

Wirtschaftsfaktor Umweltschutz

Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Umwelt
Bundes
Amt 
Für Mensch und Umwelt

Wirtschaftsfaktor Umweltschutz

Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation

Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes

Förderkennzeichen 204 14 107

durchgeführt von:

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (Berlin)

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Karlsruhe)

Roland Berger Strategy Consultants (München)

Impressum

Herausgeber:	Umweltbundesamt (UBA) Postfach 1406, 06844 Dessau E-Mail: info@umweltbundesamt.de www.umweltbundesamt.de Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Referat Öffentlichkeitsarbeit 11055 Berlin E-Mail: service@bmu.bund.de www.bmu.de
ISSN:	1865-0538
Projektbetreuung:	Sylvia Schwermer Umweltbundesamt (UBA) Peter Franz Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Projektkoordination:	Dietmar Edler (DIW Berlin)
Autoren:	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin) Dietmar Edler, Jürgen Blazejczak (Hochschule Merseburg (FH)) Fraunhofer Institut für Innovations- und Systemforschung (FhG ISI) Rainer Walz, Katrin Ostertag, Wolfgang Eichhammer, Gerhard Angerer, Christian Sartorius, Claus Doll unter Mitarbeit von Knut Blind (TU Berlin), Manuel Strauch, Rainer Frietsch Roland Berger Strategy Consultants Ralph Büchele, Torsten Henzelmann, Thilo Zelt
Titelfotos:	Q-Cells AG, BMU / Rupert Oberhäuser, ccvision GmbH
Stand:	Juni 2007

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Tabellen	VI
Verzeichnis der Abbildungen und Übersichten	VII
Abkürzungsverzeichnis	XII

TEIL I Ausgangspunkte einer innovationsorientierten Umweltpolitik

1	Einleitung	1
2	Ökologische Herausforderungen in den nächsten Jahren (Perspektive 2020)	4
2.1	Handlungsfelder	4
2.2	Ziel und Vorgehensweise	5
2.3	Ökologische Herausforderungen	6
2.4	Beitrag der Handlungsfelder zur Lösung der ökologischen Herausforderungen	10
3	Aspekte einer innovationsorientierten Umweltpolitik	14
3.1	Einleitung	14
3.2	Besonderheiten von Umweltinnovationen	15
3.3	Bestimmungsfaktoren von Umweltinnovationen	16
3.3.1	Umweltökonomik	16
3.3.2	Innovationsökonomik	19
3.3.3	Policy-Analyse	21
3.4	Elemente innovationsfreundlicher Politikmuster	22
3.4.1	Instrumentierung	23
3.4.2	Politikstil	24
3.4.3	Akteurskonfiguration	25
3.5	Internationale Politikdiffusion	26
3.5.1	Muster internationaler Politik- und Technologiediffusion	27
3.5.2	Einflussfaktoren internationaler Politikdiffusion	29
3.6	Lead Märkte	31
3.6.1	Lead-Markt-Faktoren	32
3.6.2	Lead Märkte für Umweltinnovationen	34
3.7	Transition Management	35
3.8	Zeitstrategien	37
3.9	Zusammenfassung	38

4	Markteinschätzungen für den Umweltmarkt.....	40
4.1	Allgemeine Umweltmarktindikatoren.....	40
4.1.1	Entwicklung der Nachfrage nach Umweltschutzgütern in Deutschland.....	40
4.1.2	Welthandel mit potentiell dem Umweltschutz dienenden Gütern	42
4.1.3	Weltwirtschaftliche Trends	44
4.2	Markteinschätzungen aus Sicht des Kapitalmarkts.....	45
4.2.1	Marktentwicklungen.....	45
4.2.2	Voraussetzungen für Innovationen aus Sicht des Kapitalmarktes	49
4.2.3	Politische Rahmenbedingungen für Innovation in der Umweltwirtschaft.....	51

TEIL II Vertiefte Analyse ausgewählter Handlungsfelder

5	Vorgehensweise.....	54
5.1	Bedeutung ausgewählter Handlungsfelder.....	54
5.2	Vorgehensweise zur Analyse der Handlungsfelder.....	58
5.3	Vorgehensweise zur Befragung der Unternehmen.....	61
6	Energie- und Rohstoffeffizienz.....	65
6.1	Beschreibung des Handlungsfelds.....	65
6.1.1	Energieeffizienz	65
6.1.2	Rohstoffeffizienz.....	66
6.2	Technologielinien und Innovationsdynamik	67
6.2.1	Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik im Bereich Energieeffizienz	68
6.2.2	Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik im Bereich Rohstoffeffizienz.....	71
6.2.3	Bewertung aus Sicht der Unternehmen.....	75
6.3	Marktentwicklung	79
6.3.1	Marktvolumina und Trends im Bereich Energieeffizienz.....	79
6.3.2	Marktvolumina und Trends im Bereich Rohstoffeffizienz	80
6.3.3	Marktgröße und Zielmärkte aus Sicht der Unternehmen.....	82
6.4	Positionierung deutscher Unternehmen.....	91
6.4.1	Energieeffizienz	91
6.4.1.1	Innovationsstärke	91
6.4.1.2	Außenhandelsstärke	93

6.4.2	Rohstoffeffizienz.....	95
6.4.2.1	Innovationsstärke	96
6.4.2.2	Außenhandelsstärke	96
6.4.3	Einschätzung der Unternehmen	98
6.5	Innovationstreiber, Rahmenbedingungen und Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht	100
6.5.1	Bedeutung der Innovationstreiber aus Unternehmenssicht.....	100
6.5.2	Einfluss der existierenden politischen Rahmenbedingungen auf die Innovationsfähigkeit der Unternehmen.....	105
6.5.3	Maßnahmen der Umweltpolitik zur Steigerung der Innovationstätigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit aus Unternehmenssicht	106
6.6	Fazit.....	114
6.6.1	Energieeffizienz	114
6.6.2	Rohstoffeffizienz.....	115
7	Erneuerbare Energien	117
7.1	Beschreibung des Handlungsfelds.....	117
7.2	Technologielinien und Innovationsdynamik	119
7.2.1	Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik	119
7.2.2	Bewertung aus Sicht der Unternehmen.....	124
7.3	Marktentwicklung	127
7.3.1	Marktvolumina und Trends.....	127
7.3.2	Marktgröße und Zielmärkte aus Sicht der Unternehmen	133
7.4	Positionierung deutscher Unternehmen.....	139
7.4.1	Innovationsstärke	139
7.4.2	Außenhandelsstärke	141
7.4.3	Einschätzung der Unternehmen	143
7.5	Innovationstreiber, Rahmenbedingungen und Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht	146
7.5.1	Bedeutung der Innovationstreiber aus Unternehmenssicht.....	146
7.5.2	Einfluss der existierenden politischen Rahmenbedingungen auf die Innovationstätigkeit der Unternehmen	151
7.5.3	Maßnahmen der Umweltpolitik zur Steigerung der Innovationstätigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit aus Unternehmenssicht	152
7.6	Fazit.....	158

8	Nachhaltige Mobilität	159
8.1	Beschreibung des Handlungsfeldes.....	159
8.2	Technologielinien und Innovationsdynamik	160
8.2.1	Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik	160
8.2.2	Bewertung aus Sicht der Unternehmen.....	171
8.3	Marktentwicklung	178
8.3.1	Marktvolumina und Trends.....	178
8.3.2	Marktgröße und Zielmärkte aus Sicht der Unternehmen	184
8.4	Positionierung deutscher Unternehmen.....	191
8.4.1	Innovationsstärke	191
8.4.2	Außenhandelsstärke	193
8.4.3	Einschätzung der Unternehmen	195
8.5	Innovationstreiber, Rahmenbedingungen und Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht	197
8.5.1	Bedeutung der Innovationstreiber aus Unternehmenssicht.....	197
8.5.2	Einfluss der existierenden politischen Rahmenbedingungen auf die Innovationstätigkeit der Unternehmen	201
8.5.3	Maßnahmen der Umweltpolitik zur Steigerung der Innovationstätigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit aus Unternehmenssicht	201
8.6	Fazit.....	208
9	Nachhaltige Wasserwirtschaft	209
9.1	Beschreibung und Bedeutung des Handlungsfeldes	209
9.2	Technologielinien und Innovationsdynamik	211
9.2.1	Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik	211
9.2.2	Bewertung aus Sicht der Unternehmen.....	219
9.3	Marktentwicklung	222
9.3.1	Marktvolumina und Trends.....	222
9.3.2	Marktgröße und Zielmärkte aus Sicht der Unternehmen	224
9.4	Positionierung deutscher Unternehmen.....	230
9.4.1	Innovationsstärke	230
9.4.2	Außenhandelsstärke	233
9.4.3	Einschätzung der Unternehmen	235
9.5	Innovationstreiber, Rahmenbedingungen und Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht	236
9.5.1	Bedeutung der Innovationstreiber aus Unternehmenssicht.....	236

9.5.2	Einfluss der existierenden politischen Rahmenbedingungen auf die Innovationstätigkeit der Unternehmen	241
9.5.3	Maßnahmen der Umweltpolitik zur Steigerung der Innovationstätigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit aus Unternehmenssicht	242
9.6	Fazit	249
10	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	251
	Literaturverzeichnis	260

III Anhänge

Anhang A I Informationen zu den nicht weiter vertieft analysierten Handlungsfeldern

Handlungsfeld weiße Biotechnologie	270
Handlungsfeld Abfall und Entsorgungstechniken	274

Anhang A II

Gesprächsleitfäden Unternehmensbefragung Roland Berger Strategy Consultants für Kapitalgeber und für Unternehmen	277
---	------------

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 6-1	Kumuliertes Marktpotential der Technologielinien zur Verbesserung der nachfrageseitigen Energieeffizienz 2003 - 2030	80
Tabelle 6-2	Einschätzung des Marktpotentials der Technologielinien für die Verbesserung der Rohstoffeffizienz.....	81
Tabelle 6-3	Zeitliche Veränderung der RCA-Werte für die relative Außenhandelsorientierung der Herstellung von Warengruppen aus dem Handlungsfeld "Energieeffizienz"	94
Tabelle 6-4	Einschätzung der Stellung Deutschlands im globalen Wettbewerb in den Technologielinien zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz.....	95
Tabelle 6-5	Spezialisierung Deutschlands im globalen Innovationswettbewerb bei Recyclingtechnologien.....	96
Tabelle 6-6	Außenhandelsspezialisierung Deutschlands in der Recyclingtechnik im Vergleich.....	98
Tabelle 6-7	Innovationsdynamik, Marktpotentiale und Wettbewerbsfähigkeit im Handlungsfeld Energie- und Rohstoffeffizienz.....	114
Tabelle 6-8	Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld Energieeffizienz	115
Tabelle 6-9	Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld Rohstoffeffizienz.....	116
Tabelle 7-1	Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld erneuerbare Energien	158
Tabelle 8-1:	Definition der Handlungsbereiche im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität.....	161
Tabelle 8-2:	RCA für das Handlungsfeld nachhaltige Mobilität 1996, 2001 und 2005.....	195
Tabelle 8-3:	Innovationsdynamik, Marktpotentiale und Wettbewerbsfähigkeit im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität	208
Tabelle 8-4	Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität.....	208
Tabelle 9-1	Marktvolumen im Jahr 2005 und geschätztes Marktwachstum bis 2012 verschiedener Bestandteile der nachhaltigen Wasserwirtschaft.....	223
Tabelle 9-2	Zeitliche Veränderung der RCA-Werte für die Relative Außenhandelsorientierung der Herstellung von für eine nachhaltige Wasserwirtschaft relevanten Warengruppen.....	235
Tabelle 9-3	Innovationsdynamik, Marktpotentiale und Wettbewerbsfähigkeit im Handlungsfeld nachhaltige Wasserwirtschaft	249
Tabelle 9-4	Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld nachhaltige Wasserwirtschaft	250

Verzeichnis der Abbildungen und Übersichten

Abbildung 2.1 Vorgehensweise	6
Übersicht 2-1 Untersetzung der zentralen Zielbereiche	9
Übersicht 2-2 Direkter Beitrag strategischer Handlungsfelder zur Problemlösung in den Zielbereichen	10
Übersicht 2-3 Beitrag strategischer Handlungsfelder zur Reduzierung sektoraler Umweltbelastungen	11
Übersicht 2-4 Direkte Auswirkungen sektoraler Umweltentlastungen auf die Zielbereiche	11
Übersicht 2-5 Zentrale ökologische Herausforderungen – Interdependenzen zwischen Zielbereichen	12
Übersicht 2-6 Direkte und indirekte* Auswirkungen sektoraler Umweltentlastungen auf die Zielbereiche	12
Übersicht 2-7 Direkter und indirekter* Beitrag strategischer Handlungsfelder zur Problemlösung in den Zielbereichen	13
Übersicht 2-8 Bedeutung technologischer Lösungen bei der Problemlösung in den Zielbereichen	13
Übersicht 3-1 Innovationsfreundliches Politikmuster	24
Übersicht 3-2 Muster des Zusammenspiels von internationaler Politik- und Technologiediffusion	28
Abbildung 4-1 Im Inland wirksame Nachfrage nach Umweltschutzgütern in Deutschland	41
Abbildung 4-2 Indikatoren für den Welthandel mit Umweltschutzgütern im Jahr 2004	43
Abbildung 4-3 Durchschnittsbewertung zu Ertragspotentialen in den Handlungsfeldern	46
Abbildung 4-4 Durchschnittsbewertung zu Ertragspotentialen im Handlungsfeld umweltfreundliche Energieerzeugung	48
Abbildung 4-5 Durchschnittsbewertung zu Ertragspotentialen im Handlungsfeld umweltfreundliche Energieerzeugung	48
Abbildung 4-6 Voraussetzungen für Innovationen im Bereich des Marktumfeldes	49
Abbildung 4-7 Voraussetzungen für Innovationen im Bereich Forschung und Technologie	50
Abbildung 4-8 Voraussetzungen für Innovationen im Bereich Kapitalmarktbedingungen	50
Abbildung 4-9 Voraussetzungen für Innovationen im Bereich Arbeitsmarktumfeld	51
Abbildung 4-10 Bewertung politischer Maßnahmen zur Förderung der Innovationstätigkeit	52

Übersicht 5-1 Multidimensionales Rating	61
Übersicht 5-2 Anzahl der ausgewählten Unternehmen	62
Übersicht 5-3 Innovationstreiber-Modell	63
Abbildung 6-1: Patentdynamik Energieeffizienz nach Hauptsegmenten 1993 – 2004 (weltweit)	70
Abbildung 6-2: Patentdynamik Energieeffizienz nach Hauptsegmenten 1993 – 2004 (Deutschland)	71
Abbildung 6-3: Patentdynamik bei den Technologien zum Recycling von Post-Consumer Abfällen	73
Abbildung 6-4: Relativer Patentanteil nach Hauptsegmenten Energieeffizienz 2002 - 2004	92
Abbildung 6-5: Relativer Patentanteil nach Teilsegmenten Energieeffizienz 2002 - 2004	92
Abbildung 6-6: Relativer Patentanteil nach Hauptsegmenten Energieeffizienz 1993 - 2004	93
Abbildung 6-7: Revealed Comparative Advantage (RCA) nach Teilsegmenten Energieeffizienz 2005	94
Abbildung 6-8: Außenhandelsspezialisierung deutscher Hersteller von Recycling-relevanten Warengruppen, gemessen als RCA	97
Abbildung 6-9: Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber Marktumfeld	101
Abbildung 6-10: Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber Forschung und Technologie	102
Abbildung 6-11: Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber Kapitalmarkt	103
Abbildung 6-12: Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber deutscher Arbeitsmarkt	104
Abbildung 6-13: Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber Innovationsmanagement	105
Abbildung 6-14: Energie- und Rohstoffeffizienz – Bewertung bestehender politischer Instrumente	106
Abbildung 6-15: Energie- und Rohstoffeffizienz – Bewertung politischer Wirkmechanismen	107
Abbildung 6-16: Energie- und Rohstoffeffizienz – Bewertung politischer Maßnahmen	108
Abbildung 7-1: Erwarteter Wissenszuwachs im Handlungsfeld erneuerbare Energien	120
Abbildung 7-2: Zeitbedarf für die Markteinführung	121
Abbildung 7-3 Patentdynamik nach ausgewählten Bereichen der erneuerbaren Energien (weltweit)	122

