikatoren dieser Gruppe von Unternehmen hat.
- Im Jahr 2003 wurde detailliert nach den Impulsgebern für Innovationen („Innovationsquellen“) gefragt. Eine der abgefragten Quellen waren Regulierungen. Dabei wurde erfasst, welche konkreten Regulierungen die Auslöser für Produkt- oder Prozessinnovationen waren. Die Textfeldangaben der Unternehmen können genutzt werden, um Umweltregulierungen als Anstoßgeber für Innovationen zu identifizieren.
- Im Jahr 2005 war die ZEW-Innovationserhebung Teil der vierten europaweiten, harmonisierten Erhebung (Community Innovation Survey, CIS 4). In diesem Rahmen wurde wiederum nach den Wirkungen von Innovationen gefragt. Dabei ist es möglich, die Frage nach der Wirkung auf die Verbesserung von Umweltbedingungen von der Frage der Wirkung auf Verbesserungen der Gesundheit zu trennen und somit Umweltinnovatoren schärfer als auf Basis der Erhebung aus dem Jahr 2001 zu identifizieren. Die Erhebung des Jahres 2005 bildet die Grundlage für Analysen zur Verbreitung von umweltschutzbezogenen Innovationen, der Ausrichtung der Innovationstätigkeit von solchen Innovatoren, von Strukturunterschieden zwischen ihnen und anderen Innovatoren sowie des Innovationserfolgs von umweltschutzbezogenen Innovationen.
- Im Jahr 2001 wurde im Rahmen der dritten europaweiten Innovationserhebung (CIS 3) u. a. nach den Wirkungen von Innovationen gefragt. Eine Kategorie bezog sich auf „Verbesserung der Umweltbedingungen und Gesundheit“, eine zweite auf „Senkung der Energie- und Materialkosten“. Auf Basis dieser Informationen kann - in einer groben Näherung - auf einer aggregierten Ebene die

Verbreitung von Innovationen mit positiven Umweltwirkungen bzw. von Innovationen, die zu einer Erhöhung der Ressourceneffizienz führen, in europäischen Ländern untersucht werden. Einer sektoralen Differenzierung sind dabei enge Grenzen gesetzt, da Informationen nur für die Hauptsektoren (Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe, Energie- und Wasserversorgung, Großhandel, Transportgewerbe, Kredit- und Versicherungsgewerbe, Software/Unternehmensberatung) vorliegen.

Die Analysen beziehen sich stets auf Innovationsaktivitäten von Unternehmen insgesamt, und nicht auf einzelnen Innovationsprojekte. Dies schränkt die Analysemöglichkeiten deutlich ein. Es kann nur darüber Auskunft gegeben werden, ob ein Umweltschutzgüterhersteller zumindest ein neues Produkt oder einen neuen Prozess eingeführt hat, ob in einem bestimmten Unternehmen zumindest eine Innovation durch Umweltregulierungen angestoßen wurde oder ob ein bestimmtes Unternehmen zumindest eine umweltschutzbezogene Innovation eingeführt hat. Eine Quantifizierung von Umweltinnovationsaktivitäten auf Unternehmensebene ist nicht möglich. Zu beachten ist außerdem, dass die Innovationsaktivitäten für einen dreijährigen Referenzzeitraum erfasst werden (d. h. das Referenzjahr und die beiden Vorjahre). Dies hat den Vorteil, auch Unternehmen, die nicht jedes Jahr umweltschutzbezogenen Innovationen einführen, als Innovatoren im Umweltschutzbereich zu identifizieren.

Das MIP deckt nur einen Teil des gesamten Branchenspektrums der deutschen Wirtschaft ab. Folgende Bereiche, in denen Umweltinnovationen eine größere Rolle spielen können, sind nicht erfasst: Land- und Forstwirtschaft, Gastgewerbe, Gesundheitswesen, persönliche Dienstleistungen. Ab dem Jahr 2005 sind außerdem die Branchengruppen Baugewerbe und Einzelhandel nicht mehr Teil der Zielgrundgesamtheit des MIP.

4.2 Innovationsaktivitäten von Umweltschutzgüter-Anbietern

Die Analyse des Innovationsverhaltens der Umweltschutzwirtschaft stellt den Betrachter vor die Herausforderungen, dass sich einerseits die Umweltwirtschaft nicht als homogene Branche darstellt, anhand derer wirtschaftszweigbezogen sekundärstatistische Daten und Innovationsindikatoren abgeleitet werden können¹⁰⁷. Andererseits entwickelt sich die Nachfrage nach umweltschützenden Innovationen in der Regel nur dort ohne äußeren Anstoß, wo deren Einsatz mit Kosteneinsparungspotenzialen verbunden ist.¹⁰⁸ Hier ist nicht immer eindeutig, ob Innovationen primär für den Markt von Umweltschutzgütern und -dienstleistungen oder für andere Märkte bestimmt sind und nur sekundär auch positive Auswirkungen auf die Umwelt haben können. Dementsprechend heterogen zeigt sich die Branche. Denn Anwendungsinnovatoren können morgen schon als Anbieter auf dem Markt für Umweltschutzlösungen auftreten oder auf anderen Märkten Innovationen anbieten, die nur auf den zweiten Blick als Umweltschutzinnovationen zu identifizieren sind.

Relevante Determinanten der technologischen Leistungsfähigkeit sind insbesondere aber die Anstrengungen von Unternehmen in Forschung und in der Entwicklung innovativer Umweltschutzlösungen, ein leistungsfähiges Wissenschaftssystem im Themenbereich Umweltschutz sowie die Fähigkeit, wissenschaftliche Erkenntnisse und Entwicklungen in den Schlüsseltechnologien anzuwenden und in Erfindungen und technologische Neuerungen für Umweltschutzzwecke umzusetzen. Denn Umwelttechnik ist kein originärer Wissenschafts- und Technologiebereich, vielmehr geht es in der Umwelttechnik

¹⁰⁷ Insbesondere FuE-Ausgaben und FuE-Personal der Unternehmen als „harte“ Indikatoren für das Innovationsverhalten werden nach ihrer Zugehörigkeit zu einem Wirtschaftszweig und nicht nach Art und Verwendung der Güter ausgewiesen (vgl. dazu auch Abschnitt 1.2).

¹⁰⁸ Eine Ausnahme bilden Umweltinnovationsaktivitäten von Unternehmen, die im Rahmen von *Corporate Social Responsibility* vorgenommen werden, um auf diesem Weg Imagegewinne zu erzielen oder sich von Wettbewerbern abzusetzen.

um die problemadäquate Anwendung von Forschungsergebnissen und Technologien unter anwendungsspezifischen Fragestellungen. Dabei ist in hohem Grade interdisziplinär zu arbeiten.

Es besteht also durchaus ein Interesse, die technologische Leistungsfähigkeit, das Innovationsverhalten sowie die Innovationsanstrengungen einer - wie auch immer abgegrenzten - Umweltschutzbranche zu messen bzw. darzustellen. Hierzu bietet sich an, in einer Unternehmensdatenbank mit Innovationsindikatoren (MIP) die Unternehmen zu identifizieren, die sich als Anbieter von Umweltschutzgütern und -dienstleistungen zu erkennen geben. Als solche Anbieter werden jene Unternehmen betrachtet, die im UMFIS enthalten sind.¹⁰⁹ Mit Hilfe eines halbautomatisierten Namensabgleichs wurde die UMFIS-Datenbank mit dem MIP verknüpft. Dabei wurden 940 Unternehmen identifiziert, die im UMFIS enthalten sind und für die im MIP Informationen zur Innovationstätigkeit vorliegen. Diese Unternehmen bilden die Datenbasis für die folgenden Auswertungen zu Strukturmerkmalen und Kernindikatoren des Innovationsverhaltens. Für eine Teilmenge dieser Unternehmen - nämlich jene, die an der Befragung des Jahres 2005 teilgenommen haben - wird mit Hilfe eines Matching-Ansatzes das Innovationsverhalten detaillierter untersucht, insbesondere im Hinblick auf Informationsquellen, Kooperationen, Auswirkungen und Hemmnissen.

(Innovations-)Kennzahlen für Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft

Die Stichprobe der UMFIS-Unternehmen, die im MIP identifiziert wurden, weist eine sehr spezifische Branchenstruktur auf. Über zwei Drittel der Unternehmen sind in den folgenden Branchen tätig:

- 20 % der Unternehmen sind den technischen Dienstleistungen (Ingenieurbüros, physikalisch-chemische Labors) zuzurechnen.
- 17 % der Unternehmen sind im Bereich der Entsorgungsdienstleistungen aktiv.
- 12 % sind Maschinenbauunternehmen.
- 6 % der UMFIS-Unternehmen sind der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zuzuordnen.
- 5 % der Unternehmen sind im Recycling tätig.
- 4 % der UMFIS-Unternehmen gehören der Branche FuE-Dienstleistungen an.
- Ebenfalls 4 % sind in der Energie- und Wasserversorgung aktiv.

Damit sind diese Branchen deutlich überproportional vertreten. In der Gesamtheit der im MIP erfassten Unternehmen repräsentieren diese Branchen lediglich gut 20 %. Die restlichen im MIP identifizierten UMFIS-Unternehmen verteilen sich auf eine große Zahl weiterer Branchen. Größere Anteile von zwischen 1,5 und 3 % sind noch für die Chemieindustrie, Gummi- und Kunststoffverarbeitung, Metallverarbeitung, Glas-, Keramik- und Steinwarenindustrie, Elektrotechnik, EDV, Unternehmensberatung sowie den Großhandel zu beobachten.

Zu beachten ist dabei, dass diese Branchenanteile insofern verzerrt sind, da es sich bei der im MIP erfassten Stichprobe von Unternehmen um eine disproportional geschichtete Stichprobe der Grundgesamtheit handelt, in der forschungsintensive Branchen und Branchen mit einer geringen Zahl von Unternehmen übergewichtet sind. Dies bewirkt, dass der Anteil der UMFIS-Unternehmen in den Branchen technische Dienstleistungen, Maschinenbau und Instrumententechnik vermutlich überzeichnet ist.

¹⁰⁹ Dabei wird in Kauf genommen, dass diese Datenbasis zum einen nicht vollständig sein wird, zum anderen auch Anbieter beinhaltet, die Komplementärleistungen anbieten, die nicht unmittelbar etwas mit „Umweltschutz“ zu tun haben (z. B. Laborausstatter, (Bau-)Maschinenverleih etc.).

In Bezug auf die Größenstruktur zeigen sich zwischen UMFIS-Unternehmen und anderen im MIP erfassten Unternehmen nur geringe Unterschiede. Sehr kleine Unternehmen (mit weniger als 20 Beschäftigten) sind unterrepräsentiert, während mittlere Unternehmen (50 bis 249 Beschäftigte) häufiger vertreten sind.

Zur Charakterisierung der Innovationstätigkeit der Anbieter von Umweltschutzgütern wird für jedes der 940 im MIP identifizierten UMFIS-Unternehmen der jeweils aktuellste verfügbare Wert zu den einzelnen im MIP erfassten Kernindikatoren des Innovationsverhaltens herangezogen (d. h. in der Regel Werte aus den Jahren 2001 bis 2004) und der Mittelwert für die Gruppe der UMFIS-Unternehmen gebildet. Die Mittelwerte werden mit den entsprechenden Werten für alle anderen im MIP erfassten Unternehmen (über 30.000) verglichen, wobei auch für diese Unternehmen die jeweils aktuellsten verfügbaren Werte betrachtet werden.

Anbieter von Umweltschutzgütern weisen die gleich hohe Innovationsbeteiligung wie alle Unternehmen auf (Tab. 4.2.1): 65 % der Unternehmen zählen zu den Innovatoren. Allerdings betreiben Umweltschutzgüter-Anbieter deutlich intensiver und anspruchsvoller Innovationsaktivitäten. Dies kann an der höheren Innovationsintensität (7,7 % gegenüber 5,5 % in der Vergleichsgruppe), der höheren FuE-Intensität (5,5 % gegenüber 2,8 %), dem höheren Anteil von kontinuierlich forschenden Unternehmen (37 % gegenüber 27 %) und dem höheren Anteil von Unternehmen mit Innovationskooperationen (27 % gegenüber 15 %) gesehen werden. Auch der höhere Anteil von Akademikern unter den Beschäftigten (30 % gegenüber 20 %) bestätigt das Bild der anspruchsvolleren Innovationstätigkeit.

Diese intensiveren Innovationsanstrengungen schlagen sich auch in höheren Innovationserfolgen nieder: 21 % der Umweltschutzgüter-Anbieter sind mit originären Produktinnovationen erfolgreich, unter allen Unternehmen liegt diese Quote dagegen bei 14 %. Der Umsatzanteil, der auf diese Marktneuheiten zurückgeht, ist mit 2,6 % ebenfalls höher als im Durchschnitt aller MIP-Unternehmen (2,1 %). Der gesamte mit Produktneuheiten (inklusive Nachahmerinnovationen) erzielte Umsatz erreicht unter den Umweltschutzgüter-Anbietern einen Anteil am Gesamtumsatz von 9,5 % und liegt damit nur wenig über dem Wert für alle anderen Unternehmen (8,9 %). Auch im Bereich der Rationalisierungserfolge von Prozessinnovationen sind Umweltschutzgüter-Anbieter etwas erfolgreicher: 15 % (gegenüber 13 % bei allen Unternehmen) konnten kostensenkende Prozessinnovationen realisieren, die durchschnittlichen Stückkosteneinsparungen liegen mit 1,4 % über dem Vergleichswert von 1,0 %. Schließlich können Umweltschutzgüter-Anbieter auch eine leicht höhere Exportquote von 15 % erzielen. Der niedrige Wert für die Exportumsätze an den Gesamtumsätzen ist vor dem Hintergrund des hohen Anteils von Dienstleistungsunternehmen unter den Umweltschutzgüter-Anbietern zu sehen: Inklusive Recycling- und Energieversorgungsunternehmen sind zwei Drittel den Dienstleistungsbranchen zuzuordnen. Dort ist der Exportumsatzanteil traditionell sehr niedrig.

Tab. 4.2.1: Indikatoren zur Innovationstätigkeit von Umweltschutzgüter-Anbietern (in %)

	UMFIS-Unternehmen	alle anderen Unternehmen
Innovationsaufwendungen in % des Umsatzes	7,7	5,5
FuE-Aufwendungen in % des Umsatzes	5,1	2,8
Anteil FuE- an den gesamten Innovationsaufwendungen	51	39
Anteil Investitionen an den gesamten Innovationsaufwendungen	39	43
Anteil Unternehmen mit kontinuierlicher FuE-Tätigkeit	37	27
Anteil Unternehmen mit Innovationen	65	65
- davon: Unternehmen nur mit Produktinnovationen	21	20
- davon: Unternehmen nur mit Prozessinnovationen	9	11
- davon: Unternehmen mit Produkt- und Prozessinnovationen	35	34
Anteil Unternehmen mit Marktneuheiten	21	14
Anteil Unternehmen mit kostensenkenden Prozessinnovationen	15	13
Anteil Unternehmen mit Innovationskooperationen	27	15
Umsatzanteil mit neuen Produkten	9,5	8,9
Umsatzanteil mit Marktneuheiten	2,6	2,1
Stückkostenreduktionsanteil durch Prozessinnovationen	1,4	1,0
Beschäftigtenanteil von Akademikern	30	20
Exportquote	15	13

Die Werte beziehen sich jeweils auf das aktuellste Jahr, für das eine Beobachtung vorlag. Dies ist in über drei Viertel der Fälle 2002, 2003 oder 2004. Da sich die Verteilung der Beobachtungen nach Jahren zwischen den UMFIS-Unternehmen und den anderen Unternehmen nicht signifikant unterscheidet, ergibt sich aus den unterschiedlichen Bezugsjahren keine systematische Verzerrung für einen Vergleich der Innovationsindikatoren.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, versch. Jahre. - Berechnungen des ZEW. Mittelwerte der Stichprobe.

Bemerkenswert ist des weiteren, dass sich Umweltschutzgüter-Anbieter in Bezug auf die Ausrichtung ihrer Innovationsaktivitäten nach Produkt- und Prozessinnovationen nicht merklich von allen anderen Unternehmen unterscheiden. Aufgrund der Definition dieser Gruppe als Produkthanbieter in einem durch sich relativ rasch ändernde technologische, regulatorische und Nachfrage-Rahmenbedingungen gekennzeichneten Markt hätte eine stärkere Produktinnovationsorientierung erwartet werden können. Allerdings zeigen Umweltschutzgüter-Anbieter einen höheren Anteil von FuE-Aufwendungen sowie von nicht investiven Aufwendungen an den gesamten Innovationsaufwendungen, was auf eine stärkere Produktorientierung von Innovationsaktivitäten hindeutet.

Trends bei Innovationsindikatoren von Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft

Eine Analyse der Entwicklung der einzelnen Innovationsindikatoren über die Zeit ist auf Basis der Zusammenführung der UMFIS-Unternehmen mit MIP-Daten zwar möglich, wenngleich nur mit Einschränkungen: Erstens ändert sich von Jahr zu Jahr die Zusammensetzung der im MIP erfassten UMFIS-Unternehmen. Durch diese Strukturverschiebungen können sich auch Innovationsindikatoren für die Gruppe der UMFIS-Unternehmen zwischen den Jahren ändern, ohne dass dies dahinterstehende Änderungen im Innovationsverhalten anzeigt. Zweitens liegen den Auswertungen der aktuelle Bestand an in der Umweltwirtschaft tätigen Unternehmen zugrunde. In früheren Jahren kann zumindest ein Teil dieser Unternehmen nicht im Bereich der Umweltwirtschaft tätig gewesen sein, während gleichzeitig andere - auch im MIP erfasste - Unternehmen zur Umweltwirtschaft zählten, sich jedoch aktuell (z. B. wegen Änderung in der Geschäftstätigkeit oder wegen zwischenzeitlicher Stilllegung) nicht mehr im UMFIS finden. Dadurch sind die Beobachtungen zu Umweltschutzunternehmen in früheren Jahren in deutlich geringerem Maß „repräsentativ“ für die deutsche Umweltwirtschaft als am aktuellen Rand, was die Aussagekräftigkeit von Entwicklungen der Innovationsindikatoren über die Zeit weiter einschränkt. Eine Beschränkung der Analyse auf UMFIS-Unternehmen, für die über den gesamten Zeitraum Informationen zum Innovationsverhalten vorliegen, würde den Stichprobenum-

fang enorm reduzieren und würde zu einer in Bezug auf die Branchenzusammensetzung stark verzerrten Stichprobe führen.

Drittens können für die UMFIS-Unternehmen keine hochgerechneten und somit repräsentativen Werte ermittelt, sondern lediglich Auszählungen der Stichprobe vorgenommen werden. Dabei werden Mittelwerte für verschiedene Innovationsindikatoren berechnet. Dies bedeutet, dass bei quantitativen Indikatoren wie z. B. der Innovationsintensität kleine Unternehmen ein größeres Gewicht erhalten, als ihnen in der Grundgesamtheit zukommt. Für qualitative Indikatoren, die sich auf Unternehmensanteile beziehen, ist das Gewicht der großen Unternehmen überproportional, da sie in der Stichprobe einen höheren Anteil als in der Grundgesamtheit besitzen.

Unter diesen Voraussetzungen beschränkt sich die Analyse auf die Diskussion von Trendentwicklungen im Innovationsverhalten der Unternehmen in der deutschen Umweltwirtschaft. Von der Interpretation der Entwicklung zwischen einzelnen Jahren wird wegen der genannten Probleme abgesehen. Bei der Interpretation der Entwicklung im Zeitraum 1994 bis 2004 ist zu beachten, dass sich die sektorale Zusammensetzung der im MIP erfassten Umweltwirtschaftsunternehmen deutlich verändert hat. Mitte der 1990er Jahre kamen rund 40 % der Unternehmen aus dem Verarbeitenden Gewerbe (ohne Recycling). Dieser Anteil fiel bis zum Jahr 2000 auf fast ein Viertel, im Gegenzug erhöhte sich der Anteil der Dienstleistungsunternehmen (inklusive Recycling) auf zwei Drittel, der Rest entfällt primär auf Unternehmen in der Energie- und Wasserversorgung und dem Baugewerbe. Parallel dazu nahm der Anteil der kleinen Unternehmen (unter 100 Beschäftigten) von rund 50 % auf rund zwei Drittel im Jahr 2003 zu.

Die wichtigsten Trends bei ausgewählten Innovationsindikatoren der Unternehmen der deutschen Umweltwirtschaft sind folgende (vgl. Tab. 4.2.2):

- Für die Innovationsintensität und die FuE-Intensität zeigt sich ein ansteigender Trend. Lag die Innovationsintensität (Innovationsaufwendungen in % des Umsatzes) in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre bei etwa 5 %, so stieg sie auf zuletzt etwa 8 % an. Der Anteil der FuE-Aufwendungen am Umsatz stieg von etwa 2 % Mitte der 1990er Jahre auf 4 bis 5 % am aktuellen Rand. Der Anteil der investiven Innovationsaufwendungen an den gesamten Innovationsbudgets zeigte in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre und in den Jahren 2002-2003 eher niedrigere und um die Jahrtausendwende eher höhere Werte.
- Beim Anteil der kontinuierlich forschenden Unternehmen kann kein klarer Trend beobachtet werden. Der Innovatorenanteil sowie der Anteil der Unternehmen mit Marktneuheiten zeigen deutlich eine rückläufige Tendenz. Der Anteil der Unternehmen mit Innovationskooperationen ist dagegen angestiegen, was bei dem gleichzeitig rückläufigen Innovatorenanteil eine stärkere Kooperationsorientierung der innovativ tätigen Umweltwirtschaftsunternehmen anzeigt.
- Beim Umsatzanteil mit Marktneuheiten lässt sich kein langfristiger Trend ausmachen, wengleich der Absatzerfolg mit originären Produktinnovationen aktuell niedriger als um die Jahrtausendwende ist. Der Anteil der Stückkostenreduktion durch Prozessinnovationen ist tendenziell rückläufig und erreichte Anfang der 2000er Jahre die niedrigsten Werte.
- Die Wissensintensität - gemessen am Anteil der Beschäftigten mit einem akademischen Abschluss - nimmt zwar von 1997 bis 2004 betrachtet zu. Sie lässt sich aufgrund von mehrmaligen Änderungen in der Fragestellung nur eingeschränkt vergleichen, wobei seit Ende der 90er Jahre nur wenig Hinweise auf eine Wissensintensivierung vorliegen. Bei diesem Indikator spielen Veränderungen in der Branchenzusammensetzung der Unternehmen eine besonders große Rolle und erschweren die Interpretation beträchtlich.
- Die durchschnittliche Exportquote der Unternehmen der deutschen Umweltschutzwirtschaft erreichte am aktuellen Rand - trotz eines gestiegenen Anteils von Dienstleistungsunternehmen - die

höchsten Werte. Das Inland hat also weniger Wachstumsmöglichkeiten geboten (Abschnitt 1.2). Während der Phase relativ starken binnenwirtschaftlichen Wachstums um die Jahrtausendwende war der Mittelwert der Exportquote dagegen deutlich niedriger.

Tab. 4.2.2: Entwicklung von Innovationsindikatoren von Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft in Deutschland 1994-2004 (Mittelwerte der Stichprobe, in %)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Innovationsaufwendungen in % des Umsatzes	7,2	4,9	4,9	5,4	4,2	6,8	6,0	6,9	7,3	7,8	8,4
FuE-Aufwendungen in % des Umsatzes	2,6	1,2	1,8	2,1	2,1	2,6	4,0	4,3	4,8	5,3	5,7
Anteil Investitionen an gesamten Innovationsaufwendungen in %	47	42	38	35	39	43	49	44	36	38	41
Anteil Unternehmen mit kontinuierlicher FuE-Tätigkeit in %	22	39	52	-	35	55	32	31	39	37	37
Anteil Unternehmen mit Innovationen in %	72	69	68	79	69	77	65	64	67	65	61
Anteil Unternehmen mit Marktneuheiten in %	39	43	28	30	39	42	27	25	22	21	21
Anteil Unternehmen mit Innovationskooperationen in %	28	-	24	-	-	-	23	-	27	35	31
Umsatzanteil mit Marktneuheiten in %	3,3	4,1	2,8	3,8	3,0	4,2	4,1	3,7	3,1	3,0	2,6
Stückkostenreduktionsanteil durch Prozessinnovationen in %	1,9	1,6	2,2	3,1	2,2	3,3	1,5	1,4	1,1	1,5	1,6
Beschäftigtenanteil von Akademikern in %	32	24	24	21	20	31	32	35	34	28	29
Exportquote in %	9	14	10	13	11	9	10	13	14	15	17
<i>Nachrichtlich:</i>											
Anteil Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe* in %	41	41	37	37	33	30	27	31	32	34	35
Anteil Unternehmen im Dienstleistungssektor* in %	48	48	54	56	60	63	66	62	59	57	56
Anteil kleine Unternehmen (unter 100 Beschäftigte) in %	50	49	50	49	59	60	63	63	63	67	61
Anteil mittlere Unternehmen (100 bis unter 500 Beschäftigte) in %	28	34	35	32	30	26	25	25	26	23	26
Anteil große Unternehmen (500 und mehr Beschäftigte) in %	17	17	15	17	10	13	12	12	10	9	13
Anzahl der Beobachtungen	242	206	217	279	362	322	424	376	476	459	419

* verarbeitendes Gewerbe ohne Bergbau und ohne Recycling, Dienstleistungsgewerbe inklusive Recycling; fehlende Anteile auf 100 %: Land- und Forstwirtschaft, Bergbau, Energie- und Wasserversorgung, Baugewerbe.

| Änderung in der Indikatordefinition, Vergleichbarkeit zu den Folgejahren daher eingeschränkt.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, versch. Jahre. - Berechnungen des ZEW. Mittelwerte der Stichprobe.

Besonderheiten im Innovationsverhalten von Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft

Um mögliche Besonderheiten im Innovationsverhalten von Umweltschutzgüter-Anbietern von den Effekten zu trennen, die z. B. von der spezifischen Branchenstruktur ausgehen, wird eine „*matched-pairs*“-Analyse durchgeführt. Dabei wird für jedes Unternehmen aus der Gruppe der UMFIS-Unternehmen ein in Bezug auf die folgenden Merkmale möglichst ähnliches (in der Regel: identisches) Unternehmen zugewiesen: Größe (Logarithmus der Beschäftigtenzahl), Branche (Zweisteller der Wirtschaftszweigsystematik), Standort (West- bzw. Ostdeutschland), Innovationsaktivität (Produktinnovator, Prozessinnovator, kein Innovator).

Anschließend werden die Mittelwerte von Innovationsindikatoren für die Gruppe der UMFIS-Unternehmen und die Vergleichsgruppe berechnet. Der Mittelwertvergleich mit der Vergleichsgruppe ist insofern aussagekräftiger als ein Vergleich mit allen anderen Unternehmen, da er um mögliche Unterschiede in der Größen- und Branchenstruktur sowie der Standortverteilung und Innovationsaktivität bereinigt ist. Dies ist besonders in Bezug auf die Branchenstruktur wichtig, die für UMFIS-Unternehmen deutlich anders ist als für die Gesamtheit aller Unternehmen.

Die „*matched-pairs*“-Analyse wird auf Basis der MIP-Erhebung des Jahres 2005 durchgeführt, da in diesem Jahr eine Reihe von zusätzlichen Indikatoren zum Innovationsverhalten und zur Ausgestaltung der Innovationsprozesse abgefragt wurden. In Tab. 4.2.3 sind die Mittelwerte für eine Reihe von Innovationsindikatoren für die UMFIS-Unternehmen dargestellt. Im Fall einer positiven oder negativen statistisch signifikanten Abweichung dieses Werts vom Mittelwert der Vergleichsgruppe ist die Differenz zwischen UMFIS-Unternehmen und Vergleichsgruppe ebenfalls dargestellt. Die Hauptergebnisse können folgend zusammengefasst werden:

- Umweltschutzgüter-Anbieter unterscheiden sich in Hinblick auf die Innovations- und FuE-Intensität nicht signifikant von den Unternehmen in der Vergleichsgruppe.

- Allerdings weisen sie ambitioniertere Innovationsaktivitäten auf: Der Anteil der Unternehmen mit kontinuierlicher FuE ist ebenso signifikant höher als der Anteil der Unternehmen, die erfolgreich Marktneuheiten und Sortimentsneuheiten (also anspruchsvollere Produktinnovationen) einführen konnten. Auf Seite des Innovationserfolgs zeigt sich allerdings nur für den Umsatzanteil mit Sortimentsneuheiten ein höherer Wert. Bei Prozessinnovationen sind keine Unterschiede im Innovationserfolg festzustellen.

Tab. 4.2.3: Innovationsindikatoren zwischen Unternehmen der Umweltschutzwirtschaft im Vergleich zu Unternehmen mit ähnlichen Strukturmerkmalen (2004)¹⁾

Indikator	Einheit	Indikatorwert	Differenz
Innovationsintensität	%	7,7	ns
FuE-Intensität	%	5,1	ns
Anteil der Unternehmen mit kontinuierlicher FuE	%	38	12
Anteil Unternehmen mit Marktneuheiten	%	28	7
Anteil Unternehmen mit Sortimentsneuheiten	%	34	14
Anteil Unternehmen mit kostenreduzierenden Prozessinnovationen	%	18	ns
Umsatzanteil mit Produktneuheiten	%	13	ns
Umsatzanteil mit Marktneuheiten	%	3,4	ns
Umsatzanteil mit Sortimentsneuheiten	%	3,6	1,7
Umsatzsteigerung durch Qualitätsverbesserung	%	1,3	ns
Anteil Stückkostenreduktion durch Prozessinnovationen	%	2,4	ns
Umsatzrendite	a)	3,5	-0,4
Anteil Exporte am Umsatz	%	14	ns
Kooperationspartner: Lieferanten (in D)	%	12	ns
Kooperationspartner: Kunden (in D)	%	15	ns
Kooperationspartner: Beratungsunternehmen (in D)	%	9	4
Kooperationspartner: Universitäten (in D)	%	20	ns
Kooperationspartner: Forschungseinrichtungen (in D)	%	15	ns
Innovationshemmnis: Hohes wirtschaftliches Risiko	b)	1,6	ns
Innovationshemmnis: Hohe Innovationskosten	b)	1,7	ns
Innovationshemmnis: Mangel an externen Finanzierungsquellen	b)	1,4	ns
Innovationshemmnis: organisatorische Probleme	b)	0,8	ns
Innovationshemmnis: interne Widerstände	b)	0,7	ns
Innovationshemmnis: mangelnde Kundenakzeptanz	b)	1,0	-0,2
Innovationshemmnis: Gesetzgebung/Regulierung	b)	1,1	ns
Innovationshemmnis: lange Verwaltungsverfahren	b)	1,2	ns
Innovationshemmnis: Mangel an Kooperationspartnern	b)	0,9	ns
Innovationshemmnis: Marktbeherrschung durch etablierte Unternehmen	b)	1,0	ns
Auswirkung der Innovation: Angebotserweiterung	b)	1,6	0,2
Auswirkung der Innovation: neue Absatzmärkte	b)	1,3	ns
Auswirkung der Innovation: Erhöhung des Marktanteils	b)	1,2	ns
Auswirkung der Innovation: Qualitätsverbesserung	b)	1,5	ns
Auswirkung der Innovation: Produktionsverbesserung	b)	1,2	ns
Auswirkung der Innovation: Produktionskapazitätserhöhung	b)	1,0	ns
Auswirkung der Innovation: Personalkostensenkung	b)	0,9	ns
Auswirkung der Innovation: Material-/Energiekostensenkung	b)	0,7	ns
Auswirkung der Innovation: Umweltbelastungsverringerung	b)	0,9	0,3
Auswirkung der Innovation: Gesundheit/Sicherheitsverbesserung	b)	0,7	ns
Auswirkung der Innovation: Standardisierung	b)	0,9	ns
Anteil Unternehmen mit öffentlicher Förderung	%	29	ns
Anteil Unternehmen mit öffentlicher Förderung durch das Bundesland	%	14	ns
Anteil Unternehmen mit öffentlicher Förderung durch den Bund	%	23	9
Anteil Unternehmen mit öffentlicher Förderung durch das BMBF	%	13	5
Anteil Unternehmen mit öffentlicher Förderung durch die EU	%	8	ns
Wettbewerbsfaktor: Preis	c)	1,7	-0,2
Wettbewerbsfaktor: Technologischer Vorsprung	c)	3,4	-0,4

1) Abweichungen von den Werten für 2004 in Tab. 4.2.2 aufgrund einer eingeschränkten Stichprobe von UMFIS-Unternehmen (nur Unternehmen mit vollständigen Informationen zu den angeführten Innovationsindikatoren).

a) Mittelwert einer 7-stufigen Skala (1=<0%, 2=0%-<2%, 3=2%-<4%, 4=4%-<7%, 5=7%-<10%, 6=10%-<15%, 7=>=15%)

b) Mittelwert einer 4-stufigen Skala (0=nicht vorhanden, 1=gering, 2=mittel, 3=hoch)

c) Mittelwert einer 6-stufigen Skala (1=wichtigstes Wettbewerbsmerkmal zu, 6=unwichtigstes Wettbewerbsmerkmal)

ns: statistisch nicht signifikant (bei einer Fehlerwahrscheinlichkeit von <10 %).

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, versch. Jahre. - Berechnungen des ZEW. Mittelwerte der Stichprobe.

- In der Organisation der Innovationsprozesse können kaum Unterschiede beobachtet werden. So zeigen sich in Bezug auf die genutzten Informationsquellen keine signifikanten Unterschiede zur Vergleichsgruppe (diese Indikatorengruppe ist in daher auch nicht dargestellt). In Bezug auf Innovationskooperationen, die Wahrnehmung von Innovationshemmnissen und die Auswirkungen von Innovationen sind nur bei einzelnen Faktoren signifikante Unterschiede zu festzustellen: So arbeiten Umweltschutzgüter-Anbieter häufiger mit Beratungsunternehmen aus Deutschland in Innovationsprojekten zusammen. Das Hemmnis der mangelnden Kundenakzeptanz, das generell von niedriger Bedeutung ist, spielt für Umweltschutzgüter-Anbieter eine besonders geringe Rolle. Die Innovationsaktivitäten von Umweltschutzgüter-Anbietern führen häufiger zu einer Angebotsausweitung und erreichen - was kaum verwundert - häufiger eine Verringerung der Umweltbelastung.
- Ein markanter Unterschied besteht noch in Bezug auf die öffentliche Förderung von Innovationsaktivitäten: Umweltschutzgüter-Anbieter erhalten deutlich häufiger eine Förderung durch den Bund. Hierfür sind Förderungen durch das BMBF maßgeblich.
- Im Bereich des Marktumfelds zeigen sich lediglich für die Wettbewerbsfaktoren Preis und technologischer Vorsprung signifikante Unterschiede zur Vergleichsgruppe, wobei beide Faktoren für Umweltschutzgüter-Anbieter von größerer Bedeutung sind. Dies ist ein Hinweis auf ein schwieriges, hoch-kompetitives Marktumfeld, das von den Unternehmen sowohl einen beständigen technischen Fortschritt als auch eine hohe Kosteneffizienz verlangt. Beides gleichzeitig zu realisieren, ist alles andere als trivial, bedenkt man, dass die Entwicklung und Einführung neuer Technologien in der Regel mit hohen Kosten und hohem Erfolgsrisiko verbunden ist. Als eine Folge des offenbar intensiveren Wettbewerbs ist die Umsatzrendite der Umweltschutzgüter-Anbieter etwas niedriger als in der Vergleichsgruppe. In Bezug auf die Exportquote zeigen sich dagegen keine signifikanten Unterschiede.

4.3 Umweltregulierung als Impulsgeber für Umweltschutzinnovationen

Dieser Abschnitt widmet sich dem Aspekt der staatlichen Regulierung als einem Auslöser von Umweltinnovationen. Dabei steht die Frage im Mittelpunkt, ob Innovationen, die durch Umweltregulierungen initiiert worden sind, zu über- oder unterdurchschnittlichen ökonomischen Erfolgen führen. Dies ist vor allem im Hinblick auf Exporterfolge der Unternehmen von Interesse. Falls es Unternehmen gelingt, mit Innovationen, die durch die deutsche Umweltregulierungen angestoßen wurden, sich in Auslandsmärkten erfolgreich durchzusetzen, kann dies als ein Hinweis auf eine die internationale Leistungsfähigkeit des deutschen Technologiesektors stärkende Umweltpolitik interpretiert werden. Deutschland wäre dann eine Art „Lead Market“ für Umweltinnovationen.

Diese Frage greift die Tatsache auf, dass umweltschutzbezogene Innovationen in besonders hohem Maß auf staatliche Aktivitäten zurückzuführen sind. Ein Markt für Umweltschutzgüter entsteht oft erst durch regulierende staatliche Eingriffe, die Unternehmen (und auch Haushalten) ein bestimmtes Umweltverhalten etwa in Bezug auf Emissionswerte von wirtschaftlichen Aktivitäten auferlegen. Um dieses Umweltverhalten zu realisieren, sind oft neue technische Lösungen notwendig, die von der Anlagentechnik über Materialeigenschaften bis hin zur Umweltverträglichkeit von Konsumprodukten reichen können. Sie öffnen den Markt für Umweltschutzgüter und geben für die Anbieter in diesem Markt Anreize, über bestimmte technologische Innovationen Vorgaben der Umweltregulierung zu erfüllen.

Für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der nationalen Anbieter im Umweltschutzmarkt ist dabei nicht nur die technologische und preisliche Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu Wettbewerbern aus anderen Ländern entscheidend. In diesem spezifischen Markt kommt hinzu, dass durch die nationale Umweltregulierung auch bestimmte Anwendungsfelder im Bereich des Umweltschutzmarktes präfe-

riert bzw. verdrängt werden können und bestimmte technologische Wege zur Lösung konkreter Umweltprobleme vorgegeben oder zumindest nahe gelegt werden können. Eine Exportfähigkeit solcher national hervorgebrachten umweltschutztechnologischer Lösungen ist nur dann gegeben, wenn in anderen Ländern für diese Umweltgüter ebenfalls eine Nachfrage besteht. Dies ist meistens nur dann gegeben, wenn ähnliche Umweltprobleme existieren, diese auch von der jeweiligen nationalen Umweltregulierung angesprochen werden und die durch die nationalen Regulierungen nahe gelegten technologischen Lösungswege sehr ähnlich sind. Letzteres kann sich z. B. auf die Auswahl und Höhe von Grenzwerten für Emissionen beziehen, da bei unterschiedlichen Emissionsgegenständen und -werten unterschiedliche Technologien zur Einhaltung dieser Grenzwerte notwendig sind.

Häufig sind Umweltschutzregulierungen, die in einem bestimmten Land als erstes angewandt wurden, später auch von anderen Ländern übernommen worden und haben dadurch den Unternehmen aus dem Pionierland Exportvorteile verschafft. Umweltregulierung kann dann zu einem „Lead Market“ für Umweltinnovationen werden.¹¹⁰ Allerdings gibt es umgekehrt auch Beispiele für idiosynkratische Wege in der Umweltregulierung, denen kein anderes Land gefolgt ist. Ein Land kann eine Lead-Market-Funktion vor allem dann einnehmen, wenn es der nationalen Umweltregulierung gelingt, internationale Trends frühzeitig wahrzunehmen und Umweltregulierungen so zu gestalten, dass sie für eine Übernahme durch andere Länder geeignet sind. Ein wichtiger Faktor hierfür ist neben den „klassischen“ Lead-Market-Faktoren (Preis-, Nachfrage-, Export-, Transfer- und Marktstrukturvorteile)¹¹¹ die Diffusion nationaler Regulierungen in andere Länder bzw. der Harmonisierung nationaler Regulierungen entlang bestimmter „Vorreiter-Länder“.¹¹² Eine Analyse des Beitrags von Umweltregulierungen zum Exporterfolg deutscher Unternehmen kann somit Aufschluss über das Vorhandensein eines solchen „Lead Markets“ geben.

Umweltregulierungen können im Wesentlichen über vier Kanäle die Innovationsaktivitäten von Unternehmen stimulieren:

- Umweltregulierungen können bei **Anbietern von Umweltschutzgütern/-technologien** (inkl. Dienstleistungen im Zusammenhang mit **anlagenintegriertem Umweltschutz**) die Entwicklung von Produktinnovationen anstoßen. Dies wird insbesondere dann der Fall sein, wenn zur Erfüllung von Regulierungen der Stand der Technik nicht ausreicht, sondern technologische Neu- oder Weiterentwicklungen notwendig werden. Da aber die Einführung oder Änderung von Umweltregulierungen in jedem Fall die Rahmenbedingungen für wirtschaftliche Aktivitäten ändert, kann sie von Unternehmen zum Anlass genommen werden, neue Produkte oder Dienstleistungen anzubieten, die anderen Akteuren den Umgang mit diesen veränderten Rahmenbedingungen erleichtern. Hier kommen insbesondere auch Innovationen bei Dienstleistungen ins Spiel. So könnte die Pfandpflicht im Bereich von Einwegverpackungen z. B. zum Angebot von neuen Logistikdienstleistungen führen, die Einzelhändlern das Handling mit zurückgegebenen Verpackungen erleichtert.
- Vorschriften zur Erfüllung bestimmter Umweltziele können zur Entwicklung **neuer Produkte** im Bereich des **produktintegrierten Umweltschutzes** anregen. Dies kann z. B. Vorgaben betreffen, die sich auf die Verwendung bzw. Nicht-Verwendung bestimmter Materialien, gefährlicher Stoffe oder anderer Produkteigenschaften (Recyclingfähigkeit, biologische Abbaubarkeit, höhere Energieeffizienz) beziehen.

¹¹⁰ Vgl. Beise, Rennings (2005b), Jacob u. (2005).

¹¹¹ Vgl. Beise (2001).

¹¹² Vgl. Beise, Rennings (2005b).

- Vorschriften zur Erfüllung bestimmter Umweltziele können Investitionstätigkeiten auslösen, die über die reine Implementierung von Umwelttechnologien zur Erreichung dieser Standards hinausgehen, sondern zur Entwicklung neuer oder merklich verbesserter Verfahren im Bereich des **prozessintegrierten Umweltschutzes** führen, die in einem breiteren Sinn auf Rationalisierungen oder Qualitätsverbesserungen abzielen.
- Umweltregulierungen können schließlich auch die Entwicklung von **neuen Dienstleistungsangeboten** stimulieren, die auf die Unterstützung von Unternehmen in Umweltfragen abzielen. Hierzu zählen z. B. Umweltberater, die im Rahmen von Umweltzertifizierungen oder der Begutachtung von Umweltmaßnahmen tätig sind. Neue Regulierungen können zur Entwicklung neuer Beratungsangebote oder neuer analytischer Dienstleistungen führen.

In Hinblick auf die technologische Leistungsfähigkeit scheinen insbesondere die folgenden drei Fragen hinsichtlich der Rolle von Umweltregulierungen als Anstoßgeber von Innovationen (im Sinn einer „**Innovationsquelle Umweltregulierung**“) von Bedeutung:

- a) Wie verbreitet sind in Deutschland Innovationen, die aus der Innovationsquelle Umweltregulierung hervorgegangen sind, welche Art von Innovationstätigkeit wird dabei angestoßen (in Hinblick auf die drei angeführten Formen), und in welchen Branchen und Unternehmensgrößenklassen sind derartige Innovationen besonders häufig anzutreffen?
- b) Können Unternehmen mit Innovationen, die durch Umweltregulierungen angestoßen wurden, höhere oder niedrigere direkte ökonomische Erfolge erzielen als andere Innovatoren (in Hinblick auf Umsatzanteile mit neuen Produkten, Kostensenkungsanteilen bzw. Umsatzsteigerungen durch Qualitätsverbesserungen)?
- c) Sind Innovationen, die durch Impulse der deutschen Umweltregulierung entstanden sind, auch im Export erfolgreich, d. h. können Produktinnovationen aus der Innovationsquelle Umweltregulierung auch international abgesetzt werden?

Zur Beantwortung dieser Fragen wird auf Daten der MIP-Befragung des Jahres 2003 zurückgegriffen. In diesem Jahr wurde eine Schwerpunktfrage zu den Quellen für Innovationen gestellt. Neben den Innovationsquellen Kunden/Nachfrage, Wettbewerber, Lieferanten und Wissenschaft wurde auch die Quelle „Gesetze/Regulierungen“ berücksichtigt. Innovierende Unternehmen hatten anzugeben, ob zumindest eine Produkt- oder Prozessinnovation, die im Zeitraum 2000-2002 eingeführt worden war, durch die Quelle „Gesetze/Regulierungen“ angestoßen wurde, ob es sich dabei um Produkt- oder Prozessinnovationen gehandelt hatte, im Fall einer Produktinnovation zusätzlich, welcher Umsatzteil auf diese Innovation(en) im Jahr 2002 zurückgegangen war, und um welche Gesetze bzw. Regulierungen es sich dabei konkret gehandelt hat (vgl. Abb. 4.3.1).