Abbildung 7-4 Patentdynamik nach ausgewählten Bereichen der erneuerbaren Energien (Deutschland)	123
Abbildung 7-5 Weltmarkt für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien 2005	128
Abbildung 7-6 Weltmarkt für Anlagen zur Nutzung erneuerbare Energien nach Sparten im Jahr 2005	129
Abbildung 7-7 Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005 wichtigste Länder in % vom Weltmarkt	130
Abbildung 7-8 Weltmarkt für Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2020	131
Abbildung 7-9 Entwicklung des Weltmarktes für erneuerbare Energien nach Sparten bis 2020 Szenario globales Wachstum	132
Abbildung 7-10 Produktion von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland in Mrd. € Unterschiedliche Annahmen über Weltmarktanteile	133
Abbildung 7-11 Entwicklung des relativen Patentanteil Deutschlands (RPA) nach Technologiebereichen der erneuerbaren Energien	140
Abbildung 7-12 Relativer Patentanteil Deutschlands (RPA-Wert) nach Technologiebereichen der erneuerbaren Energien in der Periode 2002-2004	141
Abbildung 7-13 Entwicklung der RCA-Werte für ausgewählte Produktgruppen aus dem Handlungsfeld erneuerbare Energien im Zeitraum 1993 bis 2004 (2004 vorläufig)	142
Abbildung 7-14 Erneuerbare Energien – Innovationstreiber Marktumfeld	147
Abbildung 7-15 Erneuerbare Energien – Innovationstreiber Forschung & Technologie	148
Abbildung 7-16 Erneuerbare Energien – Innovationstreiber Kapitalmarkt	149
Abbildung 7-17 Erneuerbare Energien – Innovationstreiber deutscher Arbeitsmarkt	150
Abbildung 7-18 Erneuerbare Energien – Innovationstreiber Innovationsmanagement	151
Abbildung 7-19 Erneuerbare Energien – Bewertung des Einflusses politischer Wirkungsmechanismen	152
Abbildung 7-20 Erneuerbare Energien – Bewertung konkreter politischer Maßnahmen zur Förderung der Innovationstätigkeit	153
Abbildung 8-1: Patentdynamik nach Hauptsegmenten der nachhaltigen Mobilität 1991 – 2004	162
Abbildung 8-2: Patentdynamik nach Teilsegmenten Welt der nachhaltigen Mobilität 1991 - 2004	163
Abbildung 8-3: Patentdynamik des Hauptsegments Fahrzeuge 1991 - 2004	164

Abbildung 8-4: Patentdynamik der Teilsegmente im Bereich Fahrzeuge 1991 – 2004	165
Abbildung 8-5: Patentdynamik des Hauptsegments Antriebe, 1991 - 2004	166
Abbildung 8-6: Patentdynamik der Teilsegmente im Bereich Antriebe, 1991 – 2004 ...	167
Abbildung 8-7: Patentdynamik des Hauptsegments Infrastrukturen, 1991 - 2004	168
Abbildung 8-8: Patentdynamik der Teilsegmente im Bereich Infrastrukturen, 1991 - 2004	169
Abbildung 8-9: Patentdynamik des Segments Emissionsminderung, 1991 - 2004	170
Abbildung 8-10: Patentdynamik des Segments Biokraftstoffe, 1991 - 2004	171
Abbildung 8-11: Weltweite Marktvolumina im Bereich nachhaltige Mobilität	178
Abbildung 8-12: Weltweite Verteilung des Automobilabsatzes 2005	179
Abbildung 8-13: Entwicklung und Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen 2005	180
Abbildung 8-14: Aktuelle Struktur des europäischen Schienenverkehrsmarktes	182
Abbildung 8-15: Relativer Patentanteil nach Hauptsegmenten nachhaltige Mobilität 1991 - 2004	192
Abbildung 8-16: Relativer Patentanteil nach Teilsegmenten nachhaltige Mobilität – 2000-2004	193
Abbildung 8-17: Revealed Comparative Advantage (RCA) nach Teilsegmenten nachhaltige Mobilität 2005	194
Abbildung 8-18 Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Marktumfeld	197
Abbildung 8-19 Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Forschung & Technologie	198
Abbildung 8-20 Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Kapitalmarkt	199
Abbildung 8-21 Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Arbeitsmarkt	200
Abbildung 8-22 Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Innovationsmanagement	201
Abbildung 8-23 Nachhaltige Mobilität – Bewertung des Einflusses politischer Wirkmechanismen	202
Abbildung 8-24 Nachhaltige Mobilität - Bewertung politischer Maßnahmen zur Förderung von Innovationen	203
Abbildung 9-1: Patentzahlen in relevanten Teilen der Bereiche „Wasserverteilung“, „Wasserinstallation“ und „Pumpen“	213
Abbildung 9-2: Patentzahlen im Bereich „Behandlung von Wasser, Schmutz-, Abwasser und Schlamm“	214
Abbildung 9-3: Patentzahlen im Bereich „Trennen mittels semipermeabler Membranen“, spezifiziert auf die „Behandlung von Wasser-, Schmutz- und Abwasser“	216

Abbildung 9-4: Patentzahlen im Bereich „Waschmaschinen“, spezifiziert auf Wasser sparende Technologieaspekte	218
Abbildung 9-5: Summe der Patentzahlen der den Hochwasserschutz repräsentierenden Bereiche „Wettervorhersage“ und „Wasserbauliche Aktivitäten an Flüssen und Küsten“	219
Abbildung 9-6: RPA-Werte verschiedener Einzeltechnologien der nachhaltigen Wasserwirtschaft im Zeitraum 2002 bis 2004	231
Abbildung 9-7: RPA-Werte wasserrelevanter Technologielinien und ihre Veränderung für Deutschland im Zeitverlauf	232
Abbildung 9-8: Relative Außenhandelsorientierung deutscher Hersteller von für eine nachhaltige Wasserwirtschaft relevanten Warengruppen, gemessen als RCA	234
Abbildung 9-9: Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Marktumfeld	236
Abbildung 9-10: Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Forschung & Technologie	238
Abbildung 9-11: Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Kapitalmarkt	239
Abbildung 9-12: Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Arbeitsmarkt	240
Abbildung 9-13: Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Innovationsmanagement	241
Abbildung 9-14: Nachhaltige Wasserwirtschaft – Bewertung der Eignung politischer Wirkmechanismen	243
Abbildung 9-15: Nachhaltige Wasserwirtschaft – Bewertung politischer Maßnahmen zur Förderung von Innovationen	244
Abbildung 10-1: Umsatzprognose Umwelttechnologien in Deutschland [Mrd. €]	256
Abbildung 10-2: Wichtigste regionale Märkte für Umwelttechnologien 2006 und 2016	257
Abbildung 10-3: Internationale Politikinitiativen zur Förderung von Umwelttechnologien	258
Abbildung 10-4: Forderungen an die Politik aus Unternehmenssicht (Auszüge)	259

Abkürzungsverzeichnis

AC	Alternating Current
BtL	Biomass to Liquid
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CCS	Carbon Capture and Storage
demea	Deutsche Materialeffizienz Agentur
DWT	Dead Weight Tons
EBIT	Earnings Before Interest and Taxes
EC	elektronisch kommutiert
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EPA	Europäisches Patentamt
ETAP	Environmental Technology Action Plan
EUROSTAT	Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften
F&E	Forschung und Entwicklung
HCCI	Homogeneous Charge Compression Ignition
IEA	Internationale Energieagentur
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde
MSR	Mess-, Steuer- und Regeltechnik
MW	Megawatt
NIÖ	Neue Institutionelle Ökonomik
OLED	Organic Light Emitting Diode
p.a.	per annum
RCA	Revealed Comparative Advantage
RPA	Relativer Patentanteil
SCR	Selective Catalytic Reduction
SWOT	S trengths, W eaknesses, O pportunities, T hreats
TEU	Twenty-Foot Equivalent Unit
TWD	Transparente Wärmedämmstoffe

Teil I **Ausgangspunkte einer innovationsorientierten Umweltpolitik**

1 **Einleitung**

Die mit dem globalen wirtschaftlichen Entwicklungsprozess verbundenen ökologischen Problemlagen und Herausforderungen führen dazu, dass dem Umwelt- und Ressourcenschutz national und international eine hohe und wachsende Bedeutung zukommt. Die Bewältigung der nationalen und globalen ökologischen Problemlagen stellt eine große gesellschaftliche und politische Herausforderung dar, da in vielen Fällen Entscheidungen zu treffen sind, welche die Lösung von wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Zielkonflikten erfordern. Zur Lösung der Zielkonflikte sind auch Verhaltensänderungen der beteiligten Akteure (Konsumenten und Unternehmen) notwendig, die wiederum Rückwirkungen auf Konsumgewohnheiten, Lebensstile und unternehmerische Entscheidungsprozesse beinhalten. Ein großer Lösungsbeitrag zur Bewältigung der ökologischen und ökonomischen Herausforderungen wird jedoch von umweltfreundlichen Innovationen und neuen, umweltentlastenden Technologien erwartet. In diesem Feld bieten sich für ein technologisch führendes und exportorientiertes Industrieland wie Deutschland außergewöhnliche Chancen und ökonomische Wachstumspotentiale.

Die Nachfrage nach umweltschonenden Technologien wird sich in der Zukunft weltweit dynamisch entwickeln. Für die deutsche Wirtschaft ergeben sich daraus auf dem heimischen und insbesondere auch auf internationalen Märkten erhebliche Chancen für Wachstum und Beschäftigung. Innovativen Technologien, die Synergieeffekte zwischen der Verbesserung der Umweltsituation, der Schaffung zukunftsfähiger Arbeitsplätze und der Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit erzeugen, kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Unter diesem Blickwinkel kommt der Charakterisierung von wichtigen umweltwirksamen Zukunftsmärkten in diesem Vorhaben ein zentraler Stellenwert zu. Als Zukunftsmärkte mit Umweltrelevanz werden wichtige technologische Handlungsfelder aufgefasst, die zum einen erwarten lassen, dass sie in Zukunft weltweit über ein auch quantitativ bedeutsames Marktpotential verfügen. Zum anderen soll die Aussicht bestehen, dass deutsche Unternehmen schon heute und/oder auch in Zukunft als relevante Akteure in diesen Märkten auftreten können und dass das Potential erkennbar ist, dort eine starke internationale Wettbewerbsposition zu halten

oder aufzubauen, so dass Deutschland mittel- und langfristig die Chance besitzt, sich als ein Leitmarkt in diesem Handlungsfeld zu etablieren.

Es wurden zunächst sechs ausgewählte Handlungsfelder einer ersten Analyse und Bewertung unterzogen:

1. Erneuerbare Energien
2. Energie- und Rohstoffeffizienz sowie Kreislaufwirtschaft
3. Nachhaltige Wasserwirtschaft
4. Nachhaltige Mobilität
5. Weiße Biotechnologie
6. Abfall- und Entsorgungstechnologien

Im Abschnitt 2 werden basierend auf der Auswertung zahlreicher amtlicher und halbamtlicher Dokumente internationaler und nationaler Institutionen die zentralen ökologischen Herausforderungen skizziert und in verschiedenen Analyseschritten in ihren Wechselwirkungen mit den näher betrachteten Handlungsfeldern charakterisiert. Es wird eine qualitative Einschätzung über den direkten und indirekten Beitrag der Handlungsfelder zur Problemlösung in den Kernbereichen der ökologischen Herausforderungen abgeleitet.

Im Abschnitt 3 werden unterschiedliche Aspekte einer innovationsorientierten Umweltpolitik näher beleuchtet. Nach einer Diskussion der Besonderheiten und der Bestimmungsfaktoren von Umweltinnovationen werden Elemente innovationsfreundlicher Politikmuster und Muster der internationalen Politikdiffusion dargestellt. Es folgt eine Diskussion unterschiedlicher Konzepte innovationsorientierter Umweltpolitik, insbesondere von Lead Märkten, Transition Management und Zeitstrategien. In Abschnitt 4 werden erste Markteinschätzungen für den Umweltmarkt, in erster Linie allgemeine Umweltmarktindikatoren sowie die aus Interviews generierte Sicht des Kapitalmarktes dargestellt.

Im Abschnitt 5 wird das weitere methodische Vorgehen erläutert. Nach einer zusammenfassenden Bewertung der Bedeutung der ausgewählten Handlungsfelder wird zum einen die Vorgehensweise zur Analyse der Handlungsfelder und zum anderen die Vorgehensweise zur durchgeführten Unternehmensbefragung vorgestellt.

Den zweiten großen Teil der Untersuchung nimmt die vertiefte Analyse der vier ausgewählten Handlungsfelder ein. Es werden folgende Felder vertieft analysiert:

1. Energie- und Rohstoffeffizienz
2. Erneuerbare Energien
3. Nachhaltige Mobilität
4. Nachhaltige Wasserwirtschaft

In jedem dieser Handlungsfelder werden nach einer Beschreibung der charakteristischen Merkmale und Herausforderungen die relevanten Technologielinien und die Innovationsdynamik diskutiert. Es schließt sich eine Darstellung der Marktentwicklung und der Positionierung der deutschen Unternehmen an. Zu jedem dieser Punkte wird die Analyse auf der Basis von Indikatoren und wissenschaftlichen Rechercheergebnissen durch die Sichtweise der befragten Unternehmen ergänzt bzw. ggf. kontrastiert. Die Sicht der Unternehmen fließt auch in die jeweilige Darstellung der Innovationstreiber und Einschätzungen zu bestehenden Rahmenbedingungen und politischem Handlungsbedarf ein. Die Analyse jedes der vier Handlungsfelder endet mit einer knappen, zusammengefassten Darstellung der Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen (SWOT) in diesem Handlungsfeld.

In Abschnitt 10 werden in kondensierter Form Schlussfolgerungen gezogen und Empfehlungen abgeleitet.

Im Anhang werden in knapper Form Informationen zu den nicht weiter vertieft analysierten Handlungsfeldern weiße Biotechnologie und Abfall- und Entsorgungstechniken dargestellt sowie die Erhebungsinstrumente der durchgeführten Unternehmensbefragung dokumentiert.

2 Ökologische Herausforderungen in den nächsten Jahren (Perspektive 2020)

2.1 Handlungsfelder

Vor dem Hintergrund des Ziels einer Stärkung der Akzeptanz des Umweltschutzes sowie der Identifikation von Chancen für die deutsche Wirtschaft auf nationalen und internationalen Märkten ist die Verknüpfung der hier näher zu untersuchenden Handlungsfelder mit den in den kommenden Jahren weltweit zu erwartenden ökologischen Herausforderungen von grundlegender Bedeutung. Es geht dabei um die Frage, inwieweit einzelne Handlungsfelder zur Lösung dieser zentralen ökologischen Herausforderungen beitragen können. Von besonderem Interesse sind dabei die Herausforderungen, bei denen technologische Lösungen eine besondere Rolle spielen können.

In die Vorauswahl der hier zu beleuchtenden Handlungsfelder wurden die folgenden sechs Bereiche aufgenommen:

1. Erneuerbare Energien
2. Energie- und Rohstoffeffizienz sowie Kreislaufwirtschaft
3. Nachhaltige Wasserwirtschaft
4. Nachhaltige Mobilität
5. Weiße Biotechnologie
6. Abfall- und Entsorgungstechnologien

Ressourcenschonung ist ein wichtiger Schwerpunkt der Umweltpolitik. Jedoch wird er in der Regel nicht als Zielbereich an sich, sondern eher als instrumentell angesehen. Dies kommt etwa darin zum Ausdruck, dass in der OECD-Umweltstrategie von einem effizienten *Management* natürlicher Ressourcen die Rede ist, das dann für die Bereiche Klimaschutz, Wasserversorgung und Gewässerschutz sowie Erhalt der biologischen Vielfalt konkretisiert wird. Auch im Rahmen des 6. Umweltaktionsprogramms der EU rangiert die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen¹ als ein *Maßnahmenbereich*, der durch eine thematische Strategie² untersetzt wird.

¹ Gemeinsam mit der Bewirtschaftung von Abfällen.

² Eine weitere thematische Strategie bezieht sich auf Abfallvermeidung und -recycling.

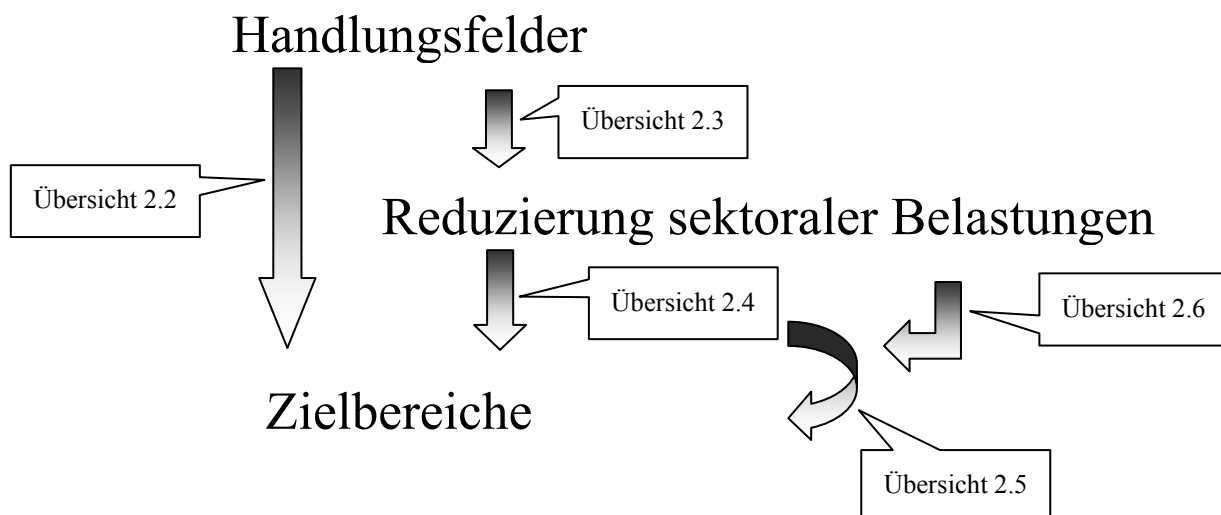
Ressourcenschonung ist deswegen im Rahmen der vorliegenden Studie eher den Handlungsfeldern zuzuordnen. Allerdings sind diese mit Blick auf Cluster von – insbesondere innovativen – technologischen Lösungen abgegrenzt, die einen mehr oder weniger starken Bezug zu effizientem Ressourcenmanagement haben. Dies gilt unmittelbar für das Handlungsfeld Energie- und Rohstoffeffizienz einschl. Kreislaufwirtschaft, während der Bezug beim Handlungsfeld Nachhaltige Mobilität eher indirekt ist.

Das Handlungsfeld „Weiße Biotechnologie“ ist in die Untersuchung einbezogen worden, um die Potentiale von Technologien zu analysieren, die sich heute noch in einer frühen Phase ihres Lebenszyklus befinden. Dieses Technologiefeld ist im Verhältnis zu den übrigen Handlungsfeldern eng abgegrenzt. Es weist deswegen keine mit den übrigen Handlungsfeldern quantitativ vergleichbaren Umweltentlastungspotentiale aus. Die Ergebnisse der im Folgenden dargestellten Bewertung sind deswegen zwischen den Handlungsfeldern nicht unmittelbar vergleichbar.

2.2 Ziel und Vorgehensweise

Zur Verknüpfung der näher zu untersuchenden strategischen Handlungsfelder mit zu erwartenden ökologischen Herausforderungen wird folgendermaßen vorgegangen (Abbildung 2-1): Nach der Bestimmung der Zielbereiche, die den Kern zukünftiger ökologischer Herausforderungen ausmachen, wird der direkte Beitrag von Maßnahmen in den strategischen Handlungsfeldern zur Problemlösung in diesen zentralen Zielbereichen bewertet (Übersicht 2.2). Es handelt sich dabei um konsensuale Einschätzungen der Autoren der vorliegenden Studie. Dieser Beitrag lässt sich auch über die dadurch erreichten Entlastungen in den Wirtschaftssektoren erfassen, die in besonderem Maße zu den zentralen ökologischen Herausforderungen beitragen (Übersichten 2.3 und 2.4).

Abbildung 2.1
Vorgehensweise



Quelle: Eigene Darstellung des DIW Berlin.

Zwischen den zentralen Zielbereichen bestehen enge Interdependenzen (spillovers): Entlastungen in einem Zielbereich wirken sich auch auf andere Zielbereiche positiv aus (Übersicht 2-5). Daraus ergibt sich neben dem direkten zusätzlich ein indirekter Beitrag der Reduzierung sektoraler Belastungen zur Problemlösung in den Zielbereichen (Übersicht 2-6). Die Zusammenfassung der unmittelbaren und der – über sektorale Entlastungen – mittelbaren sowohl direkten als auch – über Zielinterdependenzen – indirekten Zielbeiträge führt zu einer Gesamteinschätzung (Übersicht 2-7).

2.3 Ökologische Herausforderungen

Die hier vorgelegte Bestandsaufnahme wichtiger ökologischer Herausforderungen in den kommenden anderthalb Jahrzehnten beruht auf einer Auswertung internationaler und nationaler amtlicher und halbamtlicher Dokumente.³ Es kann davon ausgegangen werden, dass die dort als prioritär gekennzeichneten Umweltprobleme wesentlich die Umweltpolitiken bestimmen werden, die ihrerseits die Märkte für Umweltschutzgüter prägen werden. Darüber

³ Die ausgewerteten Dokumente sind in einer separat vorliegenden Synopse zusammengestellt und in ihren für die Fragestellung wesentlichen Inhalten dokumentiert.

hinaus spiegeln sie auch gesellschaftliche Werthaltungen; eine Orientierung auf diese Prioritäten ist somit gleichzeitig geeignet, die Akzeptanz des Umweltschutzes zu stärken.

Als Ergebnis der Bestandsaufnahme wichtiger ökologischer Herausforderungen zeichnet sich ein internationaler Konsens über einen Kern zentraler ökologischer Herausforderungen auf globaler Ebene ab. Er umfasst als Zielbereiche

- den Klimaschutz,
- den Erhalt biologischer Vielfalt,
- die Wasserversorgung einschließlich Abwasserentsorgung, Gewässerschutz sowie
- den Gesundheitsschutz.

Der damit skizzierte Kern ökologischer Herausforderungen ist über Jahrzehnte hinweg persistent geblieben. Am Rand allerdings haben sich Veränderungen sowohl durch die Entschärfung als auch durch das Neuauftreten von Umweltproblemen ergeben. Entlastungen sind insbesondere bei luft- und wassergängigen Emissionen aus Punktquellen in den Industrieländern sowie bei Emissionen ozonschädigender Substanzen erreicht worden. Auf der anderen Seite ist es aber nicht gelungen, die Emissionen aus diffusen Quellen in vergleichbarem Umfang zu reduzieren, und es haben sich verstärkte Gesundheitsbedrohungen durch neue Schadstoffe und Chemikalien gezeigt.

Die Einschätzungen wichtiger ökologischer Herausforderungen, die in amtlichen und halbamtlichen Dokumenten in Deutschland vorherrschen, korrespondieren weitgehend mit den Einschätzungen im internationalen Bereich. Die internationale Kooperation, in die Deutschland eng eingebunden ist, führt offensichtlich zu einer Konvergenz der Einschätzungen.

In regionaler Hinsicht verlagern sich die Schwerpunkte wichtiger ökologischer Herausforderungen allmählich hin zu Schwellen- und Entwicklungsländern. Hohe Wachstumsraten insbesondere in China, aber auch in Indien, verschärfen die ökologischen Herausforderungen in diesen Ländern und weltweit.⁴

Die Auswahl *wichtiger* ökologischer Herausforderungen beruht auf Kriterien wie ihrem langfristigen Charakter, ihren Gesundheitsrisiken, den ökologischen und ökonomischen Schäden

⁴ Vgl. Worldwatch Institute, Vital Signs 2005 The trends that shape our future, New York London 2005.

sowie ihren sozialen und kulturellen Auswirkungen.⁵ Im allgemeinen werden diese Kriterien aber nicht in formellen Verfahren systematisch bewertet. Deswegen sind *innerhalb* des Kerns ökologischer Herausforderungen Prioritäten nicht auszumachen.

Bei der Untersetzung des Kerns globaler ökologischer Herausforderungen auf spezifischere Problemstellungen (Übersicht 2-1) zeigen sich Unterschiede in der Bedeutung ökologischer Herausforderungen für Ländergruppen und Nationen, die allerdings durch einen unterschiedlichen wirtschaftlichen Entwicklungsstand sowie durch unterschiedliche kulturelle und geographische Bedingungen erklärbar sind. Als Beispiel sei das Problem mangelnder Wasserverfügbarkeit genannt, das in Deutschland eine wesentlich geringere Rolle spielt als etwa in den Mittelmeerländern.

⁵ Zu einer Übersicht über Schadenskostenschätzungen in den Bereichen Klimawandel, Luft- und Wasserverschmutzungen sowie Verlust biologischer Vielfalt, die im Rahmen dieses Vorhabens erstellt worden ist, siehe Blazejczak; J. Die Kosten unterlassenen Umweltschutzes, unveröffentlichtes Manuskript, Berlin 2006.

Übersicht 2-1

Untersetzung der zentralen Zielbereiche

Zuordnung zum Zielbereich mit der höchsten Affinität

Klimaschutz

- Emissionsreduzierungen von Klimagasen
- Steigerung der Energieproduktivität
- Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien
- Verringerte Transportintensität
- Steigerung des Schienenverkehrsanteils

Biologische Vielfalt

- Erhalt von Lebensräumen
- Reduzierung von Flächenverbrauch
- Verringerung von Landschaftszerschneidungen und Suburbanisierung
- Schutz von Böden vor Erosion, Verdichtung, Versiegelung, Versalzung, ...
- Schutz von Wäldern
- Bekämpfung der Wüstenbildung
- Schutz von Feuchtgebieten, Küstenzonen, Meeresschutz
- Nachhaltige Bewirtschaftung von Fischbeständen

Wasserversorgung

- Gewässerschutz
- Grundwasserschutz
- Reduzierung von Nährstoffeinträgen
- Abwasserbehandlung
- Zugang zu sanitären Einrichtungen

Gesundheitsschutz

- Reduzierung der Verwendung von Pestiziden
- Reduzierung von Luftbelastungen durch den Verkehr
- Chemikalienpolitik
- Lärmschutz

Andere

- Dematerialisierung
- Abfallvermeidung und -entsorgung

2.4 Beitrag der Handlungsfelder zur Lösung der ökologischen Herausforderungen

Die direkten Beiträge von Maßnahmen in den strategischen Handlungsfeldern zur Problemlösung in den zentralen Zielbereichen lassen sich folgendermaßen einschätzen:

Übersicht 2-2

Direkter Beitrag strategischer Handlungsfelder zur Problemlösung in den Zielbereichen

Zur Problemlösung bei: Beitrag von:	Klimaschutz	Biologische Vielfalt	Wasserversorgung	Gesundheitsschutz
Erneuerbare Energien	+++			++
Energie- und Rohstoffeffizienz einschl. Kreislaufwirtschaft	+++		++	++
Nachhaltige Wasserwirtschaft		+	+++	++
Nachhaltige Mobilität	++			++
Weißer Biotechnologie	++			
Abfall-, Entsorgungstechnologien		+	+	++
Die Anzahl der + gibt die Stärke des Einflusses an.				

In den reichen Ländern sind viele Umweltbelastungen durch die Industrie – oft durch den Einsatz von nachsorgender Umwelttechnik – erheblich reduziert worden, während diese Belastungen in vielen weniger entwickelten Ländern noch von erheblicher Bedeutung sind. Herausforderungen im Sinne sowohl technologischen als auch organisatorischen und politischen Innovationsbedarfs bestehen jedoch vor allem

- im Energiesektor,
- im Verkehrsbereich und
- in der Landwirtschaft.

Eine Entkopplung der von diesen Sektoren ausgehenden Umweltbelastungen vom Wirtschaftswachstum wird zu den zentralen ökologischen Herausforderungen gezählt.

2 Ökologische Herausforderungen in den nächsten Jahren (Perspektive 2020)

Maßnahmen in den strategischen Handlungsfeldern tragen in mehr oder weniger starkem Maße zur Reduzierung der Belastungen bei, die in diesen Wirtschaftssektoren entstehen:

Übersicht 2-3

Beitrag strategischer Handlungsfelder zur Reduzierung sektoraler Umweltbelastungen

zu Umweltbelastungen aus:	Energie	Verkehr	Landwirtschaft
Beitrag von:			
Erneuerbare Energien	+++	++	+
Energie- und Rohstoffeffizienz einschl. Kreislaufwirtschaft	+++	++	++
Nachhaltige Wasserwirtschaft			+++
Nachhaltige Mobilität	+	+++	
Weißer Biotechnologie	++	+	
Abfall-, Entsorgungstechnologien	+		+
Die Anzahl der + gibt die Stärke des Einflusses an.			

Die Bedeutung der Umweltbelastungen aus den genannten Sektoren für die als zentral angesehenen Umweltbelastungen kann folgendermaßen eingeschätzt werden:

Übersicht 2-4

Direkte Auswirkungen sektoraler Umweltentlastungen auf die Zielbereiche

auf:	Energie	Verkehr	Landwirtschaft
von:			
Klimaschutz	+++	+++	+++
Biologische Vielfalt	+	++	+++
Wasserversorgung	+	+	+++
Gesundheitsschutz	+	+	++
Die Anzahl der + gibt die Stärke des Einflusses an.			

Zwischen den zentralen Zielbereichen bestehen enge Interdependenzen. Das bedeutet, dass Lösungsbeiträge in einem Problembereich oft auch positive Auswirkungen (spillovers) auf andere Zielbereiche haben.

Übersicht 2-5

Zentrale ökologische Herausforderungen – Interdependenzen zwischen Zielbereichen

auf: von:	Klimaschutz	Biologische Vielfalt	Wasserversorgung	Gesundheitsschutz
Klimaschutz	*	+++	+++	++
Biologische Vielfalt	+	*	++	++
Wasserversorgung		++	*	+++
Gesundheitsschutz			++	*
Die Anzahl der + gibt die Stärke des Einflusses an.				

Maßnahmen, welche die Umweltbelastungen reduzieren, die beispielsweise vom Verkehrssektor ausgehen, haben – wie in Übersicht 2-3 dargestellt – einen starken direkten Einfluss auf die Zielerreichung im Klimaschutz; dieser Zielbereich weist eine enge Interdependenz mit dem Zielbereich des Schutzes biologischer Vielfalt auf (Übersicht 2-4), so dass Maßnahmen im Verkehrsbereich indirekt auch zum Schutz biologischer Vielfalt beitragen. Übersicht 2-6 zeigt die Bewertung der direkten und indirekten Auswirkungen sektoraler Umweltentlastungen auf die zentralen Zielbereiche.

Übersicht 2-6

Direkte und indirekte* Auswirkungen sektoraler Umweltentlastungen auf die Zielbereiche

auf: von:	Energie	Verkehr	Landwirtschaft
Klimaschutz	+++	+++	+++
Biologische Vielfalt	+++	++	+++
Wasserversorgung	+++	++	+++
Gesundheitsschutz	++	++	+++
Die Anzahl der + gibt die Stärke des Einflusses an.			
* unter Berücksichtigung von Interdependenzen zwischen den Zielbereichen.			

Als Gesamteinschätzung ergibt sich unter Berücksichtigung der Interdependenzen zwischen den Zielbereichen ein hoher Beitrag der betrachteten strategischen Handlungsfelder zur Problemlösung in praktisch allen Zielbereichen:

Übersicht 2-7

Direkter und indirekter* Beitrag strategischer Handlungsfelder zur Problemlösung in den Zielbereichen

Beitrag von: Zur Problemlösung bei:	Klimaschutz	Biologische Vielfalt	Wasserversorgung	Gesundheitsschutz
Erneuerbare Energien	+++	++	++	+++
Energie- und Rohstoffeffizienz einschl. Kreislaufwirtschaft	+++	++	+++	+++
Nachhaltige Wasserwirtschaft		++	+++	+++
Nachhaltige Mobilität	++	+	+	+++
Weißer Biotechnologie	++	+	+	+
Abfall-, Entsorgungstechnologien	+	++	++	++
Die Anzahl der + gibt die Stärke des Einflusses an.				
*Unter Berücksichtigung der direkten und indirekten Auswirkungen sektoraler Umweltentlastungen auf die Zielbereiche und von Interdependenzen zwischen den Zielbereichen.				