Abb. 4.3.1: Frage zu Gesetze/Regulierungen als Innovationsquelle

9.5 Gesetze und Regulierungen als Innovationsquelle

a) Gibt es unter den neuen oder merklich verbesserten Produkten/Dienstleistungen oder Prozessen/Verfahren, die Ihr Unternehmen (lt. Frage 1.2) in den Jahren 2000-2002 eingeführt hat, Innovationen, die von neuen gesetzlichen Regelungen (z.B. Umweltgesetzgebung, technische Standards) oder anderen Regulierungen (inkl. Selbstverpflichtungen) angestoßen wurden?

Nein : ▶ Bitte weiter mit **Fragenblock 10**

Ja, Produkt-/ Dienstleistungsinnovationen : ▶ Geschätzter Anteil dieser Innovationen am Gesamtumsatz (inkl. Exporte) im Jahr 2002

Ja, Prozessinnovationen : <5% ... 6-15% ... 16-30% ... 31-50% ... >50% ...

b) Welche Gesetze bzw. Regulierungen (z.B. Umweltgesetzgebung, Arbeitsrecht, technische Standards, Selbstverpflichtungen der Verbände) waren für diese Innovationen ausschlaggebend?

Bitte geben Sie die Namen der Gesetze/Regulierungen in der Reihenfolge ihrer Bedeutung an.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2003.

Letztere Frage wurde offen gestellt, die Unternehmen gaben gegebenenfalls die relevanten Gesetze und Regulierungen an. Diese Textfeldangaben wurden vom ZEW kodiert und verschiedenen Regulierungsbereichen zugeordnet. Als Umweltregulierungen werden folgende Bereiche betrachtet: Umwelt allgemein (inkl. Emissionsschutz), Energie, Materialien/gefährliche Stoffe, Wasser, Abfall, Lärm. In einigen Fällen konnten umweltschutzbezogene Regulierungen möglicherweise nicht identifiziert werden, und zwar bei Angaben zu branchenspezifischen Regulierungen (die auch umweltschutzbezogen sein können) sowie bei Angaben zu Standards/Normen allgemein.

Von den Unternehmen in der Nettostichprobe, die einen Langfragebogen ausgefüllt haben,¹¹³ haben insgesamt 2.152 Unternehmen im Zeitraum 2000 bis 2002 Produkt- und/oder Prozessinnovationen eingeführt. Von diesen nannten 461 Gesetze und Regulierungen als einen Anstoßgeber für diese Innovationen.¹¹⁴ Von diesen „regulierungsgetriebenen“ Innovatoren gaben wiederum 198 umweltschutzbezogenen Regulierungen und 207 andere Regulierungen (von denen 27 auch umweltschutzbezogene Regulierungen nannten) an, während 83 Unternehmen keine Angabe zu der konkreten Regulierung machten, die Produkt- oder Prozessinnovationen in ihrem Unternehmen ausgelöst hat.

Von den umweltregulierungsgetriebenen Innovatoren nannten zwei Drittel die Umweltgesetzgebung allgemein als den Regulierungsbereich, von dem Innovationsanstöße ausgegangen waren, 14 % bezogen sich explizit auf Regulierungen im Energiebereich (insbesondere das Erneuerbare-Energien-Gesetz), 10 % auf Regulierungen zu gefährlichen Stoffen und Materialien, jeweils 4 % auf Regulierungen in den Bereichen Wasser/Abwasser und Abfall und 1 % auf lärmspezifische Regulierungen. Durch den hohen Anteil von nicht näher spezifizierten Umweltregulierungsimpulsen ist eine Differenzierung nach umweltrechtlichen Interventionsbereichen nicht möglich.

Verbreitung von umweltregulierungsgetriebenen Innovationen

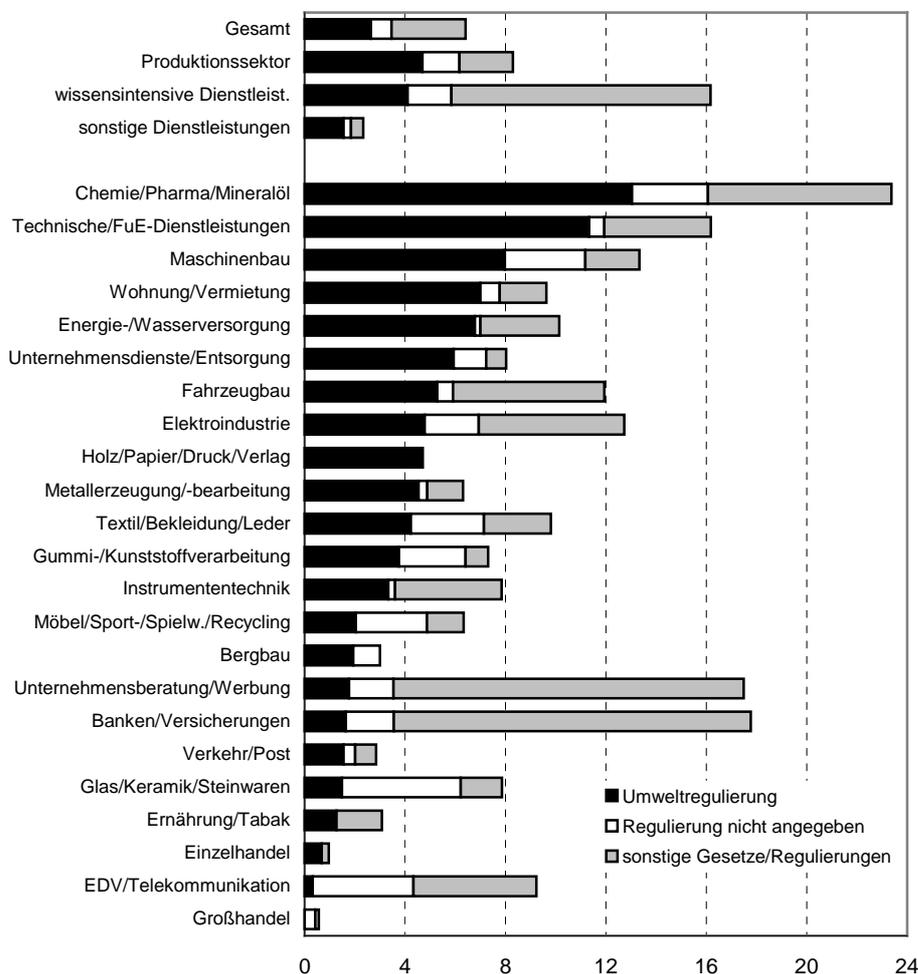
Hochgerechnet auf die Grundgesamtheit der Unternehmen ab 5 Beschäftigte in Deutschland im Produktionssektor (Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe, Energie- und Wasserversorgung) sowie in ausge-

¹¹³ In der Befragung 2003 hatten 410 Unternehmen einen Kurzfragebogen ausgefüllt, der keine Fragen zu Innovationsquellen enthielt und für die daher keine Informationen zur Nutzung von Umweltregulierungen als Anstoßgeber für Innovationen vorliegen, vgl. Rammer u. a. (2005, 31).

¹¹⁴ 38 der 2.006 Unternehmen beantworteten die Frage zu den Innovationsquellen nicht.

wählten Dienstleistungssektoren (Groß- und Einzelhandel, Transportgewerbe, Nachrichtenübermittlung, Kredit- und Versicherungsgewerbe, Wohnungs- und Vermietungsgewerbe, EDV, FuE, unternehmensorientierte Dienstleistungen, Entsorgung) führten im Zeitraum 2000-2002 gut 2½ % der Unternehmen Innovationen ein, die durch Umweltregulierungen ausgelöst wurden (Abb. 4.3.2). In absoluten Zahlen sind dies über 10.000 Unternehmen. Diese teilen sich zu etwa gleichen Teilen auf den Produktionssektor, die wissensintensiven Dienstleistungen (Kredit- und Versicherungsgewerbe, EDV, FuE, technische Dienstleister, Unternehmensberatung/Werbung) und die sonstigen Dienstleistungen auf. Im Produktionssektor und in den wissensintensiven Dienstleistungen sind 4-5 % der Unternehmen umweltregulierungsgetriebene Innovatoren, in den sonstigen Dienstleistungen liegt diese Quote nur bei 1½ %. Bezogen auf alle Innovatoren machen umweltregulierungsgetriebene einen Anteil von 6 % aus, im Produktionssektor und in den wissensintensiven Dienstleistungen liegt er mit rund 8 % etwas höher.

Abb. 4.3.2: Anteil von Unternehmen mit umweltregulierungsgetriebenen Innovationen in Deutschland 2000-2002 (in %)



Umweltregulierung: inklusive Unternehmen, die auch sonstige Gesetze/Regulierungen angegeben haben. -
 SonstigeGesetze/Regulierungen: Unternehmen, die ausschließlich Gesetze/Regulierungen außerhalb von Umweltregulierungen angegeben haben.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2003. Alle Werte sind hochgerechnet auf die Grundgesamtheit der Unternehmen mit 5 oder mehr Beschäftigten in Deutschland.

Die Branche mit dem höchsten Anteil von Unternehmen, die aufgrund von Umweltregulierungen Innovationen eingeführt haben, ist die Chemieindustrie. Hier haben im Zeitraum 2000-2002 zumindest 13 % der Unternehmen solche Innovationen eingeführt (bei weiteren 3 % der Unternehmen liegen

keine Angaben zur Regulierungsquelle vor). Bei den umweltregulierungsgetriebenen Innovationen handelt es sich sowohl um Produkt- als auch Prozessinnovationen, um z. B. bestimmte Emissionsstandards oder Produkteigenschaften zu erfüllen. In den technischen Dienstleistungen haben 11-12 % der Unternehmen solche Innovationen auf den Markt gebracht. Diese sind überwiegend Produktinnovationen in Form neuer Beratungs- und Analyseangebote sowie neuer Technologien, die zur Erfüllung bestimmter Umweltauflagen beitragen sollen.

Im Maschinenbau zählen 8 % der Unternehmen eindeutig zu den umweltregulierungsgetriebenen Innovatoren, bei rund 3 % konnte eine Zuordnung wegen fehlender Angaben zur konkreten Regulierung, die den Innovationsimpuls gab, nicht vorgenommen werden. Im Maschinenbau stehen hinter diesen Innovationen in erster Linie neue Verfahren und Anlagen, die die Erreichung bestimmter Emissionsstandards oder anderer Umweltauflagen (etwa in Bezug auf den Einsatz gefährlicher Stoffe in Produktionsprozessen) bei den Kunden der Maschinenbauunternehmen erleichtern sollen.

Umweltregulierungsgetriebene Innovatoren sind außerdem häufig in den Branchen Wohnungs- und Vermietungsgewerbe (z. B. Gebäudeisolierung), Energie- und Wasserversorgung (z. B. Emissionsschutz), Unternehmensdiensten/Entsorgung (z. B. Deponievorschriften), Fahrzeugbau (z. B. Recyclingfähigkeit) und Elektroindustrie (z. B. Vermeidung gefährlicher Materialien) anzutreffen. Insgesamt geht rund die Hälfte der regulierungsgetriebenen Innovatoren auf Umweltregulierungen zurück. Regulierung außerhalb des Umweltbereichs spielen als Innovationsquelle vor allem im Kredit- und Versicherungsgewerbe (z. B. Basel-II-Bestimmungen, Rentenreform), in Unternehmensberatung (z. B. neue Beratungsangebote zur Anpassung an Arbeitsregulierungen) und in der EDV/Telekommunikation (z. B. Datenschutzvorschriften) eine große Rolle.

Bei rund zwei Drittel der umweltregulierungsgetriebenen Innovatoren haben die Innovationsanstöße ausschließlich zur Einführung neuer Produkte geführt, bei gut einem Fünftel ausschließlich zur Einführung neuer Prozesse und bei ebenfalls rund einem Fünftel sowohl zu neuen Produkten als auch neuen Prozessen. Etwa die Hälfte der umweltregulierungsgetriebenen Produktinnovatoren konnte nur geringe Umsatzanteile von maximal 5 % mit neuen Produkten, die auf Umweltregulierungen zurückgehen, erzielen. Etwa ein Drittel erreichte Umsatzanteile von 6 bis 15 %, weniger als 10 % konnten über die Hälfte ihres Umsatzes mit umweltregulierungsgetriebenen neuen Produkten erzielen. Gleichwohl spielen diese neuen Produkte für den gesamten Innovationsumsatz der Umweltregulierungen als Innovationsquelle nutzenden Unternehmen eine große Rolle: Bei einem Drittel machen sie mehr als 50 % der gesamten Umsatzes mit neuen Produkten aus, im Mittel gehen etwa 40 % des Innovationsumsatzes auf umweltregulierungsgetriebenen Produktinnovationen zurück.

Beitrag von umweltregulierungsgetriebenen Innovationen zum Innovationserfolg

Eine wichtige Frage ist in diesem Zusammenhang, ob die Nutzung von Umweltregulierungen als Innovationsquelle einen Einfluss auf den Innovationserfolg hat, d. h. ob umweltregulierungsgetriebene Innovatoren höhere oder niedrigere direkte ökonomische Erträge aus diesen Innovationen ziehen können als andere Innovatoren. Um dies zu untersuchen, werden multivariate Analysen durchgeführt. Dabei werden fünf Indikatoren zum Innovationserfolg herangezogen: Umsatzanteil mit neuen Produkten, Umsatzanteil mit Marktneuheiten (d. h. originäre Produktinnovationen), Umsatzanteil mit Sortimentsneuheiten (d. h. neuen Produkten ohne Vorgängerprodukte im Unternehmen), Stückkostensenkungsanteil durch Prozessinnovationen und Umsatzanstieg aufgrund von prozessinnovationsbedingten Qualitätsverbesserungen. Die multivariaten Analysen dienen dazu, den Einfluss, der von Umweltregulierungen als Innovationsquelle ausgeht, von anderen potenziellen Einflussfaktoren auf den Inno-

vationserfolg (wie Größe, Marktstrukturen, unternehmensspezifische Fähigkeiten und Barrieren) zu trennen. Die Ergebnisse der Schätzungen auf Basis von Tobit-Modellen¹¹⁵ sind in Tab. 4.3.1 (für den Innovationserfolg von Produktinnovatoren) und in Tab. 4.3.2 (für den Innovationserfolg von Prozessinnovatoren) dargestellt.

Tab. 4.3.1: Einfluss der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung auf den Innovationserfolg von Produktinnovatoren: Schätzergebnisse von Tobit-Modellen

Variable	Produktinnovatoren					
	Umsatzanteil mit Produktneuheiten		Umsatzanteil mit Marktneuheiten		Umsatzanteil mit Sortimentsneuheiten	
	Koeffizient	t-Wert	Koeffizient	t-Wert	Koeffizient	t-Wert
Quelle Umweltregulierung - Produktinnovation	-2,71	-1,05	-4,53	-1,42	-5,47	-1,69
Quelle andere Regulierung - Produktinnovation	-2,67	-1,09	-1,40	-0,46	-0,32	-0,11
Quelle Regulierung unbekannt - Produktinnovation	-1,44	-0,37	1,32	0,27	3,36	0,69
Quelle Kunde - Produktinnovation	1,46	0,91	4,51	2,28	0,28	0,14
Quelle Lieferant - Produktinnovation	0,82	0,44	0,38	0,17	0,69	0,30
Quelle Wissenschaft - Produktinnovation	3,61	1,72	6,92	2,77	6,64	2,61
Quelle Wettbewerber - Produktinnovation	0,97	0,57	-4,04	-1,93	-0,15	-0,07
auch Prozessinnovator	4,28	2,96	2,38	1,38	4,19	2,34
Beschäftigtenzahl (log)	-5,17	-3,51	-3,67	-1,99	-8,33	-4,46
Beschäftigtenzahl (log) - quadriert	0,33	2,35	0,23	1,25	0,58	3,17
Anteil Akademiker	14,83	4,01	11,79	2,59	2,70	0,62
Innovationsintensität	8,27	7,08	7,30	5,47	5,46	5,51
kontinuierliche FuE	2,58	1,29	6,71	2,68	0,13	0,05
gelegentliche FuE	0,97	0,40	1,14	0,37	-3,46	-1,14
Innovationskooperation	-2,10	-1,29	2,46	1,24	2,39	1,19
Standort Ostdeutschland	4,43	2,77	-4,91	-2,50	2,09	1,07

Werte, die statistisch auf dem 10%-Niveau signifikant sind, sind fett gedruckt.

Alle Modelle enthalten außerdem Indikatorvariablen zur Branchenzugehörigkeit, deren Koeffizienten sind aus Platzgründen nicht dargestellt.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2003. - Berechnungen des ZEW.

Unternehmen, die Produktinnovationen einführen, die durch Umweltregulierungen angestoßen wurden, können dadurch keinen überdurchschnittlichen Innovationserfolg erzielen, im Gegenteil: Umweltregulierungsinnovatoren weisen einen signifikant niedrigeren Umsatzanteil mit Sortimentsneuheiten auf, also mit Produktinnovationen, die im Unternehmen kein Vorgängerprodukt haben. Dieses Ergebnis ist allerdings nicht verwunderlich. Denn Umweltinnovationen ersetzen typischerweise ein umweltschädlicheres Vorgängerprodukt. Eine Diversifikation des Produktspektrums ist daher naheliegenderweise seltener Ziel von Umweltinnovationen im Produktbereich. Für den Umsatzanteil mit Produktneuheiten insgesamt und für den Umsatzanteil mit Marktneuheiten zeigen sich keine statistisch signifikanten Einflüsse der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung. Dies bedeutet, dass umweltregulierungsgetriebene Innovationen den gleichen Innovationserfolg erzielen können wie Innovationen, die von anderen externen Quellen oder unternehmensintern aus der eigenen FuE angestoßen wurden. Dies ist als ein positives Ergebnis zu werten: Offenbar geht von der Umweltregulierung kein bremsender Effekt auf den Markterfolg von Innovationen aus, die aufgrund von solchen Regulierungen hervorgebracht wurden. Oder anders formuliert: Die Nachfrage akzeptiert neue Produkte, die Resultat von umweltregulierende Eingriffen sind, in gleichem Maß wie andere neue Produkte.

Andere Innovationsquellen haben sehr wohl einen positiven Einfluss auf den Produktinnovationserfolg: Die Nutzung neuer wissenschaftlicher Forschungsergebnisse steigert signifikant die Umsatzzanteile mit neuen Produkten, Marktneuheiten und Sortimentsneuheiten. Die Erzielung hoher Umsatzzan-

¹¹⁵ Tobit-Modelle (d. h. zensierte Regressionsmodelle) wurden verwendet, da ein Teil der Produkt- bzw. Prozessinnovatoren keine Innovationserfolge mit Markt- oder Sortimentsneuheiten bzw. mit Kostensenkungen oder Qualitätsverbesserungen erzielen konnte.

teile mit Marktneuheiten wird außerdem dann befördert, wenn Kundenanstöße für neue Produkte aufgegriffen und umgesetzt werden.

Tab. 4.3.2: Einfluss der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung auf den Innovationserfolg von Prozessinnovatoren: Schätzergebnisse von Tobit-Modellen

Variable	Prozessinnovatoren			
	Stückkostensenkungsanteil		Umsatzsteigerung durch Qualitätsverbesserung	
	Koeffizient	t-Wert	Koeffizient	t-Wert
Quelle Umweltregulierung - Prozessinnovation	-1,97	-0,81	-5,01	-1,31
Quelle andere Regulierung - Prozessinnovation	2,35	0,95	1,29	0,28
Quelle Regulierung unbekannt - Prozessinnovation	6,18	1,39	-2,56	-0,37
Quelle Kunde - Prozessinnovation	-0,48	-0,39	4,06	2,15
Quelle Lieferant - Prozessinnovation	3,96	2,55	-1,40	-0,56
Quelle Wissenschaft - Prozessinnovation	3,76	1,83	2,36	0,73
Quelle Wettbewerber - Prozessinnovation	-1,50	-0,91	0,28	0,11
auch Produktinnovator	-1,02	-0,75	9,46	3,99
Beschäftigtenzahl (log)	-2,14	-2,05	-2,35	-1,40
Beschäftigtenzahl (log) - quadriert	0,21	2,05	0,03	0,16
Anteil Akademiker	-3,09	-1,19	-3,87	-0,91
Innovationsintensität	-0,45	-0,72	0,85	1,20
kontinuierliche FuE	1,10	0,84	0,51	0,25
gelegentliche FuE	1,16	0,75	2,53	1,05
Innovationskooperation	0,07	0,06	1,60	0,95
Standort Ostdeutschland	-2,25	-2,13	2,56	1,55

Werte, die statistisch auf dem 10%-Niveau signifikant sind, sind fett gedruckt.

Alle Modelle enthalten außerdem Indikatorvariablen zur Branchenzugehörigkeit, deren Koeffizienten sind aus Platzgründen nicht dargestellt.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2003. - Berechnungen des ZEW.

Auf Seite der Prozessinnovationen sind ebenfalls keine statistisch signifikanten Einflüsse einer umweltregulierungsgetriebenen Innovationstätigkeit auf den Innovationserfolg mit Prozessinnovationen festzustellen. Dies bedeutet aber auch, dass umweltregulierungsgetriebene Prozessinnovationen keine Belastung für den Innovationserfolg (in Bezug auf Kostensenkung und in Bezug auf Qualitätsverbesserungen) bedeuten. Positive Effekte auf den Kostensenkungserfolg gehen von den Innovationsquellen Lieferant (d. h. Zulieferer von neuen Technologien) und Wissenschaft aus. Höhere Umsatzsteigerung durch Qualitätsverbesserungen können dann erzielt werden, wenn kundenseitige Innovationsimpulse aufgegriffen werden.

Umweltregulierung als Exporttreiber?

Eine aus Sicht der Industrie- und Innovationspolitik interessante Frage ist, inwieweit es Unternehmen gelingt, neue Produkte, deren Einführung durch die deutsche Umweltregulierung angestoßen wurde, auch im Ausland abzusetzen. Hohe Exporterfolge von solchen umweltregulierungsgetriebenen Produktinnovationen können auf eine Vorreiterrolle Deutschlands bei der Definition und Durchsetzung von Umweltregulierungen hindeuten: Die vom deutschen Umweltrecht geforderten Standards führen zu Innovationen, die auch unter anderen nationalen Rahmenbedingungen abgesetzt werden können. Deutschland hätte dann eine Art „Leitmarkt-Funktion“ im Umweltregulierungsbereich.¹¹⁶ Allerdings ist die Analyse einer solche Frage mit den vorliegenden Informationen nur sehr eingeschränkt möglich. Denn notwendig wäre ein Vergleich der Exportfähigkeit von Produkten und Technologien, die

¹¹⁶ Vgl. Jacob u. a. (2005), Beise, Rennings (2004, 2005a,b).

von der deutschen Umweltregulierung angestoßen wurden, mit der von Produkten und Technologien, die durch die Umweltregulierung in anderen Ländern hervorgebracht wurden. Solche Informationen liegen jedoch nicht vor. Die folgende Analyse beschränkt sich daher lediglich auf die Frage, ob der Umstand, Produktinnovationen aufgrund von Anstößen aus der Umweltregulierung eingeführt zu haben, zu niedrigeren oder höheren Exporterfolgen führt.

Zur Beantwortung dieser Frage wird in gleicher Weise vorgegangen wie zur Analyse des Innovationserfolgs. Mit Hilfe multivariater Modelle wird der Einfluss, der von der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung auf den Exporterfolg ausgeht, geschätzt. Andere Einflussfaktoren auf den Exporterfolg werden durch eine Reihe von Kontrollvariablen zu erfassen versucht.¹¹⁷ Dabei werden alle Unternehmen (Innovatoren und Nicht-Innovatoren) berücksichtigt. Für die Unternehmen des Produktionssektors wird die Exportquote als Indikator für den Exporterfolg herangezogen. In den Dienstleistungsbranchen wird das Vorhandensein einer Exportaktivität bereits als „Exportserfolg“ gewertet, da hier wegen der höheren nicht-tarifären Handelsbarrieren ein erfolgreicher Einstieg in einen Auslandsmarkt die größte Hürde zur Erzielung eines Exporterfolgs angesehen werden kann.

Unternehmen, die Produktinnovationen eingeführt haben, die durch Umweltregulierungen angestoßen wurden, sind im Export nicht erfolgreicher als andere Unternehmen (Tab. 4.3.3). Allerdings behindert die umweltregulierungsgetriebene Innovationstätigkeit auch nicht die Exportaktivitäten. Diese Unternehmen sind somit in gleicher Weise exportaktiv wie andere und weisen keine überdurchschnittlich starke Heimatmarktorientierung auf.

Tab. 4.3.3: Einfluss der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung auf den Exporterfolg: Schätzergebnisse von Tobit- bzw. Probit-Modellen

Variable	Produktinnovatoren			
	Exportquote (P)		Exportaktivität (DL)	
	Koeffizient	t-Wert	Koeffizient	t-Wert
Quelle Umweltregulierung - Produktinnovation	-0,02	-0,55	-0,04	-0,81
Quelle andere Regulierung - Produktinnovation	0,02	0,51	-0,03	-0,61
Quelle Regulierung unbekannt - Produktinnovation	-0,10	-1,65	0,05	0,67
Quelle Kunde - Produktinnovation	0,04	1,82	0,07	2,08
Quelle Lieferant - Produktinnovation	-0,05	-1,85	0,02	0,39
Quelle Wissenschaft - Produktinnovation	0,02	0,51	-0,03	-0,67
Quelle Wettbewerber - Produktinnovation	0,03	1,25	0,04	0,98
Produktinnovator ohne externe Quellen	0,00	0,14	0,04	1,13
Prozessinnovator	-0,02	-1,26	-0,03	-1,31
Beschäftigtenzahl (log)	0,11	5,93	0,09	3,81
Beschäftigtenzahl (log) - quadriert	0,00	-2,05	-0,01	-2,88
Anteil Akademiker	0,27	4,88	0,52	2,55
Innovationsintensität	-0,06	-2,05	0,01	0,56
kontinuierliche FuE	0,10	3,84	0,20	4,81
gelegentliche FuE	0,05	1,66	0,06	1,11
Innovationskooperation	-0,01	-0,35	0,02	0,71
Standort Ostdeutschland	-0,11	-5,95	-0,11	-4,78
relative Lohnstückkosten	-0,01	-1,59	0,00	-0,66

P: Produktionssektor; DL: Dienstleistungssektor.

Werte, die statistisch auf dem 10%-Niveau signifikant sind, sind fett gedruckt.

Alle Modelle enthalten außerdem Indikatorvariablen zur Branchenzugehörigkeit, deren Koeffizienten sind aus Platzgründen nicht dargestellt.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2003. - Berechnungen des ZEW.

¹¹⁷ Vgl. Beise, Rammer (2004).

Exportfördernd wirkt sich auf der Innovationsseite die Innovationsquelle Kunde aus, des weiteren tragen vor allem eine FuE-Tätigkeit und ein hohes Qualifikationsniveau der Beschäftigten sowie die Unternehmensgröße zum Exporterfolg bei.

Umweltregulierung und Umsatzrentabilität

Als ein weiteres Erfolgsmaß wird schließlich noch die Umsatzrentabilität betrachtet. Dahinter steht die Frage der Wettbewerbsintensität und Preissetzungsmacht in Umweltschutzgütermärkten. Eine These wäre, dass das Vorhandensein von Regulierungen im Verein mit regulierungsbezogenen Innovationsaktivitäten den Umweltinnovatoren eine Preissetzungsmacht gegenüber ihren Kunden beschert. Denn die Regulierung zwingt die Kunden dazu, bestimmte Umweltschutzgüter nachzufragen, wodurch die Preiselastizität der Nachfrage extrem gering ist. Gleichzeitig ermöglicht die Innovationsfähigkeit der Umweltinnovatoren eine Produktdifferenzierung gegenüber anderen Anbietern, wodurch ein direkter Preisvergleich eingeschränkt ist.

Tab. 4.3.4: Einfluss der Nutzung der Innovationsquelle Umweltregulierung auf die Umsatzrentabilität: Schätzergebnisse von geordneten Probit-Modellen

Variable	alle Unternehmen	
	Umsatzrentabilität (7 Stufen) Koeffizient	t-Wert
Quelle Umweltregulierung - Produktinnovation	0,20	1,84
Quelle Umweltregulierung - Prozessinnovation	-0,05	-0,25
Quelle andere Regulierung - Produktinnovation	-0,02	-0,19
Quelle andere Regulierung - Prozessinnovation	0,59	2,28
Quelle Regulierung unbekannt - Produktinnovation	-0,37	-2,16
Quelle Regulierung unbekannt - Prozessinnovation	0,30	0,78
Quelle Kunde - Produktinnovation	0,09	1,41
Quelle Kunde - Prozessinnovation	0,00	0,04
Quelle Lieferant - Produktinnovation	-0,04	-0,51
Quelle Lieferant - Prozessinnovation	-0,08	-0,68
Quelle Wissenschaft - Produktinnovation	-0,06	-0,70
Quelle Wissenschaft - Prozessinnovation	-0,04	-0,26
Quelle Wettbewerber - Produktinnovation	0,08	1,03
Quelle Wettbewerber - Prozessinnovation	-0,14	-1,08
Produktinnovator ohne externe Quellen	-0,08	-0,92
Prozessinnovator ohne externe Quellen	-0,07	-1,13
Beschäftigtenzahl (log)	-0,12	-2,51
Beschäftigtenzahl (log) - quadriert	0,01	1,75
Anteil Akademiker	-0,26	-2,08
Innovationsintensität	-0,14	-3,11
kontinuierliche FuE	0,15	2,15
gelegentliche FuE	0,04	0,51
Innovationskooperation	-0,05	-0,81
Standort Ostdeutschland	-0,04	-0,91
relative Lohnstückkosten	0,00	-0,92

Werte, die statistisch auf dem 10%-Niveau signifikant sind, sind fett gedruckt.

Alle Modelle enthalten außerdem Indikatorvariablen zur Branchenzugehörigkeit, deren Koeffizienten sind aus Platzgründen nicht dargestellt.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2003. - Berechnungen des ZEW.

Tatsächlich können umweltregulierungsgetriebene Produktinnovatoren eine höhere Umsatzrendite erzielen als andere Unternehmen. Ebenfalls ein positiver Effekt geht von Prozessinnovationen aus, die durch Regulierungen angestoßen wurden, bei denen es sich um andere als Umweltregulierungen handelt (z. B. produktmarktspezifische Regulierungen). Demgegenüber ist die Umsatzrendite von Produktinnovatoren, die aufgrund nicht näher spezifizierter Regulierungen neue Produkte eingeführt ha-

ben, merklich niedriger. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass umweltregulierungsgetriebene Produktinnovatoren eine Innovationsrendite lukrieren können.

Positive Effekte auf die Umsatzrentabilität gehen außerdem von einer kontinuierlichen FuE-Tätigkeit sowie von der Unternehmensgröße aus, wobei kleine und sehr große Unternehmen eine höhere Umsatzrentabilität erzielen. Die niedrigste Umsatzrendite weisen ceteris paribus Unternehmen mit rund 900 Beschäftigten auf.

4.4 Umweltschutzbezogene Innovationsaktivitäten von Anbietern und Nachfragern im Umweltschutzmarkt

Verbreitung von umweltschutzbezogenen Innovationen in Deutschland

Die Bedeutung von umweltschutzbezogenen Innovationen im gesamten Innovationsgeschehen kann dadurch erfasst werden, dass für Unternehmen mit Innovationen erfragt wird, inwieweit diese Innovationen - egal, ob es sich um Produkt- oder Prozessinnovationen handelt, und unabhängig von der Branche - einen Beitrag zur Verringerung der Umweltbelastung bzw. zur Erhöhung der Ressourceneffizienz leisten. Dabei ist allerdings anzunehmen, dass je indirekter der Umwelteffekt ist, es umso unwahrscheinlicher ist, dass ein Innovator diesen Effekt der Innovation als bedeutend einstuft. Insofern ist bei einer Befragung von innovativen Unternehmen nach der Bedeutung von positiven Umweltwirkungen ihrer Innovationen von einem Bias hin zu Innovatoren im Bereich des produkt- bzw. prozessintegrierten Umweltschutzes auszugehen, da hier die positive Umweltwirkung direkt im innovierenden Unternehmen auftritt.¹¹⁸ Die Bedeutung von Innovationen, die nur indirekt positive Umweltwirkungen zeigen - wie z. B. Innovationen von Umweltschutzgüterherstellern im Bereich des anlagenintegrierten Umweltschutzes - dürften tendenziell durch diesen Messansatz unterschätzt werden.

Das Vorliegen einer umweltschutzbezogenen Innovation wird auf Basis von Angaben der Unternehmen zu den Auswirkungen von Innovationen gemessen. In der MIP-Befragung des Jahres 2005 wurde dabei nach dem Ausmaß der Auswirkungen von Innovationsaktivitäten auf die Senkung der Material- und Energiekosten je Stück/Vorgang sowie auf die Verringerung der Umweltbelastung gefragt. Das Ausmaß der Auswirkungen wurde auf einer vierstufigen Skala (nicht relevant, niedrig, mittel, hoch) gemessen. Unternehmen, die zu einer der beiden Fragen angegeben haben, dass zumindest eine Innovation, die sie im Zeitraum 2002-2004 eingeführt hatten, in *hohem Ausmaß* eine solche Auswirkung gezeitigt hat, werden als Umweltinnovatoren klassifiziert.

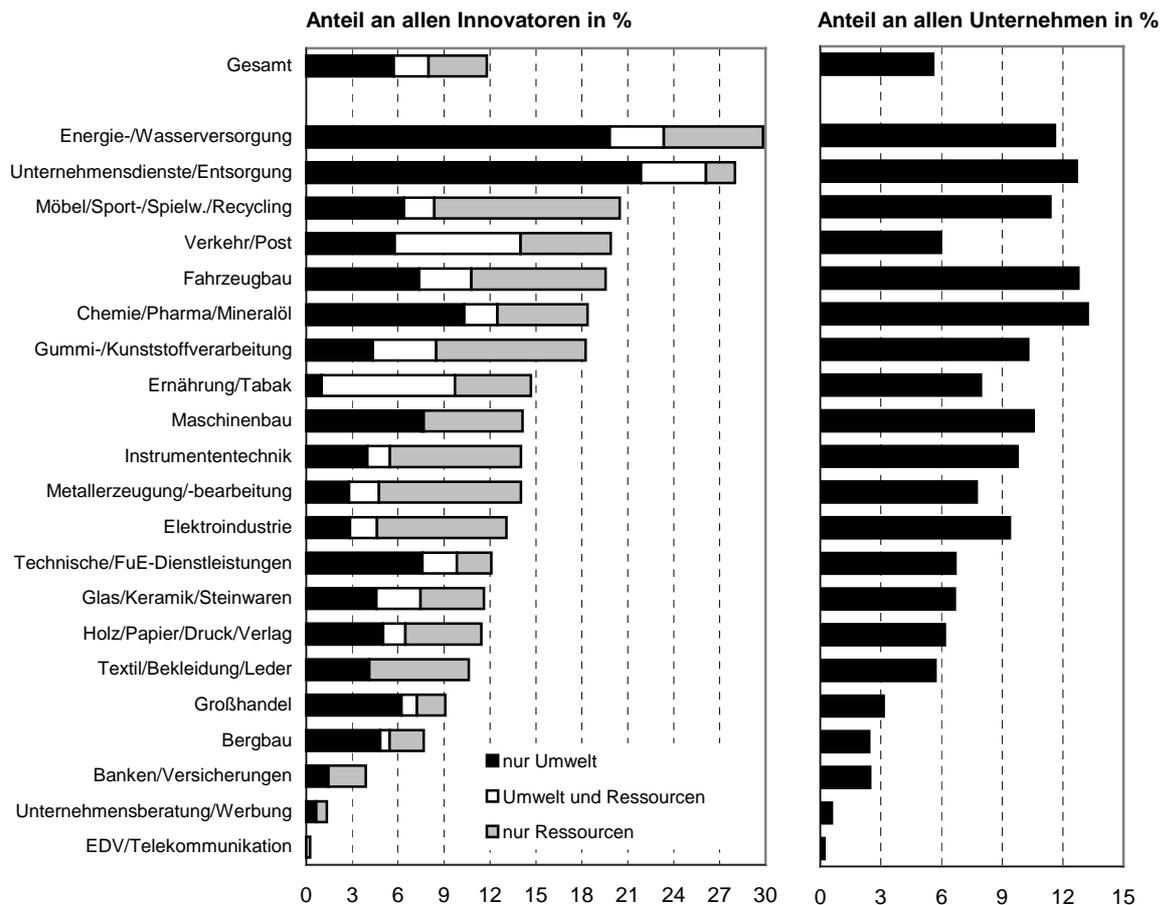
Von allen Unternehmen ab 5 Beschäftigten in Deutschland in der Industrie (inkl. Energie- und Wasserversorgung) sowie ausgewählten Dienstleistungsbranchen (Großhandel, Transportgewerbe, Nachrichtenübermittlung, Kredit- und Versicherungsgewerbe, EDV, FuE-Dienstleistungen, unternehmensbezogene Dienstleistungen, Entsorgung), die im Zeitraum 2002-2004 Innovationen eingeführt haben, zählten 12 % zu Innovatoren im Umweltschutzbereich (Abb. 4.4.1). Bezogen auf die Gesamtzahl der Unternehmen (ab 5 Beschäftigten) liegt der Anteil der umweltschutzbezogenen Innovatoren bei 5½ %. In absoluten Zahlen sind dies hochgerechnet knapp 13.000 Unternehmen.

Die Branchengruppe mit der stärksten Ausrichtung auf umweltschutzbezogenen Innovationen ist die Energie- und Wasserversorgung. 30 % aller Innovatoren in dieser Branche meldeten im Jahr 2004 hohe positive Umweltwirkungen ihrer Innovationen. Dahinter folgen jene beiden Branchengruppen, die

¹¹⁸ Einem solchen Bias könnte durch eine eigenständige Befragung zu Umweltinnovationsaktivitäten von Unternehmen entgangen werden, wie dies z. B. Rehfeld (2005) für das verarbeitende Gewerbe Deutschlands durchgeführt hat. Eine solche eigenständige Befragung ist jedoch aufwändig und konnte im Rahmen dieses Projektes nicht geleistet werden.

die Umweltdienstleister Entsorgung und Recycling beherbergen: In den Unternehmensdiensten (u. a. Reinigung, Bewachung, Arbeitnehmerüberlassung) sowie dem Entsorgungsgewerbe zielten 28 % der Innovatoren (auch) auf umweltschutzbezogenen Innovationen ab, in der Industriebranche Möbel/Sport-/Spielwaren/Recycling sind es 20 %. In der Branchengruppe Verkehr/Post, die u. a. Unternehmen des Straßengüter- und -personentransports, Eisenbahnen, die Schifffahrt und Luftfahrtgesellschaften umfasst, zählt ebenfalls ein Fünftel der Innovatoren zu den umweltschutzbezogenen Innovatoren.

Abb. 4.4.1: Verbreitung von umweltschutzbezogenen Innovatoren nach Branchengruppen in Deutschland 2002-2004



Umweltschutzbezogene Innovatoren: Unternehmen, die 2002-2004 neue Produkte und/oder neue Prozesse eingeführt haben, die **hohe** Auswirkungen auf die Senkung der Material- und Energiekosten pro Stück/Vorgang („Ressourcen“) und/oder die Verringerung der Umweltbelastung („Umwelt“) hatten.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2005 - Berechnungen des ZEW. Alle Werte sind hochgerechnet auf die Grundgesamtheit der Unternehmen mit 5 oder mehr Beschäftigten.

Unter den Industriebranchen weisen der Fahrzeugbau, die Chemieindustrie (inkl. Mineralölverarbeitung) und die Gummi- und Kunststoffverarbeitung die stärkste Ausrichtung auf umweltschutzbezogene Innovationen aus, hier sind zwischen 18 und 20 % der Innovatoren (auch) „Umweltinnovatoren“. Die Hersteller von Umwelttechnologie - Maschinenbau, Instrumententechnik, Elektroindustrie - weisen Anteile von 13 bis 14 % auf. Von sehr geringer Bedeutung sind umweltschutzbezogene Innovationen für das Innovationsgeschehen in den wissensintensiven Dienstleistungsbranchen Banken/Versicherungen, Unternehmensberatung/Werbung und EDV/Telekommunikation.

Bezogen auf alle Unternehmen ist der Anteil der umweltschutzbezogenen Innovatoren in der Chemieindustrie am höchsten, gefolgt vom Fahrzeugbau und den Unternehmensdiensten (inkl. Entsorgungsgewerbe). Hier sind jeweils rund 13 % der Unternehmen mit Innovationen erfolgreich, die in hohem Ausmaß positive Umweltwirkungen zeigen. In der Energie- und Wasserversorgung hatten dagegen nur 11 % aller Unternehmen solche Innovationen eingeführt.

Zwei Drittel der umweltschutzbezogenen Innovatoren konnten eine Verringerung der Umweltbelastung (d. h. der negativen Externalitäten ihrer Aktivitäten auf die Umwelt) bewirken, die Hälfte konnte den innerbetrieblichen Einsatz an Material- und Energieressourcen effizienter gestalten. Ein Fünftel der umweltschutzbezogenen Innovatoren verringerte sowohl die negativen externen Umwelteffekte als auch die interne Ressourceneffizienz. Besonders hohe Anteile von umweltschutzbezogenen Innovatoren, die auf eine Verringerung der Umweltbelastung abzielten, sind in der Energie- und Wasserversorgung, der Branche Unternehmensdienste/Entsorgung, dem Transportgewerbe, den technischen Dienstleistern sowie im Großhandel zu beobachten. Auf Ressourceneffizienz abzielende Innovatoren überwiegen in den Branchen Möbel/Sport-/Spielwaren/Recycling, Gummi- und Kunststoffverarbeitung, Instrumententechnik, Metallindustrie, Elektroindustrie sowie Textilindustrie. Hohe Anteile von Innovatoren, die sowohl externe Umwelteffekte verringern als auch die Ressourceneffizienz erhöhen konnten, sind in der Nahrungsmittel- und Tabakindustrie sowie im Transportgewerbe zu finden. Im Maschinenbau teilen sich die umweltschutzbezogenen Innovatoren dagegen trennscharf in die beiden Gruppen auf: Bei einem Teil dürfte es sich um Hersteller von klassischer Umweltschutztechnologie handeln, beim anderen Teil um Maschinen- und Anlagenbauer, die mit neuen Maschinen effizientere Produktionsprozesse - auch im Hinblick auf den Material- und Energieeinsatz - ermöglichen. Allerdings können sich in beiden Fällen die Umweltinnovationen auch auf unternehmensinterne Prozesse beziehen.

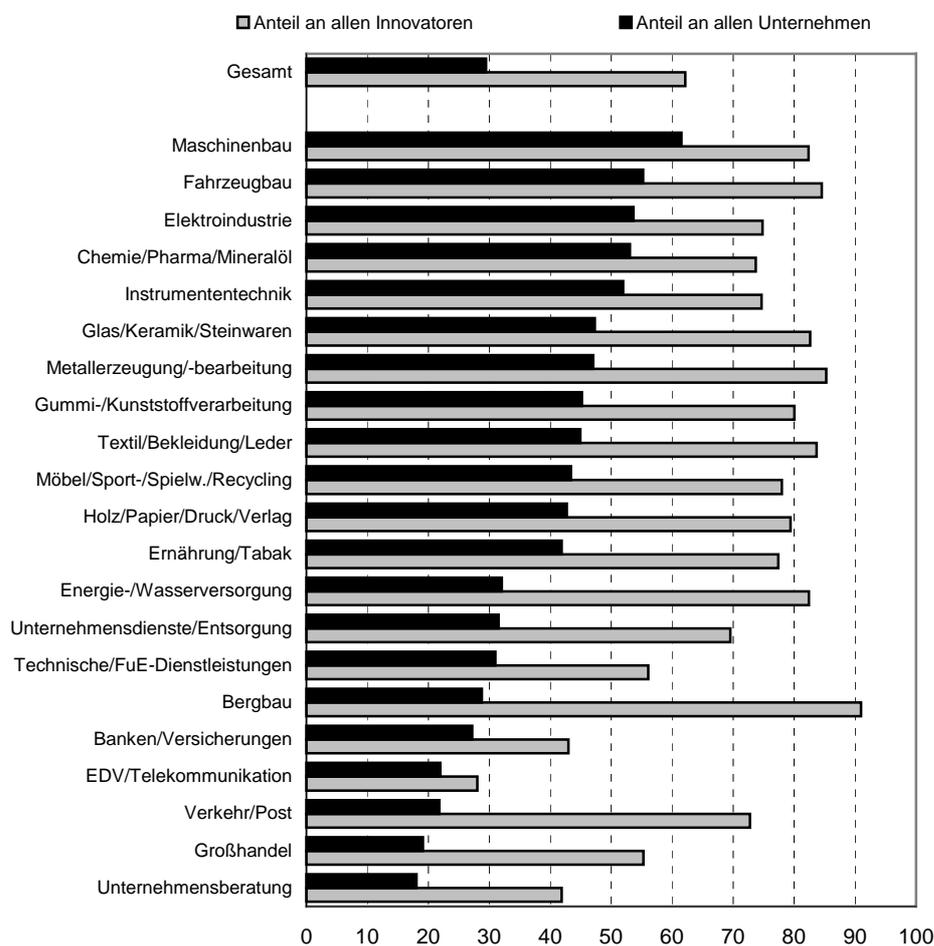
Die Einschränkung auf Innovationen, die in einem hohen Ausmaß positive Umweltwirkungen gezeigt haben, dient zur schärferen Abgrenzung jener Unternehmen, für die der Umweltaspekt eine wesentliche Komponente der Innovationstätigkeit ist. Sie unterschlägt jedoch eine große Zahl von Unternehmen, die mit ihren Innovationen - nach eigener Einschätzung - positive Umweltwirkungen erreichen konnten, wenngleich diese im Vergleich zu anderen Wirkungen von Innovationen (etwa auf die Wettbewerbsposition, die Kostenstruktur oder strategische Ziele) von geringer Bedeutung sind. Betrachtet man den Anteil der Unternehmen, deren Innovationen nicht nur in hohem Ausmaß, sondern auch in mittleren oder geringen Ausmaß zur Verringerung der Umweltbelastung oder der Senkung der spezifischen Material- oder Energiekosten geführt haben, so ergeben sich deutlich höhere Anteile von „umweltorientierten“ Innovatoren: 62 % aller Innovatoren, bzw. 29 % aller Unternehmen fallen unter diese Kategorie (Abb. 4.4.2). Umweltschutz ist also vielfach auch „Nebenprodukt“ der Innovationstätigkeit.

Den höchsten Anteil von Unternehmen mit Innovationen mit positiver Umweltwirkung hat demnach der Maschinenbau, gefolgt vom Fahrzeugbau, der Elektroindustrie, der Chemieindustrie und der Instrumententechnik. Dieses Ergebnis wird allerdings wesentlich durch die hohe Innovationsbeteiligung der Unternehmen in dieser Branche bestimmt. Denn in den meisten Branchen liegt der Anteil der Innovatoren, die positive Umweltauswirkungen ihrer Innovationen berichten, bei 70 bis 90 %. Dieser hohe Anteil überrascht nicht, da Bedingung nur ist, dass zumindest eine im Zeitraum 2002-2004 eingeführte Produkt- oder Prozessinnovation zumindest geringe positive Umweltwirkungen zeitigt hat. Die einzigen Branchen, in denen umweltorientierte Innovatoren relativ selten anzutreffen sind (Anteil von unter 50 % an allen Innovatoren), sind EDV/Telekommunikation, Banken/Versicherungen und Unternehmensberatung/Werbung.

Eine Untergliederung der umweltschutzbezogenen Innovatoren nach den fünf in Abschnitt 4.1 angeführten Gruppen (anlagenintegrierter, produktintegrierter, prozessintegrierter Umweltschutz, Umwelt-

dienstleister, Intermediäre der Umweltwirtschaft) ist auf Basis der vorliegenden Informationen aus mehreren Gründen nur näherungsweise möglich: Erstens liegen keine Informationen vor, um Unternehmen eindeutig zur Gruppe der Hersteller von Umwelttechnologien zuordnen zu können. Allerdings kann angenommen werden, dass in bestimmten Branchen (Maschinenbau und Instrumententechnik sowie große Teile der Elektroindustrie, der EDV, der technischen Dienstleister und der Unternehmensberater) umweltschutzbezogene Produktinnovatoren mit Innovatoren im Bereich der Herstellung von Umwelttechnologien gleichzusetzen sind. Anbieter von Umweltschutzgütern außerhalb der Herstellung von Anlagen, Instrumenten und Maschinen - wie z. B. Materialhersteller - können dagegen nicht eindeutig zugeordnet werden, da umweltschutzbezogene Produktinnovationen bei solchen Unternehmen auch dem produktintegrierten Umweltschutz zugeordnet werden können (z. B. neue chemische Materialien, die ohne den Einsatz bestimmter gefährlicher Stoffe auskommen).

Abb. 4.4.2: Anteil von Unternehmen mit Innovationen, die positive Auswirkungen auf die Umwelt hatten, nach Branchengruppen in Deutschland 2002-2004 (in %)



Innovatoren mit positiven Auswirkungen auf die Umwelt: Unternehmen, die 2002-2004 neue Produkte und/oder neue Prozesse eingeführt haben, die **niedrige bis hohe** Auswirkungen auf die Senkung der Material- und Energiekosten pro Stück/Vorgang und/oder die Verringerung der Umweltbelastung hatten.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2005 - Berechnungen des ZEW. Alle Werte sind hochgerechnet auf die Grundgesamtheit der Unternehmen mit 5 oder mehr Beschäftigten.

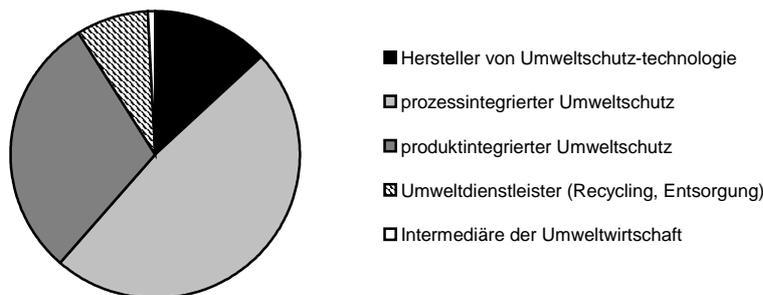
Zweitens können Umweltdienstleister ebenso nur näherungsweise über die Branchenzugehörigkeit (Recycling, Entsorgung) erfasst werden wie Dienstleistungsunternehmen mit Produktinnovationen, die die Umweltwirtschaft fördern (Kredit- und Versicherungsgewerbe, Energie- und Wasserversorgung, Großhandel). Schließlich kann mit den hier vorliegenden Daten für einen großen Teil der umweltschutzbezogenen Innovatoren nicht festgestellt werden, ob es sich um produkt- oder prozessinteg-

rierte Umweltschutzinnovationen handelt, da diese Unternehmen beide Arten von Innovationen eingeführt haben und eine Zuordnung der Umweltwirkung auf Produkt- oder Prozessinnovationen nicht abgefragt wurde. In einer groben Näherung wird das Verhältnis zwischen den eindeutig feststellbaren prozessinnovationsbezogenen und produktinnovationsbasierten umweltschutzbezogene Innovatoren herangezogen, um diese Gruppe aufzuteilen.¹¹⁹

Unter diesen Einschränkungen kann folgende näherungsweise Untergliederung der rund 13.000 Unternehmen in Deutschland, die im Zeitraum 2002-2004 umweltschutzbezogene Innovationen eingeführt haben, vorgenommen werden (Abb. 4.4.3):

- Etwa jeder Achte umweltschutzbezogene Innovator ist im Bereich der Herstellung von Umwelttechnologien tätig (anlagenintegrierter Umweltschutz).
- Drei von zehn umweltschutzbezogenen Innovatoren haben neue Produkte außerhalb der Herstellung von Umwelttechnologien eingeführt, die eine positive Wirkung auf die Umwelt haben (produktintegrierter Umweltschutz).
- Knapp die Hälfte der umweltschutzbezogenen Innovatoren sind Prozessinnovatoren, die durch neue Verfahren unternehmensintern externe Umwelteffekte bzw. den Ressourcenverbrauch verringern konnten (prozessintegrierter Umweltschutz).
- Jeder zwölfte umweltschutzbezogene Innovator ist ein innovativ tätiger Umweltdienstleister, der angab, dass seine Innovationen in hohem Ausmaß zu einer verringerten Umweltbelastung oder einer erhöhten Ressourceneffizienz führen.
- Umweltschutzbezogenen Innovatoren, die durch ihre Innovationen zu einer indirekten Förderung der Umweltwirtschaft beitragen (z. B. „ökologische“ Geldanlageformen, elektrische Energie aus erneuerbaren Energiequellen) sind sehr selten anzutreffen, ihr Anteil an allen Umweltschutzbezogenen Innovatoren übersteigt nicht die 1%-Marke.

Abb. 4.4.3: Verteilung von umweltschutzbezogenen Innovatoren nach Art der Umweltinnovation in Deutschland 2002-2004 (Schätzung, in %)



Unternehmen, die 2002-2004 neue Produkte und/oder neue Prozesse eingeführt haben, die (niedrige bis hohe) Auswirkungen auf die Senkung der Material- und Energiekosten pro Stück/Vorgang und/oder die Verringerung der Umweltbelastung hatten, bzw. Umweltdienstleister, die 2002-2004 neue Produkte und/oder neue Prozesse eingeführt haben unabhängig von ihrer Umweltwirkung.

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2005 - Berechnungen des ZEW. Alle Werte sind hochgerechnet auf die Grundgesamtheit der Unternehmen mit 5 oder mehr Beschäftigten.

¹¹⁹ Rehfeld, Rennings, Ziegler (2006) zeigen auf Basis der von Rehfeld (2005) erhobenen Daten für das verarbeitende Gewerbe in Deutschland, dass das Verhältnis von produktorientierten zu prozessorientierten Umweltinnovatoren etwa 1:2 beträgt. Ein ähnliches Verhältnis zeigt sich auch im MIP zwischen den ausschließlich produktbasierten und den ausschließlich prozessbasierten Umweltinnovatoren.

Innovationen von Herstellern von Umweltschutztechnologien machen somit nur einen kleinen Teil der gesamten umweltschutzbezogenen Innovationen in Deutschland aus. Für das Innovationsgeschehen in der Umweltschutzwirtschaft sind sie gleichwohl zentral, da sie erst einen prozessintegrierten Umweltschutzbezogenen in Form von neuen, umweltschonenderen Produktionsverfahren in einer Vielzahl anderer Branchen ermöglichen. Dort ist der quantitativ größte Teil der umweltschutzbezogenen Innovationen in Deutschland zu finden. Nicht zu vernachlässigen sind aber auch jene Innovatoren, die durch neue Produkte außerhalb des Anlagen-, Instrumenten- und Maschinenbaus positive Umweltwirkungen auslösen. Die Zahl solcher Innovatoren übertrifft jene im Bereich der Anbieter von Umweltschutztechnologien. Dabei handelt es sich wohl überwiegend um Innovationen im Bereich des produktintegrierten Umweltschutzes. Allerdings können hierunter auch Anbieter von Umweltschutzgütern aus dem Bereich der Materialherstellung und -bearbeitung (z. B. Gummi- und Kunststoffwaren, Metallwaren, chemische Produkte, Glas-, Keramik- und Steinwaren) fallen, die Produktinnovationen eingeführt haben.

Zur Verbreitung von umweltschutzbezogenen Innovationen im internationalen Vergleich

Eine Einordnung der Verbreitung von umweltschutzbezogenen Innovationen in der deutschen Wirtschaft im internationalen Vergleich ist nur sehr eingeschränkt möglich. Die derzeit aktuellste hierfür nutzbare Datenbasis ist CIS 3 aus dem Jahr 2001, der sich auf Innovationsaktivitäten des Zeitraums 1998-2000 bezieht.¹²⁰ In dieser Befragung wurde unter anderem nach den Auswirkungen von Innovationsaktivitäten auf die Senkungen der Material- oder Energiekosten pro Stück/Vorgang sowie auf die Verbesserung der Umwelt- oder Gesundheitsbedingungen gefragt. Wie auch in der MIP-Befragung des Jahres 2005 wurde das Ausmaß der Auswirkungen auf einer vierstufigen Skala (nicht relevant, niedrig, mittel, hoch) beurteilt. Unternehmen, die nach eigener Einschätzung mit ihren Innovationen eine hohe Auswirkung bei einer der beiden angeführten Kategorien erzielt haben, werden als umweltschutzbezogenen Innovatoren betrachtet.

Da für die Analysen nur die publizierten CIS 3-Tabellen auf Länderebene zur Verfügung stehen (vgl. Europäische Kommission 2004), ist eine Verknüpfung der beiden Kategorien und die Bestimmung der Vereinigungsmenge nicht möglich. Die Auswertungen beschränken sich daher auf eine getrennte Betrachtung der beiden Formen von umweltschutzbezogenen Innovationen. Ebenfalls nicht möglich ist eine Differenzierung nach der Art der Innovationstätigkeit (Produkt- versus Prozessinnovatoren).

Im Unterschied zur MIP-Befragung des Jahres 2005 wurde in CIS 3 nach den Auswirkungen auf die Verbesserung der Umwelt- *oder* Gesundheitsbedingungen gefragt. Dadurch verliert diese Frage an Schärfe zur Identifikation von umweltschutzbezogenen Innovationen. Denn Verbesserungen der Gesundheitsbedingungen als Auswirkung von Innovationen können in vielen Fällen losgelöst von irgendwelchen umweltschutzbezogenen Innovationsaktivitäten auftreten. So dürfte eine große Zahl von Produktinnovationen in der Pharma- und Medizintechnikindustrie solche Auswirkungen haben. Auch können viele Innovationen im Bereich von Beratungsdienstleistungen indirekt positive Wirkungen auf die Gesundheit zeigen.

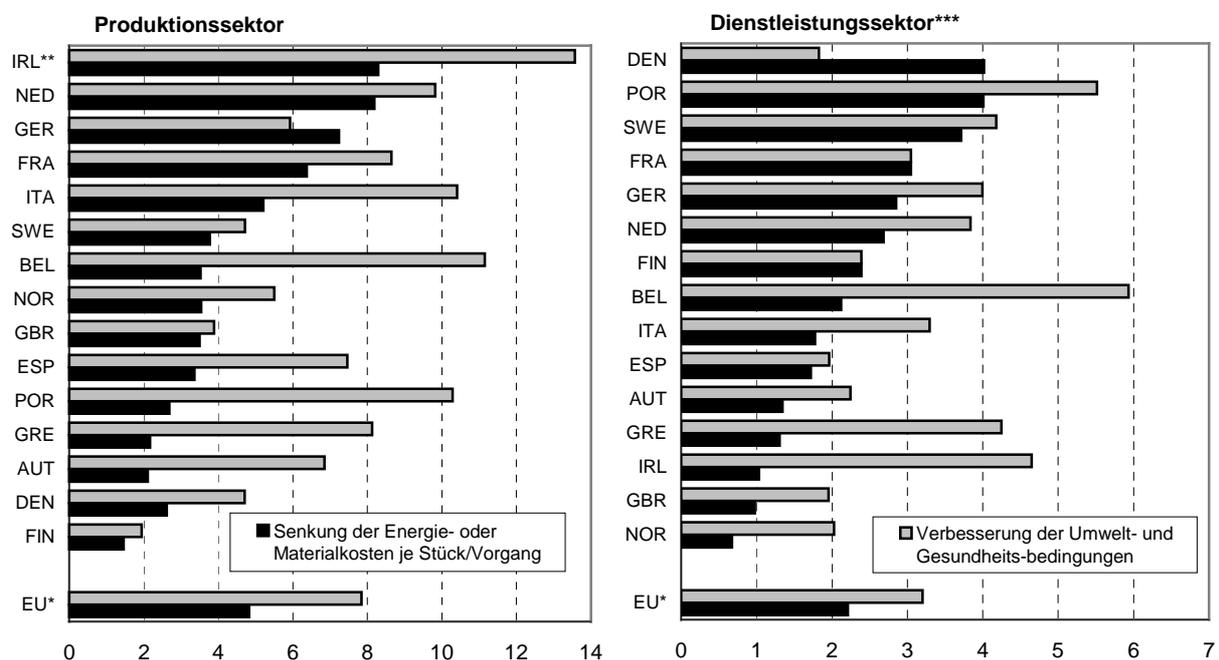
Der Anteil der Unternehmen mit umweltschutzbezogenen Innovationen i. w. S. an allen Unternehmen ist in Deutschland vergleichsweise hoch (Abb. 4.4.4). Im Produktionssektor (Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe, Energie- und Wasserversorgung) zählen gut 7 % aller Unternehmen zu Innovatoren im Bereich der Ressourceneffizienz (Material-/Energiekostensenkung) und 6 % zu Innovatoren im Bereich der Verringerung negativer externer Umwelteffekte. In den Dienstleistungssektoren (Großhandel,

¹²⁰ Zu dem im Jahr 2005 durchgeführten CIS lagen zum Zeitpunkt der Berichtslegung noch keine Daten vor.

Transportgewerbe, Nachrichtenübermittlung, Kredit- und Versicherungsgewerbe, EDV, FuE, technische Dienstleister) zählen knapp 3 % der Unternehmen zu ressourceneffizienzorientierten Innovatoren und 4 % zu negative externe Umwelteffekte reduzierenden Innovatoren.

Im Bereich der Ressourceneffizienz liegt Deutschland mit diesen Anteilswerten im Spitzenfeld. Im Produktionssektor weisen nur Irland und die Niederlande einen höheren Anteil von umweltschutzbezogenen Innovatoren auf. Im Dienstleistungssektor liegen Dänemark, Portugal, Schweden und Frankreich vor Deutschland. Der Anteilswert für umweltschutzbezogene Innovatoren, die zu einer Verbesserung der Umweltbedingungen beitragen, ist dagegen im Produktionssektor unterdurchschnittlich. In einigen Ländern konnten 10 % und mehr der Unternehmen Innovationen einführen, die in hohem Ausmaß die Umwelt- oder Gesundheitsbedingungen verbessert haben.

Abb. 4.4.4: Anteil von Unternehmen mit umweltschutzbezogenen Innovationen 1998-2000 im internationalen Vergleich (in %)



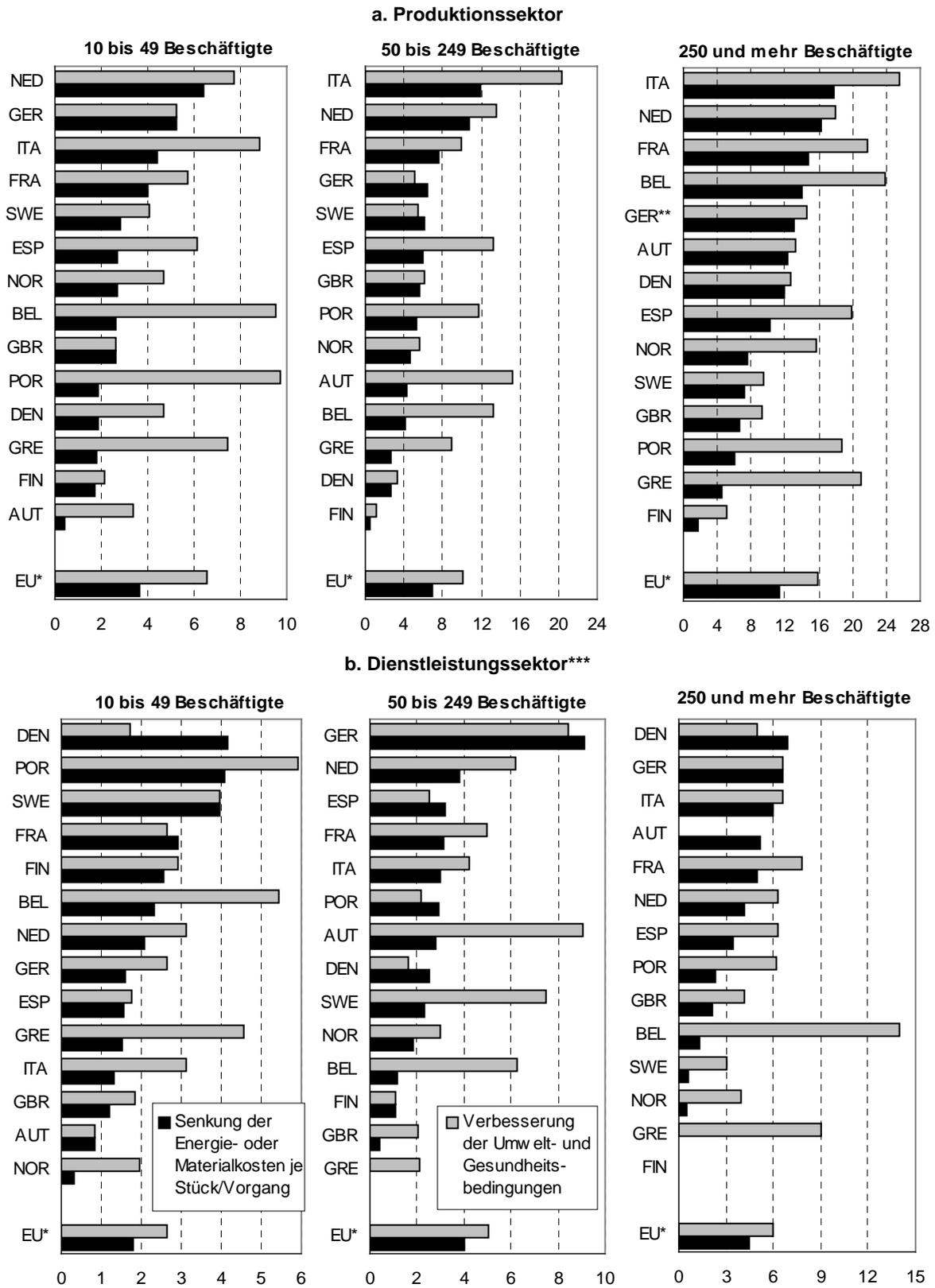
Anzahl der Unternehmen, die im Zeitraum 1998-2000 Innovationsaktivitäten durchgeführt haben, die **hohe** Auswirkungen auf die Senkung der Material- und Energiekosten pro Stück/Vorgang und/oder die Verbesserung der Umwelt- und Gesundheitsbedingungen hatten, in % aller Unternehmen. Alle Werte hochgerechnet auf die Grundgesamtheit der Unternehmen mit 10 oder mehr Beschäftigten.

* exklusive LUX, inklusive NOR. ** Verarbeitendes Gewerbe. *** WZ 51, 60-67, 72-73, 74.2, 74.3.

Quelle: Eurostat, Community Innovation Survey 2001 (European Commission 2004). - Berechnungen des ZEW.

Die Ergebnisse zu Innovationsindikatoren, die sich auf Unternehmensanteile beziehen, werden stets durch das Verhalten der kleinen Unternehmen geprägt, da diese einen sehr hohen Anteil an der Gesamtzahl der Unternehmen ausmachen. Gerade für die Frage von umweltschutzbezogenen Innovatoren ist jedoch das Verhalten der mittleren und größeren Unternehmen von Bedeutung, da hinter solchen Innovationen oft wesentlich höhere Umwelteffekte in Hinblick auf eine Verringerung der Umweltbelastung oder eine Erhöhung der Ressourceneffizienz stehen. Bei einer nach Unternehmensgrößen differenzierten Betrachtung ist wiederum zu beachten, dass bei Innovationsindikatoren, die sich auf das Auftreten eines bestimmten „Innovationsereignisses“ in einem Unternehmen beziehen, die Anteile in der Gruppe der größeren Unternehmen in der Regel stets höher liegen, da diese eine größere Zahl unterschiedlicher Innovationsprojekte gleichzeitig verfolgen als kleine Unternehmen. Dadurch steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmtes „Innovationsereignis“ - wie hier das Vorliegen einer positiven Umweltwirkung in hohem Ausmaß - vorliegt.

Abb. 4.4.5: Anteil von Unternehmen mit umweltschutzbezogenen Innovationen 1998-2000 differenziert nach Größenklassen im internationalen Vergleich (in %)



* exklusive LUX, IRL, inklusive NOR. ** Werte auf Basis der nationalen Erhebungsergebnisse, da die von Eurostat für die oberste Größenklasse in Deutschland ausgewiesenen Zahlen nicht korrekt sind. *** WZ 51, 60-67, 72-73, 74.2, 74.3.

Quelle: Eurostat, Community Innovation Survey 2001 (European Commission 2004). - Berechnungen des ZEW.

Im Produktionssektor sind in Deutschland im internationalen Vergleich vor allem die kleinen Unternehmen (10 bis 49 Beschäftigte) besonders stark auf umweltschutzbezogene Innovationen ausgerichtet, insbesondere was die Erhöhung der Ressourceneffizienz betrifft (Abb. 4.4.5). Mittlere Unternehmen (50 bis 249 Beschäftigte) liegen beim Anteil der Innovatoren, die eine Verbesserung der Umweltbedingungen erreichen konnten, im Vergleich zu anderen Ländern deutlich zurück. Der Anteil der Großunternehmen mit umweltschutzbezogenen Innovationen entspricht in etwa dem EU-Durchschnitt.

Im Dienstleistungssektor weisen demgegenüber die mittleren und größeren Unternehmen einen besonders hohen Anteil von umweltschutzbezogenen Innovatoren auf. Bei den Unternehmen mit 50 bis 249 Beschäftigten ist er so hoch wie in keinem anderen der Vergleichsländer. Die großen Dienstleistungsunternehmen (250 und mehr Beschäftigte) liegen bei beiden Indikatoren zu umweltschutzbezogenen Innovationen im Spitzenfeld.

Als Ergebnis dieses leider nur in grober Form möglichen internationalen Vergleichs zur Verbreitung von umweltschutzbezogenen Innovationen kann festgehalten werden, dass der Anteil der auf eine Erhöhung der Ressourceneffizienz abzielenden Innovatoren in Deutschland recht hoch ist. Dies kann mit der generell starken Orientierung der deutschen Industrie auf effiziente Produktionsprozesse aufgrund der schon seit langer Zeit hohen Faktorkosten im Zusammenhang gebracht werden. Aber auch die für einige Energieträger überdurchschnittlich hohen Preise in Deutschland können eine Triebkraft hinter der weiten Verbreitung von Innovationen sein, die auf die Senkung der spezifischen Material- und Energiekosten abzielen.

Ferner steht seit einigen Jahren die Klimapolitik besonders hoch auf der politischen Tagesordnung. Da es im Klimaschutz bislang keine wirksamen „end of pipe“-Technologien gibt, dürften sich die politischen Maßnahmen sehr weitgehend auf das Ziel einer erhöhten Energie- bzw. Ressourceneffizienz durchschlagen. Insofern dürfte sich in diesem Innovationsziel in starken Maße die Regulierungsbedingtheit dieser Innovationen ausdrücken.

Nur durchschnittlich - und im verarbeitenden Gewerbe sogar deutlich unterdurchschnittlich - ist dagegen in Deutschland der Anteil der Innovatoren, die eine Verringerung der externen Umwelteffekte erreicht haben. Dieses Ergebnis könnte durch die Art der Messung dieses Indikators beeinflusst sein. Denn die Fragestellung schloss neben der Verbesserung der Umweltbedingungen auch die Verbesserung der Gesundheitsbedingungen ein. Allerdings liegen keine Befunde vor, dass deutsche Unternehmen in besonders geringem Ausmaß in Bereichen innovativ tätig sind, die auf eine Verbesserung der Gesundheitsbedingungen abzielen, wie z. B. die Pharma- oder Medizintechnikindustrie oder auf das Gesundheitswesen abzielende Dienstleistungen.

Innovationsverhalten von umweltschutzbezogenen Innovatoren

Zur Darstellung von möglichen Unterschieden im Innovationsverhalten von Unternehmen mit umweltschutzbezogenen Innovationen und anderen Innovatoren wird auf die Methode des „matched-pairs“-Vergleich zurückgegriffen. Dabei wird - analog zur Vorgehensweise in Abschnitt 4.2 - für jedes Unternehmen aus der Gruppe der umweltschutzbezogenen Innovatoren ein in Bezug auf Größe, Branche, Standort (West- bzw. Ostdeutschland) und Innovationsausrichtung (Produkt-, Prozessinnovator) möglichst ähnliches (in der Regel: identisches) Unternehmen identifiziert. Anschließend werden die Mittelwerte von Innovationsindikatoren der umweltschutzbezogenen Innovatoren jenen der Vergleichsgruppe gegenübergestellt. Der Mittelwertvergleich wird getrennt für folgende fünf Gruppen von umweltschutzbezogenen Innovatoren durchgeführt:

- Produktinnovatoren im Bereich des anlagenintegrierten Umweltschutzes,
- Prozessinnovatoren im Bereich des prozessintegrierten Umweltschutzes,

- Produktinnovatoren (außerhalb der Herstellung von Umwelttechnologie) mit positiver Umweltwirkung (produktintegrierter Umweltschutz, zuzüglich Umweltschutzgüteranbieter außerhalb des Anlagen-, Instrumenten- und Maschinenbaus mit Produktinnovationen),
- Produkt- und Prozessinnovatoren mit positiver Umweltwirkung (prozess- und produktintegriertere Umweltschutz),
- Unternehmen mit umweltschutzbezogenen Innovationen insgesamt.

Die ersten drei Gruppen entsprechen den in den Unterabschnitten 4.1 und 4.2 angeführten ersten drei Typen von umweltschutzbezogenen Innovatoren. Die vierte Gruppe umfasst Innovatoren mit positiver Umweltwirkung, für die die Neuheiten nicht danach klassifiziert werden können, ob es sich um prozess- oder produktintegrierten Umweltschutz handelt. Die zwei weiteren oben angeführten Typen von Umweltinnovatoren (Umweltinnovatoren, die durch ihre Innovationen zur einer indirekten Förderung der Umweltwirtschaft beitragen, sowie Umweltdienstleister) können hier nicht analysiert werden, da sie eine zu kleine Zahl von Unternehmen umfassen bzw. - im Fall der Umweltdienstleister - keine Vergleichsgruppe in der gleichen Branche existiert, da diese Unternehmen über die Branchenzugehörigkeit definiert sind.

Die Mittelwertvergleiche von Innovationsindikatoren sind in Tab. 4.4.1 dargestellt. Dabei sind nur jene Variablen ausgewiesen, für die in zumindest einer Gruppe von umweltschutzbezogenen Innovatoren ein statistisch signifikanter (d. h. mindestens am 10%-Niveau signifikanter) Unterschied zur Vergleichsgruppe auftritt. Folgende Unterschiede im Innovationsverhalten zwischen umweltschutzbezogenen Innovatoren und anderen Innovatoren können festgestellt werden:

- Umweltschutzbezogene Innovatoren erreichen höhere ökonomische Erfolge mit Prozessinnovationen. Dies deutet darauf hin, dass ein großer Teil der positiven Umweltwirkungen im Prozessbereich durch allgemein effizientere Produktionsprozesse erreicht wird, wobei die Verringerung von Umweltexternalitäten möglicherweise nur ein „Mitnahmeeffekt“ ist und nicht ursächliches Ziel der Prozessinnovation war. Die höheren Erfolge gelten sowohl kosten- wie qualitätsseitig.
- Im Produktbereich unterscheiden sich die Innovationserfolge zwischen umweltschutzbezogenen und anderen Produktinnovatoren dagegen nicht.
- Die Innovationsintensität ist bei prozessintegrierten Umweltschutzinnovatoren mehr als doppelt so hoch wie in der Vergleichsgruppe. Dies weist auf die höheren und komplexeren Investitionen hin, die zur Erreichung von prozessbezogenen Umweltzielen notwendig sind. Dies bedeutet gleichzeitig, dass zur Erreichung der höheren ökonomischen Erfolge von Prozessinnovationen auch höhere Aufwendungen notwendig sind. Bei den produktintegrierten Umweltschutzinnovatoren zeigen sich dagegen keine Unterschiede in der Innovationsintensität im Vergleich zu anderen Produktinnovatoren.
- Umweltschutzbezogene Innovatoren, die sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen eingeführt haben, betreiben eher kontinuierlich FuE als die Unternehmen in der Vergleichsgruppe. Dies könnte ein Hinweis auf technologisch anspruchsvollere Innovationen sein.

Umweltschutzbezogene Innovatoren nutzen generell solche Informationsquellen zur Ausrichtung ihrer Innovationsaktivitäten häufiger, die im Zusammenhang mit der Beschaffung von Technologien oder technischem Wissen stehen. In Bezug auf die Nutzung der Informationsquelle Kunden zeigen sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede, wobei prozessinnovationsorientierte Umweltinnovatoren diese Quelle seltener nutzen als andere Prozessinnovatoren. Zu den merklich häufiger genutzten Informationsquellen zählen das eigene Unternehmen und Lieferanten (gilt für die meisten Typen) sowie Beratungsunternehmen (produktintegrierter Umweltschutz), Universitäten und wissenschaftliche Zeitschriften (prozessintegrierter Umweltschutz), außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Konferenzen/Messen (Produkt- und Prozessinnovatoren mit positiven

Umweltwirkungen) und Verbände/Kammern (prozessintegrierter und produktintegrierter Umweltschutz).

- Hinsichtlich der aktiven Zusammenarbeit mit externen Kooperationspartnern können zwischen umweltschutzbezogenen und anderen Innovatoren insgesamt keine Unterschiede festgestellt werden. Auf der Ebene der einzelnen Typen von umweltschutzbezogenen Innovatoren stellt sich dies etwas differenzierter dar: Innovatoren im anlagenintegrierten Umweltschutz kooperieren seltener mit Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in Deutschland, während Unternehmen, die sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen einführen und positive Umweltwirkungen von Innovationen berichten, häufiger mit Universitäten in Deutschland zusammenarbeiten. Sie kooperieren auch häufiger mit Kunden und mit Lieferanten, während bei Innovatoren des produktintegrierten Umweltschutzes eine Zusammenarbeit mit Lieferanten ausgesprochen selten anzutreffen ist. Für alle anderen Kooperationspartner (wie Beratungsunternehmen, Wettbewerber, eigenes Unternehmen) sowie für Kooperationen mit Partner außerhalb Deutschlands sind keine signifikanten Unterschiede zu beobachten.
- Vier Innovationshemmnisse werden von umweltschutzbezogenen Innovatoren signifikant häufiger genannt: Gesetzgebung/Regulierungen, lange Verwaltungsverfahren, Schwierigkeiten bei der Suche nach geeigneten Kooperationspartnern sowie die Marktbeherrschung durch etablierte Unternehmen. Seltener treten dagegen interne Widerstände gegen Innovation auf. Zwischen den einzelnen Typen zeigen sich wesentliche Unterschiede: Umweltschutztechnologiehersteller sehen sich vor allem durch einen Mangel an Kooperationspartnern, die Marktbeherrschung durch etablierte Unternehmen sowie eine mangelnde Kundenakzeptanz in ihren Innovationsaktivitäten behindert. Organisatorische Probleme und interne Widerstände sind bei ihnen dagegen seltener anzutreffen als in der Vergleichsgruppe. Für prozessintegrierte Umweltschutzinnovatoren spielen lange Verwaltungsverfahren eine deutlich größere Rolle als bei anderen Prozessinnovatoren, was auf zeitraubende Genehmigungsprozeduren hindeutet. Produktintegrierte Umweltschutzinnovatoren unterscheiden sich in ihrer Hemmniswahrnehmung nicht von der Vergleichsgruppe. Innovatoren mit Produkt- und Prozessinnovationen, die positive Umweltwirkungen von Innovationen angeben, melden für die meisten Hemmnisfaktoren eine höhere Bedeutung, darunter auch die Hemmnisse Risiko und Kosten sowie Mangel an externen Finanzierungsquellen sowie die vier eingangs erwähnten Hemmnisse.
- Umweltschutzbezogene Innovatoren weisen einen etwas höheren Anteil von öffentlich geförderten Unternehmen auf als aufgrund der Branchen- und Größenstruktur sowie der Standortverteilung der Unternehmen zu erwarten gewesen wäre, wenn sie sich wie Innovatoren ohne umweltschutzbezogenen Innovationen verhalten würden. Prozessintegrierte Umweltschutzinnovatoren werden dabei signifikant öfter durch Landesstellen gefördert. Produktintegrierte Umweltschutzinnovatoren erhalten dagegen keine Förderung durch EU-Stellen bzw. verzichten auf die Beantragung von Fördermitteln aus dieser Quelle.
- In Bezug auf Indikatoren zur Marktstruktur zeigen sich zwischen umweltschutzbezogenen und anderen Innovatoren nur wenig Unterschiede. Innovatoren mit positiven Umweltwirkungen, die sowohl Produkt- als auch Prozessinnovationen eingeführt haben, zeigen eine etwas höhere Exportquote. Für sie ist außerdem der technologische Vorsprung als Wettbewerbsfaktor von etwas größerer Bedeutung. Letzteres gilt generell für umweltschutzbezogene Innovatoren, darunter auch für die Umwelttechnologiehersteller. Dies zeigt die besondere Bedeutung von neuen technologischen Lösungen für die Wettbewerbsfähigkeit an. Umweltschutzbezogene Innovatoren, und im Besonderen Hersteller von Umweltschutztechnologien, sehen ihre Marktposition stärker durch den Markteintritt neuer Konkurrenten bedroht, auch ist ihr Marktumfeld stärker durch sich rasch ändernde Technologien geprägt.

Tab. 4.4.1: Unterschiede bei Innovationsindikatoren zwischen umweltschutzbezogenen Innovatoren und Unternehmen einer Vergleichsgruppe (2004)

Indikator	Einheit	Innovatoren im Bereich von Umweltschutz-technologien		Innovatoren mit prozess-integriertem Umweltschutz		Innovatoren mit produkt-integriertem Umweltschutz		Prozess- und Produkt-innovatoren mit positiver Umw elt Wirkung		Umw eltschutzbezogene Innovatoren insgesamt	
		w ert	Differenz	w ert	Differenz	w ert	Differenz	w ert	Differenz	w ert	Differenz
Innovationsintensität	%	14	ns	11	6	4,3	ns	7,6	ns	9,3	ns
Anteil der Unternehmen mit kontinuierlicher FuE	%	75	ns	28	ns	33	ns	53	10	51	ns
Umsatzanteil von Produktneuheiten	%	34	ns	-	-	18	ns	27	5	21	ns
Umsatzsteigerung durch Qualitätsverbesserung	%	4,6	ns	5,4	3,4	-	-	8,0	2,9	5,1	1,9
Anteil Stückkostenreduktion durch Prozessinnovationen	%	6,2	ns	5,9	2,2	-	-	7,7	ns	5,6	1,8
Informationsquelle für Innovationen: eigenes Unternehmen	a)	2,7	0,3	2,4	ns	2,5	0,3	2,7	0,2	2,6	0,2
Informationsquelle für Innovationen: Lieferanten	a)	1,8	0,4	2,0	ns	1,5	ns	2,0	0,2	1,9	0,2
Informationsquelle für Innovationen: Kunden	a)	2,3	ns	1,7	-0,4	2,0	ns	2,1	ns	2,1	ns
Informationsquelle für Innovationen: Beratungsunternehmen	a)	0,9	ns	0,8	ns	0,9	0,3	0,8	ns	0,8	ns
Informationsquelle für Innovationen: Universitäten	a)	1,4	ns	1,0	0,4	1,0	ns	1,2	ns	1,2	0,2
Informationsquelle für Innovationen: Forschungseinrichtungen	a)	0,9	ns	0,6	ns	0,6	ns	0,2	0,1	0,8	0,2
Informationsquelle für Innovationen: Konferenzen, Messen	a)	1,7	ns	1,6	ns	1,6	ns	0,7	0,1	1,7	0,1
Informationsquelle für Innovationen: wissensch. Zeitschriften	a)	1,5	ns	1,7	0,3	1,4	ns	1,6	ns	1,6	0,2
Informationsquelle für Innovationen: Verbände, Kammern	a)	1,0	ns	1,3	0,4	1,1	0,3	1,0	ns	1,1	0,3
Kooperationspartner: Lieferanten (in D)	%	26	ns	8,8	ns	2	-15	28	12	19	ns
Kooperationspartner: Kunden (in D)	%	29	ns	7,6	ns	5,1	ns	27	12	20	ns
Kooperationspartner: Universitäten (in D)	%	28	-14	18	ns	10	ns	33	14	25	ns
Kooperationspartner: Forschungseinrichtungen (in D)	%	16	-14	4,8	ns	8,5	ns	18	ns	13	ns
Innovationshemmnis: Hohes wirtschaftliches Risiko	b)	1,8	ns	1,4	ns	1,7	ns	1,8	0,3	1,7	ns
Innovationshemmnis: Hohe Innovationskosten	b)	1,8	ns	1,7	ns	1,7	ns	1,9	0,2	1,8	ns
Innovationshemmnis: Mangel an externen Finanzierungsquellen	b)	1,5	ns	1,3	ns	1,4	ns	1,4	0,3	1,4	ns
Innovationshemmnis: organisatorische Probleme	b)	0,7	-0,3	0,9	ns	0,9	ns	1,0	ns	0,9	ns
Innovationshemmnis: interne Widerstände	b)	0,6	-0,2	0,7	ns	0,7	ns	0,8	ns	0,7	-0,1
Innovationshemmnis: mangelnde Kundenakzeptanz	b)	1,3	ns	0,8	-0,4	1,3	ns	1,2	ns	1,2	ns
Innovationshemmnis: Gesetzgebung/Regulierung	b)	1,3	ns	1,2	ns	1,4	ns	1,5	0,3	1,4	0,2
Innovationshemmnis: lange Verwaltungsverfahren	b)	1,3	ns	1,3	0,4	1,3	ns	1,5	0,4	1,4	0,3
Innovationshemmnis: Mangel an Kooperationspartnern	b)	1,0	0,3	0,7	ns	1,1	ns	1,0	0,3	1,0	0,3
Innovationshemmnis: Marktbeherrschung durch etablierte Unternehmen	b)	1,2	0,2	0,9	ns	1,3	ns	1,0	0,2	1,1	0,2
Anteil Unternehmen mit öffentlicher Förderung	%	45	ns	20	ns	17	ns	36	ns	31	5
Anteil Unternehmen mit öffentliche Förderung durch Länder	%	15	ns	13	9	10	ns	22	ns	16	ns
Anteil Unternehmen mit öffentliche Förderung durch EU	%	14	ns	7,9	ns	0	-6	11	ns	9,3	ns
Anteil Exporte am Umsatz	%	37	ns	13	ns	13	ns	20	5,0	0,2	ns
Wettbew erbsumfeld: Bedrohung durch Markteintritte	c)	1,5	0,2	1,4	ns	1,9	0,3	1,5	ns	1,6	0,1
Wettbew erbsumfeld: Technologien ändern sich rasch	c)	1,7	0,3	1,4	ns	1,2	ns	1,2	ns	1,4	0,1
Wettbew erbsfaktor: Technologischer Vorsprung	d)	2,5	-0,3	3,3	-0,5	4,0	ns	3,5	-0,4	3,3	-0,3

Differenz: Abweichung des Mittelwerts der umweltschutzbezogenen Innovatoren vom Mittelwert der Vergleichsgruppe; ns: Mittelwert unterscheidet sich auf dem 10%-Niveau nicht vom Mittelwert der Vergleichsgruppe. a) Mittelwert einer 4-stufigen Skala (0=keine, 1=gering, 2=mittel, 3=hoch); b) Mittelwert einer 4-stufigen Skala (0=nicht vorhanden, 1=gering, 2=mittel, 3=hoch); c) Mittelwert einer 4-stufigen Skala (0=trifft nicht zu, 3=trifft voll zu); d) Mittelwert einer 6-stufigen Skala (1=wichtigstes Wettbewerbsmerkmal zu, 6=unwichtigstes Wettbewerbsmerkmal).

Quelle: ZEW: Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2005 - Berechnungen des ZEW. Alle Werte sind hochgerechnet auf die Grundgesamtheit der Unternehmen mit 5 oder mehr Beschäftigten.

5 Deutschlands Umweltschutzwirtschaft im internationalen Wettbewerb

Am ehesten spiegelt sich die Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft dort wider, wo ihre Unternehmen unmittelbar auf ihre Konkurrenten treffen, nämlich auf den internationalen Märkten für Güter und Dienste. Der Weltmarkt gilt daher auch für die Leistungsfähigkeit der Anbieter von Umweltschutzgütern als die Nagelprobe. Andererseits müssen sie sich auch auf dem Inlandsmarkt der Konkurrenz durch ausländische Anbieter stellen und durchsetzen können.