In unterschiedlichem Ausmaß können technologische Lösungen zur Überwindung der zentralen ökologischen Herausforderungen beitragen. Insgesamt ist der Lösungsbeitrag hoch, jedoch dürften daneben auch Verhaltensänderungen unentbehrlich sein, vor allem beim Erhalt biologischer Vielfalt und – in etwas geringerem Umfang – beim Gesundheitsschutz.

Übersicht 2-8

Bedeutung technologischer Lösungen bei der Problemlösung in den Zielbereichen

Klimaschutz	+++
Biologische Vielfalt	+
Wasserversorgung	+++
Gesundheitsschutz	++
Die Anzahl der + gibt die Stärke des Einflusses an.	

3 Aspekte einer innovationsorientierten Umweltpolitik

3.1 Einleitung

Umweltinnovationen wird eine besondere Bedeutung bei der Ausschöpfung von Synergieeffekten für die Verbesserung der Umweltsituation, die Schaffung zukunftsfähiger Arbeitsplätze und die Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit beigemessen. Deswegen stellt sich die Frage nach Ansatzpunkten zur Förderung von Umweltinnovationen. Abgesehen von spezifischen Maßnahmen in einzelnen Handlungsfeldern sind in der Diskussion um eine innovationsorientierte Umweltpolitik eine Reihe von übergreifenden Aspekten herausgearbeitet worden, aus denen sich allgemeine Kriterien ableiten lassen, die als ein Beurteilungsraster für Maßnahmen in Teilbereichen verwendet werden können.

Im Folgenden werden zunächst die Besonderheiten von Umweltinnovationen im Vergleich zu anderen Innovationen dargestellt und die möglichen Bestimmungsfaktoren von Umweltinnovationen identifiziert. Dabei zeigt sich die besondere Bedeutung der Umweltpolitik als wichtiger Impulsgeber für Umweltinnovationen. Anschließend werden unterschiedliche Stränge der Diskussion um das Zusammenwirken von umweltpolitischer Regulierung einerseits und Innovationsverhalten der Unternehmen andererseits aufgenommen. Daraus ergibt sich ein Verständnis der Umweltpolitik, das neben den Unternehmen auch andere Akteure berücksichtigt und auch Fragen des Politikstils und der internationalen Politikdiffusion ins Bild nimmt. Für verschiedene Innovationen ist gezeigt worden, dass sich durch eine nationale Vorreiterrolle Vorsprünge auf internationalen Märkten ergeben haben; hier wird auf die Frage eingegangen, ob und wie solche Lead-Markt-Vorteile auch für Umweltinnovationen erreicht werden können. Schließlich werden Überlegungen aufgegriffen, die davon ausgehen, dass sich die technologische Entwicklung innerhalb eines vorherrschenden sozio-technischen Regimes vollzieht, und dass der Übergang zu einem neuen, umweltfreundlicheren Regime geeignete Politikorientierungen und insbesondere gezielte Zeitstrategien erfordert.

3.2 Besonderheiten von Umweltinnovationen⁶

Umweltinnovationen sind Maßnahmen, mit denen neue Ideen und Verhaltensweisen, Produkte und Produktionsverfahren entwickelt, angewendet oder eingeführt werden, welche die Umwelt entlasten und zu einer ökologisch bestimmten Nachhaltigkeit beigetragen. Allerdings ist zu beliebigen (Opportunitäts-) Kosten eine Reduzierung der Inanspruchnahme der Umwelt stets möglich (z.B. durch Einschränkung wirtschaftlicher Aktivitäten). Kriterium muss deswegen sein, dass die gleiche Umweltentlastung durch eine Neuerung zu geringeren Kosten möglich wird als es bisher der Fall war, oder dass zu gleichen Kosten eine stärkere Umweltentlastung erreicht werden kann. Unter Umweltinnovationen sind dann Neuerungen zu verstehen, die bei der Verringerung von ökologischen Schadenskosten zu einer günstigeren erwarteten Kosten-Nutzen-Bilanz führen als bisher; auf der Kostenseite werden dabei die Kosten der neuen Technologie verbucht, auf der Nutzenseite stehen neben vermiedenen Schadenskosten auch eingesparte betriebliche Kosten und Erlösverbesserungen.

Die Besonderheit von Umweltinnovationen gegenüber anderen Innovationen ergibt sich aus dem öffentlichen-Gut-Charakter von Umweltgütern; die durch die neuen Technologien jetzt kostengünstiger erreichte Umweltentlastung ist kein marktfähiges Gut. Sobald und soweit durch Regulierung Umweltgüter jedoch mit Preisen versehen sind, unterscheiden sich Umweltinnovationen nicht mehr von anderen Innovationen. Bei unvollständiger Internalisierung von Umweltschäden sind Umweltinnovationen jedoch durch eine doppelte Externalität gekennzeichnet: Sie weisen nicht nur in der Phase der Invention und Markteinführung – wie normale Innovationen auch – positive spillover Effekte auf, sondern zusätzlich auch in der Phase der Diffusion, in der zusätzliche positive externe Effekte durch Umweltentlastungen entstehen. Diese doppelte Externalität von Umweltinnovationen begründet, warum Umweltinnovationen stärker als andere Innovationen für ihre Entstehung und Verbreitung staatlicher Politik bedürfen.

Allerdings wird nationalstaatliches Handeln oft dadurch erschwert, dass Umweltentlastungen im Fall grenzüberschreitender oder globaler Problemlagen positive externe Effekte in anderen Ländern haben; aus rein nationaler Sicht besteht kein unmittelbarer Anreiz, diese zu berücksichtigen. Schließlich treten im Zusammenhang mit langen Wirkungsverzögerungen auch

⁶ Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler, Jens Hemmelskamp, Martin Jänicke, Umweltpolitik und Innovation: Politikmuster und Innovationswirkungen im internationalen Vergleich. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 1/1999, S. 1-32.

generationenübergreifende externe Effekte auf, die von den heutigen Generationen nicht oder nur ungenügend berücksichtigt werden.

Eine weitere Besonderheit von Umweltinnovationen ergibt sich aus der Ungewissheit über die Konsequenzen menschlicher Aktivitäten auf die natürliche Umwelt, die dadurch gekennzeichnet ist, dass Ökosysteme oft chaotische Reaktionsweisen zeigen: Kleine Veränderungen können in chaotischen Systemen zu gravierenden und unumkehrbaren Zustandveränderungen führen. Deswegen erscheint im Umweltbereich ein umfassendes Vorsichtskonzept gerechtfertigt. Neuerungen, die auf die Vermeidung lediglich möglicher oder unbekannter Umweltschäden zielen oder dafür einen Lösungsvorrat schaffen, können durch das Marktsystem nicht induziert werden und bedürfen deswegen staatlicher Politik.

Häufig wird angenommen, dass Umweltinnovationen eher als andere Innovationen radikalen oder durchschlagenden statt inkrementellen Charakter haben. Radikale Innovationen machen einen wesentlichen Teil der Investitionen eines Unternehmens (oder einer Gesellschaft) in Wissen und Fähigkeiten, Verfahren, Produkte und Anlagen obsolet. Inkrementelle Innovationen steigern die Effizienz und verändern die Anwendungsmöglichkeiten bestehender Produkte und Anlagen. Durchschlagende Innovationen ändern einzelne Produkte und Verfahrensschritte, ohne jedoch erhebliche Teile des Kapitalstocks obsolet werden zu lassen. Soweit die These eines eher radikalen oder durchschlagenden Charakters von Umweltinnovationen zutrifft, ergeben sich daraus besondere Anforderungen an die Politik, wie sie im Konzept des Transition Management (vgl. Abschnitt 3.7) ihren Niederschlag finden.

3.3 Bestimmungsfaktoren von Umweltinnovationen⁷

3.3.1 Umweltökonomik

Im Rahmen der Umweltökonomik werden die Innovationswirkungen umweltpolitischer Instrumente hauptsächlich unter dem Aspekt der dynamischen Effizienz einzelner umweltpolitischer Instrumente analysiert. Dabei geht es um die Frage, ob und in welchem Umfang durch die Anwendung eines spezifischen Instrumentes Anreize in Form von Kosteneinsparungen

⁷ Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler, Jens Hemmelskamp, Martin Jänicke, Umweltpolitik und Innovation: Politikmuster und Innovationswirkungen im internationalen Vergleich. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 1/1999, S. 1-32.; Jacob, Klaus, Marian Beise, Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler, Rüdiger Haum, Martin Jänicke, Thomas Löw, Ulrich Petschow, Klaus Rennings, Lead Markets for Environmental Innovations. ZEW Economic Studies, vol 27, Heidelberg, New York 2005.

zur Generierung und Diffusion von Umweltinnovationen geschaffen werden. Selbst in einfachen Modellen, die vollständige Konkurrenz unterstellen, ergibt sich jedoch keine stabile Rangfolge verschiedener Instrumente in Bezug auf ihre dynamischen Anreizwirkungen; diese hängt vielmehr von einer Reihe von Bedingungen ab, die vor allem das Verhalten anderer Unternehmen und der Umweltbehörden betreffen. Dieses Ergebnis bestätigt sich in spieltheoretischen Modellen, die strategische Innovationsentscheidungen von Unternehmen berücksichtigen. In vielen Situationen gehen von marktwirtschaftlichen umweltpolitischen Instrumenten vergleichsweise starke Innovationsanreize aus. Nur in Ausnahmefällen erzeugt die Umweltpolitik Anreize, Innovationen zu unterlassen.

Im Rahmen dieser Modelle ist auch die Frage untersucht worden, ob die Innovationsanreize der Umweltpolitik zu einem Ausmaß an Innovationsaktivitäten führen wie es aus volkswirtschaftlicher Perspektive erwünscht ist. Dabei zeigt sich insbesondere, dass zu wenig in F&E investiert wird, wenn spillover Effekte auftreten, Unternehmen also von den Innovationen anderer Unternehmen profitieren. In anderen Fällen, so bei Patentrennen, bei denen derjenige, dessen F&E-Anstrengungen zuerst zum Ziel führen, alleine vom Innovationserfolg profitiert, und im oligopolistischen Wettbewerb, sind auch über das volkswirtschaftliche Optimum hinausgehende Innovationsaufwendungen vorstellbar. Die Gestaltung einer effizienten Umwelt- und Innovationspolitik wird weiter erschwert, wenn die Unternehmen in unterschiedlichem Ausmaß von Innovationen profitieren oder wenn Umweltinnovationen andere Innovationen verdrängen. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass ein Mix umweltpolitischer und innovationspolitischer Instrumente dem Einsatz eines einzelnen Instrumentes vorzuziehen ist. Es ergibt sich aber keine generelle Rechtfertigung der staatlichen Förderung von Umweltinnovationen aufgrund von Marktversagen; dieses muss im Einzelfall geprüft werden.

Die theoretischen Modelle, deren Ergebnisse oben skizziert worden sind, weisen eine Reihe von Schwächen auf. Insbesondere wird ihnen entgegengehalten, dass sie wichtige Aspekte des Innovationsprozesses ignorieren. Zudem wird von der Politikevaluation die Fixierung auf einzelne Instrumente kritisiert und darauf hingewiesen, dass die implizite top-down Perspektive dem tatsächlichen Regulierungsprozess nicht gerecht wird. Teilweise ist diesen Kritikpunkten in empirischen ökonomischen Untersuchungen Rechnung getragen worden. Diese stützen die generelle Schlussfolgerung, dass marktwirtschaftliche Instrumente stärkere Innovationswirkungen als Auflagen entfalten.

In engem Zusammenhang mit den dynamischen Anreizwirkungen der Umweltpolitik ist im Rahmen umweltökonomischer Modelle die Frage untersucht worden, ob sich eine umweltpolitische Vorreiterrolle lohnt, bei der die nationale Umweltpolitik im Vergleich entweder zu anderen Ländern oder zum volkswirtschaftlichen Optimum striktere Anforderungen stellt. Dabei werden zwei miteinander zusammenhängende Wirkungsmechanismen betrachtet: zum einen dadurch ausgelöste sogenannte Innovations-Offsets, zum anderen strategische Vorteile auf internationalen Märkten.

Innovations-Offsets beschreiben die Beobachtung, dass höhere Kosten umweltpolitischer Vorgaben durch Kostensenkungen infolge von Innovationen ganz oder teilweise aufgehoben oder sogar überkompensiert werden. Dass dies regelmäßig der Fall ist, ist der Kern der sogenannten Porter-Hypothese, die durch eine Vielzahl von Fallstudien belegt worden ist. Sie kann im Rahmen evolutionsökonomischer Modelle auch theoretisch gerechtfertigt werden: wenn die Unternehmen nur lokal nach befriedigenden statt nach optimalen Problemlösungen suchen, kann eine strikte Umweltregulierung Anreize schaffen, sonst nicht verfolgte Innovationsmöglichkeiten zu realisieren. Auch in traditionellen umweltökonomischen Modellen kann sich z.B. in Situationen, in denen es einen Geschäftsherrn und einen von diesem mit der Geschäftsführung Beauftragten gibt, ein solches Ergebnis einstellen. Umstritten bleibt allerdings, ob Innovations-Offsets eher die Regel oder eine Ausnahme darstellen.

Die Porter-Hypothese bezieht sich auch auf die Aussicht, dass eine nationale Vorreiterrolle in der Umweltpolitik heimischen Unternehmen einen größeren Weltmarktanteil verschafft und so Produktion und Beschäftigung im Inland erhöht. Wenn die höheren Umweltschutzkosten durch Innovations-Offsets mehr als kompensiert werden, verbessert sich die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Unternehmen, solange die Umweltpolitik im Ausland *nicht* nachzieht. Aber auch wenn die Regulierung für die betroffenen Unternehmen mit zusätzlichen Kosten verbunden ist, kann dies unter bestimmten Bedingungen über verschiedene Mechanismen gelingen. Zunächst kann die Zusage staatlicher Unterstützung einem aggressiven Auftreten heimischer Unternehmen auf internationalen Märkten, das mit hohen Risiken verbunden ist, Glaubwürdigkeit verleihen, allerdings nur, soweit nicht ausländische Regierungen eine ähnliche Politik verfolgen. Wenn die Anbieter von Umwelttechnik von Lerneffekten oder die Anwender von Netzeffekten profitieren, können heimische Herstellerfirmen aufgrund einer Vorreiterrolle in der Umweltpolitik möglicherweise sogar einen uneinholbaren Kostenvorsprung gewinnen. Voraussetzung ist, dass z.B. durch Politikdiffusion (Abschnitt 3.5) eine internatio-

nale Nachfrage entsteht; allerdings darf die Diffusion weder zu früh – vor dem Wirksamwerden der Skaleneffekte – eintreten noch zu spät, so dass von der Regulierung betroffene heimische Unternehmen über längere Zeit höhere Umweltschutzkosten zu tragen haben als ausländische und so ihre Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigt wird. Damit allerdings eine Vorreiterrolle in der Umweltpolitik zu einer verbesserten Wettbewerbsposition führt, müssen eine Reihe von Voraussetzungen erfüllt sein. Dazu gehört zum Beispiel, dass die Hersteller von Umwelttechnik spezialisierte Produkte anbieten, so dass neue Markteintritte erschwert sind, oder dass von der strikteren Regulierung betroffene Unternehmen ihren Standort nicht verlagern.

Zusammenfassend lassen sich aus der umweltökonomischen Diskussion folgende Schlussfolgerungen in Bezug auf die Bestimmungsfaktoren von Umweltinnovationen ziehen:

- Die Umweltpolitik induziert Umweltinnovationen.
- Eine eindeutige Rangfolge verschiedener umweltpolitischer Instrumente in Bezug auf ihre Innovationswirkungen lässt sich nicht festmachen; in vielen Fällen sind aber marktwirtschaftliche Instrumente überlegen.
- Eine Kombination verschiedener umwelt- und innovationspolitischer Instrumente ist dem Einsatz einzelner Instrumente vorzuziehen.
- Eine generelle Rechtfertigung der Subventionierung von Umweltinnovationen besteht aus volkswirtschaftlicher Perspektive nicht; sie ist fallweise zu überprüfen.
- Unter bestimmten, nicht unrealistischen Voraussetzungen können die Kostenbelastungen von Unternehmen durch striktere Umweltschutzvorschriften durch Kostenersparnisse aufgrund von Innovationen kompensiert werden.
- Unter bestimmten Voraussetzungen kann eine Vorreiterrolle in der Umweltpolitik die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Wirtschaft verbessern.

3.3.2 Innovationsökonomik

In der Innovationsökonomik spielen evolutorische Modelle eine wichtige Rolle, die den Innovationsprozess in Analogie zur biologischen Evolution beschreiben. Innovationen entstehen danach in einem Prozess von Variation und Selektion, in dem die Aufdeckung technologisch-ökonomischer Chancen durch 'Entrepreneurship' und bestehende technologische Paradigmen eine entscheidende Bedeutung haben. Der Wechsel eines technologischen Paradigmas gelingt nur, wenn Handlungsfenster genutzt werden, die sich durch Basisinnovationen öffnen; dabei

hängt der Erfolg von Basisinnovationen von Lerneffekten und von der Entwicklung komplementärer technologischer und institutioneller Innovationen inkrementeller Art ab. Mit der Charakterisierung von Variation als heuristischem Prozess wird die Bedeutung der Kombination von internen und externem Wissen verdeutlicht, das durch Vernetzungen in einem Innovationssystem erschlossen werden kann. Der Hinweis der Innovationsökonomik auf die Bedeutung des Auswahlumfelds erschließt Ansatzpunkte für die Politik im Bereich der Beeinflussung der Akteure, die dieses Auswahlumfeld bestimmen. Die Verbindung von Variation und Selektion wird mit dem Begriff technologischer Nexus bezeichnet, womit im Falle von Umweltinnovationen die Vermittlung zwischen Umweltschutzanforderungen und technologischen Möglichkeiten erfasst wird, die durch eine Vielzahl von Akteuren innerhalb und außerhalb von Unternehmen erfolgt. Der technologische Nexus bietet Ansatzpunkte für die Förderung von Umweltinnovationen.

In der Frage, was einen stärkeren Einfluss auf das Innovationsverhalten von Unternehmen hat, das verfügbare technologische Know-how – die sogenannte "Technology-push"-Hypothese – oder bestehende Marktchancen – die sogenannte "Demand-pull"-Hypothese, besteht mittlerweile ein Konsens in der Innovationsforschung, dass sowohl angebots- als auch nachfrageseitige Bestimmungsfaktoren technische Innovationen beeinflussen. Technology-push-Faktoren scheinen einen größeren Einfluss zu Beginn eines Produktzyklus zu haben, und Demand-pull-Faktoren wirken vor allem in späteren Phasen des Produktzyklus. Die Besonderheiten von Umweltinnovationen bedingen, dass die Erträge aus den Innovationen oft unsicher sind, in ferner Zukunft und/oder bei Dritten anfallen, und dementsprechend die angebots- und nachfrageseitigen Impulse stärker als bei anderen Innovationen, die auf marktgängigen Output gerichtet sind, vom Einsatz umweltpolitischer Instrumente abhängen. Der Einsatz umweltpolitischer Instrumente stellt für Unternehmen damit einen zusätzlichen Einflussfaktor des Innovationsverhaltens innerhalb eines Bündels angebots- und nachfrageseitiger Einflussfaktoren dar. Dazu gehören:

- die Marktnachfrage (z.B. Marktumfang und Kundenbedürfnisse),
- die technologischen Voraussetzungen (vorhandenes Know-how),
- die Firmengröße und Marktstruktur (z.B. Konkurrenzsituation),
- Bedingungen zum Schutz von Innovationserträgen (z.B. Möglichkeiten des Patentschutzes),

- Verflechtungen (z.B. Kooperationen mit Zulieferern) und
- unternehmensinterne Faktoren (z.B. Risikoverhalten).

Die Innovationsökonomik stützt sich auch auf Erkenntnisse aus der Neuen Institutionellen Ökonomik (NIO), die sich vor allem gegen die Institutionenblindheit des neoklassischen Ansatzes wendet und die institutionellen Funktionsbedingungen wirtschaftlicher Koordinationsprozesse betont. Durch die Hervorhebung der Bedeutung von Transaktionskosten für Innovationsprozesse wird die Bedeutung komplementärer institutioneller Neuerungen in Ergänzung zu technischen Innovationen betont. Mit dem Konzept der Transaktionskosten verweist die NIO auf die Bedeutung von Wissen und Information für den Innovations- und vor allem auch für den Diffusionsprozess. Anreize für Umweltinnovationen ergeben sich aus Sicht der NIO durch die Etablierung und Sicherung von Verfügungsrechten über Umweltressourcen, z.B. durch die Gestaltung des Haftungsrechts.

3.3.3 Policy-Analyse

Die Politikevaluationsforschung geht von der Beobachtung aus, dass bestimmte Politikinstrumente in unterschiedlichen Situationen sehr verschiedene Wirkungen haben. Die Politikevaluationsforschung betont, dass für den Einfluss des Staates der gesamte Willensbildungsprozess einschließlich des die Willensbildung prägenden Politikstils und nicht erst die schließlich getroffene Maßnahme bedeutsam ist. Gerade für Innovationsstrategien sind die Art der Zielbildung, die Flexibilität, das Timing und der konsultative Vorlauf einer Maßnahme von hoher Bedeutung. Entscheidend sind auch nicht einzelne Instrumente, sondern die Instrumentierung als ganzes; mit dem Zielkonsens der Akteure nimmt dabei die Bedeutung des Instrumentariums ab. Darüber hinaus kommt es auf die Akteurskonstellation, insbesondere das Verhältnis zwischen Regulierern und Regulierten an. Eine Politik sollte deswegen flexibel und adaptiv gestaltet werden, um Politiklernen (policy learning) in Kommunikationsnetzwerken und Verhandlungssystemen zu ermöglichen.

Im Lichte empirischer Untersuchungen zeigt sich, dass auch Umweltinnovationen nicht nur aus gezieltem staatlichem Handeln erwachsen, sondern aus der dynamischen Interaktion staatlicher und nichtstaatlicher Akteure unter komplexen Handlungsbedingungen. Die Innovationswirkungen von Umweltpolitik lassen sich nicht nur durch die Betrachtung der Policy-Outputs (ergriffene Maßnahmen und ihre Umsetzung) erklären, sondern durch Variablen aus den Frühphasen des politischen Prozesses. Die Einflussfaktoren von Umweltinnovationen

sind in der Instrumentierung, dem Politikstil und der Akteurskonfiguration zu suchen. Über diese spezifischen Faktoren hinaus sind die Rahmenbedingungen sowohl für die Umwelt- als auch für die Technologiepolitik (Innovationskapazität, allgemeines Umweltbewusstsein, Forschungsinfrastruktur etc.) wichtige Determinanten von Umweltinnovationen. Für die Innovationswirkungen von Umweltpolitik kommt es aber auch auf die Nutzung situativ – durch externe Ereignisse (Katastrophen, Wahlergebnisse etc.) oder intentionale Entwicklungen (Kommunikation von Umweltproblemen, Auflage von Forschungsprogrammen) – eröffneter Handlungschancen an. Dies setzt die vorgängige Entwicklung von Konzepten zur Problemlösung voraus.

3.4 Elemente innovationsfreundlicher Politikmuster⁸

Auf der Basis der Überlegungen zu den Besonderheiten und den Bestimmungsfaktoren von Umweltinnovationen ergeben sich Hinweise dazu, wie die Umweltpolitik im Hinblick auf eine Förderung von Umweltinnovationen gestaltet werden sollte.

Die hohe Komplexität und Dynamik, die Innovationsprozesse auszeichnen, legen es nahe, dass diese nur im Zusammenwirken mehrerer Einflussfaktoren erklärt werden können. Deshalb wird nicht versucht, die Innovationswirkungen einzelner umweltpolitischer Instrumente zu isolieren; vielmehr werden Elemente komplexer Politikmuster identifiziert, die Umweltinnovationen begünstigen. Dazu werden aus den verschiedenen – umweltökonomischen, innovationsökonomischen und politikanalytischen – Erklärungsansätzen, die sich mit den Zusammenhängen zwischen Politikgestaltung und Innovationen beschäftigen, Elemente eines innovationsfreundlichen Politikmusters abgeleitet.

Dabei stellen sich drei zentrale Dimensionen eines Politikmusters heraus, die daraufhin zu prüfen sind, ob sie Umweltinnovationen fördern oder hemmen:

1. die Instrumentierung, die über die Auswahl der einzelnen Instrumente hinaus auch deren Gestaltung und Kombination umfasst,
2. der Politikstil, der die Art der Zielbildung und der Implementierung umweltpolitischer Regulierungen beschreibt, und

⁸ Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler, Jens Hemmelskamp, Martin Jänicke, Umweltpolitik und Innovation: Politikmuster und Innovationswirkungen im internationalen Vergleich. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 1/1999, S. 1-32.

3. die Akteurskonfiguration, die die institutionellen Rahmenbedingungen und das Netzwerk der Akteure bezeichnet.

3.4.1 Instrumentierung

In Bezug auf die Instrumentierung ist den erwähnten Erklärungsansätzen gemeinsam, dass sie die Schaffung ökonomischer Anreize als Bedingung einer innovationsfreundlichen Umweltpolitik herausstellen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass ökonomische Instrumente ausschließlich eingesetzt werden sollten. Entscheidend ist vielmehr eine Kombination verschiedener Instrumente. So können flexible Auflagen mit ökonomischen Anreizinstrumenten verbunden werden, um Informationsasymmetrien abzubauen und eine an die Vermeidungskostenstruktur der Unternehmen angepasste Regulierung zu ermöglichen. Zur Flankierung umweltpolitischer Regulierungen ist eine Verstärkung der Nachfrage etwa durch gezielte Information oder durch öffentliche Beschaffungspolitik geeignet. Die Entwicklung und Verbreitung neuer Technologien ist nur dann wahrscheinlich, wenn sich die dazu erforderlichen Investitionen zumindest mittel- bis langfristig rentieren. Die Orientierung der Instrumentierung an klaren und verbindlichen Zielvorgaben, die im Rahmen einer strategischen Umweltplanung von allen gesellschaftlichen Gruppen gemeinsam entwickelt worden sind, kann die Unsicherheit über den wirtschaftlichen Erfolg von Innovationsaktivitäten verringern. Besonders wirksam sind die Innovationsanreize, wenn eine regelmäßige Anpassung der Instrumente an die strategischen Umweltziele erfolgt und diese Dynamik von den Unternehmen antizipiert werden kann. Für eine erfolgreiche Politikgestaltung wird auch die Berücksichtigung des Prozesscharakters von Innovationen als wichtig angesehen. Die unterschiedlichen Phasen des Innovationsgeschehens – Invention, Innovation und Diffusion – erfordern eine Instrumentenauswahl und Instrumentenkombination, die diesen Prozess in seinem Ablauf unterstützen und den Besonderheiten der einzelnen Phasen Rechnung tragen.

Übersicht 3-1

Innovationsfreundliches Politikmuster

Eine Instrumentierung ist innovationsfreundlich, wenn sie...

- ökonomische Anreize setzt,
- mehrere Instrumente kombiniert,
- auf strategischer Planung und Zielbildung basiert,
- Innovation als Prozess unterstützt und die verschiedenen Innovationsphasen berücksichtigt.

Ein Politikstil ist innovationsfreundlich, wenn er...

- dialogisch und konsensual ist,
- kalkulierbar, verlässlich und kontinuierlich ist,
- entschlossen, proaktiv und anspruchsvoll ist,
- lernoffen und flexibel in Bezug auf den Einzelfall ist und
- managementorientiert und wissensbasiert ist.

Eine Akteurskonfiguration ist innovationsfreundlich, wenn...

- sie Politikintegration horizontal und vertikal begünstigt, und wenn die Vernetzung zwischen verschiedenen Regulierungsinstanzen eng ist,
- wenn verschiedene Regulierungsadressaten miteinander vernetzt sind,
- die Vernetzung zwischen Regulierern und Regulierten eng ist,
- sie durch die Einbeziehung von „stakeholdern“ in Akteursnetzwerke dezentral vorhandenes Wissen und Motivation verfügbar macht.

Aus: Jänicke u.a. 2000, S. 135. Eigene Übersetzung.

3.4.2 Politikstil

Die Bedeutung des Politikstils, der die Art der Zielbildung und der Implementierung politischer Maßnahmen beschreibt, ergibt sich aus der Erkenntnis, dass nicht erst die schließlich getroffene Maßnahme, sondern der gesamte Willensbildungsprozess für den Erfolg einer Politik entscheidend ist. Angesichts der hohen Bedeutung einer engen Kooperation zwischen den verschiedenen an Innovationsprozessen beteiligten Akteuren ergibt sich die Notwendigkeit eines dialogischen Politikstils. Denkbar ist beispielsweise eine Förderung von Kooperationen

im Forschungsbereich mit gemeinsamer Zielfestlegung durch politische Instanzen, Unternehmen und Forschungseinrichtungen; in einem solchen Verbund können staatliche Institutionen verschiedene Akteure zusammenführen und deren Forschungsaktivitäten koordinieren. Um Unsicherheiten bezüglich der Gewinnaussichten von Innovationsaktivitäten zu verringern, sind auch beim Politikstil Kalkulierbarkeit, Verlässlichkeit und Kontinuität erforderlich. Diese werden durch Entschlossenheit der Regulierungsinstanzen in der Formulierung und Durchsetzung von anspruchsvollen umweltpolitischen Zielen erhöht. Eine Politik, die dabei proaktiv Probleme vorwegnimmt, schafft den nötigen Vorlauf für Innovationen. Eine entschlossen anspruchsvolle Politik steht nicht im Gegensatz zu der Notwendigkeit, dass die Umweltpolitik offen für neue Erkenntnisse sein und auf Besonderheiten des Einzelfalls eingehen muss, um so Flexibilität zu gewährleisten. Ein kooperativer und flexibler Politikstil ist erst unter der Bedingung eines entschlossenen Vorgehens sinnvoll. Die für Innovationen wichtige Lernoffenheit der Politik betrifft mithin primär die operative Seite ihres Vorgehens. Insgesamt ist ein Politikstil gefordert, bei dem staatliche Institutionen als Manager agieren; ein managementorientierter Politikstil steuert nicht - herkömmlich - über allgemeine Regeln, sondern setzt konkrete Ziele durch planmäßige Organisation um; die Politik erhält so gewissermaßen unternehmerische Qualitäten.

3.4.3 Akteurskonfiguration

Auch die Akteurskonfiguration, die nicht nur das Netzwerk der verschiedenen Akteure, sondern auch die institutionellen Rahmenbedingungen umfasst, muss und kann innovationsfreundlich gestaltet werden. Die Aufdeckung und Nutzung neuer, kostengünstigerer Möglichkeiten zur Umweltentlastung verlangt das Zusammenwirken verschiedener Politikbereiche sowie verschiedener politisch-administrativer Ebenen von der Europäischen Union über Bund und Länder bis zu den Gemeinden. Neben dieser intrasektoralen Politikintegration ist die intersektorale Integration und Vernetzung verschiedener Politikfelder von hoher Bedeutung für die Koordinierung und Verstärkung von Innovationsanreizen. Innovationen beruhen auf der Kombination von spezifischem Wissen und auf Lernen. Durch Zusammenarbeit profitieren Unternehmen also gegenseitig. Insbesondere gilt dies für eine Zusammenarbeit entlang der Wertschöpfungskette. Impulse für Umweltinnovationen sind auch durch den Austausch zwischen Grundlagen- und angewandter Forschung und zwischen Unternehmensforschung und externen Forschungseinrichtungen zu erwarten. Der Staat kann zu diesem Informationsaustausch durch die Förderung von Innovationsnetzwerken beitragen. Diese können auch Regu-

lierungsinstanzen umfassen und dadurch über einen Informationsaustausch hinaus auch eine höhere Flexibilität und Motivation der Beteiligten bewirken. Die Einbeziehung unterschiedlicher Stakeholder in den politischen Prozess ist in aller Regel geeignet, die Basis der politischen Zielbildung wie auch das Spektrum möglicher Optionen zu erweitern. Ist ein Ziel auf breiter Basis akzeptiert, ist die Implementation wesentlich erleichtert. Wenn die Zielgruppe Teil des Netzwerkes ist, dieses also Regulierer und Regulierte umfasst, wird nicht nur die Umsetzung der Maßnahme erleichtert. Ist die Zielgruppe bereits an der Zielbildung beteiligt, können Innovateure innerhalb dieser Gruppe sich frühzeitig auf Maßnahmen einstellen und zugleich auf einen Modus dieser Maßnahmen hinwirken, der ihnen entgegenkommt.