Diese Frage stellt sich um so heftiger als die Wachstums- und Entwicklungsmöglichkeiten der deutschen Umweltschutzwirtschaft immer exportabhängiger geworden sind. Im Inland fehlt es an ausreichenden Impulsen (Abschnitt 1.2). Insofern ist die Frage nach der internationalen Wettbewerbsposition und nach der technologischen Leistungsfähigkeit der Umweltschutzwirtschaft nicht trivial, denn auch künftig ist ein Großteil der Wachstumsmöglichkeiten im Exportgeschäft zu erwarten. Um so wichtiger ist es, die deutsche Umweltschutzwirtschaft im Preis- und Qualitätswettbewerb „fit“ zu halten.

Die internationalen Handelsströme bei potenziellen Umweltschutzgütern werden zu Kennziffern verdichtet, die die internationale Wettbewerbsposition beschreiben: Das sind die Welthandelsvolumina und die Beteiligung der deutschen Umweltschutzindustrie daran, die Exportspezialisierung und auch die Frage, wie sich deutsche Anbieter auf dem Inlandsmarkt durchsetzen können. Dabei wird auch über die quantitative Bedeutung der Spezialisierung Deutschlands auf Umweltschutzgüter für Export und Außenbeitrag der deutschen Industrie zu sprechen sein. Schließlich wird auch darauf eingegangen, welches Gewicht die wichtigsten Konkurrenten Deutschlands bei den grenzüberschreitenden Lieferungen von Umweltschutzgütern haben.

In der Darstellung der Ergebnisse wird der Klimaschutz besonders berücksichtigt. Denn die Schwerpunkte der Umweltschutzpolitik haben sich in den vergangenen Jahrzehnten eindeutig verschoben. Hatten bis Anfang der 90er Jahre Abfall und Luftreinhaltung Hochkonjunktur, so ist Umweltschutzpolitik seit einem Jahrzehnt in Deutschland überwiegend mit dem Ziel Klimaschutz betrieben worden. Insofern könnte man auch erwarten, dass sich das Innovationsgeschehen stärker auf diese Problematik verlagert hat.

5.1 Messkonzepte (internationaler Vergleich)

Zur Beurteilung des Durchsetzungsvermögens auf den internationalen Märkten wird gelegentlich der **Welthandelsanteil** zu Rate gezogen. Dabei ergeben sich jedoch erhebliche Interpretationsschwierigkeiten. Denn im kleinteiligen Europa ist alles das internationaler Handel, was zum Nachbarn über die (z. T. gar nicht mehr wahr genommene) Grenze geht. In großflächigen Ländern - wie z. B. USA - wird hingegen viel eher zwischen den Regionen (Bundesstaaten) gehandelt, intensiver als bspw. innerhalb der EU. Eine geringe Größe der Volkswirtschaft, die Zugehörigkeit zu supranationalen Organisationen mit ihren handelsschaffenden Effekten (nach innen) einerseits und ihren handelshemmenden Effekten (nach außen) andererseits, eine „gemeinsame Haustür“, ähnliche Kulturkreise und Sprache treiben die Welthandelsintensität nach oben - ohne dass dies mit Leistungsfähigkeit zu tun hat. Derartige genannten Effekte bestimmen eindeutig die Einbindung eines Landes in den internationalen Warenaustausch. Die Handelsvolumina der USA und Japan kann man deshalb nicht mit denen der kleinen europäischen Länder vergleichen. Im Zeitablauf, vor allem bei kurzfristiger, jährlicher Sicht, kommen bei Betrachtung der Welthandelsanteile noch die Probleme von „Konjunkturschaukeln“ sowie Bewertungsprobleme bei Wechselkursbewegungen (die eher das allgemeine Vertrauen in die Wirtschafts-, Finanz-, Währungs- und Geldpolitik widerspiegeln) hinzu. So kann selbst ein hohes ab-

solutes Ausfuhrniveau - gemessen zu jeweiligen Preisen und Wechselkursen - in Zeiten der Unterbewertung der Währung zu Unterschätzungen der Wettbewerbsposition führen. Andererseits kann ein nominal hoher Welthandelsanteil auch das Ergebnis von Überbewertungen sein und muss nicht immer parallel zu den „realen“ Bewegungen verlaufen.

Deshalb kommt es bei der Bewertung der Exportstärke einzelner **Sektoren** auf ihre **relative** Positionen an, auf den **Beitrag zur Ausfuhr**¹²¹, der vom Handelsvolumen der einzelnen Volkswirtschaften abstrahiert: Ein positives **Vorzeichen** bedeutet, dass die Unternehmen der betrachteten Volkswirtschaft mit Umweltschutzgütern stärker auf die relevanten Auslandsmärkte vorgedrungen sind als es ihnen im Durchschnitt bei den übrigen Industriewaren gelungen ist. Der absolute **Wert** des Indikators bestimmt die quantitative Bedeutung dieser Gütergruppe für das Exportvolumen der Volkswirtschaft.

Zum anderen muss man sich aber auch auf dem Binnenmarkt gegenüber ausländischen Anbietern behaupten. Der **„Beitrag zum Außenhandelsaldo“** ermittelt die komparativen Vorteile einer Volkswirtschaft dadurch, dass das Exportangebot mit der Importnachfrage verglichen wird. Der Beitrag gibt an, inwieweit die Ausfuhr-Einfuhr-Relation eines Landes bei einer bestimmten Produktgruppe von der Außenhandelsposition bei Industriewaren insgesamt abweicht. Positive **Vorzeichen** weisen auf komparative Vorteile, also auf eine starke internationale Wettbewerbsposition der betrachteten Warengruppe betrachteten Land hin: Die Ausfuhrüberschüsse sind relativ größer als man es üblicherweise in diesem Land vorfindet. Der **Indikatorwert** liefert gleichzeitig Hinweise auf die quantitative Bedeutung von Spezialisierungsvorteilen (bzw. -nachteilen) für die Außenhandelsposition der Industrie insgesamt.

Die Problematik dieser „Revealed“-Konzepte ist, dass sich in den Messziffern nicht nur reale Spezialisierungsvorteile niederschlagen, sondern auch die Wirkungen von Handelshemmnissen. Denn zum einen ist auf den Umweltschutzmärkten in den meisten Ländern vielfach der Staat der wichtigste Nachfrager; dies hat nicht selten **Protektionismus** zu Gunsten inländischer Anbieter zur Folge. Zudem sind im Umweltschutz die Märkte wegen nationalstaatlicher Regelungskompetenzen oftmals stark segmentiert und damit eng (**„natürliche Handelshemmnisse“**). Skalenvorteile - ein wichtiger Impuls für internationalen Handel - sind nur schwer zu erzielen. Unter den Umweltschutzgütern ist eigentlich nur dort die Außenhandelsintensität hoch, wo die Güter leicht handelbar sind, weil sie Querschnittscharakter haben - etwa bei Komponenten oder MSR-Geräten.¹²²

Wie bei der Abschätzung der Produktionsvolumina (Abschnitt 1) beruht der „eigene Ansatz“ zum einen auf der „Liste der Umweltschutzgüter“ des StaBuA aus dem Jahre 1994 und zum anderen auf der ISI-Definition von Klimaschutzgütern. Grundlage der folgenden Berechnungen sind Umschlüsselungen der im Original nach dem GP definierten Listen auf die von der OECD in der Gliederung des SITC III zusammengestellten Außenhandelsdaten auf der tiefstmöglichen (fünfstelligen) Gliederungsebene.¹²³ Allerdings kann es zu Unschärfen beim Übergang von GP auf SITC III kommen, die vereinzelt größer sind als beim „Umsteigen“ auf die noch feingliedrigere nationale Außenhandelsstatistik. Dennoch ist die Verwendung der international abgestimmten Klassifikation unabdingbar, da nur sie es ermöglicht, die Spezialisierungsmuster zwischen den Volkswirtschaften zu vergleichen.

¹²¹ Zur methodischen Auseinandersetzung und zur mathematischen Formulierung der Messkonzepte vgl. Anhang 1.

¹²² Nach der Strukturhebung des StaBuA beläuft sich die „Exportquote“ bei Gütern, die ausschließlich dem Umweltschutz dienen, in Deutschland auf 23 %. Sie ist damit nur halb so hoch wie im Industriedurchschnitt.

¹²³ Ähnlich sind auch Blazejczak, Löbke u. a. (1993) vorgegangen. Zu den Möglichkeiten der statistischen Erfassung vgl. Bonkowski, Legler (1986). Zur hier gewählten Praxis der Abgrenzung vgl. auch Gehrke, Grupp u. a. (1995).

5.2 Außenhandelsposition bei potenziellen Umweltschutzgütern

Die deutsche Industrie hat **direkt** im Jahr 2004 potenzielle Umweltschutzgüter im Wert von 42 Mrd. € ausgeführt.¹²⁴ Das sind 6,2 % ihrer Industriewarenausfuhren insgesamt.¹²⁵ Wie viel mag davon tatsächlich für Umweltschutzzwecke verwendet worden sein? Nimmt man „Ausschöpfungsquoten“ von 35 bis 40 % an¹²⁶, dann käme man auf 15 Mrd. € Allerdings müsste in Rechnung gestellt werden, dass die Exportquoten im Umweltschutz (und damit die Ausschöpfungsquoten) deutlich niedriger sind. Berücksichtigt man dies und die Tatsache, dass hierin auch die Exporte im Bereich Energie/Umwelt enthalten sind, dann kommt man den Schätzungen der ECOTEC-Studie¹²⁷ (5 Mrd. € für 1998, damals lag die Schätzung für das nach dem potenzialorientierten Ansatz und um die „Ausschöpfungsquote“ bereinigte Ausfuhrvolumen bei 7 bis 8 Mrd. €) etwas näher.¹²⁸

Welthandelsanteile

Deutschland war im Jahr 2004 mit einem Welthandelsanteil¹²⁹ von 16,4 % größter Exporteur von potenziellen Umweltschutzgütern (Abb. 5.2.1 und Tab. A.5.2.1) und lag damit erstmals seit einem Jahrzehnt wieder vor den USA (16,1 %). Drittgrößter Anbieter von Umweltschutztechnologien ist Japan mit einem Handelsanteil von 10,8 %. Auf den Plätzen folgen Italien (6,9 %), Großbritannien (6,1 %) und Frankreich (5,3 %). Dahinter rangiert ein Pulk von Ländern mit Handelsanteilen von 2 bis 3 % (Benelux, Spanien, Schweiz, Kanada, Mexiko). Daran gemessen ist Deutschlands Umweltschutzindustrie also eine ausgesprochen hohe Wettbewerbsfähigkeit zu bescheinigen. Die führende Position Deutschlands auf den internationalen Märkten in der Umwelttechnik (vgl. Abschnitt 3.2) hat sich offensichtlich auch in einer vorteilhaften Außenhandelsposition niedergeschlagen.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich das Welthandelsvolumen bei potenziellen Umweltschutzgütern seit 1993 mit einem jahresdurchschnittlichen Zuwachs von 8,6 % (in jeweiligen Preisen und Wechselkursen gerechnet) mehr als verdoppelt hat, mit besonderem Schwung ab 2002. Es ist damit etwas stärker als das Welthandelsvolumen insgesamt (8,2 %) expandiert. Dies zeigt, dass der Sektor Umwelt weltwirtschaftlich zu den wachstumsstärkeren zählt. Allerdings hat die Entwicklung des Weltmarktes für Umweltschutzgüter nicht ganz jene euphorischen Erwartungen erfüllt, die noch Anfang der 90er Jahre geäußert worden waren. Auch hierin zeigt sich eher das Bild eines „Mitläufers“ mit der allgemeinen Konjunktur- und Handelsentwicklung als das eines Vorreiters und starken Wachstumsmotors. Überdurchschnittlich schnell haben sich insbesondere die Exporte von Gütern für Erneuerbare Ener-

¹²⁴ Die indirekten Exporte von potenziellen Umweltschutzgütern, d. h. die in der Exportproduktion enthaltenen Umweltschutzkomponenten, sind darin nicht enthalten. Hierüber liegen keine seriöse Schätzungen vor. Wenn Eurostat/OECD davon sprechen, dass dadurch eine Unterschätzung der Exporte um den Faktor 5 (!) vorgenommen wird, dann ist das maßlos übertrieben und durch nichts zu halten. Andererseits wird vermutlich Deutschlands Position auf dem Weltmarkt für Umweltschutzgüter um einiges unterschätzt, da es nicht möglich ist, vollständige Produktionsanlagen, in denen ja auch ein Teil des Umweltschutzes inkorporiert ist, hinzuzurechnen. Schließlich ist Deutschland Spezialist bei der Lieferung von kompletten Produktionsanlagen.

¹²⁵ Um ein Gespür für die Größenordnung zu bekommen: Das Ausfuhrvolumen von potenziellen Umwelt- und Klimaschutzgütern übertrifft damit deutlich das von Industriezweigen wie bspw. Nahrungs- und Genussmittel, Textil/Bekleidung/Leder, Holz/Papier/Druck, Gummi/Kunststoff, Glas/Keramik, Metallverarbeitung, Büromaschinen/EDV usw.

¹²⁶ Vgl. Gehrke, Legler, Schasse (1995).

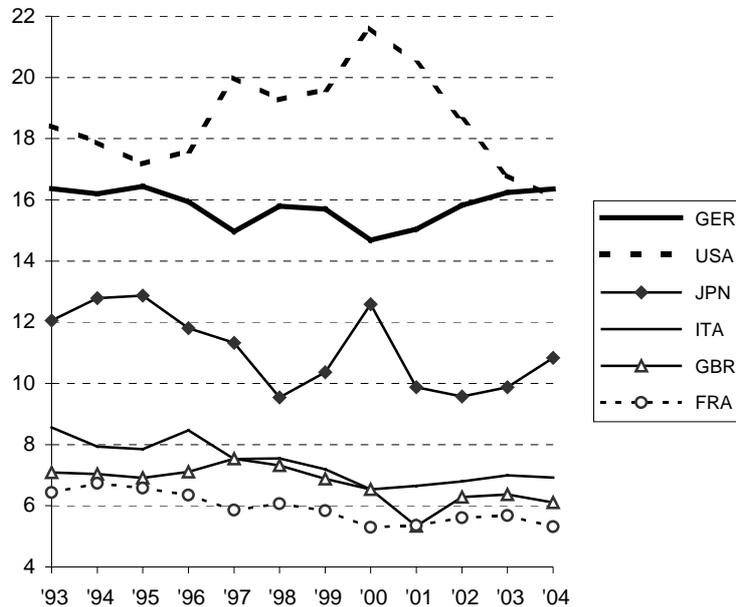
¹²⁷ Vgl. Wackerbauer (2002).

¹²⁸ Allerdings wäre auch das noch ausgesprochen viel, insbesondere im Vergleich zu den Erhebungen des StaBuA, die Ausfuhren im Wert von rund 2,7 Mrd. € ermittelt haben.

¹²⁹ Es ist darauf hin zu weisen, dass hier lediglich die Ausfuhren der OECD-Länder sowie die Einfuhren der OECD-Mitglieder aus Nichtmitgliedsstaaten berücksichtigt werden. Der Handel der Nicht-OECD-Länder untereinander ist nicht enthalten, dürfte jedoch für diese Studie vernachlässigbar sein.

giequellen ausgeweitet, daneben insbesondere Güter für den Lärmschutz, zur Luftreinhaltung, die Umweltmesstechnik sowie Güter zur rationellen Energieumwandlung (Tab. 5.2.1).

Abb. 5.2.1: Welthandelsanteile¹ der größten Anbieter von potenziellen Umweltschutzgütern 1993 bis 2004



1) Anteil der Ausfuhren eines Landes an den Weltausfuhren in %.

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodities, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

Tab. 5.2.1: Jahresdurchschnittliche Veränderung der Weltexporte bei potenziellen Umweltschutzgütern 1993-2004 (in %)

Umweltarten	Jahresdurchschnittliche Veränderung 1993-2004
Abfall	7,1
Wasser	7,8
Luft	9,0
MSR	9,0
Lärm	9,5
Energie/Umwelt	9,0
darunter	
Rationelle Energieverwendung	8,0
Rationelle Energieumwandlung	8,5
Erneuerbare Energiequellen	12,6
Umwelt insgesamt	8,6
Verarbeitete Industriewaren	8,2

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodity Statistics, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

In den letzten beiden Berichtsjahren hat sich die Dynamik - auch im Zusammenhang mit dem Anziehen der Weltkonjunktur - wieder deutlich beschleunigt. Inwieweit der Elan der letzten beiden Jahre Vorbote einer grundsätzlich deutlich höheren Dynamik auf diesen Märkten ist, muss sich erst erweisen.

Die Welthandelsanteile werden gerne zur Beurteilung der Wettbewerbsposition einer Volkswirtschaft zu Rate gezogen. Sie geben im **Querschnitt** eines Jahres auch einigermaßen gut die aktuellen Ge-

wichte in der internationalen Arbeitsteilung wider¹³⁰. Man sollte jedoch ausgesprochen vorsichtig bei ihrer Interpretation im **Zeitablauf** sein.

- Bei der Entwicklung des deutschen Welthandelsanteils in den 90er Jahren darf nicht übersehen werden, dass die kontinuierliche reale Abwertung der DM bzw. des € seit 1996 für sich genommen den Export - in DM gerechnet - kräftig stimuliert hat. Höherer Absatz auf dem Weltmarkt war also nicht in jedem Fall auf höhere Innovationsaktivitäten zurückzuführen, sondern z. T. auch auf wechselkursinduzierte verbesserte Preiswettbewerbsfähigkeit. Wegen der abgewerteten Währung schlug dies bei einer Welthandelsbetrachtung jedoch nicht zu Buche: Der deutsche Welthandelsanteil bei Umweltschutzgütern sank bis 2000 kontinuierlich. Man kann dies auch anders interpretieren: Der langjährige Rückgang des deutschen Welthandelsanteils bei potenziellen Umweltschutzgütern war **kein** sektorspezifisches Problem der Leistungsfähigkeit der Umweltschutzindustrie, sondern hing mit der im Allgemeinen zunehmend niedrigeren Bewertung der internationalen Wettbewerbsposition der deutschen Wirtschaft in den 90er Jahren zusammen. Dass die Welthandelsanteile bei potenziellen Umweltschutzgütern weniger stark rückläufig waren, ist sogar ein Zeichen von Stärke und geringerer Preiselastizität.
- Umgekehrt muss auch der deutsche Exportaufwärtstrend bei potenziellen Umweltschutzgütern ab 2000 bei gleichzeitig sehr starkem Bedeutungsrückgang der USA (starke Abwertung des \$) vorsichtig interpretiert werden. Mindestens der aktuelle Welthandelsanteilszuwachs ist zu einem Teil wechselkursbewertungsbedingt und hat im Jahre 2004 erneut den „Exportweltmeistertitel“ bei potenziellen Umweltschutzgütern gebracht. Insofern sind Veränderungen der Welthandelsanteile nur sehr bedingt als Spiegelbild der realen Qualitäts- und/oder Preiswettbewerbsfähigkeit anzusehen.¹³¹

Exportspezialisierung

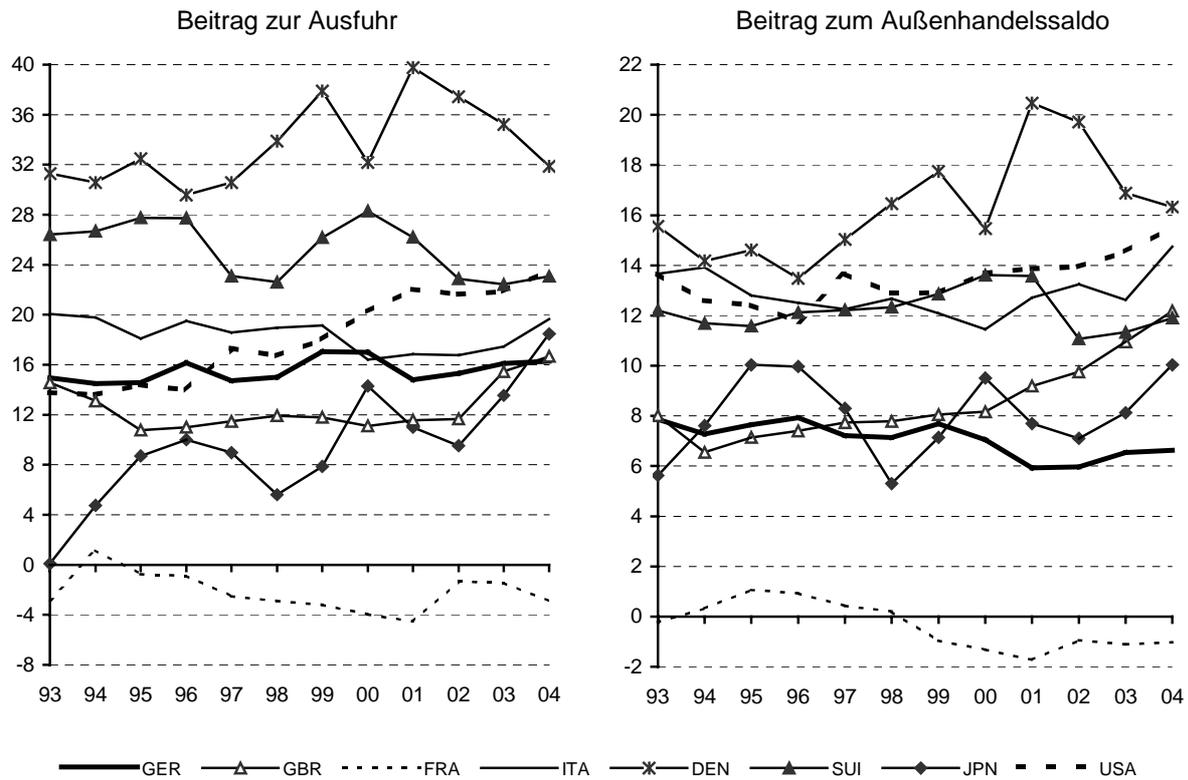
Die Konsequenz aus den Unzulänglichkeiten des Welthandelsanteils als Indikator für die Beurteilung der Position einer Industrie auf den internationalen Märkten liegt auf der Hand: Es geht um den **relativen** Anteil des Umweltschutzsektors an der Gesamtausfuhr einer Volkswirtschaft: Ist der Anteil an der Gesamtausfuhr Deutschlands größer als die Bedeutung des Umweltschutzgüterhandels für den Welthandel insgesamt, dann kann man davon sprechen, dass dieser Sektor im Exportsortiment der Volkswirtschaft eine herausragende Rolle spielt. Der „**Beitrag zur Ausfuhr**“ ist klar positiv.

So kommt man zu dem Ergebnis (Abb. 5.2.2 und Tab. A.5.2.2), dass der Welthandelsanteil Deutschlands bei potenziellen Umweltschutzgütern überdurchschnittlich hoch ist und dass dieser Anteil im Trend im Vergleich zur übrigen Wirtschaft recht stabil geblieben ist. Der über den durchschnittlichen Welthandelsanteil hinauschießende Beitrag des Sektors Umweltschutz zur Ausfuhr beläuft sich auf gut 1,6 % des deutschen Exportvolumens von Verarbeiteten Industriewaren. Potenzielle Umweltschutzgüter zählen damit zum Besten, was Deutschland dem Weltmarkt anzubieten hat. Allerdings stellt man auch fest, dass Umweltschutzgüter in anderen Volkswirtschaften - Dänemark, Italien, der Schweiz und den USA - für die Wettbewerbsposition des Exportsektors eine z. T. deutlich größere Rolle spielen als in Deutschland. Die Anbieter konnten mit potenziellen Umweltschutzgütern stärker auf Auslandsmärkte vordringen als mit anderen Artikeln ihres Exportangebots. Auch in Großbritannien und Japan spielt die Umweltschutzindustrie für die Exportposition der Länder eine zunehmend bedeutendere Rolle, in Frankreich hingegen eine vergleichsweise bescheidene.

¹³⁰ Dennoch sind die in Abschnitt 5.1.1 angeführten Kritikpunkte deutlich zu beachten.

¹³¹ Vgl. Legler, Gehrke, Krawczyk (2004).

**Abb. 5.2.2: Spezialisierung ausgewählter OECD-Länder bei potenziellen Umweltschutzgütern
1993 bis 2004 (in %)**



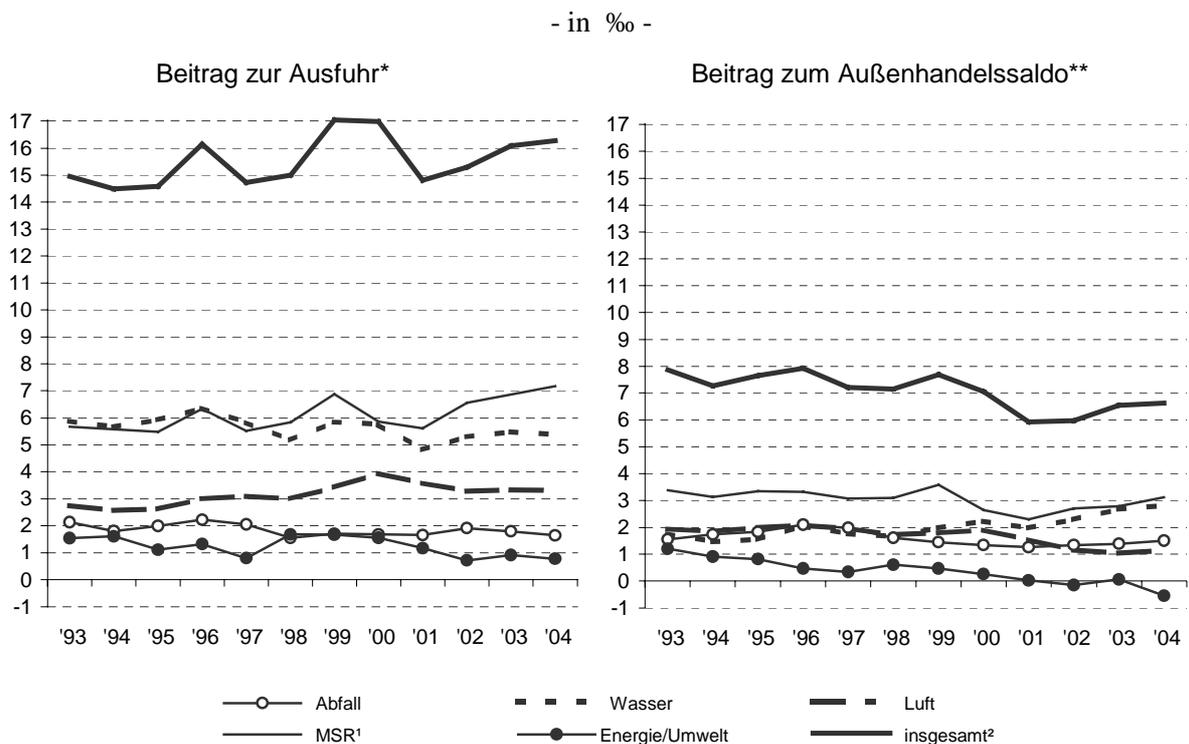
Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodities, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

- Vor allem in den USA zeigen sich im vergangenen Jahrzehnt tendenzielle Verbesserungen im Hinblick auf ihre ohnehin hohe Exportspezialisierung bei potenziellen Umweltschutzgütern. Dies hat jedoch keine starke Fundierung in den patentgeschützten technologischen Erfindungen im Umweltschutz (Abschnitt 3.1). Zum einen mag dies damit zusammen hängen, dass bei der Patentanalyse allein die Patente mit Schutzwirkung in Europa berücksichtigt werden konnten. Zum anderen hängt die gute Exportposition der USA sehr stark an der MSR-Technik, bei der die „dual use“-Problematik am deutlichsten zu Buche schlägt und somit nicht ganz eindeutig gesagt werden kann, inwieweit der Umweltschutz tatsächlich das ausschlaggebende Argument für die US-Exportposition ist.
- In Italien ändert sich die vergleichsweise hohe Bedeutung der Umweltschutzindustrien auf den Weltmärkten kaum. Schweizerische und dänische Anbieter sind in der Regel zwar weit vorne zu finden, allerdings schmilzt ihr Exportspezialisierungsvorsprung kontinuierlich.
- Im japanischen Ausfuhrsortiment hatten potenzielle Umweltschutzgüter ursprünglich keinen sehr hohen Stellenwert. Sie haben - in Übereinstimmung mit der kräftigen Verbesserung ihrer Position bei den patentgeschützten technologischen Erfindungen (Abschnitt 3.1) - jedoch hinzugewonnen und erst mit dem Wegbrechen der Märkte „vor der Haustür“ in der Asienkrise gegen Ende der 90er Jahre wieder überproportional an Welthandelsanteilen verloren, sich dann jedoch schnell wieder erholt. Insgesamt haben Umweltschutzgüter aus Japan heute auf den Weltmärkten eine größere Bedeutung als die meisten anderen Exportgüter. Deutschland ist - bezogen auf die Bedeutung für die Exporte von Verarbeiteten Industriewaren (Exportspezialisierung) - bereits überholt. Auch in Großbritannien hat der Sektor Energie/Umwelt zunehmend ein gewichtigere Rolle für die Exportwirtschaft erlangt.

- Erwähnenswert sind (Tab. A.5.2.2) unter den weiteren Ländern mit Spezialisierungsvorteilen Schweden, wo das Exportverhalten allerdings sehr unstet ist, und Tschechien, wo sich ein immer höherer Teil der Ausfuhren auf Umweltschutzgüter konzentriert. Norwegens Umweltschutzindustrie setzt sich auf den Exportmärkten immer stärker durch, während Österreichs Exportspezialisierung auf diesem Feld stark nachlässt.

Im deutschen Ausfuhrsortiment von potenziellen Umweltschutzgütern dominiert mittlerweile die MSR-Technik mit 14,6 Mrd. € vor (Ab)Wassertechnologien mit 12,6 Mrd. € und deutlich vor Energie/Umwelt (8,6 Mrd. €), Luftreinhaltetechnologien (7 Mrd. €) sowie der Abfalltechnik (4 Mrd. €)¹³². Deutschland verfügt in allen **Sparten** der Umwelttechnik über Exportspezialisierungsvorteile (Abb. 5.2.3 und Tab. A.5.2.3) - die Beiträge zur Ausfuhr sind durchgängig positiv. Während sich die (gewichteten) Spezialisierungsvorteile Anfang der 90er Jahre noch auf (Ab-)Wasser- und MSR-Technik gestützt hatten, ist das Profil in den letzten Jahren etwas breiter geworden. Einen besonderen Bedeutungszuwachs konnte der Sektor Luftreinhaltung erzielen sowie - möglicherweise damit im Zusammenhang - die MSR-Technik. Gewässerschutz hält seine Position konstant, der Abfallsektor sowie Energie/Umwelt haben hingegen geringfügige Spezialisierungseinbußen hinnehmen müssen, verharren jedoch klar im positiven Bereich.

Abb. 5.2.3: Spezialisierung Deutschlands bei potenziellen Umweltschutzgütern 1993 bis 2004



*) Positiver Wert: Über dem durchschnittlichen Anteil bei Verarbeiteten Industriewaren liegender Wert der Ausfuhr in % der Ausfuhr von Verarbeiteten Industriewaren.

**) Positiver Wert: Der Sektor trägt zu einer Aktivierung des Außenhandelsaldos bei. Der Wert gibt den relativen Außenhandelsüberschuss bei der betrachteten Warengruppe in % des gesamten Außenhandelsvolumens bei Verarbeiteten Industriewaren wieder.

1) Mess-, Steuer-, Regeltechnik. - 2) Einschl. Gütern zum Lärmschutz.

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodity Statistics, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

¹³² Die Summe ergibt mehr als 42 Mrd. € Dies liegt daran, dass aus systematischen Gründen in einzelnen Fällen Mehrfachzuordnungen von Gütergruppen nicht zu vermeiden waren. In der Gesamtsumme sind sie natürlich konsolidiert.

Man kann die Stärke Deutschlands auf dem Markt für Umweltschutzgüter noch einmal auf andere Weise deutlich machen, indem man sie mit der Position bei forschungs- und wissensintensiven Industrien vergleicht¹³³: Deutschland ist bei fast allen Umweltsparten auf dem Weltmarkt besser vertreten als im Durchschnitt der forschungsintensiven Industrien (Tab. 5.2.2). Lediglich bei Klimaschutzgütern (13 % Welthandelsanteil) wird der durchschnittliche deutsche Welthandelsanteil bei forschungsintensiven Gütern von 14 % nicht erreicht. Dies gilt auch bei einer Regionalbetrachtung: Die Präsenz der deutschen Umweltschutzindustrie ist sowohl in den EU-Ländern als auch bspw. auf dem amerikanischen und dem japanischen Markt vergleichsweise besser als bei forschungsintensiven Waren insgesamt¹³⁴. Dies zeigt, dass sich Deutschland gerade auf den avanciertesten Märkten besonders gut behaupten kann.

Tab. 5.2.2: Außenhandelskennziffern Deutschlands bei potenziellen Umweltschutzgütern nach Bereichen und Regionen 2004

	Welthandelsanteile	RXA	RCA
Umweltschutzgüter¹	16,4	30	25
nach Produktgruppen			
Abfall	16,7	33	76
Wasser	17,0	34	37
Luft	17,8	39	26
MSR ²	18,1	41	36
Energie/Umwelt	12,9	6	-8
nach Regionen			
	Anteile a. d. Weltexporten	RXA	RCA
EU-15	20,2	28	26
USA	10,5	54	-37
Japan	10,4	78	8
nachrichtlich:			
Forschungsintensive Erzeugnisse insgesamt	14,0	15	10
EU-15	17,8	16	10
USA	8,4	32	-12
Japan	7,9	50	-13

Welthandelsanteil: Anteil der Ausfuhren eines Landes an den Weltausfuhren in %.

RXA: Positives Vorzeichen bedeutet, dass der Anteil am Weltmarktangebot bei dieser Produktgruppe höher ist als bei Verarbeiteten Industriewaren insgesamt.

RCA: Positives Vorzeichen bedeutet, dass die Export/Import-Relation bei dieser Produktgruppe höher ist als bei Verarbeiteten Industriewaren insgesamt.

1) Einschließlich Güter zum Lärmschutz. - 2) Mess-, Steuer-, Regeltechnik.

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodity Statistics, Rev. 3, 2005. - Berechnungen des NIW.

Allerdings verlagern sich die Zentren der Nachfrage nach Umweltschutzgütern recht deutlich aus den entwickelten Industrieländern in Regionen mit aufstrebende Schwellenländern in Mittel- und Osteuropa und nach Asien, insbesondere China (Tab. 5.2.3). Aber auch dort sind Umwelttechnikexporteure aus Deutschland schon sehr gut vertreten.

¹³³ Hierzu ist es zweckmäßiger, das dimensionslose Spezialisierungsmaß RXA (Relativer Exportanteil) zu nehmen. Vgl. Anhang 1.

¹³⁴ Der RXA-Wert bei Umweltschutztechnologien liegt aus deutscher Sicht auf dem US-amerikanischen Markt bei 54, derjenige bei FuE-intensiven Waren insgesamt bei 32.

Tab. 5.2.3: Jahresdurchschnittliche Veränderung der Exporte von potenziellen Umweltschutzgütern aus OECD-Ländern 1994 bis 2004 nach Regionen (in %)

	Jahresdurchschnittliche Veränderung 1994-2004	Deutschlands Anteil 2004
Insgesamt	7,6	18,3
Westeuropa	7,0	23,4
Osteuropa	14,9	32,8
Nordamerika	7,7	9,9
Japan	6,6	17,7
Ozeanien	6,9	12,5
China/Hongkong	13,2	15,1
Taiwan/Singapur/Korea	7,2	8,8
Asean-Staaten	4,7	11,3
Indien	7,3	18,0
Israel	5,9	13,0
Afrika	7,2	14,5

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodity Statistics, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

Komparative Vorteile

Bei Fragen nach der internationalen Wettbewerbsposition eines Wirtschaftszweiges sollten auch die Importe in Betracht gezogen werden. Denn ausländische Anbieter konkurrieren nicht nur auf ihrem eigenen Inlandsmarkt mit dem deutschen „Exportsektor“, sondern auf dem deutschen Inlandsmarkt mit dem deutschen „Importsubstitutionssektor“. Insofern deckt erst der Vergleich der Ausfuhr- mit den Einfuhrstrukturen die „komparativen Vorteile“ einer Volkswirtschaft auf („**Spezialisierungsmuster**“).

Der „**Beitrag zum Außenhandelsaldo**“ gibt Signale in zweierlei Richtung¹³⁵:

- Zum einen zeigt ein positives Vorzeichen an, welche Länder auf potenzielle Umweltschutzgüter spezialisiert sind.
- Zum anderen misst die Höhe auch die quantitative Bedeutung für den Außenbeitrag an. Dabei geht auch das Gewicht des Sektors im internationalen Handel mit ein.

Daran gemessen liegt Deutschland bei potenziellen Umweltschutzgütern ebenfalls weit vorne (Abb. 5.2.2 und Tab. A.5.2.4). Allerdings gibt es auch eine Reihe von Volkswirtschaften, bei denen höhere Spezialisierungsvorteile bei potenziellen Umweltschutzgütern gemessen werden: z. B. sind dies mit Großbritannien und Japan Länder, bei denen die Exportspezialisierung ähnlich wie in Deutschland einzuschätzen ist. Es ist schwer zu sagen, wie im Einzelfall diese Diskrepanzen zu erklären sind. Man sollte jedoch berücksichtigen, dass im Umweltschutz zum einen weitgehend nationale Normen den erforderlichen „Stand der Technik“ definieren und zum anderen, dass der Staat sehr stark als Nachfrager nach Umweltschutzgütern und -leistungen auf dem Markt agiert. Beides begünstigt in gewissem Maße protektionistische Praktiken. Diese können aus dem „Revealed“-Ansatz nicht eliminiert werden. Umgekehrt heißt dies aber auch, dass der deutsche Markt für Umweltschutzgüter als vergleichsweise offen zu gelten hat. Dies ist für den Anwender und für die schnelle Diffusion von neuen Technologien durchaus vorteilhaft. Deutschlands Technologieanwender profitieren somit von

¹³⁵ Vgl. OECD (2001).

der technologischen Entwicklung auf dem Weltmarkt. Großbritannien und Japan scheinen hingegen eher zu den Ländern zu gehören, auf deren Märkten es ausländische Anbieter von Umweltschutzgütern relativ schwer haben.

Mittelfristig betrachtet fällt Deutschlands Außenhandelsspezialisierungsprofil bei potenziellen Umweltschutzgütern von Jahr zu Jahr geringfügig schwächer aus. Im Vergleich mit der eher stabilen Exportspezialisierung kann dies so interpretiert werden, dass ausländische Anbieter von potenziellen Umweltschutzgütern ihre Position auf dem deutschen Markt haben verbessern können. Nachlassende Spezialisierungsvorteile (auf noch immer hohem Niveau) verzeichnen Dänemark und die Schweiz. Hingegen zeigen sich tendenzielle Positionsverbesserungen für die USA, Großbritannien, Italien und Japan.

Auffällig ist, dass sich die RCA-Werte phasenweise verändern. Dies kann man damit erklären, dass es über einen längeren Zeitraum betrachtet immer spezifische „Umweltkonjunktoren“ gibt, die - abhängig von den jeweiligen nationalen Kompetenzen - natürlich auch Spuren im Spezialisierungsmuster der Volkswirtschaften hinterlassen.

Auch in Deutschland zeigen sich beachtliche Schwankungen in der Außenhandelsposition bei potenziellen Umweltschutzgütern (Abb. 5.2.3). Die höchsten Beiträge zum Außenhandelsaldo werden für die MSR-, (Ab-)Wasser- und Abfalltechnik ausgewiesen, seit einiger Zeit wieder mit aufsteigender Tendenz. Luftreinigungstechnik sowie Energie/Umwelt stehen unter starkem Importdruck, wobei sich das Spezialisierungsbild in der Luftreinigung aktuell wieder verbessert hat. Im Sektor Energie/Umwelt hat der Importanteil jedoch so stark zugenommen, dass von einer Spezialisierung Deutschlands auf diesem Gebiet nicht mehr gesprochen werden kann.

Wettbewerber im Überblick

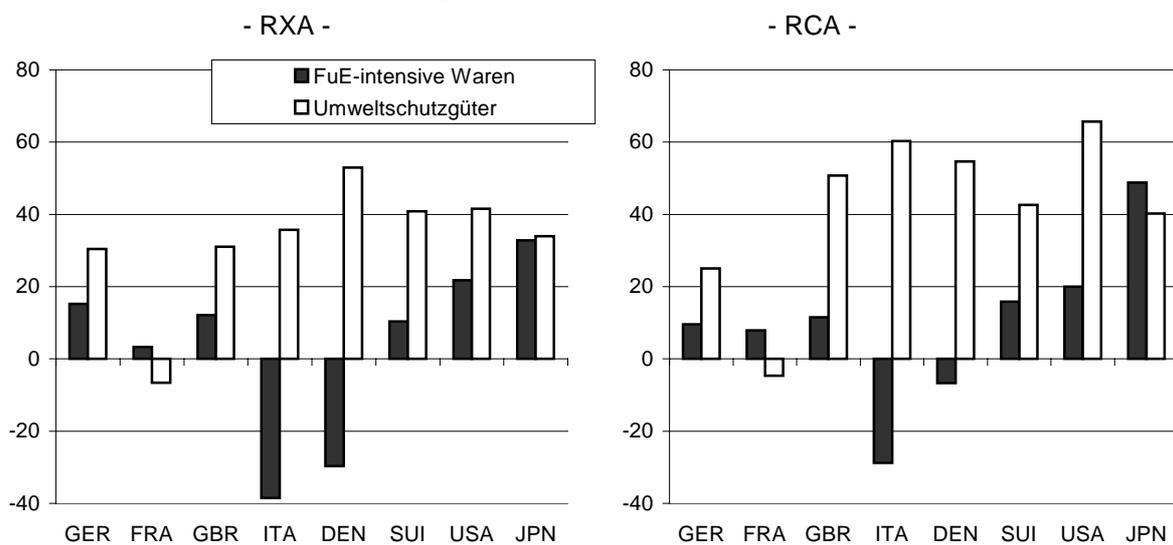
In vielen hoch entwickelten westeuropäischen Ländern hat Umweltschutz in den letzten zwei Jahrzehnten mehr und mehr positiv an Bedeutung für die jeweilige internationale Wettbewerbsposition gewonnen. Auch in vielen kleineren Ländern haben sich, zumindest in einzelnen Umweltbereichen, wettbewerbsfähige Industrien entwickelt und Spezialisierungsvorteile im internationalen Handel herausgebildet (vgl. Tab. A.5.2.5).

- Die sehr gute Position Italiens auf dem Umweltschutzmarkt ist auf seine Stärke bei Maschinen und Anlagen zurückzuführen, die sich in Spezialisierungsvorteilen in allen Bereichen niederschlägt. Die MSR-Technik ist zwar nicht ganz so stark vertreten, erzielt jedoch zunehmend Spezialisierungsvorteile.
- In Dänemark, Großbritannien und den USA tragen die Umweltschutzindustrien ebenfalls noch mehr zur Aktivierung der Außenhandelsbilanz bei als in Deutschland. Dort sind gar flächendeckend Spezialisierungsvorteile vorzufinden.
- In der Schweiz und in Japan ist ebenfalls eine beinahe umweltspartenübergreifende breite Spezialisierung vorzufinden.
- Schweden hat sich nach vorn gearbeitet, insbesondere in der Luftreinigung und bei Energie/Umwelt, ist am aktuellen Rand jedoch wieder etwas zurückgefallen, vor allem in der (Ab-)Wassertechnik. Der Außenhandelsbeitrag ist im Jahr 2004 wieder negativ. In den Niederlanden tragen in den letzten Jahren vor allem Energie/Umwelt sowie die Abfalltechnik zum leicht positiven Bild bei. Spanien hat eine hoch wettbewerbsfähige Gewässerschutzindustrie.
- Unter den mittel- und osteuropäischen Reformländern verfügt die Tschechische Republik über komparative Vorteile im Handel mit Abfall- und Luftreinigungstechnologien. Polen und die Slowakei haben ebenfalls im Abfallsektor Vorteile.

In der Regel handelt es sich bei den auf potenzielle Umweltschutzgüter spezialisierten Volkswirtschaften um **Universalanbieter**, d. h. meist sind sie auf breiter Front auf Umweltschutz spezialisiert. Offensichtlich gibt es bei den spezialisierten Anbieterländern industriezweigübergreifend eine stark ausgeprägte Präferenz für Umweltschutzgüter. Dies könnte ein Zeichen für ein gewisses „clustering“ in der Umweltschutzwirtschaft sein. Eine Ausnahme scheint die MSR-Technik zu sein, die vielfach im Spezialisierungsmuster der Volkswirtschaften bei potenziellen Umweltschutzgütern extreme Ränge - weit vorne oder weit hinten - einnimmt. In diesem Sektor ist jedoch die „multiple-purpose“-Problematik am allergrößten, so dass ein Zusammenhang mit umweltwirtschaftlichen Fragestellungen nur sehr bedingt zu ziehen ist.