Empirische Fallstudien belegen die These, dass politisches Handeln der Dynamik und Komplexität der Einflussfaktoren von Innovationsprozessen am ehesten mit einem breiten, instrumentell nicht restringierten Ansatz gerecht wird. Gemeinsam sind den Politikmustern in Erfolgsfällen insbesondere die anspruchsvoll entschlossene Zielsetzung, der strategische Ansatz und die starke Bedeutung von Netzwerken. Innovationsorientierte Umweltpolitik ist also eher in Kategorien des strategischen public management als in Kategorien eines auf einzelne Instrumente fixierten und auf formale Regeln aufbauenden traditionellen Verwaltungshandelns zu konzipieren.

3.5 Internationale Politikdiffusion

Die nationale Umweltpolitik ist eine entscheidende Einflussgröße für Umweltinnovationen, sie bestimmt auch die Übernahme und Diffusion ausländischer Umweltinnovationen und damit die Exportchancen der Lieferländer. Aber auch Umweltpolitiken diffundieren international, und zwischen internationaler Politik- und Technologiediffusion besteht ein enges Wechselverhältnis. Im Hinblick auf die Gestaltung einer industriepolitisch ausgerichteten Umweltpolitik sind dieses Wechselverhältnis und die Einflussfaktoren einer internationalen Diffusion von Umweltpolitiken näher zu charakterisieren.

3.5.1 Muster internationaler Politik- und Technologiediffusion⁹

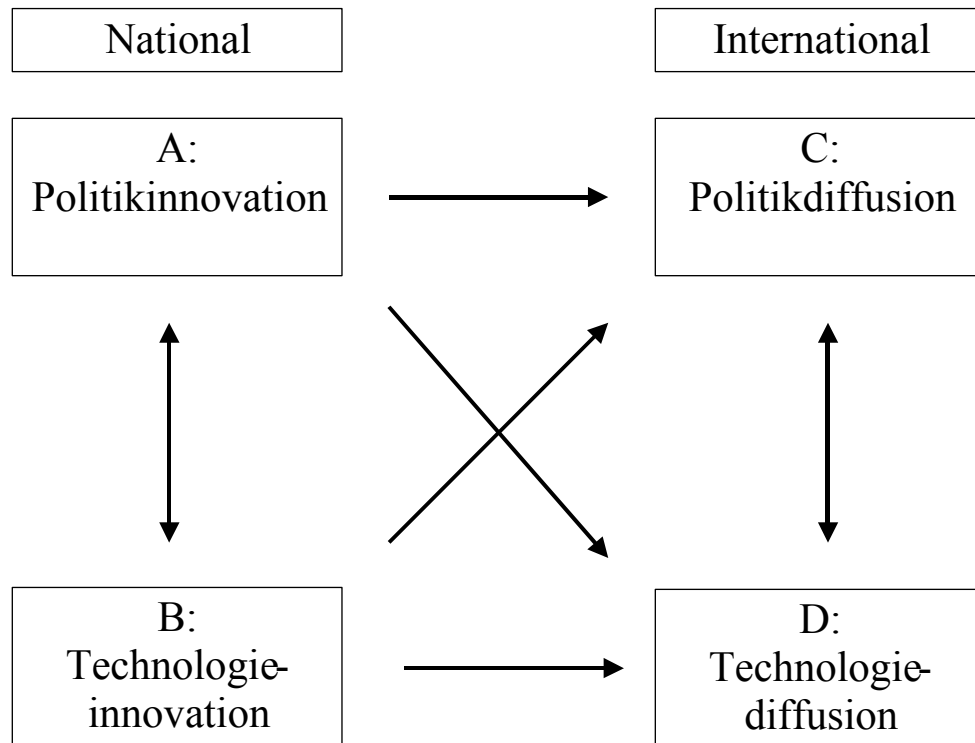
Eine Vielzahl von Mustern des Zusammenspiels internationaler Politik- und Technologiediffusion ist vorstellbar (Übersicht 3-2). Keineswegs ist Politikdiffusion notwendige Voraussetzung für Technologiediffusion. Prinzipiell kann die Initiative sowohl auf der Politik- als auch auf der Technologieseite liegen. Während sich aber auf nationaler Ebene Fälle finden, bei denen Politiken eingeführt wurden, ohne dass entsprechende technologische Lösungen zur Verfügung standen (technology forcing), ist eine internationale Diffusion unter diesen Voraussetzungen unwahrscheinlich. Häufig findet sich ein Muster, bei dem die nationale Politik technologische Innovationen induziert. Diese Demonstration der technologischen Machbarkeit auf nationaler Ebene ist oft Voraussetzung einer internationalen Diffusion der Technologie. Diese wird in der Regel zusätzlich auf eine internationale Politikdiffusion angewiesen sein, wenn die Technologie keine betriebswirtschaftlichen Vorteile aufweist. Im umgekehrten Fall gibt eine technologische Innovation den Anstoß für eine Politikinnovation auf nationaler Ebene. Dabei wird es sich häufig um betriebswirtschaftlich vorteilhafte Technologien handeln. Solche Technologieinnovationen können sich auch ohne Politikdiffusion international ausbreiten. Dann beobachtet man häufig, dass die Technologiediffusion eine Politikdiffusion auslöst, die die Technologiediffusion unterstützt und beschleunigt.

⁹ Jänicke, Martin, Ecological Modernization. Innovation and Diffusion of Policy and Technology. FFU-report 00-8, Berlin, Berlin 2000.

Jacob, Klaus, Marian Beise, Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler, Rüdiger Haum, Martin Jänicke, Thomas Löw, Ulrich Petschow, Klaus Rennings, Lead Markets for Environmental Innovations. ZEW Economic Studies, vol 27, Heidelberg, New York 2005.

Übersicht 3-2

Muster des Zusammenspiels von internationaler Politik- und Technologiediffusion



Quelle: Jacob et al. 2005. Eigene Übersetzung.

Eine Politikdiffusion ist also häufig notwendige Voraussetzung für eine Technologiediffusion. Selbst wenn dies nicht so ist, und die technologische Innovation das Potential besitzt, sich auch ohne eine Politikdiffusion international auszubreiten, unterstützt und beschleunigt letztere doch die Ausbreitung der Technologie. Eine industriepolitisch ausgerichtete Umweltpolitik muss deswegen auch darauf gerichtet sein, die Bedingungen für eine rasche Politikdiffusion zu verbessern.

3.5.2 Einflussfaktoren internationaler Politikdiffusion¹⁰

In der Politikforschung werden drei Mechanismen der internationalen Ausbreitung umweltpolitischer Innovationen unterschieden: Neben der Harmonisierung von Politiken durch völkerrechtlich bindende internationale Vereinbarungen und der Ausübung von Zwang durch externe Akteure, die politische und ökonomische Abhängigkeiten nutzen, spielen Diffusionsprozesse, d.h. dezentrale und freiwillige Übernahmen externer Politikmodelle, eine erhebliche Rolle bei der Ausbreitung umweltpolitischer Innovationen. Dabei ist die Politikdiffusion oft eine entscheidende Vorstufe zur internationalen Harmonisierung

Bei der Politikdiffusion handelt es sich um einen Prozess zwischenstaatlichen Lernens durch Austausch von Informationen und Erfahrungen über umweltpolitische Innovationen im internationalen System durch internationale Akteure. Dabei kommunizieren entweder internationale Organisationen, spezialisierte Netzwerke oder andere Nationalstaaten Informationen über umweltpolitische Innovationen. Oder nationalstaatliche Entscheidungsträger, die planen eine umweltpolitische Innovation einzuführen, suchen selbst systematisch im internationalen System nach Ansätzen und Modellen, die sie auf ihren nationalen Kontext übertragen könnten.

Bei der Übernahmen umweltpolitischer Innovationen aus anderen Ländern geht es nicht immer nur um eine effektive Problemlösung, sondern oft auch um eine Verbesserung der Durchsetzungschancen von Maßnahmen, um die Erreichung internationaler Anerkennung oder um eine strategische Antizipation und Beeinflussung internationaler Entwicklungen.

Die Diffusion umweltpolitischer Informationen wird durch vier Gruppen von Einflussgrößen bestimmt:

- die Existenz von internationalen Informationskanälen,
- die Eigenschaften der Politikinnovation,
- die Struktur des Problems, auf das die Politikinnovation zielt,
- die nationalen Kapazitäten zur Adoption der Politikinnovation.

¹⁰ Kern, Kristine, Helge Jörgens, Martin Jänicke, The Diffusion of Environmental Policy Innovations: A Contribution to the Globalisation of Environmental Policy, WZB discussion paper FS II 01-302, Berlin 2001.

Jörgens, Helge, Governance by Diffusion – Implementing Global Norms Through Cross-National Imitation and Learning. FFU-report 07-03, Berlin 2003.

Tews, Kerstin, Per-Olof Busch, Helge Jörgens, The diffusion of new environmental policy instruments. In: European Journal of Political Research, 42 (2003), 569-600.

Als besonders wirkungsvolle Informationskanäle erweisen sich themenspezifische Foren, auf denen staatliche und nicht-staatliche Akteure regelmäßig zusammenkommen. Internationale Organisationen haben gute Voraussetzungen, solche Foren zu bieten und darüber hinaus Länder bei der Umsetzung von Politikinnovationen zu beraten sowie Koordinationsaufgaben wahrzunehmen. Internationale Ereignisse und Prozesse können wichtige Anstöße zur Politikdiffusion geben.

Politikinnovationen diffundieren besonders schnell, wenn sie sich zur Verallgemeinerung in Form eines abstrakten, vom nationalen Kontext gelösten Modells eignen; bei der Entwicklung solcher Modelle können Umweltorganisationen oder internationale Einrichtungen eine wichtige Rolle spielen. Außerdem ist nicht überraschend zu beobachten, dass Politikinnovationen leichter diffundieren, wenn sie nur kleinere Änderungen gegenüber bestehenden Politikstrukturen verlangen, und dass Konflikte mit einflussreichen nationalen Akteuren die Diffusion hemmen. Im allgemeinen diffundieren informatorische Instrumente leichter als regulative und diese wiederum leichter als redistributive. Von Bedeutung ist auch die Frage, in welchem Maße die Politikinnovation umstritten ist. Konkurrieren mehrere umweltpolitische Innovationen miteinander, so verläuft die Diffusion langsamer bis sich eine der umweltpolitischen Innovationen als Modell durchsetzt.

Politikinnovationen diffundieren besonders schnell, wenn das Problem, auf das sie sich richten, eine hohe unmittelbare Sichtbarkeit und Dringlichkeit aufweist. Diese Faktoren wiederum hängen nicht zuletzt auch vom Einfluss der Zielgruppen ab. Einen günstigen Einfluss auf die Diffusion von Politikinnovationen kann es auch haben, wenn technologische Lösungen verfügbar sind; sei es aufgrund nationaler Innovationsanstrengungen oder aufgrund vorhergegangener oder jedenfalls möglicher Technologiediffusion. Wenn die Diffusion einer umweltpolitischen Innovation in anderen Ländern zu negativen Konsequenzen führt, ist damit zu rechnen, dass es rasch zu Verhandlungen kommt, um die umweltpolitische Innovation international zu harmonisieren. In der EU ließen sich diese Wechselwirkungen im Zusammenhang mit umweltpolitischen Innovationen zur Regelung der Eigenschaften von Produkten beobachten. Dabei versuchten die Nationalstaaten, ihr nationales Modell auf die europäische Ebene zu übertragen oder die Harmonisierung in Richtung auf eine Annäherung an ihr Modell zu beeinflussen.

Eine entscheidende Voraussetzung für die Diffusion von Politikinnovationen ist es, dass ausreichende nationale Kapazitäten zur Implementation der Politik und der damit angestoßenen Problemlösungen vorhanden sind. Dabei handelt es sich nicht nur um finanzielle, sondern auch etwa um technologische und wissenschaftliche Kapazitäten. Im weiteren Sinne gehören zu diesen Kapazitäten auch nationale Politiktraditionen; die Politikdiffusion wird erleichtert, wenn traditionelle nationale Strukturen und die zu übernehmende Politik gut zueinander passen.

Die Einflussfaktoren internationaler Politikdiffusion können auch aus der Perspektive der Lead-Markt-Forschung analysiert werden. Dabei werden die zunächst auf die Analyse von Technologiediffusion ausgerichteten Lead-Markt-Faktoren (Abschnitt 3.6.1) im Hinblick auf die Untersuchung von Politikdiffusion interpretiert und modifiziert (Jacob et al. 2005, S. 19ff.).

3.6 Lead Märkte¹¹

Als Lead Markt wird ein Markt bezeichnet, von dem aus sich dort entwickelte technologische Lösungen weltweit durchsetzen, so dass sich für Unternehmen am heimischen Standort Exportchancen ergeben, die dort Wertschöpfung und Beschäftigung generieren. Insbesondere eröffnen die besonderen Charakteristika eines Lead Marktes Chancen, wertschöpfungsintensive Unternehmensbereiche wie Forschung und Entwicklung längerfristig an den Standort zu binden. Wenn die Umweltpolitik einen Beitrag zur Entstehung eines Lead Marktes leistet, befördert sie Ziele, die auch mit industriepolitischen Ansätzen verfolgt werden. Gelingt es mit einer solchen Politik, die weltweite Diffusion von umweltschonenden Technologien wie erneuerbare Energien zu unterstützen, entstehen zudem weltweit positive Effekte für die Umwelt.

Berlin 2005.

¹¹ Beise, Marian, Lead Markets: Country-Specific Success Factors of the Global Diffusion of Innovations, ZEW Economic Studies, Vol 14, Heidelberg, New York 2001.

Jacob, Klaus, Marian Beise, Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler, Rüdiger Haum, Martin Jänicke, Thomas Löw, Ulrich Petschow, Klaus Rennings, Lead Markets for Environmental Innovations. ZEW Economic Studies Vol. 27, Heidelberg, New York 2005.

3.6.1 Lead-Markt-Faktoren

Dass sich technologische Entwicklungslinien, die zunächst aus den besonderen Marktbedingungen einzelner Länder entstanden, in einem weltweiten Diffusionsprozess als international erfolgreiche Innovationsdesigns durchsetzen konnten, lässt sich aus Untersuchungen über die Entstehung und internationale Diffusion von Innovationen an einer Reihe von Beispielen belegen. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein nationaler Markt zum Lead Markt wird, hängt dabei zum einen von einer Vorreiterrolle bei der Entwicklung und Markteinführung neuer technischer Lösungen, zum andern von einer Reihe von Bedingungen im Heimatmarkt ab, die als Lead-Markt-Faktoren bezeichnet werden.

Eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung und Markteinführung neuer technischer Lösungen wird außer durch die Innovationsfähigkeit der Akteure auch durch die Ausrichtung und Gestaltung der staatlichen Forschungs- und Technologiepolitik beeinflusst. Die Innovationsforschung betont in jüngerer Zeit die Bedeutung von Innovationssystemen, die durch ein Zusammenspiel staatlicher und nicht-staatlicher Akteure und Institutionen geprägt sind.¹² Besondere Bedeutung haben technologiespezifische Innovationsnetzwerke, in denen auf Unternehmensseite Systemhersteller, Zulieferer und Anwender oder Kunden zusammenarbeiten; sie bilden die Wissensbasis für Technologiecluster, die häufig regional konzentriert sind.

Industrieländer mit hohem Einkommensniveau und mit anspruchsvollen, innovativen Käufern, die hohe Qualitätsanforderungen stellen, sind eher als Lead Märkte geeignet als sich ökonomisch erst entwickelnde Regionen. Eine wichtige Voraussetzung ist außerdem, dass im betreffenden Technologiefeld ein Problemdruck existiert, der Veränderung und Innovationen begünstigt. Wichtig für die Durchsetzung der neuen Lösungen sind eine flexible Regulierung und innovationsfreundliche Rahmenbedingungen. Für die internationale Diffusion ist von Bedeutung, dass auf dem heimischen Markt international anerkannte Standards gelten, die auch auf Auslandsmärkten anzutreffen sind.