Es sind auch keineswegs allein die Länder auf potenzielle Umweltschutzgüter spezialisiert, die generell auch komparative Vorteile bei forschungsintensiven Waren haben (Abb. 5.2.4). Insbesondere Frankreich fällt - im Vergleich zur positiven Spezialisierung bei forschungsintensiven Gütern - etwas zurück. Hingegen können Dänemark und Italien ihre hohe Maschinenbaukompetenz nicht in der vollen Breite forschungsintensiver Industrien einbringen; sie konzentrieren sich vielmehr auf die umweltschutzbezogene Anwendung. Dies bringt ihnen dort Vorteile ein.

Abb. 5.2.4: Spezialisierung ausgewählter OECD-Länder bei forschungsintensiven Waren und potenziellen Umweltschutzgütern 2004



RXA: Positives Vorzeichen bedeutet, dass der Anteil am Weltmarktangebot bei dieser Produktgruppe höher ist als bei Verarbeiteten Industriewaren insgesamt.

RCA: Positives Vorzeichen bedeutet, dass die Export/Import-Relation bei dieser Produktgruppe höher ist als bei Verarbeiteten Industriewaren insgesamt.

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodity Statistics, Rev. 3, 2005. - Berechnungen des NIW.

Der Vergleich der Spezialisierungshierarchie zeigt, dass Umweltschutzgüterproduktion und -handel insbesondere Sache der hochentwickelten Länder ist. Dabei sind fast alle mitteleuropäischen Staaten vorne zu finden. Umweltschutz erfordert häufig maßgeschneiderte Lösungen. Somit ist enger Kontakt zu den jeweiligen Märkten erforderlich. Elemente eines „präferenzorientierten Handels“ dürften daher gerade in Europa eine große Rolle spielen. Ähnliche Produktionsstrukturen und Kulturkreise und die damit verbundene tendenzielle Angleichung der Umweltnormen durch die EU begünstigen den wechselseitigen Austausch von hochwertigen Technologien und mindern den Anpassungsdruck beträchtlich. Der wechselseitige Austausch von Technologien innerhalb eines relativ homogenen Wirtschaftsraumes erleichtert auch die Erzielung von Skalenvorteilen, die wiederum exportsteigernde Effekte auf den Drittländermärkten auslösen können.

Tendenziell schimmert weiterhin das Muster durch, dass, unabhängig vom Entwicklungsstand und von der Einbindung in supranationale Wirtschaftsräume, Länder mit großer Tradition in Verfahrenstechnik und Maschinenbau auf den Märkten für Umweltschutzgüter komparative Vorteile haben. Zu den Spitzenreitern haben sich die USA gesellt, die auf den Umweltschutzmärkten nicht nur ihre Stärken im Maschinenbau, sondern auch im Querschnittsbereich MSR-Technik ausspielen.

5.3 Spezialfall Energie/Umwelt

Seit über einem Jahrzehnt konzentrieren sich umweltpolitische Aktivitäten vor allem auf den Klimaschutz. Klimaschutztechnologien stehen auch innovationspolitisch hoch im Kurs. Deshalb sei hier eine kleine vertiefende Analyse der Außenhandelspezialisierung Deutschlands im Sektor Energie/Umwelt angefügt.

Deutschland hat im Jahre 2004 Klimaschutzgüter im Wert von 8,6 Mrd. € exportiert. Dies entspricht einem Anteil von 1,3 % an den Ausfuhren von Verarbeiteten Industriewaren. Der Welthandel hat sich bei Klimaschutzgütern seit 1993 bei einer jahresdurchschnittlichen Zuwachsrate von 9 % verzweieinhalbacht. Er ist damit der allgemeinen Welthandelsdynamik (8,2 %) enteilt, allerdings mit dem entscheidenden Vorstoß erst seit dem Jahr 2002.

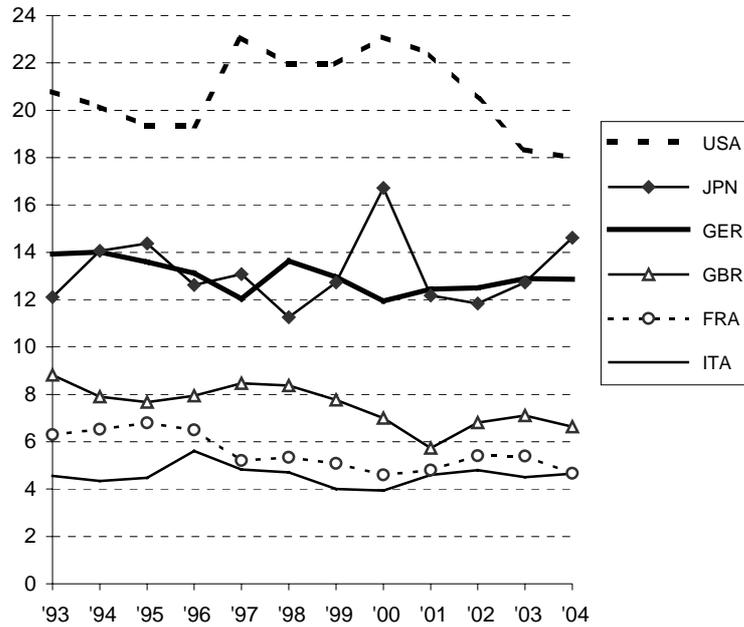
Die USA sind mit einem Anteil von 18 % an den Weltausfuhren der größte Exporteur von potenziellen Klimaschutzgütern (Abb. 5.3.1). Die **Welthandelsanteils**kurve der USA nimmt auf diesem Sektor zwar einen ähnlichen Verlauf wie bei Industriewaren insgesamt, jedoch sinkt der Welthandelsanteil im Sektor Energie/Umwelt nicht ganz so drastisch. Deutschland liegt mit 13 % auf diesem Feld hinter Japan (Welthandelsanteil 15 %). Es folgen Großbritannien (7 %), Frankreich und Italien (jeweils 5 %).

Ein Anteil von 13 % am Welthandel mit potenziellen Klimaschutzgütern ist aus deutscher Sicht nicht besonders überragend, denn dieser Anteil liegt nur knapp über demjenigen, den Deutschland typischerweise bei Verarbeiteten Industriewaren erzielt, im Jahre 2004 waren es 12 %. D. h. die Zahlen zeigen für Deutschland bei potenziellen Klimaschutzgütern nur einen kleinen **Exportspezialisierungsvorteil** an: Im gesamten vergangenen Jahrzehnt hat die Klimaschutzwirtschaft in etwa die weltwirtschaftliche Bedeutung gehabt wie die Wirtschaft insgesamt. Insofern war sie eher „unauffällig“ (Abb. 5.3.2).

Dennoch hat Deutschland auch im Klimaschutz große Stärken, die vor allem bei rationeller Energieverwendung, dem aus deutscher Sicht mit einem Exportvolumen von 5,3 Mrd. € größten Block, zu Buche schlagen. Bei Gütern zur rationellen Energieumwandlung sowie erneuerbaren Energiequellen ist Deutschlands Beitrag zum Welthandel mit 11 und 10 % hingegen recht niedrig. Diese Bereiche zählen nach den hier vorgenommenen Abgrenzungen also nicht zu Deutschlands Exportschlagern.

Hinsichtlich der Exportspezialisierung (Beitrag zum Export) wird denn auch zusätzlich deutlich (Abb. 5.3.2 und Tab. A.5.2.3), dass die Klimaschutzwirtschaft in einigen kleineren Volkswirtschaften für das Außenhandelsvolumen eine gewichtigere Bedeutung hat als in vielen großen Volkswirtschaften - USA und Japan ausgenommen. Vor allem Dänemark und die Schweiz liegen recht weit vorne. In Frankreich und Italien ist die Exportspezialisierung auf Klimaschutz hingegen noch niedriger als in Deutschland.

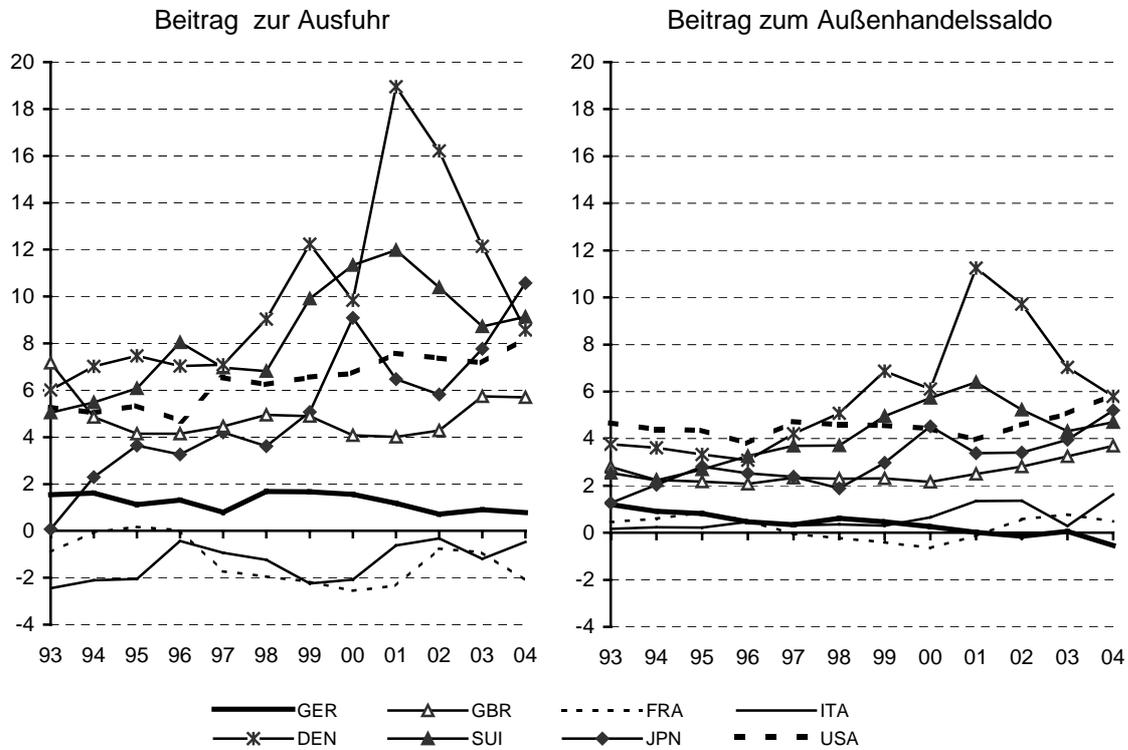
Abb. 5.3.1: Welthandelsanteile¹ der größten Anbieter von potenziellen Klimaschutzgütern 1993 bis 2004



1) Anteil der Ausfuhren eines Landes an den Weltausfuhren in %.

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodities, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

Abb. 5.3.2: Spezialisierung ausgewählter OECD-Länder bei potenziellen Klimaschutzgütern 1993 bis 2004 (in %)



Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodities, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

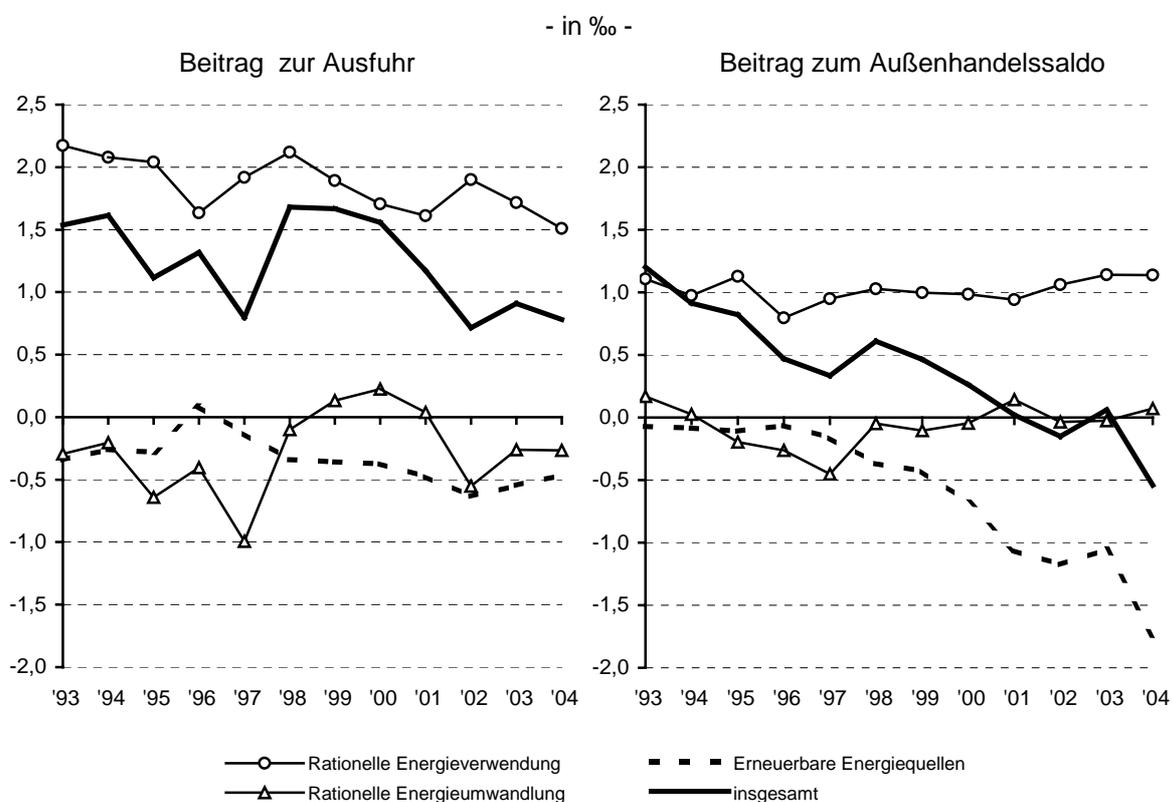
Letztlich wirkt sich die Exportposition auch in den „**komparativen Vorteilen**“ aus. Der Beitrag des Sektors Energie/Umwelt zum Außenhandelssaldo ist in Deutschland von einer vor einem Jahrzehnt noch positiven Bilanz her kommend kontinuierlich gesunken und aktuell unter den Nullpunkt gerutscht. In der Summe der untersuchten Bereiche signalisieren die Daten, dass Deutschland im Handel mit potenziellen Klimaschutzgütern keine messbaren Spezialisierungsvorteile mehr zu haben scheint. Ausschlaggebend für diesen Rückgang ist vor allem der überdurchschnittlich hohe Anstieg von Importen bei potenziellen Klimaschutzgütern. Darin kommt zum Ausdruck, dass sich deutsche Klimaschutztechnologianwender zunehmend des Weltmarktangebotes an Klimaschutzgütern bedienen.

Das Ergebnis für den Klimaschutz dürfte teilweise auch damit zusammenhängen, dass Klimaschutz in Deutschland immer stärker produktintegriert definiert und betrieben wird (wie bspw. durch energieeffizientere Elektrogeräte). Diese Effekte lassen sich nicht messen, sie sind nicht „sichtbar“. Hier stößt der produktionswirtschaftliche Ansatz dann an seine Grenzen, wenn er flächendeckend sowie im intertemporalen und internationalen Vergleich angewendet werden soll. Von Zeit zu Zeit durchgeführte Fallstudien, die die spezifisch-klimaschutzrelevante Leistungsfähigkeit von Materialien, Komponenten, Geräten und Anlagen deutscher Provenienz mit Hilfe „technometrischer“ Methoden im Vergleich zu ihren ausländischen Mitbewerbern aufdecken, wären hier wesentlich hilfreicher. Auch Verbandsstatistiken und vor allem -erhebungen dürften in einigen Fällen mehr Klarheit bringen.

Zur Interpretation dieser Entwicklung ist es hilfreich, die Entwicklung bei den drei Teilbereichen zu betrachten (Abb. 5.3.3):

- Güter der **rationellen Energieverwendung** konnten in Deutschland ihren positiven Beitrag zum Außenhandelssaldo halten, ihn gegenüber Mitte der 90er Jahre sogar wieder leicht steigern. Hier zeigen die Zahlen also eine sich leicht verbessernde internationale Wettbewerbsposition an.

Abb. 5.3.3: Spezialisierung Deutschlands bei potenziellen Klimaschutzgütern 1993 bis 2004 (in %)



Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodities, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

- Im Teilbereich der **rationellen Energieumwandlung** wird ein knapp durchschnittliches Ergebnis erreicht, aktuell im Jahr 2004 sogar mit positivem Vorzeichen. Dieser Sektor hat damit wieder eine ähnlich starke Wettbewerbsposition wie der Durchschnitt der deutschen Industrie. Ein Spezialisierungsvorteil ist bis 2004 nicht auszumachen, allerdings auch kein bemerkenswerter Spezialisierungsnachteil. Nach einer deutlichen Verschlechterung bis 1997 erfolgte seither wieder ein leichter Aufwärtstrend. Klar im Vorteil sind deutsche Anbieter z. B. bei den Anlagen im engeren Sinne (Gasturbinen und BHKWs). Im Nachteil ist Deutschland hingegen im Handel mit Teilen und Komponenten, die teilweise das „Herzstück“ der Technologie ausmachen.
- Bei **erneuerbaren Energietechnologien** war Deutschland im gesamten Betrachtungszeitraum nicht spezialisiert. Seit Mitte der 90er Jahre hat sich ihr Beitrag zum Außenhandelsaldo sogar stark passiviert. Da der internationale Handel bei regenerativen Energiequellen quantitativ am stärksten expandiert ist, hat deren Bedeutung bei der Bestimmung der Spezialisierungsvorteile im gesamten Sektor Energie/Umwelt deutlich zugenommen. Beide Entwicklungen sind dann letztendlich auch dafür verantwortlich, dass sich der Beitrag der potenziellen Klimaschutzgüter zum Außenhandelsaldo in den letzten Jahren, aktuell im Jahr 2004, nochmals wieder deutlich verringert hat.

Das recht schwache Abschneiden deutscher Anbieter beim Weltmarktangebot mag - zumal vor dem Hintergrund der massiven Produktionszuwächse erneuerbarer Energiequellen in Deutschland - zunächst überraschen. Der Export erreicht nur ein Drittel der japanischen Exportumsätze. Vor allem bei erneuerbaren Energiequellen greifen Deutschlands Nachfrager zudem zunehmend auf das Auslandsangebot zurück. Wie kann man sich die auf den ersten Blick unerwartet ungünstigen Spezialisierungskennziffern Deutschlands bei Klimaschutzgütern erklären?

- Eine nicht unerhebliche Rolle spielt die Struktur der Importe: Auf Photovoltaik (Solarzellen und -kollektoren) entfallen 57 % des Einfuhrwertes, auf Wind- und Wasserkraftanlagen knapp 13 %, der Rest auf Komponenten.
- Weiterhin ist zu sagen, dass der massive Nachfrageschub bei regenerativen Energieträgern in Deutschland bei den Produzenten zunächst seine Wirkungen beim Inlandsabsatz zeigt. Bei hohen technologischen Vorsprüngen und bei hohen Skalenvorteilen ist der Nachfrage- und Produktionschub auch exportwirksam geworden. Allerdings fehlt es in vielen potenziellen Abnehmerländern noch an ausreichender Importnachfrage.
- Der Nachfragezuwachs fiel insbesondere bei der Windkraft so stark aus, dass der Kapazitätsaufbau im Inland schwerlich Schritt halten konnte. Im Ergebnis ist ein nicht unerheblicher Teil der Nachfrage durch Importe gedeckt worden. Ohne in diesem Zusammenhang Produzentensubventionen das Wort reden zu wollen: Die finanzielle Förderung des Einsatzes neuer Technologien beim Anwender lässt offen, wer letztlich unter den Produzenten der Begünstigte ist - der heimische Anbieter oder die ausländische Konkurrenz. Wenn aber parallel der Fortbestand des EEG permanent in Frage gestellt wird und die B-Länder gar auf die Förderung einzelner Teilbereiche verzichten sowie den Ausweis von Standorten für alternative Stromerzeugungsanlagen erschweren, dann darf man sich nicht wundern, wenn international hoch wettbewerbsfähige Unternehmen vergleichsweise wenig in Produktionskapazitäten in Deutschland investieren.
- Trotz der starken Produktionsimpulse des lukrativen Inlandsmarkts ist es deutschen Anbietern von Erneuerbare-Energien-Technologien seit 2002 gelungen, die Exporte überdurchschnittlich zu steigern. Dennoch liegen die Importwachstumsraten, insbesondere seit 2000, noch sehr weit über denen des Exports. Dies muss nicht in jedem Fall eine schwächere Position der Anbieter von Umweltschutzgütern signalisieren. Es fehlt wohl an verlässlichen Signalen für eine exportorientierte Erweiterung der Produktionskapazitäten.

- In den Zahlen nicht berücksichtigt sind die Importe und Exporte von Vorleistungen, die von den Herstellern von Windkraftanlagen bezogen werden und zu einem erheblichen Teil aus dem Maschinenbau stammen (z. B. Getriebeteile, die kein Spezifikum von Erneuerbare-Energie-Anlagen sind). Dem Ergebnis von Verbands- und Unternehmensbefragungen zu Folge würde sich der deutsche Weltmarktanteil erhöhen, wenn diese Komponenten berücksichtigt würden.¹³⁶

Diese Hintergrundbetrachtungen relativieren die Bedeutung der Spezialisierungsverluste bei den erneuerbaren Energien. Dennoch kann nicht einfach davon ausgegangen werden, dass die Expansion auf dem Inlandsmarkt im Zeitablauf quasi „automatisch“ zu einer erheblichen Verbesserung der Spezialisierungswerte führen wird. Hierzu sind die Zusammenhänge bei der Etablierung von nichtpreisbedingten internationalen Wettbewerbsvorteilen viel zu komplex und die Einflussfaktoren zu vielfältig¹³⁷. Neben einer die Präferenzen auf dem Weltmarkt antizipierenden Nachfrage, wettbewerbsfördernden Marktstrukturen, einer innovationsfördernden Regulierung sowie der Einbettung der Herstellprozesse der Technologien in - schwer ins Ausland transferierbare - nationale Leistungsverbünde ist auch die Wissensbasis von entscheidender Bedeutung (Abschnitt 3). Vor einer eingehenden Analyse dieser Faktoren ist zu früh, um beurteilen, ob die politikgetriebene Expansion der inländischen Nachfrage langfristig zu einer Verbesserung der Spezialisierung Deutschlands auf Klimaschutzgüter führen wird oder nicht.

¹³⁶ So beziffern DWE/VDMA (2005) den Anteil der deutschen Hersteller und Zulieferer an allen weltweit im Jahr 2004 produzierten Anlagen und Komponenten auf 50 %.

¹³⁷ Neben den politischen Rahmenbedingungen zur Förderung Erneuerbare-Energie-Technologien ist es vor allem die Technologieakzeptanz in potenziellen Absatzländern, die wesentliche Voraussetzungen für zukünftige Zielmärkte deutscher Unternehmen sind (vgl. DENA, 2005).

6 Zusammenfassung

Umweltschutz, Innovationen und Wachstum: Wie gemacht für Deutschland?

Um künftig in der Welt sparsamer mit den natürlichen Ressourcen umzugehen und die Umwelt weniger zu belasten, sind z. T. weitreichende neue technologische Entwicklungen sowie Produkt-, Verfahrens- und organisatorische Innovationen zwingend erforderlich. Der Markt für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen stellt daher überdurchschnittlich hohe Anforderungen an die Innovationsfähigkeit in den Unternehmen der Produktions- und Verfahrenstechnik, in öffentlichen (FuE-)Einrichtungen sowie an das Qualifikationsniveau der Beschäftigten: In der Umwelttechnik geht es vor allem um die problemadäquate Anwendung von FuE-Ergebnissen, um die optimale, meist interdisziplinäre Kombination von Technologien und um die konsequente Umsetzung von technischem Wissen in anwendungsorientierte Umweltschutzlösungen. Gerade diese Art von „Systemkompetenz“ (hohe Anwendungsorientierung der unternehmerischen FuE sowie die hohe Kooperationsneigung von leistungsstarken Einrichtungen der wissenschaftlichen Forschung und in der Wirtschaft im Innovationsgeschäft) gilt als eine besondere Stärke Deutschlands. Volkswirtschaften mit einem starken „Umfeld“ in Wissenschaft und Forschung können in diesen Technologiefeldern eine führende Rolle einnehmen.

Insofern könnte die Umwelttechnik als Paradebeispiel für das Funktionieren des „deutschen Innovationssystems“ gelten. Zudem gilt die Umwelttechnik als ein Wachstumsmarkt. Denn alle bekannten Projektionen weisen auf eine expansive Entwicklung hin - vor allem im internationalen Raum, mit besonderem Gewicht auf den Klimaschutz. Die weltweit erwarteten Steigerungen der Umweltschutzanstrengungen sowie eine zunehmende Angleichung von gesetzlichen Regelungen zum Schutz der Umwelt bei gleichzeitiger Liberalisierung des öffentlichen Beschaffungswesens dürften eine zunehmende Internationalisierung der traditionell national regulierten und determinierten Märkte bewirken. Deutschland hat schon seit Anfang der 70er Jahre recht hohe Maßstäbe an den Umweltschutz gelegt, die Umweltschutzwirtschaft konnte daher frühzeitig auf einem anspruchsvollen Binnenmarkt ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen. Bei der ausgewiesenen Exportstärke sollte es daher für Deutschland geradezu selbstverständlich sein, nicht nur nationale Lösungen zu entwickeln, sondern weltwirtschaftlich transferierbare Technologien und Produkte, um die Exportmöglichkeiten auszuweiten.

Die Umweltschutzwirtschaft passt somit recht gut zu dem Profil, das Deutschland im internationalen Wettbewerb abverlangt wird: Hochentwickelte Volkswirtschaften werden auf dem Weltmarkt vor allem durch Konzentration auf Güter und Dienstleistungen mit hohen Qualitätsstandards und mit technischen Neuerungen hinreichend hohe Produktions-, Beschäftigungs- und Realeinkommenszuwächse erzielen können. Andererseits ist jedoch auch einzukalkulieren, dass die Anbieter mit zunehmender Angleichung der Umweltstandards und mit zunehmender Diffusion von Umweltschutztechnologien in einem schärfer werdenden technologischen und ökonomischen internationalen Wettbewerb stehen. In diesem Wettbewerb spielt die Innovationsfähigkeit eine ausgesprochen große Rolle.

Regulierungen: Impulse für Innovationen - wenig Auswirkungen auf Innovationserfolg

Die Mechanismen auf den Märkten für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen weisen häufig Besonderheiten auf: Umweltschutzbezogene Innovationen sind häufig auf staatliche Regulierungen wie Normen, Abgaben - aber auch auf Subventionen - zurückzuführen. Sie können die Entwicklung neuer technologischer Lösungen bei Anbietern von Umweltschutzgütern und -dienstleistungen anregen (Produktinnovationen in Umweltschutztechnologien), die Vermeidung von nachteiligen Produkteigenschaften befördern oder gar zur Auflage machen (produktintegrierter Umweltschutz), zu Investitionen in neue Anlagen und Verfahren mit geringeren Emissionswerten führen (anlagen- und prozess-

integrierter Umweltschutz) oder neue Dienstleistungen beflügeln, die das Erreichen von umweltpolitischen Zielen erleichtern (Beratung, Analyse, FuE, Kontrolle).

Aus der Innovationserhebung 2003 geht hervor, dass gut 6 % aller Unternehmen auch aus staatlichen Regulierungen Anregungen für Innovationen bezogen haben (vgl. Abb. 4.3.2). Umweltschutzregulierungen sind darunter der größte Block (knapp die Hälfte), so dass sie in 2½ % aller Unternehmen in Deutschland Anlass zu Innovationen gegeben haben. Das sind 6 % aller innovierenden Unternehmen. Mit 8 % sind es jeweils im Produzierenden Gewerbe (ohne Bau) und bei wissensintensiven Dienstleistungen etwas mehr. Die betroffenen Unternehmen führen rund 40 % ihres „Innovationsumsatzes“ auf Umweltregulierungen zurück.

Eine genauere Spezifizierung nach Art, Struktur und Zielrichtung der umweltschutzbezogenen Regulierungen ist kaum möglich, da zwei Drittel der Angaben nicht weiter detailliert waren. Aus der Intensität der „Betroffenheit“ kann man sich jedoch vorstellen, dass Umweltregulierungen sehr vielschichtige Innovationswirkungen auslösen: Ganz oben stehen Chemie/Mineralöl (Produkt- und Prozessinnovationen), vor technischen Dienstleistungen und Maschinenbau (neue Produkte), Wohnungswesen (Energieeinsparung), Energie-/Wasserversorgung (Emissionsschutz), Entsorgung (Verwertung, Deponie), Fahrzeugbau (Recycling, Abgasreinigung, Ressourcenschonung). Insgesamt zielen zwei Drittel der Innovationen auf neue Produkte, und jeweils rund ein Fünftel auf neue Prozesse bzw. auf Produktinnovationen bei gleichzeitiger Verfahrenserneuerung.

Umweltregulierungen haben jedoch nur wenig Einfluss auf wichtige Kennziffern des „Innovationserfolgs“ (vgl. Tab. 6.1):

Tab. 6.1: Einfluss der Innovationsquelle Umweltregulierungen auf Erfolgsbilanzen

Einfluss auf	Koeffizient	t-Wert
Innovationserfolge*		
Umsatzanteil mit		
Produktneuheiten	-2,71	-1,05
Marktneuheiten	-4,53	-1,42
Sortimentsneuheiten	-5,47	-1,89
Stückkostensenkungsanteil	-1,97	-0,81
Umsatzsteigerung durch Qualitätsverbesserung	-5,01	-1,31
Exportserfolge		
Exportquote (produzierendes Gewerbe)*	-0,02	-0,55
Exportaktivitäten (Dienstleistungsunternehmen)**	-0,04	-0,81
Umsatzrentabilität***		
bei Produktinnovationen	0,20	1,84
bei Prozessinnovationen	-0,05	-0,25

* Tobit-Schätzung, ** Probit-Schätzung, *** nach sieben Stufen geordnete Probit-Schätzung
Werte, die statistisch auf dem 10 %-Niveau signifikant sind, sind fett gedruckt

Quelle: MIP-Erhebung 2003. - Berechnungen und Modellschätzungen des ZEW.

- Unternehmen, die durch Umweltschutzregulierungen angestoßene Produktinnovationen oder Marktneuheiten melden, machen dadurch keinen höheren Umsatz. Im Gegenteil: Markterfolge mit Sortimentsneuheiten sind eher seltener. Dies lässt vermuten, dass Umweltschutzproduktinnovationen eher durch Differenzierung des Angebots entstehen als durch Diversifizierung der Angebotspalette.
- Prozessinnovationen auf der Basis von Umweltschutzregulierungen sind ebenfalls beinahe neutral auf das Betriebsergebnis: Die Effekte dieser Maßnahmen bedeuten weder höhere Kostensenkungen noch Qualitätsverbesserungen, sie belasten die Ertragsstruktur aber auch nicht.

- Unternehmen, die Umweltschutzregulierungen zum Anlass für Produktinnovationen genommen haben, haben dadurch offensichtlich auch keine größeren Exportaktivitäten entfalten können. Eine „Lead Market-Eigenschaft“ des deutschen Umweltschutzregulierungssystems lässt sich daraus nicht ableiten. Dies mag verschiedene Ursachen haben. Zwei wichtige Gründe sind: Technologische Neuerungen im Umweltschutz sind nur dann ohne Weiteres transferierbar, wenn gesetzliche Regelungen **und** Vollzug des Umweltschutzes einigermaßen harmonisiert sind und wenn es trotz der hohen Bedeutung öffentlicher Beschaffungen keinen Protektionismus gibt. Die Exportfähigkeit von Umweltschutzgütern und -leistungen ist daher meist etwas geringer. Zweitens ist angesichts der ohnehin schon starken Auslandsmarktorientierung der deutschen Innovatoren zu vermuten, dass sie im Zweifel die Regulierungssysteme im Ausland bereits verinnerlicht haben. Die Innovatoren mit Umweltschutzregulierungsaffinität sind deshalb auch nicht stärker auf den Inlandsmarkt orientiert als Innovatoren, die sich die Innovationsmotive nicht aus dem Umweltschutz holen. Umweltschutzprodukte für verschiedene Märkte entstehen vielfach durch Differenzierung.
- Interessanter Weise ist die Umsatzrentabilität in Unternehmen mit umweltschutzregulierungsgetriebenen Innovationen tendenziell höher als in Unternehmen, die keine Innovationen durchgeführt haben bzw. auf andere Innovationsimpulse als die Umweltschutzgesetzgebung eingegangen sind. Ein Erklärungsansatz hierfür wäre, dass die ebenfalls auf die Regulierung reagierenden Kunden nur wenig Wahlmöglichkeiten haben und daher der Anbieter Preisvorteile ausschöpfen kann.

Insgesamt sind umweltschutzbezogene Regulierungen also im „deutschen Innovationssystem“ eher „unauffällig“ und unschädlich für die Innovationsbilanzen. Dies ist angesichts der in Deutschland im internationalen Vergleich starken Verbreitung von Innovationen und der meist in allen Wirtschaftszweigen hohen Innovationskraft¹³⁸ ein gutes Ergebnis. Es lässt zumindest nicht den Schluss zu, dass die Regulierungen ohne Rücksicht auf die Eigenheiten des „deutschen Innovationssystems“ designed worden sind.

Eingeschränkte Analysemöglichkeiten der „Umweltschutzwirtschaft“

Die Analyse der Position der deutschen Umweltschutzwirtschaft im internationalen Wettbewerb stößt **methodisch** auf Erkenntnisgrenzen, wenn man einen flächendeckenden quantitativen internationalen Vergleich anstrebt. Die Umweltschutzwirtschaft - das sind die Anbieter von Gütern und Dienstleistungen zur Vermeidung, Verminderung und Beseitigung von Umweltbelastungen¹³⁹ - präsentiert sich nicht als homogene Branche, anhand derer auf der Basis international vergleichbarer empirischer Konventionen eine Einordnung erfolgen könnte. Der hier verwendete angebotsorientierte produktionswirtschaftliche Ansatz bei der Abgrenzung der Umweltindustrie umfasst Güter, die **ihrer Art nach** dem Umweltschutz dienen können. Es wird also der **potenzielle Lieferumfang** von Umweltschutzgütern dargestellt, der tatsächliche kann nicht separiert werden. Für die Einschätzung der internationalen Wettbewerbsposition der Branche ist diese Einschränkung jedoch nicht schädlich, weil in den betreffenden Waren der „harte Kern“ von Wissen und Umweltschutztechnologien inkorporiert ist. Insofern ist die Verarbeitende Industrie der Schlüssel für den internationalen Umweltschutztechnologie- und -wissenstransfer. Dennoch ist es nachteilig, dass mit diesem Ansatz Dienstleistungen nur aus der „Binnensicht“ und nicht international vergleichend erfasst werden können. Dienstleistungen gewinnen als Komplementärleistung zum Angebot von Umweltschutzgütern in der Initiierung, Planung und Realisierung von Umweltschutzlösungen zunehmend an Bedeutung. Der Nachteil hält sich jedoch

¹³⁸ Vgl. Rammer (2006).

¹³⁹ Gemeint sind die „Umweltmedien“ Abfallbeseitigung/Recycling, Gewässerschutz/Abwasserbeseitigung, Lärmschutz, Luftreinhaltung, Umweltmesstechnik sowie energiebezogener Klimaschutz (rationelle Energienutzung und -umwandlung, erneuerbare Energieträger).

in Grenzen, weil die „Handelbarkeit“ von originären umweltschutzorientierten Dienstleistungen (Planung, Beratung, Forschung, Marketing, Finanzierung usw.) nicht sehr hoch ist.

Von zunehmender Bedeutung sind **integrierte Umweltschutzlösungen**, die schädliche Emissionen bei Produkten und im Produktionsprozess von vornherein vermeiden. Dieser säkulare Trend vom „sichtbaren“ (end-of-pipe) zum „unsichtbaren“ (cleaner production) Umweltschutz impliziert auch, dass Umweltschutzmaßnahmen nicht immer als solche wahrgenommen werden und Unternehmen weniger durch Umweltschutz- denn durch Kosteneinsparungsziele oder Innovationsstrategien zu Maßnahmen motiviert sind, die letztlich zu einer geringeren Umweltbelastung führen. Allerdings steckt die empirische Erfassung dieser integrierten Produkte und Technologien noch in den Kinderschuhen. Sie ist auch durch die Versuche internationaler Organisationen, sich dieser Problematik für internationale Vergleichszwecke stärker zu nähern, nicht vorangekommen. Die Möglichkeiten der Identifikation stehen noch in einem krassen Gegensatz zur zunehmenden Bedeutung für eine nachhaltige Entwicklung. Denn „saubere Technologien und Produkte“ werden vielfach mit „Standardtechnologien und -produkten“ in einer einzigen Güterkategorie erfasst, sie sind in der Tat häufig Produktdifferenzierungen von Standardgütern. Dynamisch gelten sie jedoch als die Standardtechnologien und -produkte von morgen.¹⁴⁰

Insofern ist die Umweltschutzwirtschaft klar von den Unternehmen zu unterscheiden, die durch **Innovationen** einen **Beitrag** zur Verringerung der Umweltbelastung leisten, wo also der Faktor „Umwelt“ oder auch die Einsparung von Ressourcen in hohem Maße Anlass zu Innovationen gibt - sei es im eigenen Unternehmen (bspw. Prozessinnovationen in der Chemieindustrie oder in der Energieversorgung) oder in fremden Unternehmen bzw. beim privaten Endverbraucher (bspw. durch Produktinnovationen des Anlagenbaus, die Vermeidung nachteiliger Produkteigenschaften). Dies sind nach eigener Einschätzung in Deutschland rund 5½ % aller Unternehmen (vgl. Abb. 4.4.1). Nähme man die Unternehmen hinzu, bei denen umweltschutzbezogene Innovationen gleichsam nur Nebenprodukt der Innovationstätigkeit ist, rechnen sich 29 % aller Unternehmen zu den „umweltschutzbezogenen Innovatoren“. Aus diesen Relationen wird deutlich, dass Umweltschutz vielfach nicht das Hauptattribut der Innovationsstrategie ist. Die Umweltschutzwirtschaft macht demnach nur einen kleinen Teil (rund 15 %) aller Unternehmen mit umweltschutzbezogenen Aktivitäten aus. Gleichwohl sind sie für das Innovationsgeschehen der „harte Kern“.

Umweltschutzwirtschaft: Günstige Struktur und hohe Innovationsneigung

Für die (internationale) Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Umweltschutzwirtschaft (im engeren Sinne) ist das Innovationsverhalten von entscheidender Bedeutung. Ein Vergleich der Verhaltensweisen von 940 „Umweltschutzunternehmen“¹⁴¹ mit den insgesamt im MIP vertretenen Unternehmen (rd. 30.000 ab dem Jahr 2001) zeigt dies recht klar (vgl. Tab. 4.2.1):

- 65 % der UMFIS-Unternehmen sind Innovatoren, ihr Anteil sinkt jedoch leicht. Dies ist zwar nicht mehr und im Trend nicht anders als in der Grundgesamtheit aller Unternehmen. Allerdings sind ihre Aktivitäten gemessen am finanziellen Engagement deutlich intensiver (7,7 % im Vergleich zu 5,5 %). Die Innovationsintensität ist zudem angestiegen. Bei der Bewertung sollte man auch be-

¹⁴⁰ Vgl. OECD (1999a).

¹⁴¹ Das sind Unternehmen, die sich durch Eintrag im Umwelt-Firmeninformationssystem UMFIS der Industrie- und Handelskammern dazu bekennen, auf dem Markt für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen tätig zu sein. Damit werden in UMFIS-Unternehmen, die nicht nur im Umweltschutz tätig sind, allerdings eventuell auch Aktivitäten berücksichtigt, die nichts mit dem Umweltschutzmarktaktivitäten zu tun haben.

rücksichtigen, dass Deutschland einen im internationalen Vergleich ausgesprochen hohen Anteil von innovierenden unter allen Unternehmen aufweist.

- FuE wird häufiger und kontinuierlicher betrieben als in anderen Unternehmen. Auch der Anteil der FuE-Aufwendungen am Umsatz hat auf über 5 % zugenommen und liegt klar über dem Durchschnitt (knapp 3 %). Entsprechend hoch sind die Anforderungen an das Qualifikationsniveau des Personals (Akademikerquote 30 im Vergleich zu 20 %).
- Dies alles spricht ebenso für anspruchsvollere und komplexere Innovationsaktivitäten auf dem Umweltschutzmarkt wie die deutlich höhere Beteiligung von Kooperationspartnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung im Innovationsgeschäft. Gerade dieser Bedarf ist gestiegen.

Der Erfolg der Innovationsaktivitäten von UMFIS-Unternehmen schlägt sich nicht so sehr in der Breite nieder, sondern vor allem in der „Spitze“:

- So haben über 20 % der UMFIS-Unternehmen originäre Produktneuheiten eingeführt und erzielen damit 2,6 % des Umsatzes (14 bzw. 2,1 % lautet der Vergleichsmaßstab). Allerdings zeigt sich an dieser Stelle keine weitere Verbesserung; die Umweltwirtschaft schließt sich hier der allgemeinen Entwicklung an.
- Unternehmen mit Aktivitäten im Umweltschutz sind intensiver auf dem Weltmarkt engagiert (15 gegenüber 13 %); diese Entwicklung hat in den letzten Jahren stark zugenommen, weil es dem Binnenmarkt seit etwa 2000 an Dynamik mangelte.
- Selbst bei Rationalisierungsmaßnahmen im eigenen Unternehmen, die im Zusammenhang mit Innovationsaktivitäten zu sehen sind, haben Umweltschutzunternehmen größere Kostensenkungserfolge verbuchen können.

Ein großer Teil dieser vergleichsweise positiven Bilanz von UMFIS-Unternehmen hängt natürlich damit zusammen, dass sich die Umweltwirtschaft - von den reinen Umweltdienstleistungen wie Entsorgung, Recycling usw. einmal abgesehen - stark auf forschungs- und wissensintensive Branchen konzentriert, die in Deutschland bessere Standortbedingungen vorfinden als weniger forschungs- und wissensintensive. Dieser „Strukturvorteil“ der Umweltschutzbranche spricht jedoch gerade dafür, dass sie Deutschland gut zu Gesicht steht. Wenn man die Innovationsaktivitäten der Umweltschutzunternehmen „strukturbereinigt“, d. h. ihr Verhalten mit „Zwillingsunternehmen“ gleicher Branche, Größe, Standort und innovativer Ausrichtung vergleicht, dann kann man die umweltmarktspezifischen Charakteristika des Innovationsverhaltens herauskristallisieren.

- Der Umweltschutzmarkt fordert ambitioniertere Innovationsaktivitäten: Es kann mehr Kontinuität bei FuE beobachtet werden. Unternehmen mit Marktneuheiten und Sortimentserweiterungen sind weitaus häufiger zu finden. Allerdings schlägt dies - strukturbereinigt - nur beim Umsatz mit neuem Sortiment positiv zu Buche.
- Umweltmarktspezifisch werden bei Innovationskooperationen vor allem Beratungsdienstleister intensiver eingeschaltet.
- Hemmnisse, die den Innovationsprozess behindern, werden von UMFIS-Unternehmen nicht stärker wahrgenommen als dies andere vergleichbare innovierende Unternehmen tun.
- Spezifisch ist wiederum, dass Umweltschutzunternehmen durch Innovationen ihr Angebot häufiger erweitern und dabei noch weniger Akzeptanzprobleme beim Kunden haben. Dies hängt sicher durchaus damit zusammen, dass die Unternehmen ihre Produkte häufig durch Differenzierung an die Erfordernisse des Umweltschutzmarktes anpassen.
- Preis und Technologie spielen als Wettbewerbsparameter der Unternehmen bei Umweltschutzgütern und -dienstleistungen eine signifikant größere Rolle. Dies ist ein Hinweis auf ein schwieriges Marktumfeld, das den Unternehmen beständig Innovationen abverlangt ohne dass die Kosteneffi-

zienz vernachlässigt werden darf. Dies ist angesichts der überdurchschnittlich hohen Innovationskosten alles andere als trivial.

- Hinsichtlich der öffentlichen Förderung von Innovationen in UMFIS-Unternehmen zeigt sich vor allem die Dominanz des Bundes, insbesondere des BMBF.

Schwache Nachfrageentwicklung im Inland - Klimaschutz einzige expansive Kraft

Bei den absehbaren ökologischen Erfordernissen, den gegebenen Wachstumsaussichten und den erkennbaren technologischen Entwicklungen hat die Umwelttechnik als interdisziplinäre Querschnittsaufgabe eine Schlüsselposition für die wirtschaftliche Entwicklung. Deutschland hatte auf dem Markt für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen vielfach eine Vorreiterrolle übernommen. Die Industrie ist von den Produktionsmöglichkeiten und von der technologischen Position her in der Lage, umweltpolitische Impulse in Innovationen, Produktion und Beschäftigung umzumünzen. Dennoch zeigen sich deutlich die Spuren einer sich abschwächenden und zwischen den Medien wechselnden „**Umweltkonjunktur**“. Der Anteil des Umweltschutzproduktionspotenzials an der Industrieproduktion hat seit den 90er Jahren entgegen den ursprünglichen Erwartungen nicht mehr zugenommen, eher ist er gesunken (vgl. Tab. 6.2). Die - messbare - Umweltschutzindustrie ist allenfalls zum Mitläufer im gesamten deutschen Entwicklungskurs geworden. Sie ist nicht mehr in dem Maße treibende Kraft der industriellen Dynamik wie noch Anfang der 90er Jahre, die in einer gewissen Euphorie damals auch noch in die Zukunft extrapoliert wurde. Wenn es im vergangenen Jahrzehnt ein Wachstum der Umweltschutzindustrie gegeben hat, dann war dies ausschließlich auf die Ausweitung der Exportmöglichkeiten zurückzuführen, der Inlandsmarkt ist nicht mehr expandiert. Die einzige dynamische Komponente auf dem Inlandsmarkt war der energiebezogene Klimaschutz - und zwar ausschließlich bei regenerativen Energieträgern.

Tab. 6.2: Produktion von potenziellen Umweltschutzgütern in Deutschland nach Umweltarten und Wirtschaftszweigen 1995 bis 2005¹

- in Mrd. € -

Umweltarten	1995	1998	2002	2002	2003	2004	2005
Abfall	3,1	3,2	2,9	2,9	2,8	3,1	3,5
Abwasser	9,4	9,8	9,7	9,7	9,9	10,7	11,4
Luft	10,7	12,7	14,1	14,1	14,6	15,5	15,8
Mess-, Steuer-, Regeltechnik	9,9	10,6	13,0	13,0	13,4	14,5	15,3
Energie/Umwelt ²				9,0	9,4	10,0	10,0
<i>darunter</i>							
Güter zur rationellen Energieverwendung				6,0	6,4	6,3 *	6,4 *
Güter zur rationellen Energieumwandlung				1,2 *	1,0 *	0,9	1,0
Güter zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen				1,7	2,1	2,8	2,6
insgesamt³	33,3	36,5	39,9	47,4	48,5	52,5	54,6
<i>nachrichtlich:</i>							
Anteil an der Industrieproduktion insg. in %	4,1	4,0	3,9	4,7	4,8	4,9	4,8
Wirtschaftszweig		1998	2002	2002	2003	2004	2005
Maschinenbau		17,9	20,0	21,6	21,9	23,8	24,8
Mess-, Steuer-, Regeltechnik		6,5	8,2	8,2	8,3	8,9	9,3
Elektrotechnik		2,0	2,6	4,5	4,9	5,5	5,1
Glas, Keramik, Steine, Erden		1,1	1,1	3,6	3,5	3,6	3,6
Metallerzeugung		2,8	2,8	2,8	2,8	3,2	3,5
Gummi-/ Kunststoffverarbeitung		2,1	2,0	2,5	2,7	2,9	3,0
Metallverarbeitung		1,5	0,9	1,5	1,5	1,6	1,6
Elektronik, Medientechnik				0,4	0,5	0,9	1,3
Chemische Industrie		0,9	1,2	1,2	1,0	1,1	1,2
Textilindustrie			0,5	0,5	0,6	0,5	0,6
Papierindustrie		0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

1) Bis 2001 nach GP 95 berechnet, ab 2002 nach GP 2002. Geringfügige systematische Abweichungen sind ohne Einfluss auf die Ergebnisse. 2) ohne Wärmepumpen. 3) Inkl. Lärmschutz, um Mehrfachzuordnungen bereinigt. *) Teilweise geschätzt.

Quellen Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 3.1 sowie Sonderauswertungen. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Starke Präsenz der Industrie auf den internationalen Märkten

Im internationalen Handel mit „potenziellen Umweltschutzgütern“ lässt sich hingegen für Deutschland ein positives Bild zeichnen. Während 6,2 % der **Exporte** von Verarbeiteten Industriewaren aus Deutschland den „potenziellen Umweltschutzgütern“ zuzurechnen sind, sind es in den übrigen OECD-Ländern 4,3 %. Deutschlands ohnehin schon sehr wettbewerbsfähige Exportwirtschaft hat im Umweltschutz klare Spezialisierungsvorteile. Deutschland ist der Welt größter Exporteur von potenziellen Umweltschutzgütern und hat in diesem Sinne im Jahre 2004 die USA wieder an der Spitze abgelöst. Der Beitrag von Umweltschutzgütern zum deutschen Export war immer schon überdurchschnittlich hoch (vgl. Abb. 5.2.2); mittelfristig hat die Umweltschutzgüterindustrie diese Position unter leichten Schwankungen auf stabil hohem Niveau halten können. Seit Anfang des Jahrtausends sind Umweltschutzgüter noch einmal bedeutender für die deutsche Exportleistungsfähigkeit geworden. Man sollte allerdings berücksichtigen, dass Umweltschutzgüter in vielen anderen wichtigen Konkurrenzländern eine mindestens ebenso hohe Bedeutung für das Exportangebot haben wie in Deutschland.

Deutschland zählt auch auf der **Importseite** zu den großen Ländern, bedient sich also im Umweltschutz sehr ausgiebig des Güterangebots aus konkurrierenden Volkswirtschaften, was dem Umweltschutz durchaus zu Gute kommen dürfte. Potenzielle Umweltschutzgüter machen 4,8 % der Einfuhren von Verarbeiteten Industriewaren aus. Dies ist zwar überdurchschnittlich viel. Dennoch hat Deutschland - wie die meisten großen entwickelten Industrieländer - im Handel mit potenziellen Umweltschutzgütern deutliche „komparative Vorteile“: In Deutschland beträgt das Verhältnis der Ausfuhren zu den Einfuhren bei potenziellen Umweltschutzgütern 1,9:1, bei den übrigen verarbeiteten Industriewaren hingegen 1,4:1. Die aus den Außenhandelszahlen ablesbaren „komparativen Vorteile“ fallen damit stärker aus als z. B. in vielen forschungsintensiven Industriezweigen wie Chemie, Elektro, Maschinenbau, Nachrichtentechnik, Elektronik. Allerdings gibt es - den „Umweltkonjunkturen“ entsprechend - Ausschläge nach oben und unten. MSR-, Wasser- und Abfalltechnik erbringen die größten Beiträge zum Außenhandelsaldo, wobei es bei Abfall- und MSR-Technik erst seit 2001 wieder nach oben geht. Bei Wasser gibt es hingegen einen kontinuierlichen Aufwärtstrend (vgl. Abb. 5.2.3).

Die Umweltschutzpolitik hat sich seit Jahren verstärkt auf die **Klimaschutzpolitik** fokussiert. Sie hat viele Signale gegeben und Maßnahmen ergriffen, um gerade in diesem Bereich (technologische) Fortschritte zu erreichen. Damit war die Hoffnung verbunden, auf der Basis der vorhandenen industriellen Potenziale einen Anstoß für eine kräftige Expansion der Klimaschutzindustrie geben zu können, insbesondere bei regenerativen Energieträgern. Bislang konnten jedoch noch nicht alle Hoffnungen realisiert werden. Das politische Engagement Deutschlands im Klimaschutz hat zwar dazu geführt, dass die Klimaschutzgüterproduktion in Deutschland stärker gewachsen ist als die für andere Umweltbereiche und die Industrieproduktion insgesamt. Der politisch initiierte Nachfrageschub hat aber auch die Einfuhren von Klimaschutzgütern belebt. Die (beachtliche) Kapazitätsausweitung im Inland konnte mit der durch die Politik angestoßenen Nachfragedynamik - insbesondere im Bereich der erneuerbaren Energien - nicht mithalten. Dies musste mit einkalkuliert werden, wenn man den Einsatz von Erneuerbaren Energieträgern subventioniert. Im internationalen Kontext präsentiert sich der Klimaschutzgüterbereich deshalb (noch) durchschnittlich spezialisiert - jedoch mit klarem Trend nach unten. Eine durchschnittliche Spezialisierung ist - angesichts der allgemein hohen internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie - allerdings auch nicht wenig und die im Vergleich zur gesamten Industrie aktuell überdurchschnittlich hohe Wachstumsrate bei Exporten von Klimaschutzgütern gibt zumindest Anlass zur Hoffnung, dass der internationale Anschluss nicht verloren geht. Auf dem Weltmarkt für Klimaschutzgüter haben gegenwärtig Länder die Nase vorn, die sich schon sehr früh dem Klimaschutz und erneuerbaren Energietechnologien gewidmet haben (z. B. Dänemark), aber auch Länder, die allgemein in der technologischen Leistungsfähigkeit breit und gut aufgestellt

sind und mit technologischem Know How gegebene Marktpotenziale ausschöpfen (USA, Japan und die Schweiz).

Das zunehmende Gewicht des Klimaschutzes sowie der aus deutscher Sicht recht stark steigende Importdruck lassen die deutsche Position bei potenziellen Umweltschutzgütern insgesamt also weniger stark aussehen als noch vor Jahren. Für die künftige Entwicklung könnte es zu einem Nachteil werden, wenn man auf Märkten mit hohen Expansionsaussichten immer weniger zum Zuge kommt.

Umweltforschung: Nachlassende Priorität in Deutschland

Mit Blick auf die Zukunftsvorsorge und auf die Rahmenbedingungen für technologische Innovationen ist vor allem das Umfeld in der öffentlichen **Wissenschaft und Forschung** relevant. Dies um so mehr, als der Staat auch durch die Setzung von Normen und Standards die Marktmechanismen im Umweltbereich stark beeinflusst, z. T. gar diktiert. Deshalb ist nach wie vor die Finanzierung von Umweltforschung in erster Linie Sache der öffentlichen Hand. Über 50 % der Umweltforschungsförderung kommt vom BMBF. Dahinter folgt die Förderung durch die EU (20 %) noch vor dem BMU und der DBU.

Die staatlichen Ausgaben für die Umweltforschung in Deutschland gehören - mit einem Anteil von 0,25 % am Inlandsprodukt - zu den höchsten in der Welt (vgl.). Auch innerhalb der staatlichen Forschungshaushaltsansätze hat Umweltschutz in Deutschland mit einem Anteil von 3,6 % hohe (forschungs-)politische Priorität. In der OECD liegt die Vergleichszahl bei 2,1 % - vielleicht mittlerweile auch leicht darüber -, in der EU bei gut 3 %. Allerdings ist die Tendenz in Deutschland uneinheitlich: Im Vergleich zur ersten Hälfte der 90er Jahre hat Umweltforschung unter den staatlichen FuE-Ansätzen an Bedeutung verloren, im Vergleich zum Beginn des Jahrhunderts ist sie hingegen wieder wichtiger geworden. Auch haben der Tendenz nach viele andere Staaten ihre Umweltforschungsbudgets stärker ausweiten können.

Dies drückt sich auch in einer langfristig stark zurückgehenden, kurzfristig jedoch wieder steigenden Zahl von - vielfach noch öffentlich geförderten - Forschungsprojekten in Deutschland aus. Die weniger gewordenen Fördermittel (vgl. Abb. 2.2.5) werden allerdings immer konzentrierter eingesetzt. Die Universitäten bilden das Rückgrat in der deutschen (öffentlichen) Umweltforschung mit einem breiten Themenspektrum. Andere öffentliche Forschungseinrichtungen sind - ihren spezifischen Missionen entsprechend - eher auf einzelne Themenkomplexe spezialisiert, insbesondere dann, wenn die Forschung mit kostenintensiven Investitionen verbunden ist (z. B. Strahlung). Insgesamt ist in Deutschland eine Bedeutungsverschiebung zu beobachten, von Forschungsthemen mit (eher) nachsorgendem Charakter zu Themen, die sich (eher) integrierten Umweltschutzlösungen widmen. Vor allem aber die Sorge um die Klimaveränderung und um die zukünftige umweltfreundliche und risikoarme Energieversorgung drückt sich in einem gestiegenen Forschungsengagement in diesem Bereich aus.

Deutschlands Position in Wissenschaft, Forschung und Technik nicht mehr unumstritten

Die weltweit zunehmende Bedeutung von Wissenschaft und Forschung im Umweltbereich zeigt sich auch an der im vergangenen Jahrzehnt bei allen Umweltmedien überdurchschnittlich stark zunehmenden Zahl von **wissenschaftlichen Publikationen** (vgl. Tab. 3.2.1). So ist bspw. die Zahl der gesamten Publikationen im Feld Umweltwissenschaften zwischen 1991 und 2005 auf nahezu das Dreifache gestiegen. Die Zahl der im - etwas enger abgegrenzten - Feld Umweltechnik publizierten Forschungsergebnisse ist dabei nicht ganz so schnell gewachsen. Zwar blieb die Entwicklung der deutschen Publikationen in diesem Bereich hinter der gesamten Dynamik ein wenig zurück. Allerdings werden Fachveröffentlichungen zum Umweltschutz aus Deutschland sehr gut beachtet - insofern sind die Wissen-

schaftler als leistungsfähig einzustufen¹⁴². Hingegen lässt die internationale Ausrichtung der deutschen Umweltwissenschaft erheblich zu wünschen übrig. Hier besteht Nachholbedarf, um nicht in der internationalen Diskussion zurückzufallen. Auch rein zahlenmäßig gesehen hat Deutschland keine „Spezialisierungsvorteile“ in der Umweltwissenschaft, es gibt auch nur wenig Kontinuität (vgl. Abb. 3.1.1). Am besten schneiden derzeit Recycling, Luft und Messtechnik ab, in begrenztem Maße auch der Bereich rationelle Energienutzung. In allen anderen Bereichen war die Position deutscher Wissenschaftler nie herausragend - oder sie hat stark nachgelassen. Letzteres gilt bspw. für die stark expansive Sparte Erneuerbare Energien; hier ist der Anschluss an die internationale Dynamik verpasst worden.

Dies ist in gewisser Weise ein Nachteil, der sich jedoch zu einem Teil dadurch relativiert, dass Umweltschutzlösungen nur bedingt „wissenschaftsbasiert“ sind. So zeigt sich auch insofern ein Paradoxon als die Bedeutung von Umwelt- und Ökologiewissenschaft gemessen an den wissenschaftlichen FuE-Ergebnissen zugenommen hat, der Anteil der **Umwelttechnikpatente** am EPA an allen Patenten jedoch seit gut einem Jahrzehnt stagniert und vor dieser Zeit teilweise deutlich höher war (vgl. Abb. 3.1.1). Dies mag einerseits damit zusammenhängen, dass die Umweltschutzmärkte trotz hervorragender Prognosen keine Eigendynamik entwickelt haben und dass es - vom Klimaschutz abgesehen - auch seitens der Politik nur wenig Impulse gegeben hat, die zu überdurchschnittlich intensiven Innovationsaktivitäten Anlass gegeben haben. Andererseits haben sich die Umweltschutzmärkte angesichts der immer noch stark Einfluss nehmenden Gesetzgebungs- und Vollzugskompetenz nicht ganz so schnell internationalisieren lassen wie dies in anderen Märkten bzw. Technologiebereichen (bspw. I-uK, Pharmazie, Kraftfahrzeug) der Fall gewesen ist, die zudem über eine hohe Eigendynamik verfügen, so dass sich dort die Absicherung des Exportgeschäfts über internationale Patente sehr viel dringlicher ergeben hat.

Dennoch hat die internationale Ausrichtung der deutschen Erfinder zugenommen - auch weil der Inlandsumweltschutzmarkt nur wenige Wachstumsmöglichkeiten bot: Die Anteile der deutschen Patente, die gleichzeitig am EPA - und damit international - angemeldet werden, hat gerade in der jüngeren Zeit deutlich zugenommen. Ähnliches ist ja in fast allen Technologiefeldern zu beobachten. Und so ist auch die absolute Zahl der beim EPA zum Patentschutz angemeldeten Erfindungen geklettert - zumindest bis etwa 2000. Danach gab es wie in den meisten anderen Technologiefeldern eine Stagnation, die merklich nur beim Klimaschutz (rationelle Energienutzung und regenerative Energieträger) ausgeblieben ist, wo die Zahl der Patentanmeldungen mit beinahe unverminderter Geschwindigkeit auch im neuen Jahrtausend gestiegen ist.

Vielfach entsteht die **Umwelttechnologie** aus der Kombination von vorhandenem (Erfahrungs-)Wissen und benötigt nur bei einschneidenderen technologischen Neuerungen oder neuen Systemlösungen grundlegend neue wissenschaftliche Erkenntnisse, so dass das Umweltinnovationstagesgeschäft angesichts der deutschen Systemkompetenz bei „inkrementalen“ Innovationen offensichtlich bewältigt werden kann. Denn Deutschland ist in der Umwelttechnik im internationalen Vergleich in besonderem Maße exponiert. Ein hohes Umweltschutzbewusstsein in der Bevölkerung sowie eine entsprechend ausgerichtete Gesetzgebung hatten in den 70er und 80er Jahren starke Impulse zur Entwicklung einer dynamischen Umweltschutzwirtschaft auf der Basis einer hoch leistungsfähigen Produktions- und Verfahrenstechnik gegeben. An der (überdurchschnittlich hohen) Anzahl von patentgeschützten Erfindungen zeigt sich, dass die gute Welthandelsposition Deutschlands maßgeblich auf technologischen Vorteilen beruht.

¹⁴² Vgl. Schmoch (2004).

Insgesamt haben sich die technologischen Aktivitäten im Umweltschutz in zahlreichen Ländern gegenüber den 80er Jahren verschoben, die Spezialisierungen haben sich entsprechend neu ausgerichtet. Auch Deutschlands Technologieprofil ist - misst man es an dem sich stark verändernden internationalen Maßstab - enorm in Bewegung (vgl. Abb. 3.1.3). Von den traditionellen Domänen sind die Stärken bei Lärm und Luft verblieben, bei Abfall, Recycling, Wasser und Messtechnik sind sie verloren gegangen. Der Klimaschutz hat hingegen eine Renaissance erlebt - ohne dass sich dies bereits in einer verbesserten Position auf den internationalen Märkten niedergeschlagen hätte.

Deutschlands Technologievorsprung im Umweltschutz verringert sich jedoch per Saldo betrachtet - gemessen an den Umweltschutzpatentanmeldungen - in beachtlichem Tempo. Denn andere Länder sind auf diesem Feld besonders und zunehmend erfolgreich. So haben sich seit langem Länder auf Umweltschutztechnologien spezialisiert, die auch große Wettbewerbsvorteile bei Maschinen und Anlagen haben (Österreich, Dänemark, Italien, auch Kanada), Japan hat vor allem im Zusammenhang mit den technologischen Entwicklungen im Klimaschutz enorm aufgeholt. Die USA sind hingegen mit Umweltschutzpatentanmeldungen beim EPA vergleichsweise zurückhaltend. Bei der Umsetzung von technologischen Vorteilen in Exportchancen ist zu bedenken, dass die Märkte für Umweltschutzgüter durch den hohen Anteil staatlicher Investitionen und Beschaffungen überwiegend inlandsmarktorientiert sowie stark segmentiert sind. Die zunehmende Diffusion von Umweltstandards durch gemeinsame Gesetze und transnationale Umweltabkommen dürfte jedoch eine weitere Internationalisierung dieses Marktes bewirken.

Innovationspolitische Herausforderungen

Deutschland kann auf den internationalen Märkten für Umweltschutzgüter und -dienstleistungen mit etlichen Vorteilen antreten:

- ein starkes Marktwachstum in ausgewählten Bereichen und frühen Entwicklungsphasen (z. B. Energietechnologien) kann „early mover“-Vorteile mit sich bringen,
- gerade zentrale Wirtschaftszweige (wie bspw. der „Mobilitätssektor“ um Fahrzeuge und -infrastruktur) stehen im internationalen Innovationswettbewerb ausgesprochen gut da,
- die gute wissenschaftliche Basis und die Fähigkeit von Wirtschaft und Forschung bei der problemadäquaten Umsetzung in neue (Umweltschutz-)Technologien passen gut zueinander,
- Umweltschutzpolitik hat eine lange Tradition, hohe Akzeptanz und ist auch jahrelang ambitioniert betrieben worden,
- die Weltmarktposition deutscher Anbieter ist in fast allen relevanten Bereichen überdurchschnittlich kräftig

Der Staat nimmt über die Gestaltung der umweltpolitischen **Rahmenbedingungen** maßgeblich Einfluss auf die Umweltbelastung durch privaten Konsum nach durch den Einsatz von Produktionstechnologien in der Wirtschaft. So sind es in vielen Fällen nationale Politikinnovationen, die technologische Innovationen im Umweltschutz nach sich ziehen¹⁴³. In Deutschland sind die Umweltschutzausgaben - im Vergleich zum Inlandsprodukt - rückläufig. Geht man davon aus, dass das Niveau der Umweltschutzstandards auch den Aufwand für Errichtung und Betrieb der Umweltschutzinfrastruktur, für Investitionen, Personal, Dienstleistungen und Sachgüter bestimmt, dann dürften die vom Binnenmarkt ausgehenden Impulse für Umweltschutzinnovationen in den letzten Jahren eher schwächer aus-

¹⁴³ Vgl. Jacob u. a. (2005), Walz (2006). Weltweite Beachtung haben in jüngster Zeit vor allem die Maßnahmen zur Förderung erneuerbarer Energien und die Einführung des Emissionshandels gefunden.

gefallen sein¹⁴⁴. Dies ist misslich, denn die Schlüsselbereiche der Umweltschutzindustrie sind im Wesentlichen in Industriezweigen verankert, die zu den forschungsintensiven Branchen zu zählen sind. Angesichts der schwachen Binnennachfrage ist es kein Wunder, dass das Wachstum der Umweltschutzwirtschaft in den vergangenen Jahren fast ausschließlich exportgetrieben war. Auch insoweit unterscheidet sich der Markt für Umweltschutzgüter kaum von der allgemeinen konjunkturellen Situation.

Auch wenn Umweltschutz in Deutschland eine Zeit lang - vor allem in den 90er Jahren - eher klein geschrieben wurde: Alle bekannten Prognosen sagen eine **expansive Marktentwicklung** voraus - vor allem im internationalen Raum (insbesondere verstärkte Anstrengungen im Klimaschutz, wie sie z. B. in Klimakonventionen zum Ausdruck kommen). Dies macht einen neuen, ambitionierten Innovationschub erforderlich. Zusätzlich mögen bspw. steigende Rohölpreise einen Schub für die Suche nach innovativen Lösungen zur Substitution fossiler Energieträger leisten. Globale Probleme verlangen auch globale Lösungen. Die deutsche Umweltschutzwirtschaft könnte in Teilbereichen eine technologische Vorreiterrolle übernehmen (der BMU spricht von „grünen Leitmärkten“). Sie sollte nach weltweit transferierbaren Lösungen suchen, um nachhaltiges globales Wachstum zu fördern. Hierzu bedarf es auch der politischen Flankierung, d. h. der Diffusion von zukunftsweisenden Normen und Vollzugsstandards sowie marktwirtschaftlichen Instrumenten, aus denen der umweltpolitische „Pionier“ am ehesten auch (exportwirksame) Innovationsimpulse erwarten kann. Das Leitbild des „vorsorgenden Umweltschutzes“ bietet hierfür die erfolgversprechendsten Ansatzpunkte und ermöglicht in der Regel, dass die Umweltziele gesamtwirtschaftlich zu niedrigeren Kosten erreicht werden als mit dem klassischen „nachsorgenden“ Umweltschutz oder gar dem ordnungsrecht. Gerade bei der Ausfüllung der Vorsorgefunktion kommt der staatlichen Forschungspolitik eine wichtige Funktion zu. Dennoch darf nicht übersehen werden, dass nachsorgende Technologien für Abfall- und Abwasserentsorgung sowie Wasserversorgung - auch im Zusammenhang mit der zunehmenden Nachfrage in asiatischen Ländern wie China, die in allen Vorausschau als die Wachstumsmotoren der Weltwirtschaft gelten - immer noch die größte Rolle spielen werden.¹⁴⁵

Staatliche **Förderung** der Entwicklung von Umweltschutztechnologien bzw. neue **Innovationsanreize** im Umweltschutz durch innovationsfreundliche und vor allem berechenbare Gestaltung der Rahmenbedingungen kann somit in doppelter Hinsicht positive externe Effekte auslösen: Neue Technologien kommen der Umwelt zu Gute und stärken gleichzeitig den Innovationsstandort Deutschland. Dabei sollten anspruchsvolle umweltpolitische Ziele im Vordergrund stehen, und nicht eine vorgegebene technologische Entwicklungslinie. Offenheit für verschiedene technologische Lösungen ist ein wichtiges Kriterium: Sie ermöglicht nicht nur den Wettbewerb um die beste Lösung, sondern gewährleistet auch eine Orientierung an den Normen und Präferenzen auf anderen wichtigen (Export-)Märkten.

¹⁴⁴ Allerdings reflektieren diese Daten nur ungenügend die investiven Ausgaben im Bereich des Klimaschutzes.

¹⁴⁵ Helmut Kaiser Consultancy (2005). Die Zuwachsraten des realen Marktvolumens werden dort auf über 4 % p. a. geschätzt.

Abkürzungsverzeichnis

€	Euro
\$	Dollar
Abb.	Abbildung
Apec	Asia-Pacific Economic Cooperation
AUS	Australien
AUT	Österreich
BAS	Beitrag zum Außenhandelsaldo
BEL	Belgien
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMBF	Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie
bmb+f	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BWE	Bundesverband Windenergie
BX	Beitrag zu den Exporten
CAN	Kanada
CO ₂	Kohlendioxid
CZE	Tschechische Republik
DEN	Dänemark
DENA	Deutsche Energieagentur
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIHK	Deutscher Industrie- und Handelskammertag
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DM	Deutsche Mark
DWPI	britische Patentdatenbank von Derwent
EPA	Europäisches Patentamt
EPAPAT	Datenbank des Hosts Questel/Orbit mit Patenten des EPA
EPAT	Patentdatenbank des Europäischen Patentamtes
ESP	Spanien
EU	Europäische Union
Eurostat	Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaft
Fraunhofer ISI	Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung
FIN	Finnland
FRA	Frankreich
FuE	Forschung und Entwicklung
GBR	Großbritannien und Nordirland
GER	Deutschland
GP	Güterverzeichnis für die Produktionsstatistik
GRE	Griechenland
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
GWS	Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung
HS	Harmonisiertes System
HUN	Ungarn
H .v.	Herstellung von ..
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
ifo	ifo-Institut für Wirtschaftsforschung
IfW	Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel
IPK	Internationale Patentklassifikation

IRL	Republik Irland
ISI	<i>siehe Fraunhofer-ISI</i>
ISL	Island
ITA	Italien
ITCS	International Trade by Commodities Statistics
IWH	Institut für Wirtschaftsforschung Halle
JPN	Japan
KOR	Republik Korea
LUX	Luxemburg
MEX	Mexiko
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde
MSR	Messen, Steuern, Regeln
NED	Niederlande
NIW	Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
NKJ	Nationale Koordinierungsstelle Jülich für Wasserstoff und Brennstoffzellen
NOR	Norwegen
NZL	Neuseeland
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
p. a.	pro Jahr
PCTPAT	Datenbank des Hosts Questel/Orbit mit PCT-Patenten
Pkw	Personenkraftwagen
POL	Polen
POR	Portugal
RCA	Revealed Comparative Advantage
RMA	Relativer Importanteil
RPA	Relative Patentaktivitäten
RXA	Relativer Welthandelsanteil
SCI	Science Citation Index
SITC	Standard International Trade Classification
StaBuA	Statistisches Bundesamt
SUI	Schweiz
SVK	Slowakische Republik
SWE	Schweden
Tab.	Tabelle
Tsd.	Tausend
TUR	Türkei
UBA	Umweltbundesamt
UFORDAT	Umweltforschungsdatenbank
UMFIS	Umweltfirmeninformationssystem
US	United States
USA	United States of America
VDE	Verband der Elektrizitätswirtschaft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau
VW	Volkswagen
WHA	Welthandelsanteil
WOPATENT	Datenbank des Hosts Questel/Orbit mit Patentdaten des PCT
WZ	Klassifikation der Wirtschaftszweige
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung
ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg

Literaturverzeichnis

- Balassa, B. (1965), Trade Liberalization and 'Revealed' Comparative Advantage, in: The Manchester School of Economic and Social Studies, Vol. 33, S. 99-123.
- Bardt, H., M. Hüther (2006), Angebotsorientierte Umweltpolitik. Positionsbestimmung und Perspektiven. Iw-Positionen Nr. 21, Köln
- Beckenbach, F. u. a.(Hrsg.) (2005), Innovation und Nachhaltigkeit. Jahrbuch Ökologische Ökonomik, Band 4, Marburg.
- Beise, M. (2001), Lead Markets. Country-Specific Success Factors of the Global Diffusion of Innovations. ZEW Economic Studies, Bd. 14, Heidelberg, New York.
- Beise, M., K. Rennings (2004), National Environmental Policy and the Global Success of Next-Generation Automobiles, in: International Journal of Energy Technology and Policy 2, S. 272-283.
- Beise, M., K. Rennings (2005a), Lead Markets and Regulation: A Framework for Analyzing the International Diffusion of Environmental Innovation, in: Ecological Economics 52, S. 5-17.
- Beise, M., K. Rennings (2005b), Indicators for Lead Markets of Environmental Innovations, in: J. Horbach (Hrsg.), Indicator Systems for Sustainable Innovations, Heidelberg, S. 71-94.
- Beise, M., Chr. Rammer (2003), Local User-Producer Interaction in Innovation and Export Performance of Firms. ZEW Discussion Paper No. 03-51, Mannheim.
- Blazejczak, J., K. Löbke u. a. (1993), Umweltschutz und Industriestandort. Der Einfluss umweltbezogener Standortfaktoren auf Investitionsentscheidungen. Bericht 1/93 des Umweltbundesamtes, Berlin.
- Blazejczak, J. u. a. (1999), Umweltpolitik und Innovation: Politikmuster und Innovationswirkungen im internationalen Vergleich, in: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, S. 1-32.
- Blind, K., J. Edler, R. Frietsch, U. Schmoch (2003), Erfindungen kontra Patente. Schwerpunktstudie des Fraunhofer-ISI „Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands“, Karlsruhe.
- Blind, K., J. Edler, R. Frietsch, U. Schmoch (2006), Motives to Patent: Evidence from Germany, in: Research Policy, 35 (5), S. 655-672.
- BMU (2006), Ökologische Industriepolitik. Memorandum für einen „New Deal“ von Wirtschaft, Umwelt und Beschäftigung.
- Bonkowski, S., H. Legler (1986), Umweltschutz und Wirtschaftsstruktur in Niedersachsen. Studie des NIW für das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft und Verkehr, Hannover.
- Carraro, C. (2000), Environmental Technological Innovation and Diffusion: Model Analysis, in: J. Hemmelskamp, F. Leone, K. Rennings (Hrsg.), Innovation-oriented Environmental Regulation: Theoretical Approaches and Empirical Analysis, Heidelberg, S. 269-297.
- DENA (2005), Bericht der DENA über die Bestandsaufnahme und den Handlungsbedarf bei der Förderung des Exportes Erneuerbare-Energien-Technologien 2003/2004. Bundestagsbericht Drucksache 15/5938, Berlin.
- Dreher, C., R. Frietsch, J. Hemer, U. Schmoch (2006), Die Beschleunigung von Innovationszyklen und die Rolle der Fraunhofer-Gesellschaft, in: H.-J. Bullinger (Hrsg.), Fokus Innovation, München, S. 275-306.
- DWE/VDMA (2005), Deutschlands Windindustrie bleibt Weltmeister, Presseerklärung vom 28.07.2005, Berlin.
- Dietz, E., R. Kuipers, R. Salomons (2000), Environment-related Employment in the Netherlands, 1997, Voorburg.
- EC Committee on Trade and Environment Special Session (2005), Syntheseis of Submissions on Environmental Goods. Informal Note by the Secretariat vom 18. April 2005.
- Edler, D., J. Blazejczak (2006), Aktualisierung der Beschäftigungszahlen im Umweltschutz in Deutschland für das Jahr 2004. Forschungsvorhaben 204 14 107 des DIW im Auftrag des UBA, Berlin.
- Eurostat (2004), Innovation in Europe. Luxemburg.

- Frietsch, R. (2006), Patente in Europa und der Triade - Strukturen und deren Veränderung, Studie des Fraunhofer-ISI zum deutschen Innovationssystem Nr. 12-2006, Berlin.
- Frietsch, R., U. Schmoch (2006), Technological Structures and Performance Reflected by Patent Indicators, in: National Systems of Innovation in Comparison. Structure and Performance Indicators for Knowledge Societies (ed. U. Schmoch, Chr. Rammer, H. Legler), Dordrecht, S. 89-105.
- Frondel, M., J. Horbach, K. Rennings (2004), End-of-Pipe or Cleaner Production? An Empirical Comparison of Environmental Innovation Decisions Across OECD Countries. ZEW Discussion Paper No. 04-82, Mannheim.
- Gehrke, B., H. Legler, U. Schasse (1992), Bericht zur Umweltwirtschaft in Niedersachsen 1991/92, Hannover.
- Gehrke, B., H. Grupp u. a. (1995), Wissensintensive Wirtschaft und ressourcenschonende Technik. Studie des NIW und des FhG-ISI für den BMBF, Hannover, Karlsruhe.
- Gehrke, B., H. Legler, U. Schasse (1995), Bericht zur Umweltwirtschaft in Niedersachsen 1994/95. Gutachten des NIW im Auftrag des Niedersächsischen Ministers für Wirtschaft, Technologie und Verkehr, Hannover.
- Gehrke, B., U. Schmoch, O. Krawczyk, H. Legler (2002), Umwelt und Wirtschaft - Dritter Bericht zur Umweltwirtschaft in Niedersachsen. Forschungsbericht des NIW Nr. 30 im Auftrag des niedersächsischen Ministeriums für Wirtschaft, Technologie und Verkehr, Hannover.
- Gibbons, M.; C. Limoges, H. Nowotny, S. Schwartzmann, P. Scott, M. Trow (1994), The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies, London.
- Grundmann, Th., B. Becker (2004), Integrierte Investitionen für den Umweltschutz im Produzierenden Gewerbe. Das Erhebungskonzept ab Berichtsjahr 2003, in: Wirtschaft und Statistik, Heft 7/2004, S. 783-791, Wiesbaden.
- Grupp, H. (1997), Messung und Erklärung des technischen Wandels: Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik, Berlin, Heidelberg.
- Grupp, H., U. Schmoch (1992), Wissenschaftsbindung der Technik, Heidelberg.
- Grupp, H., U. Schmoch (1999), Patent statistics in the age of globalisation: new legal procedures, new analytical methods, new economic interpretation, in: Research Policy, 28 (4), S. 377-396.
- Hall, B. H., R. M. Ziedonis (2001), The patent paradox revisited: an empirical study of patenting in the U.S. semiconductor industry, 1979 - 1995, in: The Rand Journal of Economics, 32 (1), S. 101-128.
- Hauff, M. von (2005a), Umwelttechnischer Fortschritt aus der Sicht der neuen Wachstumstheorie, in: S. Seiter (Hrsg.), Neuere Entwicklungen in der Wachstumstheorie und der Wachstumspolitik, S. 211-232.
- Hauff, M. von (2005b), Die Begründung des umwelttechnischen Fortschritts und des Marktes für Umwettechnik, in: G. Huber, H. Krämer, H. D. Kurz (Hrsg) (2005), Einkommensverteilung, technischer Fortschritt und struktureller Wandel, S. 255-270.
- Helmut Kaiser Consultancy (2005), Environmental technologies and markets worldwide 2004-2005-2010-2015. Summary of the total study: Environmental technologies, Tübingen.
- Horbach, J., U. Blien, M. v. Hauff (2001), Beschäftigung im Umweltschutzsektor - theoretische Überlegungen und empirische Ergebnisse auf der Basis des IAB-Betriebspanels, in: J. Horbach (Hrsg.), Der Umweltschutzsektor und seine Bedeutung für den Arbeitsmarkt, IWH-Schriften, Bd. 10, Baden-Baden.
- Huber, G., H. Krämer, H. D. Kurz (Hrsg) (2005), Einkommensverteilung, technischer Fortschritt und struktureller Wandel, Marburg.
- HyWays: <http://www.hyways.de/>
- IMD (2005), IMD World Competitiveness Yearbook 2005. Lausanne.
- Jacob, K., M. Beise, J. Blazejczak, D. Edler, R. Haum, M. Jänicke, T. Löw, U. Petschow, K. Rennings (2005), Lead Markets for Environmental Innovations. ZEW Economic Studies, Vol. 27, Heidelberg.
- Jaffe, A. B., R. G. Newell, R. N. Stavins (2002), Environmental Policy and Technological Change, in: Environmental and Resource Economics 22, S. 41-49.

- Janz, N., G. Licht, T. Doherr (2001), Innovation Activities and European Patenting of German Firms: A Panel Data Analysis, Paper presented at the Annual Conference of the European Association of Research in Industrial Economics.
- Keesing, D. B. (1965), Labor Skills and International Trade: Evaluating Many Trade Flows with an Single Measuring Device, in: *Review of Economics and Statistics*, Vol. 47, S. 287-294.
- Kemp, R., A. Arundel (1997), Survey indicators for environmental innovation, STEP-Centre for Innovation Research, Paper Series 8/1998, Oslo.
- Köppl, A. (2000), Österreichische Umwelt-Technikindustrie. Studie des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien.
- Köppl, A. (2005), Österreichische Umwelttechnikindustrie. Studie des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Wirtschaftskammer Österreich mit Unterstützung des Dachverbands Energie-Klima und des Bundesministeriums für Wirtschaft, Wien.
- Kortum, S., J. Lerner (1999), What is behind the recent surge in patenting? In: *Research Policy*, 28, S. 1-22.
- Koschorke, W., U. Bünger, F. Marscheider-Weidemann, W. Pirk, A. Roser, M. Zerta (2005), Anforderungen an das Handwerk durch die Innovation Brennstoffzelle, Stuttgart.
- Krewitt, W., M. Pehnt, M. Fishedick, H. V. Temming (Hrsg., 2004), Brennstoffzellen in der Kraft-Wärme-Kopplung - Ökobilanzen, Szenarien, Marktpotenziale. Berlin.
- Kriegsmann, K.-P., A. Neu (1982), Globale, regionale und sektorale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft - Konzepte und Ergebnisse, Frankfurt, Bern.
- Lafay, G. (1987), La mesure des avantages comparatifs révélés, in: *Économie prospective internationale*, No. 41 (zitiert nach OECD, 1999).
- Legler, H. (2003), Innovationsindikatoren zur Umweltwirtschaft, in: VDI Technologiezentrum (Hrsg.), *Innovationsbegleitung Nachhaltigkeit. Einbeziehung integrierter Technologien in Umweltstatistiken*, Düsseldorf, S. 17-22.
- Legler, H. (2004), Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten der deutschen Wirtschaft. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 10-2004 im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, Hannover.
- Legler, H., B. Gehrke (2002), Einleitung, Übersicht, Konsequenzen für indikatorengestützte Sektorstudien, in: NIW, ISI, ZEW, *Indikatorenbericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2000/2001 - Sektorstudien*, Hannover, Karlsruhe, Mannheim, S. 1-5.
- Legler, H., B. Gehrke u. a. (2005), Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschland, hrsg. vom Bundesministerium für Bildung und Forschung Berlin.
- Legler, H., B. Gehrke, O. Krawczyk (2004), Deutschlands forschungs- und wissensintensive Wirtschaftszweige: Spezialisierung, Wachstum, Beschäftigung und Qualifikationserfordernisse. Studie 14-2005 des Niedersächsischen Instituts für Wirtschaftsforschung zum deutschen Innovationssystem, Hannover.
- Legler, H., O. Krawczyk (2006), Deutschlands Wirtschaft im internationalen FuE-Wettbewerb, in: H. Legler, Chr. Grenzmann (Hrsg.), *FuE-Aktivitäten der deutschen Wirtschaft. Analysen auf der Basis von FuE-Erhebungen. Materialien zur Wissenschaftsstatistik Heft 15*, Essen, S. 25-38.
- Legler, H., U. Schmoch, B. Gehrke, O. Krawczyk (2003), Innovationsindikatoren zur Umweltwirtschaft. Studie des NIW und des ISI zum deutschen Innovationssystem Nr. 2-2003, Hannover, Karlsruhe.
- Legler, H., R. Walz u. a. (2005), Wirtschaftsfaktor Umwelt. Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich, Studie des NIW und des ISI im Auftrag des Umweltbundesamtes, Hannover, Karlsruhe, Dezember 2005.
- Lemke, M., J. Wackerbauer, *Handbuch der Umweltschutzwirtschaft. Definitionen - Marktstudien - Potentialanalysen*, München, Wien 2000.
- Löbke, K. u. a. (1993), Strukturwandel in der Krise, Analyse der strukturellen Entwicklung der deutschen Wirtschaft. RWI-Strukturberichterstattung 1993 im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Essen.
- Löbke, K., M. Halstrick-Schwenk, J. Horbach, J. Walter (1994), Die umwelttechnische Industrie in der Bundesrepublik Deutschland. Branchenbild im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Essen, Halle.

- Meyer-Krahmer, F., C. Dreher (2004), Neuere Betrachtungen zu Technikzyklen und Implikationen für die Fraunhofer-Gesellschaft, in: D. Spath (Hrsg.), Forschungs- und Technologiemanagement. Potenziale nutzen - Zukunft gestalten, München.
- NKJ, <http://www.nkj-ptj.de/NKJ-Home/>
- OECD (1999a), The Environmental Goods & Services Industry. Manual for Data Collection and Analysis, Paris.
- OECD (1999b, 2002 und 2004), Environmental Data. Compendium, Paris.
- OECD (1999c, 2001), Science, Technology and Industry Scoreboard 2001. Towards A Knowledge-Based Economy, Paris.
- OECD (2003), Pollution Abatement and Control Expenditure in OECD Countries, Paris.
- OECD (2005), Environmental Indicators. Compendium, Paris.
- OECD, Eurostat (2005), Oslo Manual. Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. Third Edition, Paris.
- Pfeiffer, F., K. Rennings (1999a), Integrierter Umweltschutz: Weder Jobkiller noch Jobwunder, in: TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 2, 8. Jg., S. 51-55.
- Pfeiffer, F., K. Rennings (Hrsg.) (1999b), Beschäftigungswirkungen des Übergangs zu integrierter Umwelttechnik, Heidelberg.
- Rammer, Chr. u. a. (2005), Innovationen in Deutschland. Ergebnisse der Innovationserhebung 2003 in der deutschen Wirtschaft. ZEW-Wirtschaftsanalysen Bd. 78, Baden-Baden.
- Rammer, Chr. (2006a), Innovations in Firms, in: National Systems of Innovation in Comparison. Structure and Performance Indicators for Knowledge Societies (ed. U. Schmoch, Chr. Rammer, H. Legler), Dordrecht, S. 107-132.
- Rammer, Chr. (2006b), Technology-based Start-ups, in: National Systems of Innovation in Comparison. Structure and Performance Indicators for Knowledge Societies (ed. U. Schmoch, Chr. Rammer, H. Legler), Dordrecht, S. 153-167.
- Rehfeld (2005), K.-M. (2005), Determinanten umweltfreundlicher Produktinnovationen und die Rolle der Integrierten Produktpolitik. Eine Untersuchung anhand von Fallstudien und einer telefonischen Unternehmensbefragung, Berlin.
- Rehfeld, K.-M., K. Rennings, A. Ziegler (2006), Integrated product policy and environmental product innovations: an empirical analysis, in: Ecological Economics (im Druck).
- Rennings, K. (2005), Innovationen aus Sicht der neoklassischen Umweltökonomik, in: F. Beckenbach u. a. (Hrsg.), Innovation und Nachhaltigkeit. Jahrbuch Ökologische Ökonomik, Band 4, S. 15-39.
- Schmoch, U. (1990), Wettbewerbsvorsprung durch Patentinformation: Handbuch für die Recherchenpraxis, Köln.
- Schmoch, U. (2003), Hochschulforschung und Industrieforschung. Perspektiven und Interaktion, Frankfurt.
- Schmoch, U. (2006), Scientific Performance in an International Comparison, in: National Systems of Innovation in Comparison. Structure and Performance Indicators for Knowledge Societies (ed. U. Schmoch, Chr. Rammer, H. Legler), Dordrecht, S. 69-87.
- Schmoch, U.; S. Hinze (2004), Opening the Black Box In: H. F. Moed, W. Glänzel, U. Schmoch (Hrsg.), Handbook of Qualitative Science and Technology Research. The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems.. Dordrecht, S. 215-235.
- Schumacher, D. (2006), Indikatoren der empirischen Außenhandelsanalyse (unveröffentlicht), Berlin.
- Schumacher, D., H. Legler, B. Gehrke (2003), Gute Position Deutschlands bei forschungs- und wissensintensiven Produkten gefährdet, in: DIW Wochenbericht Nr. 31 vom 31. Juli 2003, S. 485-492.
- Seiter, S. (Hrsg.) (2005), Neuere Entwicklungen in der Wachstumstheorie und der Wachstumspolitik, Marburg.
- Soskice, D. (1997), Technologiepolitik, Innovation und nationale Innovationengefüge in Deutschland, in: F. Naschold u. a. (Hrsg.), Ökonomische Leistungsfähigkeit und institutionelle Innovation. Das deutsche Produktions- und Politikregime im globalen Wettbewerb. WZB-Jahrbuch 1997, S. 319-348.