Auf der Grundlage von ökonomisch ausgerichteten Überlegungen zu den Determinanten der internationalen Diffusion von Innovationen lassen sich fünf Lead-Markt-Faktoren identifizieren – Vorteile, die die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass das heimische Innovationsdesign weltweit adoptiert wird:

¹² Siehe z.B. Edquist, Charles, Systems of Innovation: Perspectives and Challenges. In: Jan Fagerberg et al. (eds.) The Oxford Handbook of Innovation, Oxford 2005, S. 181-208.

- Preis- oder Kostenvorteile

Hierunter werden Vorteile verstanden, die sich aufgrund von Skaleneffekten etwa aus der Größe des Heimatmarktes, aus dem starken Wachstum des Heimatmarktes sowie durch Lernkurveneffekte aufgrund des im internationalen Vergleich frühen Marktwachstums ergeben.

- Nachfragevorteile

Hierunter werden die Vorteile verstanden, die sich aus Niveau und Struktur der heimischen Nachfrage ergeben; günstig sind etwa ein hohes Einkommensniveau der nationalen Nachfrager, die Antizipation globaler Trends durch die heimischen Nachfrager (Trendsetterrolle) oder eine bereits bestehende komplementäre Nachfrage.

- Exportvorteile

Exportvorteile bestehen für Länder, wenn die heimischen Unternehmen und die Politik enge „Fühlung“ mit ausländischen Märkten haben; das bedeutet beispielsweise zum einen, dass Präferenzen in ausländischen Märkten schon bei der Produktentwicklung berücksichtigt werden, zum anderen, dass auf dem Heimatmarkt international akzeptierte Normen und Regulierungen angewandt werden.

- Transfervorteile

Transfervorteile bestehen, wenn Innovationen in einem Land international gut sichtbar sind: auf diese Weise wird die Funktionsfähigkeit einer neuen Lösung demonstriert und die Unsicherheit und das wirtschaftliche Risiko für Nachahmer im Ausland sinken. Auch die Mobilität von nationalen Nachfragern (multinationale Unternehmen, aber auch Geschäftsreisende und Touristen) kann zu einem Demonstrationseffekt führen und so die Nachfrage nach einem bestimmten Innovationsdesign auf internationale Märkte tragen. Weitere Transfervorteile ergeben sich, wenn es internationale Netzwerkexternalitäten gibt, wenn also mit der Zahl der Nutzer im Inland für Ausländer die Nützlichkeit eines Produkts zunimmt. Die Diffusion von Technologien eines Landes in andere Länder wird auch begünstigt, wenn die Regulierungen eines Landes in andere Länder transferiert werden können, z.B. durch die internationale Harmonisierung von Regulierungen und durch internationale Politikdiffusion.

- Marktstrukturvorteile

Marktstrukturvorteile haben Länder, in denen die Märkte wettbewerblich organisiert sind, so dass sie als „Entdeckungsverfahren“ für neue Lösungen funktionieren.

3.6.2 Lead Märkte für Umweltinnovationen¹³

Bei der Analyse der Faktoren, die eine Lead-Markt-Position bei Umweltinnovationen begründen können, sind deren Besonderheiten zu berücksichtigen. Den Nachfragevorteilen, die eine Lead-Markt-Position eines Landes begünstigen, entsprechen im Fall von Umweltinnovationen hohe Präferenzen für Umweltqualität. Für die Entstehung ökologischer Lead Märkte spielen aber auch staatliche Akteure und Politiken eine besondere Rolle.

Ein besonderes Charakteristikum von Umweltinnovationen ist, dass sie nicht nur in der Phase der Invention und Markteinführung – wie normale Innovationen auch – positive spillover Effekte aufweisen, sondern dass auch in der Phase der Diffusion positive externe Effekte durch Umweltentlastungen entstehen. Diese doppelte Externalität bei Umweltinnovationen ist der Grund dafür, dass die Entstehung und Verbreitung von Umweltinnovationen stärker als bei anderen Innovationen staatlicher Politik bedürfen. Diese größere Abhängigkeit der Umweltinnovationen von Regulierung erklärt, warum auch ihre internationale Diffusion in besonderem Maße davon abhängig ist, dass sich umweltpolitische Regulierungsmuster international ausbreiten. Die Fähigkeit eines Landes, Politikdiffusion zu gestalten, kann deshalb im Fall von Umweltinnovationen als ein zusätzlicher Lead-Markt-Faktor angesehen werden.

Der Wettbewerb treibt die Unternehmen zur Entdeckung bislang ungenutzter profitabler Innovationsmöglichkeiten. Je intensiver der Wettbewerb, umso wahrscheinlicher ist es, dass Unternehmen solche Innovationspotentiale entdecken und ausnutzen. Aus dieser Überlegung leitet sich die Idee des Marktstrukturvorteils für Länder her, in denen intensiver Wettbewerb herrscht. Auch Umweltinnovationen können zusätzlich betriebswirtschaftliche Vorteile wie Kostensenkungen oder Erhöhung der Produktqualität und des Kundennutzens aufweisen. Es ist aber nun vermutet und an einer Vielzahl von Beispielen auch gezeigt worden, dass Unternehmen solche Innovationspotentiale nicht nutzen, wenn sie nicht durch staatliche Regulierung darauf „gestoßen“ werden. Dieses Phänomen wird in der Umweltökonomik als Porter-

¹³ Beise, Marian, Klaus Rennings, Lead markets and regulation: A framework for analyzing the international diffusion of environmental innovation, *Ecological Economics*, Vol. 52, No. 1, 2005, pp. 5-17.

Hypothese¹⁴ – kontrovers¹⁵ – diskutiert. Soweit die Porter-Hypothese zutrifft, ist für Länder mit geeigneter Regulierung ein Vorteil für die Erringung einer Lead-Markt-Position bei Umweltinnovationen zu erwarten.

Daneben muss eine Politik zur Unterstützung der Entstehung ökologischer Lead Märkte auf die Stärkung der übrigen Lead-Markt-Faktoren setzen. Neben der Forschungs- und Technologiepolitik, die auf die Etablierung einer breiten Wissensbasis und die Schaffung von Innovationsnetzwerken und Technologieclustern gerichtet sein muss, kann auch eine fokussierte F&E-Förderung im Rahmen der Umweltpolitik, die insbesondere auf die Schaffung von Demonstrations- und Pilotprojekten gerichtet ist, zur Entstehung ökologischer Lead Märkte beitragen.

3.7 Transition Management¹⁶

Die evolutorische Sicht von Innovationsprozessen hat zu Empfehlungen zur Gestaltung von Übergangsprozessen in Richtung auf Nachhaltigkeit geführt, die unter dem Etikett Transition Management diskutiert werden. Grundlegend ist der Fokus auf sozio-technische Regime, verstanden als Systeme von Akteuren und Institutionen mit ihren sozialen und technologischen Praktiken, die bestimmen, in welcher Weise Bedürfnisse befriedigt werden. Das jeweils vorherrschende sozio-technische Regime bestimmt das Verhalten der Akteure, die dazu neigen, innerhalb dieses Regimes nach Optimierungsmöglichkeiten zu suchen. Daneben bestehen oft Nischen, in denen alternative Praktiken angewandt werden. Eingebettet ist das sozio-technische Regime in eine sozio-technische Landschaft sich im Zuge von Mega-Trends lang-

¹⁴ Porter, M.E., van der Linde, C., Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9 (4), 1995, S. 97-118.

¹⁵ Dabei besteht die Kontroverse nicht darüber, ob ein solches Phänomen existiert, sondern darüber, ob es in so bedeutendem Umfang existiert, dass von einer Gesetzmäßigkeit die Rede sein kann. Die letztere Position ist dadurch gestärkt worden, dass inzwischen eine Reihe meist spieltheoretischer Modelle entwickelt worden sind, in denen der Porter Effekt sich als Ergebnis rationaler Entscheidungen einstellt. Siehe Blazejczak, Jürgen, Dietmar Edler, Could Too Little and Too Much Turn Out to be Just Right? – On The Relevance of Pioneering Environmental Policy. In: Klaus Jacob, Manfred Binder, Anna Wieczorek (eds.). 2004. *Governance for Industrial Transformation. Proceedings of the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*, Environmental Policy Research Centre: Berlin. pp. 67-78 und die dort genannte Literatur.

¹⁶ Kemp, René, Jan Rotmans, The Management of the Co-Evolution of Technical, Environmental and Social Systems. In: Matthias Weber, Jens Hemmelskamp (eds.), *Towards Environmental Innovation Systems*, Berlin, Heidelberg, New York (Springer) 2005, pp.33-55.

Smith, Adrian, Andy Stirling, Frans Berkhout, Governing Sustainable Industrial Transformation Under Different Transition Contexts. In: Jacob, Klaus, Manfred Binder, Anna Wieczorek (eds.), *Governance for Industrial Transformation*, Berlin 2004, pp. 113-132.

sam ändernder materieller Infrastrukturen, politischer Kulturen, Wertvorstellung, demographischer Verhältnisse etc.

Der Übergangsprozess kann in Phasen eingeteilt werden:

- In einer Vorentwicklungsphase werden Neuerungen in Nischen ausprobiert,
- in einer Startphase beginnt der Systemwandel,
- in einer Beschleunigungsphase kommt es zu einander verstärkenden Veränderungen verschiedener Teilsysteme,
- in einer Stabilisierungsphase wird ein neues dynamisches Gleichgewicht erreicht.

Transition Management zielt auf die Gestaltung der Ko-Evolution der technologischen, ökonomischen, institutionellen und kulturellen Prozesse, die schließlich zu einem neuen, umweltverträglicheren Regime führt.

Ausgangspunkte für ein Konzept zum Transition Management sind folgende Annahmen

- eine kurzfristige Orientierung privater und politischer Akteure,
- die Existenz von Hemmnissen wie Interessen, Kosten, etablierten Denkweisen für Systeminnovationen,
- die Notwendigkeit der Koordination von verschiedenen Politikbereichen,
- die Notwendigkeit von Lernprozessen und Konsensbildung sowie im Zusammenhang damit einer flexiblen Gestaltung von Zielen und Vorgehensweisen.

Kernelemente eines Transition Management sind deswegen

- eine langfristige Politikorientierung,
- eine Ausrichtung auf Systeminnovationen anstelle inkrementeller Neuerungen und sektororientierter Politiken,
- die Berücksichtigung von Interdependenzen zwischen Teilsystemen,
- die Organisation von Lernprozessen sowie eine iterative und adaptive Politikgestaltung.

In der Vorentwicklungsphase besteht die Hauptaufgabe der Politik im Rahmen des Transition Management darin, Möglichkeiten zu schaffen, neue Lösungen auszuprobieren und Diskussionsprozesse in Gang zu setzen. In der Beschleunigungsphase müssen Nebenwirkungen neuer Lösungen beobachtet und ggf. Entwicklungen korrigiert werden.

3.8 Zeitstrategien¹⁷

Die evolutorische Ökonomik beschreibt den Innovationsprozess in Analogie zur biologischen Evolution in den Kategorien von Variation – die Generierung neuer Problemlösungen – und Selektion – ihre Adoption und Diffusion. Die Selektion wird durch eine Vielzahl von Faktoren gesteuert, darunter Visionen der Kapitalmärkte bezüglich zukünftiger Entwicklungen, die Infrastruktur, Standards und Regulierungen, soziale Ziele und politische Mechanismen. Sie kann als Interaktion zwischen dem techno-ökonomischen, dem sozio-kulturellen und dem politischen System beschrieben werden. Änderungen können ihren Ausgangspunkt in jedem der Teilsysteme nehmen.

Eine evolutorische Sicht des Innovationsprozesses führt zum Konzept technologischer Trajektorien oder Paradigmen, die jeweils durch bestimmte Muster gekennzeichnet sind, aus denen die Unternehmen Problemlösungen auswählen (Pfadabhängigkeit). Entlang solcher Trajektorien herrschen zunehmende Erträge der Adoption, die Trajektorie ist deshalb stabil, Innovationen haben inkrementellen Charakter. Ein Wechsel der Trajektorie kommt nur in zeitlichen Abständen zustande, wenn die Problemlösungskapazität der dominanten Technologie erschöpft ist, neue Anwendungsfelder nicht mehr erschlossen werden können und innerhalb eines Technologienetzwerks die zusätzlichen Koordinationskosten die Nutzen zusätzlicher Arbeitsteilung überschreiten. Der Wechsel der Trajektorie stellt ein „Fenster“ (window of opportunity) für einen Übergang zu umweltverträglicheren Technologien dar, das sich jedoch schließt, wenn die neue Trajektorie zur dominierenden geworden ist, so dass diese stabil (locked-in) ist und andere Trajektorien ausgeschlossen (locked-out) sind. Während des Übergangs können geringfügige Unterschiede die Wahl zwischen konkurrierenden neuen Trajektorien entscheiden.

Eine besonders wichtige Bedingung für den Erfolg einer innovationsorientierten Umweltpolitik ist deshalb die zeitliche Gestaltung (timing) der Maßnahmen. Dabei ist die Politik nicht nur auf die Nutzung von günstigen Zeitfenstern beschränkt, die sich aufgrund technisch-ökonomisch-sozialer Bedingungen ergeben, sondern kann selbst auch zur Gestaltung solcher Zeitfenster beitragen:

¹⁷ Siehe Zundel, Stefan, Time Strategies for an Innovation Oriented Environmental Policy. In: Jacob, Klaus, Manfred Binder, Anna Wiczorek (eds.), Governance for Industrial Transformation. Berlin 2004, pp. 133-145.

- Wenn erkennbar wird, dass ein dominierendes Technologiemarkt nicht ökologisch nachhaltig ist, anwendungsreife technologische Alternativen aber nicht bestehen, stellt sich als Hauptaufgabe der Politik die Vorbereitung eines „windows of opportunity“ durch die Förderung der Generierung solcher Alternativen, etwa durch F&E-Politik in Form der Demonstration der Machbarkeit.
- Ähnlich gelagert ist die Aufgabe der Politik, wenn anwendungsreife technologische Alternativen zwar existieren, jedoch noch nicht wirtschaftlich sind, so dass die herrschende Trajektorie stabil ist.¹⁸ In diesem Fall steht die Ermöglichung von Lerneffekten im Vordergrund; das kann in Form strategischen Nischen-Managements geschehen. Eine wichtige Rolle kann in diesem Fall auch die Beeinflussung von Erwartungen (belief-management) spielen.
- Wenn neue, wirtschaftliche Lösungen zur Verfügung stehen, ein Zeitfenster für einen Wechsel der Trajektorie sich also abzeichnet, ist es die Hauptaufgabe der Politik, Hemmnisse für einen Wechsel zu identifizieren und zu beseitigen. Existieren verschiedene neue Lösungen, kommt es darauf an zu vermeiden, dass Zufälligkeiten (wie eine geringfügig andere Position auf der Lernkurve) die Wahl der neuen Trajektorie bestimmen, bevor die Potentiale der Alternativen deutlich sind.
- Um das Marktversagen durch die Pfadabhängigkeit technologischer Entwicklungen zu überwinden, sind politische Maßnahmen erforderlich, die für eine genügend große Diversität technologischer Optionen sorgen. Um nicht lock-ins zu begünstigen, sind solche Maßnahmen transitorisch zu gestalten. Wenn darüber hinaus externe Effekte internalisiert sind, kann die Selektion zwischen diesen Optionen dem Markt überlassen werden.

Die Informationserfordernisse für Zeitstrategien sind hoch. Deshalb muss der Politikansatz lernbasiert und adaptiv sein; das Konzept des „Transition Management“ folgt diesem Gedanken.