- Sprenger, R.-U. (1979), Beschäftigungseffekte der Umweltpolitik, Berlin, München.
- Sprenger, R. U. (2003), Erhebungen zu integrierten Umwelttechnologien: eine Sackgasse für die amtliche Statistik?, in: VDI-Technologiezentrum, Innovationsbegleitung Nachhaltigkeit. Einbeziehung integrierter Technologien in Umweltstatistiken, Düsseldorf.
- Sprenger, R.-U. u. a. (2002), Umweltorientierte Dienstleistungen als wachsender Beschäftigungssektor. Forschungsbericht 29914151 des Ifo-Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.
- Staiß, F., J. Nitsch, D. Edler, Chr. Lutz u. a. (2006), Erneuerbare Energie: Arbeitsplatzeffekte. Forschungsvorhaben des ZSW, des DLR, des DIW und der GWS im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart, Berlin, Osnabrück.
- Statistisches Bundesamt (1994), Schätzung des Produktionsvolumens von Umweltschutzgütern, Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg., 2006), Statistik und Wissenschaft, Bd. 5, Weiterentwicklung der umweltökonomischen Statistiken, Wiesbaden 2006.
- Statistisches Bundesamt (2001 und 2003), Umsatz mit Waren, Bau- und Dienstleistungen, die ausschließlich dem Umweltschutz dienen. Fachserie 19, Reihe 3.3 (1997/98), Stuttgart.
- Statistisches Bundesamt (2005), Investitionen für Umweltschutz im Produzierenden Gewerbe 2003, Wiesbaden.
- Steenblik, R. (2005), Liberalization of Trade in Renewable-Energy Products and Associated Goods: Charcoal, Solar.-Photovoltaic Systems, and Wind, Pumps and Turbines. OECD Trade and Environment Working Paper No.2005-07.
- Taistra, G. (2001), Die Porterhypothese zur Umweltpolitik, in: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, S. 241-262.
- Tängdén, L. u. a. (2000), The Environment Industry in Sweden, 2000. Prepared for DG Environment and Eurostat, Stockholm.
- Umweltbundesamt (2005), Datenbanken des Umweltbundesamtes. <http://doku.uba.de>.
- Volkery, A., M. Jänicke (2003), Nachhaltiges Wirtschaften und Strukturwandel durch ökologische Modernisierung ? Chancen und Grenzen eines Konzepts. In: Umwelt und Wirtschaft in Niedersachsen - Märkte, Innovationen, Chancen, Anreize und Instrumente. NIW-Workshop 2002, Hannover.
- Voß, G. (1998), Umweltschutz im internationalen Vergleich, in: iw-trends 2/1998, S. 1-14.
- Wackerbauer, J. (2002), The German Eco-Industry. Country Summary des ifo-Instituts für Wirtschaftsforschung, München.
- Wackerbauer, J., U. Triebswetter (2005), Die Umweltwirtschaft in der Region München. Studie des ifo Instituts im Auftrag der Landeshauptstadt München, München.
- Walz, R. (2006), The role of regulation for sustainable infrastructure innovations: the case of wind energy. *forthcoming*, in: International Journal of Public Policy, Vol. 2, No.1.
- Walz, R. u. a. (2001), Arbeitswelt in einer nachhaltigen Wirtschaft. Analyse der Wirkungen von Umweltschutzstrategien auf Wirtschaft und Arbeitsstrukturen. UBA-Texte 44/01, Bericht des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung an das Umweltbundesamt, Karlsruhe.
- Walz, R., K. Ostertag, Umweltschutzwirtschaft heute und in Zukunft. Arbeitspapier des ISI im Rahmen des UBA-Forschungsvorhabens Wirtschaftsfaktor Umweltschutz, Karlsruhe.
- Wolter, F. (1977), Factor Proportions, Technology and West-German Industry's International Trade Patterns, in: Weltwirtschaftliches Archiv, Bd. 113, S. 250-267.
- Ziegler, A., K. Rennings (2004), Determinants of Environmental Innovations in Germany: Do Organizational Measures Matter? A Discrete Choice Analysis at the Firm Level. ZEW Discussion Paper 04-30, Mannheim.

Anhang 1: Messziffern zur Beurteilung der Position auf internationalen Märkten

Welthandelsanteile

Zuweilen wird der Anteil einzelner Länder am Welthandel¹⁴⁶ (**WHA**) zur Beurteilung der Position auf den internationalen Märkten verwendet und wird in der Öffentlichkeit immer wieder in die Debatte geworfen:

$$\text{WHA}_{ij} = 100 (a_{ij}/\sum_i a_{ij})$$

Mit diesem Indikator kann man **im Querschnitt** eines Jahres recht gut ein Strukturbild des Exportsektors einer Volkswirtschaft und seiner jeweiligen weltwirtschaftlichen Bedeutung zeichnen. Er bewertet die abgesetzten Exportmengen zu Ausfuhrpreisen in jeweiliger Währung, gewichtet mit jeweiligen Wechselkursen.

Bei diesem Indikator ergeben sich jedoch erhebliche Interpretationsschwierigkeiten. Denn im kleinteiligen Europa ist alles das internationaler Handel, was zum Nachbarn über die (z. T. gar nicht mehr wahr genommene) Grenze geht. In großflächigen Ländern - wie z. B. USA - wird hingegen viel eher zwischen den Regionen (Bundesstaaten) gehandelt, intensiver als bspw. innerhalb der EU. Eine geringe Größe der Volkswirtschaft, die Zugehörigkeit zu supranationalen Organisationen mit ihren handelsschaffenden Effekten (nach innen) einerseits und ihren handelshemmenden Effekten (nach außen) andererseits, eine „gemeinsame Haustür“, ähnliche Kulturkreise und Sprache treiben die Welthandelsintensität nach oben - ohne dass dies mit Leistungsfähigkeit zu tun hat. Derartige Effekte überlagern deutlich die Einbindung in den internationalen Warenaustausch. Die Handelsvolumina von großen Staaten wie den USA und Japan kann man deshalb nicht mit denen kleinerer europäischer Länder vergleichen. Im Zeitablauf, vor allem bei kurzfristiger, jährlicher Sicht, kommen bei Betrachtung der Welthandelsanteile noch die Probleme von „Konjunkturschaukeln“ sowie Bewertungsprobleme bei Wechselkursbewegungen (die eher das allgemeine Vertrauen in die Wirtschafts-, Finanz-, Währungs- und Geldpolitik widerspiegeln) hinzu. Denn ein niedriges absolutes Ausfuhrniveau - gemessen zu jeweiligen Preisen und Wechselkursen - kann in Zeiten der Unterbewertung der Währung zu Unterschätzungen führen. Umgekehrt kann ein hohes absolutes Niveau auch das Ergebnis von Höherbewertungen der Währung sein ohne dass sich dahinter gewaltige und erfolgreiche innovative Anstrengungen verbergen. Schließlich wären auch noch zeitliche Verzögerungen zwischen Impuls, Wirkung und Bewertung einzukalkulieren („J-Kurven-Effekt“): Hohe Volumensteigerungen einer Periode können das Ergebnis von niedrigen Wechselkursen oder von günstigen Kostenkonstellationen aus Vorperioden sein, die entsprechende Auftragseingänge aus dem Ausland induziert haben, die nun in der aktuellen Periode mit höherbewerteten Wechselkursen in die Exportbilanz eingehen.

Von daher signalisieren Welthandelsanteile in Zeiten veränderlicher Kurse Positionsveränderungen, die für die Volkswirtschaft insgesamt zwar von Bedeutung sind, weil sie das Spiegelbild sowohl der Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft insgesamt als auch des relativen Vertrauens in die eigene Währung bzw. in den gemeinsamen Währungsraum darstellen. Bei der Analyse von strukturellen und technologischen Positionen von Volkswirtschaften haben sie hingegen kaum Aussagekraft.¹⁴⁷ Denn es

¹⁴⁶ Der Welthandel ist in dieser Studie definiert als die Summe der Exporte aller OECD-Länder plus aller Einfuhren der OECD-Mitgliedsländer aus den Nichtmitgliedsstaaten. Nicht betrachtet ist damit der internationale Warenverkehr zwischen den Nichtmitgliedsländern.

¹⁴⁷ Ein weiteres Argument gegen die Verwendung von Welthandelsanteilen zur Beurteilung der internationalen Wettbewerbsposition im Zeitablauf könnte daraus abgeleitet werden, dass sich die Erhebungsmethoden im EU-Intrahandel seit 1993 geändert haben, mit der

kommt bei der Beurteilung der technologischen Leistungsfähigkeit immer auf die **relativen** Positionen an: Hierzu kann der WHA herzlich wenig Aussagen machen.

Zur Beurteilung der relativen Position werden sowohl dimensionslose Spezialisierungskennziffern als auch „additive“ Messziffern verwendet, die nicht nur die Richtung der Spezialisierung auf eine Gütergruppe ermitteln, sondern gleichzeitig das relative Gewicht der Gütergruppe berücksichtigen.

Außenhandelspezialisierung (dimensionslos)

Für die Beurteilung des außenhandelsbedingten strukturellen Wandels einer Volkswirtschaft und seiner Wettbewerbsposition auf einzelnen Märkten ist nicht das absolute Niveau der Ausfuhren oder aber die Höhe des Ausfuhrüberschusses entscheidend, sondern die **strukturelle** Zusammensetzung des Exportangebots auf der einen Seite und der Importnachfrage auf der anderen Seite („komparative Vorteile“). Der wirtschaftstheoretische Hintergrund dieser Überlegung ist folgender: Gesamtwirtschaftlich betrachtet ist die internationale Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Branchen oder Warengruppen von ihrer Position im intersektoralen Wettbewerb der jeweiligen Volkswirtschaft um die Produktionsfaktoren abhängig. Die schwache Position bspw. der deutschen Textilindustrie im internationalen Wettbewerb resultiert nicht allein daraus, dass Produkte aus Südostasien billiger sind, sondern weil bspw. der Automobilbau in Deutschland relativ gesehen so stark ist. Die Textilindustrie hat deshalb im internationalen Wettbewerb Schwierigkeiten, weil ihre Produkt- und Faktoreinsatzstruktur in Deutschland im Vergleich zum Durchschnitt aller anderen Einsatzmöglichkeiten der Ressourcen nicht so günstig ist.

Der RCA („**Revealed Comparative Advantage**“) hat sich als Messziffer für Spezialisierungsvorteile eines Landes sowohl von der Ausfuhr- als auch von der Einfuhrseite aus betrachtet, seit langem durchgesetzt.¹⁴⁸ Er wird üblicherweise geschrieben als:¹⁴⁹

$$\mathbf{RCA}_{ij} = 100 \ln \left[\frac{a_{ij}/e_{ij}}{(\sum_j a_{ij}/\sum_j e_{ij})} \right]$$

Es bezeichnen

a	Ausfuhr
e	Einfuhren
i	Länderindex
j	Produktgruppenindex

Der RCA gibt an, inwieweit die Ausfuhr-Einfuhr-Relation eines Landes bei einer betrachteten Produktgruppe von der Außenhandelsposition bei Verarbeiteten Industriewaren insgesamt abweicht: Positive Vorzeichen weisen auf komparative Vorteile, also auf eine starke internationale Wettbewerbsposition der betrachteten Warengruppe im betrachteten Land hin. Es gilt deshalb die Vermutung, dass dieser Zweig als besonders wettbewerbsfähig einzustufen ist, weil ausländische Konkurrenten im Inland **relativ gesehen** nicht in dem Maße Fuß fassen konnten, wie es umgekehrt den inländischen Produzenten im Ausland gelungen ist. Es handelt sich also um ein Spezialisierungsmaß. Die Spezialisie-

Folge, dass Unternehmen mit einem geringen Umsatzsteueraufkommen (rund 17 T€) nicht mehr berichtspflichtig sind. Denn seit der Errichtung des Gemeinsamen Binnenmarktes wird der EU-Intrahandel nicht mehr an der Grenze, sondern über die Umsatzsteuervoranmeldungen erfasst. Der Anteil von nicht ermittelten Bagatellexporten hat damit deutlich zugenommen. Über die quantitative Bedeutung gibt es uneinheitliche Schätzungen.

¹⁴⁸ Die RCA-Analyse wurde von Balassa (1965) entwickelt und auch häufig in dessen mathematischer Formulierung verwendet. Vgl. z. B. Kriegsmann, Neu (1982). Die dort verwendete Messziffer hat einen Wertevorrat von 100 (vollständige Spezialisierung) bis -100 (überhaupt kein Export vorhanden). In ähnlicher Form sind die Messziffern zur Beurteilung der Spezialisierung bei Patenten und Publikationen (Anhang 2) auf einen Wertevorrat von 100 bis -100 begrenzt.

¹⁴⁹ Die hier gewählte logarithmische Formulierung hat den Vorteil, dass das Maß gleichzeitig kontinuierlich, ungebunden und symmetrisch ist (vgl. Wolter, 1977).

nung selbst lässt sich nur dann uneingeschränkt mit „Wettbewerbsfähigkeit“ gleichsetzen, wenn vermutet werden kann, dass sich die Effekte protektionistischer Praktiken auf Aus- und Einfuhren zwischen den Warengruppen weder der Art, noch der Höhe nach signifikant unterscheiden. Dies ist natürlich unrealistisch. Insofern nimmt man messtechnisch die Effekte protektionistischer Praktiken in Kauf. Auch unterschiedliche konjunkturelle Situationen zwischen Berichtsland und dessen jeweiligen Haupthandelspartnern beeinflussen den RCA.

Stellt man die Warenstrukturen der Exporte eines Landes den Weltexporten (hier: Exporte der OECD-Länder sowie Importe der OECD-Länder aus Nichtmitgliedsländern) gegenüber, dann lassen sich Indikatoren zur Beurteilung der **Exportspezialisierung** eines Landes bilden.¹⁵⁰ Dafür wird hier ein Indikator **RXA (Relativer Exportanteil)** berechnet, der die Abweichungen der länderspezifischen **Exportstruktur** von der durchschnittlichen Weltexportstruktur misst.

$$RXA_{ij} = 100 \ln [(a_{ij}/\sum_i a_{ij})/(\sum_j a_{ij}/\sum_{ij} a_{ij})]$$

Ein positiver Wert bedeutet, dass die Volkswirtschaft Exportspezialisierungsvorteile bei den Gütern der jeweiligen Warengruppe hat, weil das Land bei dieser Warengruppe relativ stärker auf Auslandsmärkte vorgedrungen ist als bei anderen Waren. Ein negativer Wert bedeutet, dass das Land dort eher komparative Nachteile aufweist. Während die RXA-Werte die Abweichungen der jeweiligen Exportstruktur von der Weltexportstruktur messen, charakterisieren die RCA-Werte das Außenhandelsstruktur- bzw. Spezialisierungsmuster für den gesamten Außenhandel eines Landes und beziehen die Importkonkurrenz auf dem eigenen Inlandsmarkt mit ein.

Dementsprechend spielt für das RCA-Muster der komparativen Vor- und Nachteile eines Landes auch eine Rolle, inwieweit die Importstruktur eines Landes von der Weltimportstruktur insgesamt abweicht¹⁵¹. Werden die Strukturen durcheinander dividiert, ergibt sich - analog zum RXA - ein Maß zur Quantifizierung des Importspezialisierungsmusters eines Landes im internationalen Handel (**RMA**)¹⁵²:

$$RMA_{ij} = 100 \ln [(e_{ij}/\sum_i e_{ij})/(\sum_j e_{ij}/\sum_{ij} e_{ij})]$$

Außenhandelspezialisierung (additiv und gewichtet)

Andere Varianten von Spezialisierungsmaßen berücksichtigen neben der Richtung der Spezialisierung (Vorzeichen) gleichzeitig die Gewichte der Gütergruppen. Dies hat Vorteile, weil man sofort die Relevanz des Spezialisierungsvor- bzw. -nachteils für die Außenhandelsposition insgesamt abschätzen und bewerten kann. Die Messziffern haben allerdings den Nachteil, dass die Interpretation etwas komplizierter ist und ihre Erläuterung bei Vorträgen gelegentlich etwas mehr Zeit in Anspruch nimmt. Man sollte dann ruhig bleiben, sich nicht verheddern und vorsichtshalber ein paar Vortragsminuten mehr kalkulieren.

Zur Abschätzung der Exportleistungsfähigkeit wird die tatsächliche Ausfuhr in einer Warengruppe mit einer hypothetischen verglichen wie sie sich errechnen würde, wenn der Welthandelsanteil eines Landes bei Verarbeiteten Industriewaren auf das Ausfuhrvolumen der betrachteten Warengruppe übertragen würde:

¹⁵⁰ Vgl. Keesing (1965). Andere Messziffern basieren auf dem gleichen Grundprinzip und entsprechend den gleichen Ausgangsdaten. Sie wählen der Logarithmierung jedoch den Tangens Hyperbolicus und begrenzen damit den Wertevorrat auf den Bereich 100 bis -100. Durch die gebundene Form gelingt es leichter, die zu Extremwerten neigenden kleinsten Länder im Zaum zu halten. Durch die asymmetrische Form ergeben sich jedoch Probleme bei analytischen Auswertungen.

¹⁵¹ Vgl. Schumacher, Legler, Gehrke (2003).

¹⁵² Es gilt dann für Warengruppe i und Land j: $RCA_{ij} = RXA_{ij} + RCA_{i, \text{Welt}} - RMA_{ij}$. Vgl. Schumacher (2006).

$$\mathbf{BX}_{ij} = [(a_{ij} - \sum_j a_{ij} (\sum_i a_{ij} / (\sum_{ij} a_{ij}))] 100 / \sum_j a_{ij}$$

Positive Werte der Exportspezialisierung (**Beitrag zu den Exporten \mathbf{BX}_{ij}**) geben die über dem durchschnittlichen Anteil eines Landes am Welthandel mit Verarbeiteten Industriewaren insgesamt liegenden Ausfuhren in einer Warengruppe an, bezogen auf das gesamte Ausfuhrvolumen von Verarbeiteten Industriewaren dieser Volkswirtschaft. Ein negativer Wert weist hingegen auf komparative Nachteile hin. Die Vorzeichen von RXA und BX sind jeweils gleich. Da der BX-Indikator jedoch additiv ist, summieren sich die Werte über alle Warengruppen betrachtet zu Null.¹⁵³

Der Pfiff des **Beitrags** eines Sektors zum **Außenhandels-Saldo** eines Landes (**BAS**) besteht darin, sowohl Hinweise auf das Spezialisierungsmuster einer Volkswirtschaft durch Vergleich der Export- mit den Importstrukturen zu liefern (Spezialisierungsvor- und -nachteile) als auch gleichzeitig Anhaltspunkte für die quantitative Bedeutung der Spezialisierungsvorteile (bzw. -nachteile) für die Außenhandelsposition der Industrie insgesamt geben zu können. Das Konzept vergleicht den tatsächlichen Außenhandelssaldo einer Warengruppe mit einem hypothetischen wie er sich errechnen würde, wenn der relative Saldo bei Verarbeiteten Industriewaren auf das Außenhandelsvolumen der betrachteten Warengruppe übertragen würde:

$$\mathbf{BAS}_{ij} = [(a_{ij} - e_{ij}) - (\sum_j a_{ij} - \sum_j e_{ij})(a_{ij} + e_{ij}) / (\sum_j a_{ij} + \sum_j e_{ij})] 100 / P_{it}$$

Ein positiver Wert weist auf komparative Vorteile (strukturelle Überschüsse), ein negativer auf komparative Nachteile hin. Insoweit besteht kein Unterschied zum RCA: Die Vorzeichen von RCA und BAS sind gleich. Da der BAS-Indikator jedoch additiv ist, summieren sich alle Beiträge zu Null. Deshalb zeigt er nicht nur - wie der dimensionslose RCA - die Richtung der Spezialisierung, sondern auch die quantitative Bedeutung des betrachteten Sektors für die internationale Wettbewerbsposition der Volkswirtschaft insgesamt an.¹⁵⁴ Um die Daten auch im internationalen und intertemporalen Vergleich interpretieren zu können, werden die Abweichungen des tatsächlichen vom hypothetischen Außenhandelssaldo jeweils in Prozent des Außenhandelsvolumens bei verarbeiteten Industriewaren insgesamt P_{it} ausgedrückt.

In dieser Studie wird ausschließlich mit den additiven Spezialisierungskennziffern gearbeitet.

¹⁵³ Vgl. auch Schumacher (2006).

¹⁵⁴ OECD (1999c). Dort zitierte Literatur: Lafay (1987).

Anhang 2: Messziffern zur Beurteilung der Spezialisierung bei Patenten und Publikationen

Dazu wird der relative Patentanteil (RPA) berechnet. Er gibt an, auf welchen Gebieten ein Land im Vergleich mit dem Anteil des weltweiten Patent-/Publikationsaufkommens in diesem Gebiet stark oder schwach vertreten ist. Der RPA berechnet sich wie folgt:

$$RPA_{kj} = 100 * \tanh \ln [(P_{kj}/\sum_j P_{kj})/(\sum_k P_{kj}/\sum_{kj} P_{kj})]$$

Dabei bezeichnet P_{kj} die Anzahl der Patentanmeldungen/Publikationen eines Landes k im Feld j . Der Logarithmus sorgt für eine symmetrische Anordnung der Werte um Null und der Tangens Hyperbolicus multipliziert mit 100 begrenzt die Werte auf +/-100. Er wird verwendet da einerseits die Annahme der Linearität der Werte in den Extrembereichen nicht mehr gegeben ist und andererseits ohne den hyperbolischen Tanges die Extremwerte sich sehr stark verändern, diese Veränderung aber inhaltlich nicht sinnvoll interpretiert werden kann. Kleine Unterschiede der Relationen haben in diesen Bereichen extreme Unterschiede der Spezialisierungsindices zur Folge.

Die Interpretation dieses Indikators ist recht simpel: Positive Vorzeichen bedeuten, dass ein Feld ein höheres Gewicht innerhalb des jeweiligen Landes hat als es in der Welt einnimmt. Negative Vorzeichen symbolisieren entsprechend eine unterdurchschnittliche Spezialisierung. Dadurch wird es einerseits möglich die relative Stellung von Feldern innerhalb des Portfolios eines Landes und andererseits diese Position von Größenunterschieden unabhängig international zu vergleichen.

Anhang 3: Tabellen und Abbildungen

Tab. A.1.2.1: Produktion von potenziellen Umweltschutzgütern (ohne Energie/Umwelt) in Deutschland nach Umweltarten und Wirtschaftszweigen 1995 bis 2002*

- in Mrd. €-

Umweltarten	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Abfall	3,1	3,1	3,0	3,2	2,8	3,1	3,0	2,9
Abwasser	9,4	9,2	9,3	9,8	9,5	9,9	10,1	9,7
Luft	10,7	11,2	12,1	12,7	13,1	14,5	14,3	14,1
Mess-, Steuer-, Regeltechnik	9,9	9,9	10,2	10,6	11,4	13,4	13,4	13,0
insgesamt¹	33,3	33,5	34,7	36,5	36,9	41,1	40,9	39,9
nachrichtlich: Anteil an der Industrieproduktion insg. in %	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,1	4,0	3,9
Wirtschaftszweig				1998	1999	2000	2001	2002
Maschinenbau				17,9	18,0	19,4	19,4	20,0
Mess-, Steuer-, Regeltechnik				6,5	6,5	8,8	8,5	8,2
Metallerzeugung				2,8	2,8	2,8	2,9	2,8
Elektrotechnik				2,0	2,0	2,4	2,7	2,6
Gummi-/ Kunststoffverarbeitung				2,1	2,1	2,3	2,2	2,0
Chemische Industrie				0,9	0,9	1,1	1,3	1,2
Metallverarbeitung				1,5	1,5	0,8	0,8	0,9
Glas, Keramik, Steine, Erden				1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Textilindustrie								0,5
Papierindustrie				0,9	0,9	1,1	0,6	0,5

1) Inkl. Lärmschutz, um Mehrfachzuordnungen bereinigt.

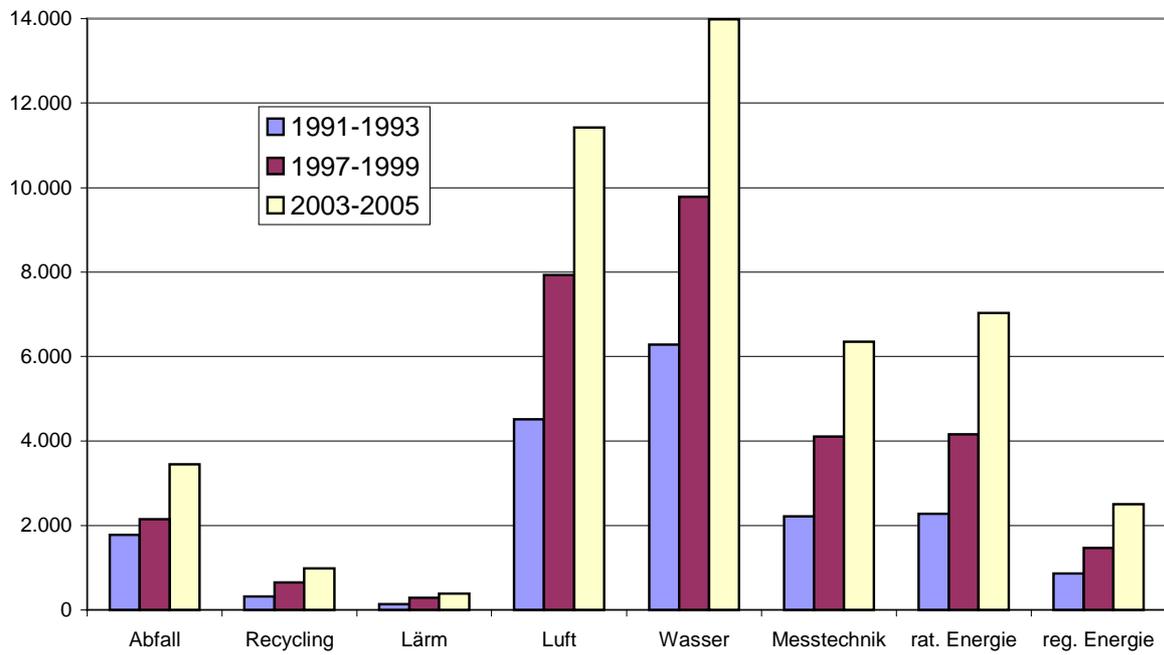
*) Bis 2001 nach GP 95 berechnet, ab 2002 nach GP 2002. Geringfügige systematische Abweichungen sind ohne Einfluss auf die Ergebnisse.

Quellen: Statistisches Bundesamt: Fachserie 4, Reihe 3.1. - Berechnungen des NIW.

**Tab. A.3.1: Patentspezialisierung bei Umwelttechnologien ausgewählter Volkswirtschaften
1985-2004**

	Abfall														
	USA	GER	JPN	GBR	FRA	SUI	CAN	ITA	NED	SWE	FIN	KOR	DEN	AUT	EU15
85-87	-18	32	-57	-72	37	-73	56	43	-40	24	-5		52	54	19
93-95	-37	29	-38	-6	47	43	33	5	-43	-10	-33	-88	79	56	25
02-04	-34	36	42	-9	52	39	70	-72	-100	-11	-100	-100	22	-6	-31
	Recycling														
85-87	-40	47	-74	-13	-19	42	75	-25	35	31	-7		-13	78	29
93-95	-32	38	-50	-14	-27	27	61	3	39	23	55	-93	59	82	25
02-04	-59	6	-8	-1	-34	-15	22	57	33	27	-30	-74	63	86	19
	Lärm														
85-87	-36	40	-77	-14	-9	76	-100	-37	23	39	-100		-100	91	28
93-95	-48	49	-29	-26	18	-4	-69	10	43	57	41	-64	82	20	34
02-04	-36	43	-27	-45	31	43	-10	8	-25	39	-86	-57	-56	62	25
	Luft														
85-87	-54	63	-17	-71	-58	-29	38	-87	-44	22	82		30	43	28
93-95	-49	44	43	-26	-46	-6	-69	-33	-74	46	-30	-75	13	17	10
02-04	-71	44	54	-32	16	-57	-85	-17	-79	48	-22	-100	2	26	18
	Wasser														
85-87	-22	31	-70	0	-25	32	34	-35	33	20	88		56	77	23
93-95	-26	27	-51	16	5	-7	71	-33	-1	45	33	42	32	33	18
02-04	-6	0	-25	-14	25	-23	24	-33	-36	30	38	-42	74	53	9
	Umweltmesstechnik														
85-87	29	12	-64	20	13	-84	-8	-50	-77	-58	-100		-100	-72	0
93-95	17	-21	-63	48	43	-51	-36	-43	-24	38	47	-60	84	-57	11
02-04	32	-32	-73	-32	21	-45	14	-42	25	6	30	-39	34	-100	-5
	Rationelle Energienutzung und Klimaschutz														
85-87	6	1	-77	0	34	41	-62	98	-63	38	10		4	-91	16
93-95	-10	-37	-37	-26	-39	74	-43	92	-7	-17	49	91	4	-55	7
02-04	-22	1	-23	12	-28	58	-16	74	-87	-26	-99	93	-100	-38	0
	Regenerative Energien														
85-87	18	5	6	-20	-51	1	-100	-60	-45	28	-11		48	-79	-14
93-95	-39	0	44	-18	-57	5	-70	-74	-3	-9	2	41	73	63	-11
02-04	-53	17	13	10	-31	-12	0	-3	20	6	-17	-78	93	43	19
	Umweltanmeldungen														
85-87	-22	40	-52	-26	-12	12	30	43	-9	23	63		27	57	21
93-95	-30	26	-14	-4	-4	20	26	16	-5	29	26	10	59	47	16
02-04	-34	16	7	-6	1	5	-6	27	-28	18	-21	9	56	42	12
	Brennstoffzellen														
85-87	72	-83	-1	-100	-88	-100	-2	-100	-100	-100	-100		-100	-100	-91
93-95	9	6	15	28	-100	53	91	-44	-29	-100	-100	27	59	-100	-28
02-04	-15	-26	69	-57	-61	-16	73	-54	-84	-100	-97	-4	22	-100	-50

Abb. A.3.1: Absolute Anzahl der Publikationen im SCI in den Teilbereichen der Umweltwissenschaften 1991-2005



**Tab. A.5.2.1: Welthandelsanteile¹ der OECD-Länder bei potenziellen Umweltschutzgütern*
1993 bis 2004 (in %)**

Land	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
GER	16,4	16,2	16,4	15,9	15,0	15,8	15,7	14,7	15,0	15,8	16,2	16,4
FRA	6,4	6,7	6,6	6,4	5,9	6,1	5,8	5,1	5,4	5,6	5,7	5,3
GBR	7,1	7,0	6,9	7,1	7,5	7,3	6,9	6,3	5,3	6,3	6,4	6,1
ITA	8,6	7,9	7,9	8,5	7,5	7,5	7,2	6,3	6,7	6,8	7,0	6,9
BEL	2,7	2,5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5
LUX							0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
NED	4,4	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,9	2,7	2,6	2,6	2,9	2,8
DEN	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7	1,5	1,7	1,8	1,7	1,6
IRL	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5
GRE	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
ESP	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,3
POR	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
SWE	2,0	1,9	2,0	2,0	1,8	1,8	1,9	1,8	1,7	1,9	1,8	1,8
FIN	0,9	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9
AUT	1,9	1,7	1,9	1,8	1,5	1,5	1,5	1,3	1,4	1,5	1,7	1,6
SUI	3,3	3,2	3,2	3,0	2,6	2,6	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5
NOR	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
ISL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TUR	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
POL	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1
CZE	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
HUN	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	0,7	0,8
SVK					0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
CAN	2,1	2,2	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,2	2,7	2,5
USA	18,4	17,9	17,2	17,6	20,0	19,3	19,6	21,0	20,5	18,6	16,8	16,1
MEX	1,4	1,5	1,4	1,7	2,0	2,3	2,7	2,9	2,9	2,9	2,5	2,3
JPN	12,1	12,8	12,9	11,8	11,3	9,5	10,4	12,2	9,9	9,6	9,9	10,8
KOR		1,3	1,5	1,2	1,4	1,2	1,2	1,3	1,2	1,4	1,3	1,4
AUS	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
NZL	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

*) Abfall, Wasser, Luft, Mess-, Steuer-, Regeltechnik, Güter zum Lärmschutz sowie Energie/Umwelt.

1) Anteil der Ausfuhren eines Landes an den Weltausfuhren in %.

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodity Statistics, Rev. 3 (versch. Jgge). - Berechnungen des NIW.

Tab. A.5.2.2: Beitrag von potenziellen Umweltschutzgütern zur Ausfuhr der OECD-Länder 1993-2004 (in %)

Land	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
GER	15,0	14,5	14,6	16,1	14,7	15,0	17,0	17,0	14,8	15,3	16,1	16,3
FRA	-2,8	1,2	-0,8	-0,9	-2,5	-2,9	-3,2	-4,0	-4,5	-1,3	-1,5	-2,9
GBR	14,6	13,1	10,8	11,0	11,5	11,9	11,8	11,1	11,6	11,7	15,4	16,7
ITA	20,1	19,8	18,1	19,5	18,6	19,0	19,2	16,4	16,9	16,8	17,5	19,7
BEL	-12,9	-14,2	-15,0	-15,3	-14,5	-14,6	-12,3	-11,7	-14,3	-16,5	-16,1	-17,3
LUX							-1,9	-2,3	-4,7	-0,5	2,7	0,4
NED	2,1	0,3	-2,2	-5,0	-5,5	-6,0	-6,1	-8,3	-10,7	-8,4	-9,0	-12,9
DEN	31,3	30,6	32,5	29,6	30,6	33,9	37,9	32,2	39,8	37,5	35,2	31,9
IRL	-21,8	-22,4	-24,6	-25,6	-28,8	-29,9	-31,8	-31,0	-31,9	-33,2	-31,2	-29,5
GRE	-30,4	-29,7	-24,2	-23,4	-21,3	-21,8	-20,2	-25,4	-24,5	-22,4	-23,4	-23,4
ESP	1,5	-1,5	-2,7	-1,7	0,7	-2,0	-0,4	0,3	0,5	1,5	-0,2	-1,5
POR	-26,5	-23,9	-23,7	-25,1	-23,1	-22,8	-23,0	-22,4	-22,7	-20,5	-18,6	-18,9
SWE	7,3	6,2	5,7	4,2	2,0	1,8	4,0	4,1	8,4	9,2	2,9	0,7
FIN	7,5	5,7	3,7	4,3	3,2	1,6	-15,3	-1,4	-2,7	-2,5	-1,0	1,2
AUT	14,6	11,4	14,0	13,6	7,7	4,5	5,3	3,8	3,9	5,0	6,0	2,3
EU-15 ¹	18,1	16,9	15,8	15,7	15,0	15,2	16,2	14,2	13,9	14,8	15,9	16,0
SUI	26,4	26,7	27,8	27,7	23,1	22,6	26,2	28,3	26,2	22,9	22,4	23,1
NOR	-2,0	-3,3	-3,5	-3,2	-3,1	1,2	-0,5	-3,6	-1,1	8,4	4,2	5,8
ISL	-42,5	-41,7	-41,4	-42,0	-41,7	-42,3	-40,5	-40,1	-43,3	-41,4	-42,3	-42,8
TUR	-28,2	-25,6	-23,7	-20,7	-22,1	-20,2	-19,5	-17,8	-17,3	-14,9	-14,9	-16,4
POL	-5,9	-8,0	-5,2	-2,2	-4,6	-2,6	2,4	-0,7	0,0	3,0	3,7	2,5
CZE	3,7	5,8	3,9	6,8	7,9	7,3	9,9	9,9	9,7	8,7	12,7	7,1
HUN	-3,2	-3,3	-3,5	1,8	-8,9	-10,2	-11,3	-9,0	-2,1	0,2	-1,1	1,4
SVK					-11,3	-15,7	-13,3	-16,3	-14,5	-16,1	-17,1	-19,1
CAN	-20,2	-18,7	-18,8	-15,0	-15,1	-12,4	-13,1	-13,1	-10,3	-9,1	-11,7	-13,3
USA	13,8	13,6	14,4	14,0	17,3	16,7	18,0	20,2	22,0	21,6	21,9	23,6
MEX	-43,9	0,0	-6,0	-5,0	-4,5	-1,8	-0,4	-0,3	0,3	1,1	0,7	0,6
JPN	0,1	4,7	8,7	10,0	9,0	5,6	7,9	14,3	11,0	9,5	13,5	18,5
KOR		-22,9	-22,1	-25,7	-24,9	-26,5	-26,3	-26,7	-27,0	-25,4	-27,4	-27,8
AUS	-14,7	-14,5	-15,9	-13,0	-15,7	-18,0	-15,0	-18,3	-19,6	-17,3	-17,8	-17,2
NZL	-29,7	-25,7	-27,6	-25,9	-26,2	-22,8	-26,1	-26,9	-31,7	-29,0	-25,8	-26,1

1) Nur der EU-externe Außenhandel ist berücksichtigt. - 1993 bis 1998 ohne LUX.

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodities, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

Tab. A.5.2.3: Beitrag von potenziellen Umweltschutzgütern zur Ausfuhr der OECD-Länder 1993 bis 2004 (in %)

- nach Tätigkeitsbereichen -

Land	Abfall												Wasser											
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
GER	2,1	1,8	2,0	2,2	2,1	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9	1,8	1,6	5,9	5,7	5,9	6,4	5,8	5,2	5,8	5,8	4,8	5,3	5,5	5,4
FRA	0,1	2,6	0,2	-0,5	0,0	0,1	0,1	0,4	0,2	0,4	0,6	0,5	-0,5	-0,4	-0,1	0,2	0,5	0,7	0,7	-0,1	-0,4	-0,1	-0,3	0,0
GBR	1,1	1,1	1,1	1,4	1,1	1,0	1,9	1,7	1,6	1,7	2,8	3,5	-0,3	0,2	-0,5	-0,5	0,0	-0,8	-1,1	-1,2	-2,0	-1,3	0,0	-0,2
ITA	1,9	1,0	0,9	1,0	0,9	0,5	0,9	0,4	0,6	0,5	0,6	0,3	22,3	22,6	21,3	20,9	20,7	21,5	22,0	19,8	19,9	19,7	20,3	21,3
BEL	-2,3	-3,2	-2,9	-3,1	-2,7	-3,0	-2,5	-2,2	-2,3	-2,2	-2,3	-2,3	-4,0	-4,6	-4,7	-4,9	-3,9	-4,4	-3,4	-4,0	-4,7	-5,3	-5,2	-5,6
LUX							-2,0	-2,1	-0,4	0,8	1,3	0,3						-3,2	-1,3	-1,6	0,8	0,9	-0,3	
NED	-0,9	-0,9	-1,4	-1,6	-1,4	-1,2	-0,8	-0,9	-0,9	-0,5	-0,7	-1,1	-1,8	-2,1	-3,2	-3,3	-3,3	-3,5	-4,1	-4,1	-4,1	-3,6	-4,1	-5,0
DEN	4,4	3,2	1,8	1,2	1,7	2,1	2,8	1,5	1,0	1,5	1,7	2,0	17,7	16,9	17,6	17,0	16,6	17,0	17,8	16,5	17,4	17,1	18,2	18,6
IRL	-3,2	-3,4	-3,1	-3,7	-3,7	-3,9	-3,2	-2,8	-2,4	-2,9	-3,1	-3,4	-7,3	-7,4	-8,0	-8,5	-8,2	-9,8	-9,5	-8,9	-9,2	-9,7	-9,4	-9,8
GRE	-0,8	-1,3	-0,7	-1,3	-0,8	-1,0	-0,4	-2,1	-1,0	-1,2	0,0	-0,2	-8,4	-7,7	-3,6	-2,8	-0,7	-2,2	-1,6	-4,0	-4,6	-2,3	-4,7	-4,5
ESP	-0,7	-1,9	-2,0	-0,9	-1,4	-1,7	-1,7	-1,4	-1,5	-1,6	-1,7	-1,9	11,4	12,3	11,3	10,3	12,5	12,5	12,3	13,4	13,9	14,4	11,8	11,4
POR	-4,2	-4,6	-4,4	-4,1	-3,7	-3,7	-3,0	-2,6	-2,8	-2,3	-2,5	-2,8	-3,7	-3,8	-4,6	-5,1	-3,8	-3,3	-2,6	-1,7	-1,6	-1,1	-0,7	0,3
SWE	2,4	2,2	1,5	2,6	2,9	2,6	2,1	4,5	5,1	5,3	1,7	1,2	4,7	4,3	2,7	2,9	2,4	1,1	1,1	0,9	1,3	1,4	0,4	-0,5
FIN	4,7	3,6	4,4	3,6	3,0	3,8	-4,3	3,6	3,8	3,3	3,8	5,2	2,7	2,9	0,9	1,6	1,0	-0,6	-3,2	-0,4	-0,5	-1,7	-0,8	0,1
AUT	6,9	4,3	5,1	5,5	5,6	4,9	5,4	5,7	6,1	7,2	7,0	5,2	3,4	3,6	4,8	5,3	3,7	2,2	2,8	3,5	3,5	3,4	3,5	2,0
EU-15	3,1	2,6	2,4	2,8	2,8	2,1	2,3	2,2	2,2	2,4	2,6	2,7	8,2	8,2	7,8	8,1	8,0	7,6	7,7	7,0	6,8	7,2	7,5	7,4
SUI	3,2	2,6	1,9	1,5	1,6	2,0	2,7	2,6	2,0	1,1	1,2	1,5	8,2	8,7	9,0	8,0	7,4	7,3	8,1	8,3	6,6	5,4	4,5	5,1
NOR	0,0	-0,2	0,5	0,4	0,0	0,2	0,9	-0,8	-0,8	-1,1	-2,4	-2,6	1,1	-0,6	0,7	0,2	1,0	2,2	1,5	0,9	3,5	7,2	7,4	7,5
ISL	-4,6	-4,9	-4,9	-4,8	-4,7	-4,7	-3,0	-3,2	-4,0	-3,6	-4,0	-3,8	-13,5	-13,4	-13,3	-13,6	-13,4	-13,5	-12,5	-11,5	-12,1	-12,4	-12,7	-12,9
TUR	-2,8	-1,7	-2,0	-2,0	-2,3	-1,9	-2,2	-1,8	-1,8	-1,1	-1,0	-1,4	-3,7	-3,3	-1,5	-0,1	-0,2	0,9	3,1	3,9	6,4	6,6	5,9	4,8
POL	3,9	3,2	4,1	3,2	2,2	4,0	4,8	2,7	4,6	4,5	3,5	3,0	-1,7	-2,1	-2,1	-1,4	-0,5	-1,0	1,3	1,2	1,4	2,0	1,8	2,0
CZE	3,1	2,3	0,9	0,4	2,0	2,2	2,4	1,5	1,1	1,2	1,8	0,7	9,5	10,7	10,1	9,3	9,6	8,7	10,1	10,7	10,3	8,5	10,1	7,6
HUN	-1,5	-1,8	-2,4	-1,3	-3,0	-2,9	-2,4	-0,9	-0,7	-2,1	-2,2	-2,5	-1,8	-2,5	-3,2	-2,7	-3,2	-3,5	-3,0	-3,2	-3,7	-4,5	-3,2	-2,6
SVK					5,0	3,9	5,5	3,9	7,1	4,0	5,2	1,9					-1,6	-3,7	-3,2	-4,6	-4,4	-4,8	-5,4	-4,7
CAN	-2,1	-1,3	-0,7	0,3	-0,2	1,5	1,6	0,3	-0,2	-1,1	-0,6	-1,0	-8,0	-7,5	-7,6	-6,8	-5,9	-5,4	-5,0	-4,2	-4,1	-3,9	-4,0	-3,7
USA	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	0,8	0,4	0,7	0,9	0,6	0,9	1,3	-1,7	-1,5	-1,7	-1,4	-0,8	-0,9	-0,1	0,9	1,1	0,7	0,3	0,2
MEX	-4,7	-3,5	-2,4	-3,3	-2,5	-2,8	-2,1	-1,4	-2,4	-2,6	-1,9	-1,3	-13,7	-3,6	-5,5	-6,0	-3,6	-3,9	-3,7	-2,9	-3,0	-2,7	-3,4	-3,0
JPN	1,4	1,9	2,5	3,4	3,1	2,2	1,8	2,4	1,9	2,0	2,1	2,9	-2,3	-1,3	-0,4	0,0	-0,7	-2,0	-1,9	-0,5	-1,4	-2,2	-1,7	-1,1
KOR		0,6	2,2	1,1	-0,4	-0,4	-1,3	-0,9	-0,4	0,6	-1,6	-1,5		-6,4	-6,0	-7,2	-7,2	-7,6	-7,0	-6,0	-5,6	-6,0	-6,8	-6,7
AUS	0,3	-1,6	-1,0	-0,6	-0,5	-1,4	-1,2	-1,6	-0,3	-0,2	-1,0	-0,6	-7,0	-6,0	-5,7	-5,4	-5,6	-7,1	-5,4	-5,4	-5,6	-5,6	-5,9	-5,8
NZL	-1,3	-0,8	-1,1	0,2	0,4	1,1	-0,2	0,9	-0,1	0,7	0,7	1,2	-8,8	-8,0	-8,6	-8,2	-8,2	-8,8	-7,5	-7,3	-8,1	-7,5	-6,9	-7,6

Land	Luft												MSR											
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
GER	2,8	2,6	2,6	3,0	3,1	3,0	3,4	3,9	3,6	3,3	3,3	3,3	5,7	5,6	5,5	6,3	5,5	5,8	6,9	5,9	5,6	6,6	6,9	7,2
FRA	-0,1	0,3	0,6	1,0	0,4	0,6	0,5	0,1	-0,5	0,0	0,0	-0,2	-1,8	-1,9	-2,3	-2,0	-1,9	-2,3	-2,7	-2,9	-1,7	-0,9	-0,7	-0,9
GBR	1,2	1,4	1,1	1,2	1,2	0,8	0,8	1,2	1,0	0,7	1,0	1,9	5,8	5,9	5,3	5,0	5,0	5,8	5,4	4,9	7,2	6,6	6,1	5,5
ITA	2,9	2,5	2,6	2,9	2,7	3,7	3,5	3,0	2,3	2,6	3,0	3,6	-0,9	-1,1	-1,7	-1,3	-1,1	-1,4	-1,3	-2,3	-2,2	-2,2	-1,5	-1,6
BEL	0,9	0,6	0,0	-0,1	-0,1	0,5	0,8	2,4	1,7	-0,1	-0,3	0,0	-9,5	-9,4	-9,3	-9,7	-9,8	-9,6	-9,2	-9,9	-10,1	-9,8	-9,4	-9,5
LUX							6,0	5,4	2,9	2,4	4,3	2,7							2,0	0,5	-1,0	-0,5	-0,4	0,3
NED	-0,1	-0,2	-0,9	-1,0	-1,7	-2,4	-2,3	-2,0	-2,3	-2,0	-2,2	-2,4	-3,5	-3,4	-3,7	-3,1	-2,5	-1,4	-1,8	-1,5	-1,8	-0,7	-1,8	-4,8
DEN	1,2	1,1	2,1	1,3	1,9	2,6	3,0	1,0	-0,5	0,1	0,5	0,6	5,2	5,9	5,0	4,3	4,3	4,7	4,2	3,8	5,6	5,9	6,1	6,0
IRL	-3,1	-3,2	-3,5	-4,0	-4,3	-4,7	-4,8	-5,0	-5,3	-5,2	-5,1	-5,0	-5,7	-6,5	-7,4	-7,1	-8,7	-7,3	-9,4	-9,2	-9,2	-9,7	-7,9	-7,0
GRE	-5,8	-5,6	-5,7	-6,0	-5,8	-5,8	-5,7	-5,3	-5,6	-5,7	-5,5	-5,7	-12,4	-12,1	-12,1	-12,2	-12,2	-12,3	-11,9	-12,6	-12,1	-11,6	-11,4	-11,2
ESP	-1,9	-2,7	-2,5	-2,3	-2,4	-2,1	-1,6	-0,9	-1,9	-1,3	-1,4	-1,6	-3,1	-5,3	-6,0	-5,7	-6,4	-6,6	-6,7	-7,3	-7,1	-7,0	-6,6	-7,2
POR	-5,5	-5,2	-5,4	-5,7	-5,1	-5,0	-5,4	-5,0	-5,1	-4,3	-3,8	-3,7	-11,0	-8,4	-7,2	-7,7	-7,1	-6,9	-8,8	-9,3	-8,8	-8,2	-7,8	-8,9
SWE	-0,4	0,1	0,0	-0,3	-0,1	-0,2	2,3	2,2	3,3	3,6	2,5	2,1	3,3	2,3	1,9	0,7	-0,6	-0,7	-0,4	-1,3	1,6	1,1	-0,3	-1,3
FIN	-2,3	-2,1	-2,5	-2,3	-1,8	-2,5	-6,8	-2,8	-3,1	-2,4	-1,5	-1,9	-2,3	-2,5	-2,2	-3,0	-2,2	-2,4	-13,5	-3,3	-2,4	-2,1	-1,7	-2,1
AUT	1,2	0,7	1,7	1,0	-0,3	-0,1	-0,2	-0,9	-1,1	-0,5	-0,8	-1,0	0,5	-0,2	-0,1	-0,4	0,0	-0,9	-2,4	-2,8	-2,3	-3,1	-2,8	-3,0
EU-15	2,3	2,1	2,0	2,0	2,1	2,2	2,4	2,4	1,8	2,0	2,0	2,3	3,0	2,7	2,2	2,3	2,3	2,8	3,1	2,0	2,9	3,2	3,5	3,4
SUI	1,6	1,4	1,5	1,5	1,1	1,2	0,9	0,6	0,2	0,7	1,1	0,8	16,3	16,3	16,4	15,5	12,2	11,4	10,7	10,6	10,6	10,4	11,3	11,5
NOR	-2,2	-1,3	-1,9	-1,4	-1,6	-0,7	-1,6	-1,9	-2,2	-1,6	-2,6	-1,7	-1,9	-0,2	-1,8	-1,3	-1,3	0,1	-0,8	-0,7	1,4	4,8	3,4	4,1
ISL	-6,3	-6,2	-6,4	-6,7	-6,6	-6,7	-6,7	-6,6	-7,3	-6,8	-6,8	-6,8	-13,1	-12,9	-12,6	-12,9	-12,9	-12,9	-12,9	-13,1	-13,4	-12,4	-12,8	-13,2
TUR	-5,5	-5,4	-5,3	-5,3	-5,4	-5,3	-5,1	-4,4	-5,0	-4,3	-4,1	-4,1	-12,2	-11,8	-11,9	-11,9	-12,3	-12,0	-11,9	-12,9	-12,9	-12,3	-12,1	-12,6
POL	-3,5	-3,4	-3,3	-3,7	-3,2	-2,8	-2,6	-3,0	-2,9	-1,9	-1,7	-1,5	-10,3	-10,1	-10,2	-10,0	-10,7	-10,6	-10,0	-10,7	-10,5	-9,1	-7,1	-7,4
CZE	-0,2	-0,2	-0,5	2,0	3,2	3,4	4,4	4,5	5,1	6,2	7,1	6,5	-8,1	-7,6	-7,2	-6,3	-6,6	-6,4	-7,0	-7,7	-6,9	-6,8	-5,8	-6,6
HUN	-1,4	-2,0	-1,5	-0,8	-2,3	-1,7	-2,3	-1,7	-1,1	-0,7	-1,0	0,4	-5,8	-6,8	-6,8	-7,8	-8,9	-8,9	-8,7	-7,6	-4,6	-2,8	-2,3	0,0
SVK					-3,3	-3,8	-3,8	-3,5	-3,4	-2,3	-2,8	-2,0					-11,0	-11,7	-11,8	-12,5	-12,1	-11,6	-11,7	-12,1
CAN	-2,4	-2,3	-2,4	-1,9	-2,2	-2,3	-2,8	-2,4	-1,7	-0,8	-0,9	-1,0	-7,0	-6,5	-6,6	-6,6	-6,7	-6,9	-6,8	-7,1	-6,4	-6,0	-5,6	-5,9
USA	2,4	2,3	2,6	2,2	2,8	2,5	2,7	2,5	2,8	3,0	3,0	2,6	9,0	8,8	9,2	9,3	10,0	10,4	11,3	13,2	12,3	12,1	12,4	14,0
MEX	-6,4	6,1	4,2	4,6	1,9	2,7	3,5	2,3	1,2															

**noch Tab. A.5.2.3: Beitrag von potenziellen Umweltschutzgütern zur Ausfuhr der OECD-Länder
1993 bis 2004 (in %)**

- nach Tätigkeitsbereichen -

Land	Lärm												Energie/Umwelt												
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
GER	1,2	1,1	1,2	1,6	1,7	1,6	2,1	2,1	1,9	2,0	2,1	2,2	1,5	1,6	1,1	1,3	0,8	1,7	1,7	1,6	1,2	0,7	0,9	0,8	
FRA	-0,3	-0,1	0,1	0,4	0,0	0,3	0,1	-0,2	-0,6	-0,3	-0,5	-0,5	-0,9	-0,1	0,2	0,0	-1,7	-1,9	-2,2	-2,6	-2,3	-0,8	-0,9	-2,1	
GBR	-0,8	-0,1	-0,3	0,1	0,0	-0,2	-0,4	-0,5	-0,3	-0,3	-0,2	0,0	7,2	4,8	4,1	4,2	4,5	4,9	4,9	4,1	4,0	4,3	5,7	5,7	
ITA	2,3	2,1	2,0	2,1	1,8	2,0	1,9	1,5	1,2	1,8	2,2	2,4	-2,4	-2,1	-2,1	-0,4	-0,9	-1,2	-2,2	-2,1	-0,6	-0,3	-1,2	-0,5	
BEL	0,4	0,2	0,1	0,1	-0,1	0,6	1,0	2,5	2,1	-1,4	-0,2	-0,4	-1,8	-1,9	-2,5	-2,2	-1,9	-2,0	-1,7	-2,3	-2,7	-2,6	-2,6	-3,7	
LUX							-1,9	-2,3	-2,2	-1,7	-1,6	-1,4							3,4	2,4	1,5	2,4	2,9	2,7	
NED	0,8	-0,2	0,0	-0,2	-0,9	-1,4	-1,0	-1,5	-1,7	-1,4	-1,6	-1,6	5,7	4,7	4,0	2,0	1,7	1,0	0,6	-1,3	-2,5	-3,5	-2,3	-2,3	
DEN	4,8	3,9	4,8	3,7	3,8	4,0	4,0	3,6	3,2	3,7	3,9	3,8	6,0	7,0	7,5	7,0	7,1	9,0	12,2	9,8	19,0	16,2	12,1	8,6	
IRL	-2,2	-2,3	-2,5	-2,7	-2,8	-3,2	-3,2	-3,1	-3,5	-3,3	-3,2	-3,3	-6,5	-6,2	-6,8	-6,8	-8,3	-8,1	-9,1	-9,6	-9,6	-9,6	-9,4	-8,1	
GRE	-2,6	-2,7	-2,5	-2,6	-2,6	-2,3	-2,1	-2,1	-2,2	-1,7	-2,1	-2,2	-7,9	-7,5	-7,1	-6,3	-6,9	-5,8	-5,8	-7,1	-6,3	-6,6	-6,1	-6,3	
ESP	-0,2	-1,5	-1,6	-1,3	1,0	-1,7	-1,8	-1,4	-1,7	-1,4	-1,4	-1,5	-5,6	-5,6	-6,0	-5,3	-5,9	-5,9	-5,4	-6,2	-5,2	-4,7	-4,1	-4,5	
POR	-2,4	-2,3	-2,4	-2,5	-2,5	-2,7	-2,6	-2,4	-2,8	-2,4	-2,0	-1,8	-6,2	-6,0	-6,5	-6,8	-6,8	-6,5	-6,2	-6,6	-6,5	-6,2	-5,2	-5,4	
SWE	0,1	0,2	-0,2	-0,2	0,0	-0,1	2,4	2,2	2,7	2,7	2,3	1,9	-1,6	-1,3	0,1	-1,7	-2,7	-1,6	1,2	-0,5	0,4	0,7	0,9	0,7	
FIN	0,5	0,2	-0,2	0,1	0,6	0,1	-4,0	-0,8	-0,6	-0,5	0,1	-0,2	2,3	2,4	1,2	2,4	1,6	1,6	7,4	2,7	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	
AUT	1,9	2,1	2,4	2,3	1,2	1,2	1,4	0,9	0,7	1,3	1,1	0,7	4,0	3,8	4,4	3,2	-0,4	0,5	1,3	-0,8	-0,8	0,4	0,8	-0,5	
EU-15	0,8	0,7	0,6	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,7	0,9	1,0	3,7	2,9	2,8	2,4	1,5	2,4	2,4	1,5	1,7	1,8	2,1	1,6	
SUI	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,3	-0,5	-0,3	-0,6	-1,0	-0,6	-0,5	-0,5	5,0	5,5	6,1	8,0	7,0	6,8	9,9	11,3	12,0	10,4	8,7	9,1	
NOR	1,8	-0,8	-0,4	-0,7	-0,4	-1,2	-0,9	-0,6	-1,6	-1,9	-1,9	-1,2	-4,3	-4,5	-4,6	-3,2	-5,1	-3,5	-4,9	-5,0	-6,0	-3,8	-5,0	-6,1	
ISL	-3,5	-3,5	-3,6	-3,7	-3,9	-4,0	-3,8	-3,7	-4,1	-3,9	-3,9	-4,0	-9,9	-9,3	-9,4	-9,2	-9,4	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-10,8	-10,5	-10,9	
TUR	-2,9	-2,8	-2,9	-2,6	-2,9	-2,9	-3,0	-2,4	-2,9	-2,2	-2,3	-1,9	-9,0	-8,4	-8,2	-6,9	-7,3	-7,0	-8,2	-7,7	-8,5	-7,9	-7,5	-7,8	
POL	1,0	1,4	2,1	2,3	1,5	1,7	2,0	1,4	1,8	2,3	2,4	2,1	-1,7	-3,1	-1,5	2,1	0,7	1,1	2,7	2,4	1,8	2,4	2,2	1,2	
CZE	-0,3	-0,3	0,7	1,7	1,4	1,3	1,9	2,3	2,9	3,6	4,2	3,5	-2,0	-2,3	-2,7	-1,4	-3,0	-3,6	-3,7	-3,4	-3,0	-2,8	-2,1	-3,0	
HUN	1,7	0,5	1,3	1,1	0,0	0,4	0,2	0,3	0,1	-0,6	-0,6	0,8	5,7	7,3	8,0	11,4	5,2	3,6	1,8	1,2	6,2	8,1	4,9	2,9	
SVK					-1,2	-1,9	-1,7	-1,8	-1,9	-1,3	-1,4	-1,4							-4,9	-5,4	-4,9	-4,7	-5,6	-6,4	-6,4
CAN	0,4	-0,1	-0,1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,6	0,8	0,2	0,2	-5,0	-5,7	-6,1	-4,1	-4,0	-3,7	-4,5	-3,8	-2,1	-1,3	-4,0	-5,2	
USA	-0,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4	0,6	0,7	0,3	0,2	0,2	5,3	5,0	5,4	4,7	6,5	6,2	6,6	6,7	7,6	7,4	7,2	8,2	
MEX	-3,6	6,3	3,4	2,0	0,5	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	0,8	-10,9	1,7	0,1	0,4	-0,4	1,4	1,0	0,9	1,8	0,9	1,0	-0,3	
JPN	-0,7	-0,7	-0,5	-0,9	-1,2	-1,2	-1,4	-1,4	-1,8	-1,6	-1,5	-1,3	0,1	2,3	3,6	3,3	4,2	3,6	5,1	9,1	6,5	5,8	7,8	10,6	
KOR		-0,5	-0,1	-1,6	0,5	-0,7	-1,1	-1,9	-2,2	-1,5	-2,0	-2,2		-5,4	-5,8	-5,6	-6,0	-6,0	-5,5	-6,3	-6,1	-6,5	-6,5	-6,3	
AUS	-0,5	-0,3	-0,7	-0,5	-1,5	-2,1	-2,9	-2,1	-2,6	-2,8	-2,6	-2,9	-3,7	-4,1	-5,0	-4,2	-5,5	-6,8	-7,1	-8,7	-8,9	-7,2	-5,5	-6,2	
NZL	-2,1	-1,9	-2,0	-1,9	-2,1	-2,4	-2,0	-1,8	-2,5	-2,0	-2,3	-2,2	-8,7	-7,6	-8,2	-7,0	-7,1	-6,7	-7,4	-8,3	-9,1	-7,9	-7,3	-7,4	

Quellen: OECD, ITCS - International Trade By Commodity Statistics, Rev. 3 (versch. Jgge). - Berechnungen des NIW.

Tab. A.5.2.4: Beitrag des Handels mit potenziellen Umweltschutzgütern zum Außenhandelsaldo der OECD-Länder 1993 bis 2004 (in %)

Land	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
GER	7,9	7,3	7,6	7,9	7,2	7,1	7,7	7,1	5,9	6,0	6,5	6,6
FRA	-0,2	0,3	1,1	0,9	0,4	0,2	-1,0	-1,3	-1,7	-1,0	-1,1	-1,0
GBR	8,0	6,6	7,1	7,4	7,7	7,8	8,0	8,2	9,2	9,8	10,9	12,2
ITA	13,7	13,9	12,8	12,5	12,3	12,7	12,1	11,5	12,7	13,2	12,6	14,7
BEL	-1,0	-1,8	-1,5	-2,5	-2,1	-2,0	-1,3	-1,4	-1,1	-1,1	-1,0	-0,8
LUX							6,1	5,2	4,9	6,5	-1,0	7,0
NED	2,4	1,2	0,8	-0,9	-1,0	0,1	1,0	0,8	-0,9	0,0	0,6	0,3
DEN	15,6	14,2	14,6	13,5	15,0	16,5	17,7	15,5	20,5	19,7	16,9	16,3
IRL	-5,9	-5,7	-6,6	-6,0	-8,5	-9,2	-8,9	-9,6	-6,7	-6,1	-10,2	-6,2
GRE	-7,7	-8,9	-5,8	-6,4	-6,1	-4,4	-5,4	-5,8	-3,8	-2,7	-2,9	-4,0
ESP	4,4	2,6	1,6	2,1	3,1	2,2	2,4	3,9	4,3	4,0	3,5	4,3
POR	-7,4	-6,3	-6,1	-8,6	-8,4	-7,5	-7,6	-8,6	-6,6	-6,8	-5,4	-4,9
SWE	-1,6	-2,2	-3,6	-3,5	-2,4	-2,0	-1,0	-0,2	1,6	2,1	0,6	-0,1
FIN	-1,5	-3,7	-2,2	-1,9	-1,1	-0,7	-1,7	-3,0	-2,9	-3,1	-1,0	0,9
AUT	1,9	0,8	3,0	3,1	-0,3	-0,3	-0,3	-1,7	-1,4	-0,4	-0,1	-0,4
EU-15 ¹	11,4	10,5	10,1	9,7	9,6	9,6	9,7	8,3	9,0	9,9	10,6	11,6
SUI	12,2	11,7	11,6	12,1	12,2	12,3	12,9	13,6	13,6	11,1	11,3	11,9
NOR	-7,4	-9,1	-8,0	-6,3	-5,7	-6,1	-6,7	-1,6	-2,2	0,1	-2,8	-1,4
ISL	-19,4	-19,7	-19,0	-22,3	-22,1	-23,1	-25,6	-23,4	-22,5	-20,2	-25,3	-19,4
TUR	-13,5	-16,1	-8,8	-9,4	-12,8	-12,7	-10,1	-5,7	-24,6	-8,4	-3,1	-2,4
POL	-12,6	-14,5	-12,7	-11,3	-10,4	-10,2	-6,7	-6,4	-3,9	-1,5	-1,7	-2,2
CZE	-12,6	-7,0	-9,0	-6,4	-4,8	-3,2	-2,0	-1,1	-2,0	-2,7	-1,2	-1,3
HUN	-1,7	-2,0	-4,3	-1,7	-4,0	-5,6	-7,4	-7,3	-5,1	-4,6	-7,4	-4,7
SVK					-16,3	-17,0	-16,6	-17,2	-14,3	-13,7	-14,8	-12,8
CAN	-14,0	-14,9	-16,2	-12,9	-13,9	-13,1	-14,7	-14,6	-14,4	-12,3	-12,1	-12,2
USA	13,7	12,6	12,4	11,8	13,7	12,9	12,9	13,7	13,9	14,0	14,5	15,5
MEX	-11,2	-6,6	-10,9	-11,4	-10,9	-8,6	-9,3	-8,7	-9,7	-9,6	-8,2	-5,5
JPN	5,6	7,6	10,0	10,0	8,3	5,3	7,1	9,5	7,7	7,1	8,1	10,0
KOR		-21,5	-21,8	-26,5	-23,3	-18,5	-18,3	-18,3	-18,3	-18,3	-20,6	-21,0
AUS	-10,8	-11,5	-11,6	-11,1	-12,1	-12,1	-9,4	-9,5	-12,2	-10,2	-9,7	-11,3
NZL	-13,4	-11,5	-12,8	-12,5	-13,3	-9,9	-10,9	-9,4	-12,5	-11,0	-10,1	-12,0

1) Nur der EU-externe Außenhandel ist berücksichtigt. - 1993 bis 1998 ohne LUX.

Quelle: OECD, ITCS - International Trade By Commodities, Rev. 3 (versch. Jgge.). - Berechnungen des NIW.

Tab. A.5.2.5: Beitrag des Handels mit potenziellen Umweltschutzgütern zum Außenhandelsaldo der OECD-Länder 1993 bis 2004 (in %)

- nach Tätigkeitsbereichen -

Land	Abfall													Wasser												
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004		
GER	1,6	1,7	1,8	2,1	2,0	1,6	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,8	1,5	1,6	2,0	1,8	1,7	2,0	2,2	2,0	2,3	2,7	2,8		
FRA	0,1	0,2	0,5	0,7	1,0	0,9	0,5	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,4	-0,2	-0,6	-1,1	-1,2	-1,2	-1,5	-1,3		
GBR	1,6	0,2	1,2	1,6	1,3	1,4	1,7	1,6	1,6	1,7	2,1	2,5	1,1	1,1	1,1	0,9	1,0	0,9	0,7	0,5	0,6	0,7	1,0	0,8		
ITA	2,2	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	12,7	12,9	12,2	11,7	11,5	11,9	11,4	10,6	11,1	11,1	11,3	11,6		
BEL	-0,4	-0,7	-0,4	-0,4	-0,3	-0,4	-0,3	-0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-1,6	-2,0	-1,6	-1,7	-1,1	-1,1	-0,9	-1,3	-1,2	-1,0	-1,0	-1,0		
LUX							-0,2	-0,5	-0,3	1,1	-0,4	1,0							-0,6	-0,4	-0,2	0,3	-1,0	-0,4		
NED	0,4	0,3	0,4	0,0	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-0,6	-1,1	-0,9	-1,1	-0,6	-0,3	-0,6	-0,7	-1,0	-0,8	-0,6	-0,5		
DEN	2,3	2,0	1,3	0,9	1,2	1,2	1,4	0,6	0,5	0,9	0,9	1,1	7,3	6,7	6,8	6,7	6,2	6,7	6,3	5,7	6,1	6,6	6,8	7,0		
IRL	-0,8	-0,9	-0,9	-1,2	-1,5	-2,6	-2,5	-2,1	-1,0	-0,8	-2,2	-1,4	-2,5	-2,6	-2,6	-2,5	-2,9	-4,2	-3,8	-3,5	-2,7	-2,7	-3,9	-3,5		
GRE	0,1	0,2	0,1	-0,4	-0,1	0,1	-0,3	-0,6	0,1	0,4	0,4	0,4	-4,4	-4,7	-3,2	-2,8	-2,2	-2,1	-1,8	-2,5	-2,4	-1,2	-1,7	-2,3		
ESP	0,4	0,0	-0,4	0,2	-0,4	-0,3	-0,8	-0,7	-1,0	-1,2	-1,3	-1,1	7,2	7,5	6,5	6,0	6,8	7,0	6,3	7,1	7,1	7,5	6,5	6,4		
POR	-2,2	-2,3	-1,9	-2,0	-1,9	-1,7	-1,7	-1,8	-1,5	-1,3	-1,1	-1,0	-1,2	-0,8	-1,8	-2,3	-2,6	-1,6	-1,8	-2,0	-1,5	-1,5	-1,0	-0,4		
SWE	1,4	1,6	1,2	1,7	1,9	1,8	1,2	2,6	2,9	2,7	1,1	1,0	0,7	0,5	-0,4	-0,1	0,0	-0,2	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,7	-0,9		
FIN	2,3	1,6	2,5	2,3	2,0	2,2	1,7	1,5	1,8	1,4	1,5	2,3	-1,8	-2,2	-2,3	-1,7	-1,9	-2,0	-2,1	-2,2	-2,2	-2,0	-1,6	-1,6		
AUT	2,6	2,1	2,6	2,8	2,7	2,4	1,9	1,2	1,5	2,4	2,3	2,0	-2,4	-2,1	-1,6	-0,9	-1,7	-1,7	-1,5	-0,9	-0,5	-0,4	0,0	-0,6		
SUI	1,6	1,6	1,0	0,8	1,1	1,7	1,5	1,4	1,0	0,3	0,3	0,8	2,8	2,7	2,2	2,5	2,5	2,9	3,2	3,0	2,5	1,9	1,4	1,6		
NOR	0,4	0,4	0,2	-0,3	-0,1	0,0	-1,0	-0,3	0,5	-0,2	-1,6	-1,4	-2,5	-2,9	-2,6	-2,9	-2,3	-3,1	-1,2	-0,8	0,5	-0,2	0,1	0,1		
ISL	-3,7	-3,1	-3,2	-4,5	-4,6	-3,9	-3,1	-3,0	-2,3	-2,1	-7,9	-4,4	-6,6	-7,0	-8,0	-8,6	-8,1	-7,5	-7,4	-7,5	-7,7	-6,8	-7,4	-6,7		
TUR	-4,0	-2,2	-1,7	-1,7	-2,5	-2,3	-2,0	-1,6	-1,9	-1,2	-0,3	-0,5	-1,9	-4,3	-0,7	-0,3	-1,0	0,0	1,3	2,3	3,3	2,9	4,0	4,1		
POL	0,9	0,6	0,7	-0,6	-0,9	-1,6	0,9	0,7	2,1	1,7	1,5	1,0	-5,8	-6,1	-6,2	-6,9	-6,2	-7,2	-4,8	-5,1	-4,5	-3,5	-4,1	-3,6		
CZE	-2,1	0,2	-1,3	-0,6	0,5	1,1	0,8	0,8	0,1	-0,1	0,5	0,4	1,0	2,6	1,6	0,7	0,1	0,6	0,7	1,0	0,0	-0,8	0,1	-0,4		
HUN	-1,6	-0,7	-1,9	-1,7	-1,7	-1,7	-1,7	-1,2	-0,3	-1,2	-1,3	-1,2	-1,9	-3,2	-4,3	-3,7	-3,4	-4,0	-3,8	-4,2	-3,6	-4,5	-4,1	-3,0		
SVK						0,4	1,3	1,9	1,4	2,5	0,9	1,6	0,4						-4,7	-5,5	-6,2	-5,2	-5,1	-4,9	-4,8	
CAN	-0,7	-0,6	-0,6	0,0	-0,8	0,1	0,4	-1,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,3	-4,0	-4,0	-4,2	-3,8	-3,6	-3,0	-3,3	-3,5	-3,7	-3,6	-3,3	-3,3		
USA	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,7	0,4	0,8	1,1	0,8	1,1	1,1	1,5	1,5	1,3	1,4	1,6	1,5	1,7	1,9	2,0	1,8	1,6	1,4		
MEX	-4,2	-3,4	-2,5	-1,8	-1,4	-1,9	-1,8	-1,4	-1,7	-1,6	-1,4	-1,0	-6,7	-5,9	-7,8	-7,1	-5,6	-5,4	-6,2	-5,2	-4,7	-4,9	-4,9	-4,3		
JPN	1,6	1,9	2,1	2,6	2,4	2,0	1,7	2,1	1,7	1,9	1,9	2,4	2,2	2,6	2,9	3,0	2,4	1,6	1,7	2,1	1,4	1,0	1,2	1,3		
KOR		-1,7	-0,5	-1,7	-1,7	-0,2	-0,5	-0,2	0,0	0,3	-0,5	-0,4		-5,0	-4,3	-5,3	-4,1	-3,0	-3,7	-2,3	-2,6	-3,5	-3,3	-3,1		
AUS	-0,8	-2,3	-2,1	-2,9	-1,9	-2,0	-1,3	-1,6	-1,8	-1,8	-2,0	-3,2	-4,5	-4,3	-3,6	-3,6	-3,9	-4,8	-3,4	-3,3	-3,6	-3,5	-3,3	-3,1		
NZL	-0,3	-0,3	-1,4	-0,3	0,2	0,4	-0,2	0,5	-0,3	-0,6	-0,2	-0,9	-5,3	-5,0	-5,1	-5,6	-4,9	-4,7	-3,9	-4,2	-4,9	-4,1	-3,5	-4,1		

Land	Luft													MSR												
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004		
GER	1,9	1,9	2,0	2,1	2,0	1,7	1,8	1,9	1,5	1,2	1,0	1,1	3,4	3,1	3,3	3,3	3,1	3,1	3,6	2,6	2,3	2,7	2,8	3,1		
FRA	0,3	0,6	0,7	0,9	0,5	0,5	0,3	0,1	-0,4	-0,5	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,6	-0,2	-0,4	-0,6	-0,4	-0,4	-0,2	-0,2	0,0		
GBR	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	0,8	1,0	1,3	1,3	1,4	1,3	1,9	2,2	2,7	2,5	2,3	2,6	2,9	3,0	3,3	3,9	4,1	4,0	3,9		
ITA	1,8	1,8	1,7	1,8	1,9	2,2	1,8	1,5	1,4	1,7	1,7	2,1	-1,0	-1,0	-1,3	-1,2	-1,0	-0,9	-0,7	-0,7	-0,4	0,0	0,4	0,5		
BEL	0,6	0,7	0,4	-0,3	-0,1	-0,1	0,2	0,4	0,5	0,1	-0,1	0,0	-2,1	-2,0	-1,9	-1,7	-2,2	-2,2	-2,0	-2,1	-2,1	-1,7	-1,4	-1,2		
LUX							3,0	3,1	2,2	1,7	-0,1	2,7							4,8	4,1	3,5	3,7	-1,4	4,5		
NED	0,5	0,3	0,2	-0,4	-0,6	-0,7	-0,2	0,2	-0,1	0,0	0,1	0,1	-1,0	-0,8	-1,3	-1,2	-0,9	-0,4	-0,2	0,1	-0,4	0,7	0,8	-0,2		
DEN	0,9	0,8	1,2	1,1	1,4	1,3	1,5	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	3,7	3,4	3,3	3,5	3,7	3,9	3,7	3,9	4,4	4,8	4,6	4,9		
IRL	-0,4	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,9	-0,5	-0,7	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-1,1	-0,8	-2,1	-1,6	-2,4	-1,7	-2,3	-2,7	-1,4	-1,4	-2,3	-0,4		
GRE	-1,3	-1,3	-1,3	-1,2	-1,1	-1,1	-1,3	-1,2	-0,8	-0,8	-1,3	-0,8	-2,5	-2,6	-2,3	-2,5	-2,5	-2,2	-2,2	-2,2	-1,7	-1,7	-1,1	-1,0		
ESP	-0,5	-1,0	-1,2	-1,3	-1,3	-1,2	-0,7	-0,4	-0,6	-0,2	-0,4	-0,1	-1,7	-2,7	-2,6	-2,3	-2,6	-2,5	-2,6	-2,0	-1,9	-2,5	-1,8	-1,2		
POR	-2,0	-1,4	-1,7	-2,3	-1,7	-1,7	-1,9	-1,8	-1,8	-1,9	-1,3	-1,5	-3,0	-1,9	-1,0	-1,5	-1,4	-1,7	-2,2	-2,7	-1,5	-1,8	-1,4	-1,4		
SWE	-1,4	-1,4	-1,5	-1,4	-1,0	-0,9	0,2	0,0	0,6	0,7	0,6	0,6	-1,3	-1,8	-2,4	-2,9	-2,4	-2,3	-1,8	-2,1	-1,3	-1,1	-1,2	-1,6		
FIN	-3,7	-2,8	-2,3	-2,3	-2,1	-1,6	-1,8	-2,1	-2,0	-1,7	-0,8	-0,9	-2,7	-2,6	-2,6	-3,0	-1,9	-1,7	-1,2	-1,8	-1,7	-1,3	-0,6	-0,7		
AUT	0,4	0,2	0,7	0,6	-0,7	0,0	0,1	-0,8	-1,5	-1,0	-0,9	-0,9	-0,7	-1,1	-0,9	-1,0	-0,5	-0,8	-1,4	-1,6	-1,2	-1,5	-1,3	-1,3		
SUI	1,3	1,2	0,9	1,4	1,3	1,1	0,9	0,6	0,7	0,8	1,3	1,2	7,7	7,7	7,9	7,7	6,6	6,1	5,7	6,0	5,9	5,6	6,5	6,7		
NOR	-1,4	-1,1	-1,6	-1,2	-1,2	-1,6	-1,5	-0,6	-0,4	-0,8	-1,3	-0,5	-3,7	-1,7	-1,7	-0,7	-0,7	-0,1	-0,7	1,2	1,6	2,6	1,8	2,6		
ISL	-1,8	-1,7	-1,7	-2,2	-2,2	-2,3	-2,0	-1,7	-1,9	-1,8	-2,0	-1,5	-4,5	-5,5	-5,2	-5,6	-4,7	-5,4	-4,9	-6,7	-5,5	-5,4	-4,3	-3,2		
TUR	-2,5	-3,5	-2,0	-3,1	-2,2	-2,3	-1,9	-1,3	-14,1	-1,7	-1,3	-1,0	-5,0	-5,9	-4,4	-4,1	-4,7	-4,2	-4,4	-4,5	-4,5	-4,3	-4,0	-4,0		
POL	-3,3	-4,3	-3,9	-4,3	-3,3	-2,8	-2,1	-2,1	-1,2	-0,9	-1,1	-1,1	-6,6	-6,2	-6,0	-5,2	-4,9	-4,6	-4,4	-4,2	-3,9	-3,0	-2,3	-2,2		
CZE	-3,7	-3,5	-2,8	-1,7	-1,0	0,0	0,6	0,6	0,2	1,1	1,6	1,6	-9,0	-6,7	-6,8	-5,2	-4,4	-4,1	-4,2	-4,3	-3,8	-3,8	-3,5	-2,7		
HUN	-0,9	-1,3	-1,2	-0,5	-0,6	-0,9	-1,3	-1,3	-1,7	-1,6	-1,3	-0,8	-2,4	-2,9	-3,5	-3,4	-4,2	-4,1	-4,4	-3,9	-1,7	-1,0	-1,3	0,9		
SVK						-3,0	-5,3	-6,3	-5,9	-5,2	-3,4	-3,8							-7,0	-7,3	-6,7	-6,5	-6,2	-5,1		
CAN	-4,1	-4,4	-4,7	-3,8	-3,9	-4,2	-4,6	-4,3	-3,9	-3,2	-2,8	-2,3	-5,2	-5,8	-5,9	-5,4	-5,9	-6,2	-6,6	-6,3	-6,3	-5,6	-5,3	-5,2		
USA	2,2	1,8	1,9	1,7	2,3	2,1	2,1	2,1	2,3	2,1	2,0	1,9	5,7	5,4	5,4	5,5	5,9	5,9	6,3	7,1	6,5	6,3	6,4	7,3		
MEX	0,2	2,1	0,4	0,0	-1,0	-0,2	0,0	-1,0	-2,8	-1,0	-0,6	-0,2	-2,7	-1,6	-3,6	-3,9	-2,2	-1,8	-1,3	-0,5	0,2	0,1	-0,5	0,0		
JPN	1,1	1,6	2,1	2,0	1,6	1,2	1,3	1,2	1,1	0,8	0,8	0,7	0,8	1,6	3,1	2,9	2,5	0,5	1,8	3,5	2,3	2,1	2,9	3,9		
KOR		-3,2	-3,6	-4,3	-2,7	-2,8	-2,1	-1,8	-2,4	-1,6	-1,7	-1,8		-12,7	-12,8	-14,1	-13,4	-10,3	-9,3	-10,8	-10,0	-9,3	-9,7	-10,9		

**noch Tab. A.5.2.5: Beitrag des Handels mit potenziellen Umweltschutzgütern zum Außenhandels-
saldo der OECD-Länder 1993 bis 2004 (in %)**

- nach Tätigkeitsbereichen -

Land	Lärm													Energie/Umwelt												
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004		
GER	0,5	0,6	0,8	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,8	1,2	0,9	0,8	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,0	-0,1	0,1	-0,5		
FRA	0,0	0,2	0,3	0,5	0,4	0,6	0,3	0,0	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	0,5	0,6	0,9	0,5	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,1	0,6	0,8	0,5		
GBR	0,1	0,3	0,3	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6	2,8	2,2	2,2	2,1	2,3	2,3	2,3	2,2	2,5	2,8	3,2	3,7		
ITA	1,6	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,4	1,2	1,2	1,5	1,7	1,9	0,2	0,2	0,2	0,5	0,3	0,4	0,3	0,7	1,3	1,4	0,3	1,6		
BEL	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,9	1,1	-0,3	0,5	0,3	1,4	1,2	1,0	0,5	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	1,5	1,3	1,2		
LUX							-0,4	-0,4	0,0	0,1	0,5	0,3						4,6	4,2	3,9	3,9	1,3	3,4			
NED	0,5	0,0	0,2	0,1	0,1	-0,1	0,1	-0,2	-0,6	-0,6	-0,3	-0,1	2,5	2,1	1,8	1,2	0,7	1,2	1,7	1,1	0,4	-0,3	0,0	0,5		
DEN	2,0	1,5	2,2	1,6	1,8	1,7	1,8	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	3,8	3,6	3,3	3,1	4,2	5,1	6,9	6,1	11,2	9,7	7,0	5,8		
IRL	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,1	-0,8	-0,8	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-2,1	-2,3	-2,7	-1,5	-3,1	-2,4	-2,3	-3,2	-1,9	-1,3	-3,3	-1,0		
GRE	-0,5	-0,6	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	-0,4	-0,3	0,0	-0,6	-0,3	-0,9	-1,5	-0,5	-0,6	-1,5	-0,3	-1,0	-0,3	-0,1	-0,4	-0,5	-0,9		
ESP	0,4	-0,4	-0,6	-0,4	0,7	-0,7	-0,7	-0,5	-0,5	-0,3	-0,4	-0,3	-1,4	-1,5	-1,4	-1,1	-1,1	-1,0	-0,4	-0,4	0,1	-0,1	0,1	0,0		
POR	-0,8	-0,6	-0,7	-0,9	-0,9	-1,0	-0,9	-1,0	-1,2	-1,2	-0,9	-1,3	-0,4	-1,1	-0,9	-1,4	-1,6	-1,5	-0,9	-1,1	-0,3	-0,6	-0,6	-0,6		
SWE	-0,3	-0,5	-0,4	-0,4	0,0	0,1	1,3	0,9	1,1	0,8	0,7	0,5	-1,3	-1,3	-1,1	-1,5	-1,7	-1,2	0,4	0,1	1,0	1,2	1,4	1,3		
FIN	-0,8	-0,4	-0,3	-0,2	0,1	0,0	-0,3	-0,6	-0,6	-0,6	-0,1	-0,1	1,3	-0,4	0,0	0,5	1,0	0,4	0,1	1,0	-0,5	-0,3	-0,1	0,7		
AUT	0,1	0,2	0,6	0,6	0,0	0,2	0,1	-0,5	-1,4	-0,8	-0,6	-0,6	1,8	1,5	2,8	2,2	0,3	0,9	1,6	0,9	1,2	1,4	1,0	0,9		
SUI	-0,6	-0,6	-0,7	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,4	-0,4	2,5	2,2	2,7	3,3	3,7	3,7	4,9	5,7	6,4	5,2	4,3	4,7		
NOR	0,1	-3,0	-2,1	-0,8	-0,9	-2,9	-2,0	-0,5	-1,2	-1,7	-2,2	-1,7	-2,5	-3,2	-2,9	-2,1	-3,0	-2,3	-2,3	-1,5	-2,8	-2,4	-2,7	-2,9		
ISL	-2,1	-1,9	-1,8	-3,2	-3,1	-3,3	-2,6	-2,6	-3,2	-2,5	-2,3	-2,5	-3,8	-3,6	-3,2	-3,2	-4,0	-5,9	-9,6	-6,6	-5,9	-4,7	-4,9	-3,8		
TUR	-1,3	-1,8	-1,1	-1,5	-1,4	-1,1	-1,2	-0,8	-2,0	-1,3	-0,9	-0,5	-3,7	-4,1	-2,7	-2,5	-5,4	-6,9	-6,0	-2,7	-9,8	-5,8	-3,2	-2,7		
POL	-0,4	-1,0	-0,9	-1,0	-0,8	-0,5	0,2	0,1	0,8	0,9	0,4	0,4	-2,5	-3,6	-2,2	-0,1	-0,2	-0,3	0,1	1,3	1,0	1,5	1,3	0,8		
CZE	-2,5	-2,8	-1,9	-1,9	-1,5	-1,1	-1,0	-1,0	-1,3	-0,5	-0,1	-0,7	-0,2	-1,2	-2,3	-1,3	-1,8	-2,4	-2,0	-1,2	-0,6	-1,1	-1,1	-0,9		
HUN	1,0	0,2	0,2	0,2	-0,3	-0,6	-1,1	-1,4	-2,4	-2,6	-2,0	-1,4	4,6	5,1	5,2	6,6	4,0	3,0	1,6	0,9	1,3	2,5	-1,0	-2,2		
SVK					-1,6	-2,9	-2,7	-3,0	-3,0	-2,4	-3,1	-2,8					-6,1	-3,2	-3,3	-2,5	-2,4	-2,3	-2,7	-2,2		
CAN	-0,6	-1,0	-1,6	-0,8	-0,9	-0,9	-1,2	-1,2	-1,1	-0,8	-0,9	-0,7	-2,0	-2,3	-2,9	-1,8	-1,5	-2,0	-2,8	-1,8	-2,3	-1,2	-1,8	-2,0		
USA	0,4	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,5	0,5	0,6	4,7	4,4	4,4	3,8	4,7	4,6	4,6	4,4	3,9	4,6	5,0	5,9		
MEX	-1,6	0,1	-2,2	-2,9	-3,3	-2,3	-2,7	-2,8	-3,6	-1,9	-1,9	-1,6	0,2	0,6	-0,4	-1,0	-1,9	-0,5	-1,1	-1,4	-1,8	-2,8	-1,4	-0,6		
JPN	0,3	0,4	0,6	0,3	0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,4	-0,4	1,3	2,0	2,8	2,5	2,4	1,9	3,0	4,5	3,4	3,4	4,0	5,2		
KOR	-0,2	0,3	-0,5	0,8	0,3	0,1	0,0	-0,3	0,0	0,0	0,0	0,0		-4,8	-6,9	-7,6	-7,7	-5,0	-5,8	-7,0	-5,9	-6,6	-8,2	-8,3		
AUS	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,9	-1,1	-1,2	-0,8	-1,1	-1,3	-1,1	-1,1	-0,9	-1,0	-1,8	-1,4	-1,7	-2,2	-2,6	-2,5	-3,0	-2,2	-1,1	-1,6		
NZL	-0,8	-0,7	-0,9	-1,0	-0,9	-0,9	-0,7	-0,6	-0,8	-0,7	-0,7	-1,0	-2,4	-2,3	-2,4	-2,7	-4,5	-2,9	-3,2	-2,3	-2,8	-2,2	-3,2	-4,0		

Quellen: OECD, ITCS - International Trade By Commodity Statistics, Rev. 3 (versch. Jgge). - Berechnungen des NIW.