3.9 Zusammenfassung

Aus der Bestandaufnahme zentraler Stränge der Diskussion um die Zusammenhänge zwischen Umweltpolitik und Umweltinnovationen ergibt sich eine Reihe von gemeinsam vorge-

¹⁸ Ein spezieller Fall ist der, in dem die staatliche Politik unter starkem Druck steht, schnelle Lösungen zu implementieren; diese können ein lock-in der alten Technologie verstärken.

schlagenen Orientierungen, die sich als Kriterien in einem Beurteilungsraster für eine innovationsfreundliche Gestaltung der Umweltpolitik in einzelnen Handlungsfeldern eignen. Elemente einer innovationsorientierten Umweltpolitik sind demnach

- eine konsensuale Zielbildung
- unter Einbeziehung von Akteursnetzwerken,
- Kalkulierbarkeit und auf der Ebene strategischer Ziele,
- die anspruchsvoll sein sollten,
- verbunden mit lernoffener und adaptiver operativer Gestaltung der Politik,
- die durch die Internalisierung externer Kosten ökonomische Anreize schafft;
- eine proaktive Orientierung auf internationale Herausforderungen und
- eine enge Fühlung mit internationalen Entwicklungen auf Märkten für Umwelttechnik und in der Politik,
- zur Förderung von Politik- und Technologiediffusion;
- ein Augenmerk auf die Interdependenzen innerhalb des technisch-ökonomisch-sozialen Regimes,
- die Ermöglichung von Experimentieren und Lernen außerhalb des vorherrschenden Regimes.

4 Markteinschätzungen für den Umweltmarkt

Die aufgezeigten globalen ökologischen Herausforderungen machen deutlich, dass in Zukunft in Deutschland, aber vor allem auch auf den internationalen Märkten ein großer Bedarf an Technologien und Produkten bestehen wird, die einen Beitrag zur Bewältigung der ökologischen Herausforderungen leisten können. Dabei werden voraussichtlich neben den etablierten Umweltschutztechnologien, die auch weiterhin gerade in den klassischen Bereichen des Umweltschutzes eine quantitativ wichtige Rolle spielen werden, zunehmend innovative Technologien in ausgewählten Handlungsfeldern die Dynamik bestimmen und neue Wachstumsmärkte schaffen.

4.1 Allgemeine Umweltmarktindikatoren

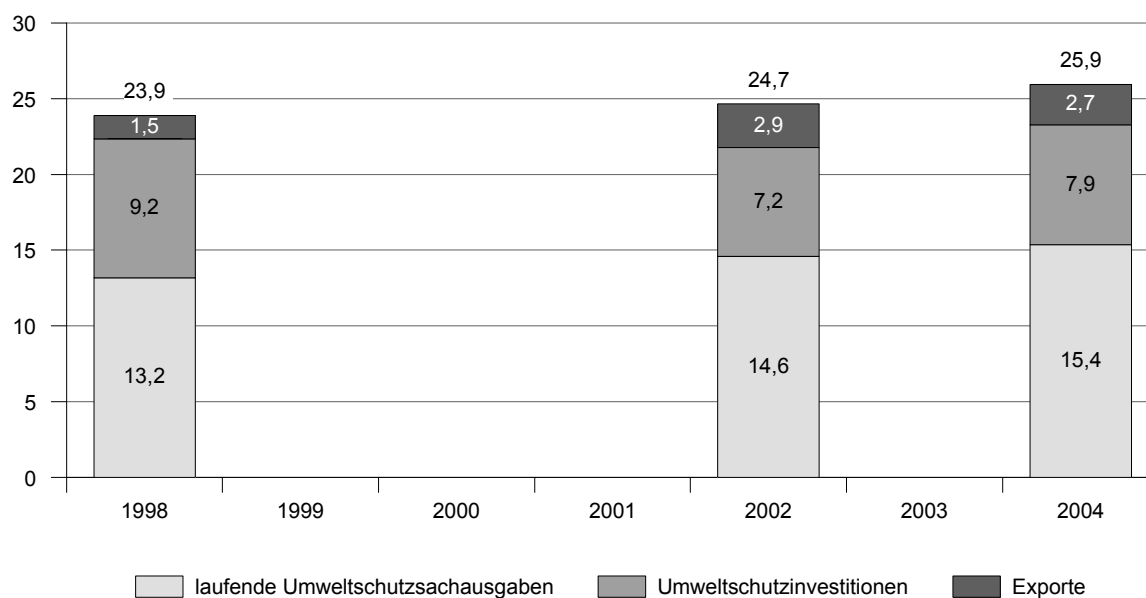
Bevor auf erste Ergebnisse zu den möglichen Potentialen in einigen ausgewählten Handlungsfeldern eingegangen wird, sollen zunächst – auch um mögliche zukünftige Entwicklungen quantitativ und qualitativ einzuordnen – einige empirische Orientierungen zum Umfang der derzeitigen Größenordnungen im Markt für Umweltschutzgüter aufgezeigt werden.

4.1.1 Entwicklung der Nachfrage nach Umweltschutzgütern in Deutschland

Aus Studien zur Umweltschutzbeschäftigung in Deutschland liegen über einen längeren Zeitraum vergleichbare Schätzung der im Inland wirksamen Nachfrage nach Umweltschutzgütern vor.¹⁹ Nach diesen Studien ist die Nachfrage nach Umweltschutzgütern zwischen 1998 und 2004 in den klassischen Bereichen des Umweltschutzes um rund 2 Mrd. € (in laufenden Preisen) auf rund 26 Mrd. € gestiegen. Davon entfallen allerdings rund 15 Mrd. € (60%) auf laufende Umweltschutzsachausgaben für den Betrieb von bestehenden Umweltschutzanlagen, rund 8 Mrd. € (30%) sind Umweltschutzinvestitionen im Inland und knapp 3 Mrd. € (10%) werden als Umweltschutzinvestitionsgüter ins Ausland exportiert. Im Verlauf der letzten Jahre haben die Umweltschutzinvestitionen in der Tendenz leicht abgenommen, während die Ausgaben für den Betrieb bestehender Anlagen wegen des Aufbaus des Umweltkapitalstocks eher zugenommen haben.

¹⁹ Vgl. Edler, D., Blazejczak, J. Aktualisierung der Beschäftigungszahlen im Umweltschutz in Deutschland für das Jahr 2004, Texte der Umweltbundesamtes 17/06, Berlin 2006.

Abbildung 4-1
Im Inland wirksame Nachfrage nach Umweltschutzgütern in Deutschland
In Mrd. €



Quelle: Schätzungen des DIW Berlin.

Im Gesamtmarkt der Umweltschutzleistungen spielen die laufenden Ausgaben quantitativ eine wichtige Rolle, wobei sowohl deren Innovationsgehalt als auch deren Exportfähigkeit verglichen mit Umweltschutzinvestitionen eher begrenzt sein dürften.

Die vom Statistischen Bundesamt auf Basis einer definierten Güterliste erhobenen Umsätze mit Waren und Dienstleistungen, die ausschließlich dem Umweltschutz dienen²⁰, weisen für den Zeitraum 1998 bis 2004 ebenfalls einen leichten Anstieg um rund 1 Mrd. € auf knapp 12 Mrd. € im Jahr 2004 auf.

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3032.pdf>

²⁰ Vgl. Statistisches Bundesamt, Umsatz mit Waren, Bau-, Dienstleistungen die ausschließlich dem Umweltschutz dienen - Fachserie 19 Reihe 3.3, verschiedene Jahrgänge. Die Erhebung stützt sich auf einen Berichtskreis von rund 4.500 Unternehmen.

4.1.2 Welthandel mit potentiell dem Umweltschutz dienenden Gütern

Im Jahr 2004 haben deutsche Unternehmen *potentiell* dem Umweltschutz dienende Güter im Wert von 42 Mrd. € exportiert.²¹ Damit hatte Deutschland einen Weltmarktanteil von 18,3% am Welthandel (gemessen an den Exporten) der OECD-Länder.²² Es lag praktisch gleich auf mit dem Hauptkonkurrenten USA (18,0%) und deutlich vor Japan (12,1%). Die Länder der EU-15 kommen auf einen Welthandelsanteil von rund 55%, was noch einmal die starke Stellung der EU auf den Märkten für potentielle Umweltschutzgüter unterstreicht.

Auf Basis der durchgeführten Berechnungen ergibt sich im Jahr 2004 ein Welthandelsvolumen (der OECD Länder) für potentiell dem Umweltschutz dienende Güter von 231 Mrd. €. Unterstellt man auf Basis früherer Untersuchungen und der beobachteten Relationen für Deutschland, dass rund ein Drittel der potentiell dem Umweltschutz dienenden Güter tatsächlich im Umweltschutz eingesetzt werden (sogenannte Ausschöpfungsquote), so ergibt sich im Jahr 2004 ein rechnerisches Welthandelsvolumen für Umweltschutzgüter von 77 Mrd. €.

²¹ Vgl. zur Vorgehensweise ausführlich Legler, H., Krawczyk, O., Walz, R., Eichhammer, W., Frietsch, R., Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich, Texte der Umweltbundesamtes 16/06, Berlin 2006. Die hier verwendeten Daten beruhen auf Aktualisierungen der veröffentlichten Berechnungen.

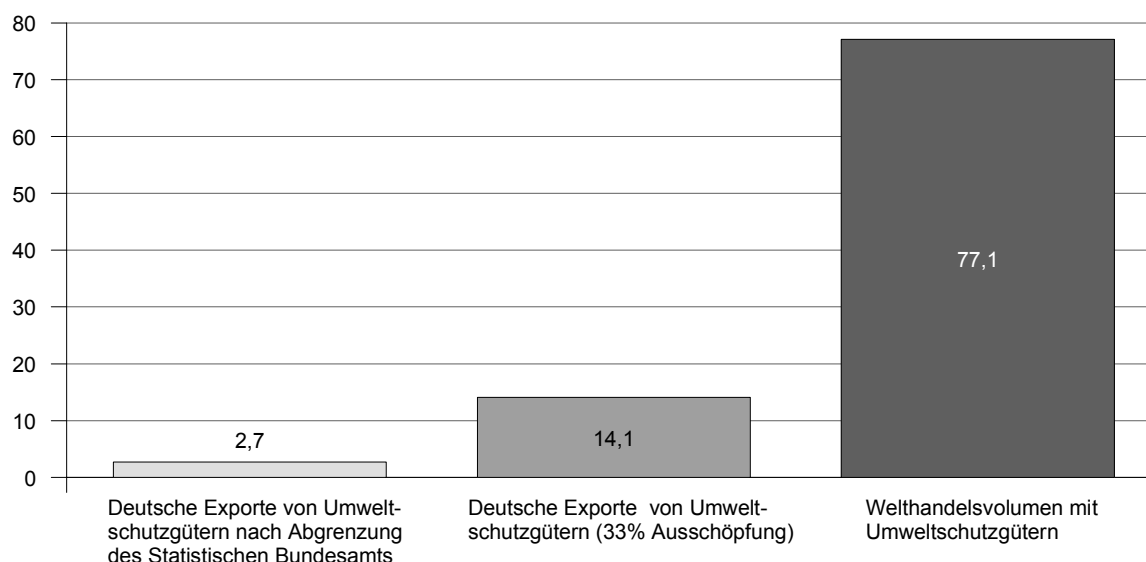
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3031.pdf>

²² Die Analysen sind aus Gründen der Datenverfügbarkeit nur für die Handelsdaten der OECD-Länder möglich; es wird geschätzt, dass der Handel der OECD-Länder rund 93% des Welthandels ausmacht.

Abbildung 4-2

Indikatoren für den Welthandel mit Umweltschutzgütern im Jahr 2004

In Mrd. €



Quellen: Statistisches Bundesamt; NIW; Berechnungen des DIW Berlin.

Zu bedenken ist dabei, dass diesen Auswertungen Güterlisten zugrunde liegen, in die sich neu entwickelnde innovative Bereiche des Umweltschutzes in der Regel nur mit zeitlicher Verzögerung einbezogen werden können. Zuletzt wurde versucht, die Produktion und den internationalen Handel mit Klimaschutzgütern zusätzlich zu erfassen. Nach diesen Erhebungen hat Deutschland im Jahr 2004 Klimaschutzgüter im Wert von 8,6 Mrd. € exportiert, damit hatte Deutschland bei einem rechnerischen Welthandelsvolumen von 59 Mrd. € einen Welthandelsanteil von 14,5%. Aufgrund vorläufiger Zahlen am aktuellen Rand ist in diesem Bereich von einer weiteren Zunahme auszugehen.

Vom Welthandelsvolumen zu unterscheiden ist der Weltmarkt für Umweltschutzgüter, also die Summe aller weltweit produzierten Umweltschutzgüter. Über diesen Weltmarkt insgesamt liegen keine statistisch belastbaren Angaben vor. In Europa (EU-25) ergeben sich nach Angaben von EUROSTAT für das aktuell verfügbare Jahr Umweltschutzausgaben von 155 Mrd. €, darunter Umweltschutzinvestitionen in Höhe von 43 Mrd. €.

4.1.3 Weltwirtschaftliche Trends

Bei der Abschätzung der zukünftigen Entwicklungen der Märkte für Umweltschutzgüter sind auch die sich abzeichnenden generellen weltwirtschaftlichen Entwicklungen zu berücksichtigen. Wenn sich die Trends der jüngeren Vergangenheit in der Zukunft fortsetzen, kann in den nächsten 15 bis 20 Jahren mit einem weltweiten Wirtschaftswachstum von rund 3% p.a.²³ gerechnet werden.²⁴ Dabei wird das Wachstum in den Industrieländern mit 2 bis 2,5% p.a. geringer ausfallen als in den Entwicklungsländern mit rund 4,5% p.a.. Ein besonders dynamisches Wachstum ist in Asien mit fast 6% p.a. und hier vor allem in China mit gut 8% p.a. zu erwarten.

Die Integration der weltweiten Gütermärkte wird weiter zunehmen. Der Welthandel könnte mit 6,5% p.a. mehr als doppelt so schnell wachsen wie die weltweite Produktion. Als besonders dynamisch wird die Entwicklung der Importe Asiens (12% p.a.) und vor allem Chinas (17% p.a.), daneben auch Indiens (15% p.a.) eingeschätzt. Dagegen wird für die Industrieländer ein unterdurchschnittlicher Zuwachs der Importe in der Größenordnung von 5% p.a. erwartet. Bis zum Jahr 2015 könnte damit der Anteil der Industrieländer an den weltweiten Importen um rund 11 Prozentpunkte auf 46% sinken. China alleine würde fast 8% (statt heute 2,5%) der weltweit gehandelten Güter nachfragen und rund 30% (statt heute rund 17%) würden auf die asiatischen Länder entfallen. Ein großer Teil der zunehmenden Importe der asiatischen Länder wird von Anbietern aus der Region geliefert; mit der starken Ausweitung der Importe geht ein hohes Wachstum der Exporte dieser Länder einher.

Für Umweltschutzgüter könnten die aufgezeigten Trends noch ausgeprägter ausfallen, da gerade die sich schnell entwickelnden Länder wie China und Indien in ihrem wirtschaftlichen Aufholprozess mit massiven ökologischen Herausforderungen konfrontiert sind.

Im Rahmen dieser Studie ist ein Verfahren zur Abschätzung der Nachfrage aus dem In- und Ausland nach Umwelt- und Klimaschutzgütern in Deutschland und Europa bis zum Jahr 2020 entwickelt worden. Grundlage sind Informationen über die Anteile der Umweltschutzausgaben am Bruttoinlandsprodukt nach Umweltschutzbereichen der europäischen sowie weiterer Länder, Abschätzungen der Importanteile an den Umweltschutzausgaben sowie eine Auswertung von Handelsstatistiken nach den Lieferanteilen der OECD-Länder an der Importnachfra-

²³ Alle Angaben in konstanten Preisen.

²⁴ Siehe hierzu und zum Folgenden Prognos, Prognos World Reports 2005, Industrial Countries 2003 – 2015, Basel 2005.

ge von Umweltschutzgütern. Das entwickelte Verfahren wird gegenwärtig für die Erstellung von Szenarien und für Sensitivitätsrechnungen angewandt. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse sollen in einem gesonderten Bericht dargestellt werden.

4.2 Markteinschätzungen aus Sicht des Kapitalmarkts

Im Vorfeld der von Roland Berger Strategy Consultants durchgeführten Unternehmensbefragung wurden mit insgesamt zehn Kapitalmarkt-Experten Gespräche über Ertragspotentiale, Innovationstreiber und politische Rahmenbedingungen für Innovationen in der deutschen Umweltwirtschaft geführt. Dabei wurden Investmentgesellschaften, Banken sowie Experten aus der kapitalmarktnahen Forschung und der Wirtschaftspresse befragt, die sich intensiv mit Kapitalanlagen im Bereich der Umwelttechnologien auseinander setzen.²⁵

4.2.1 Marktentwicklungen

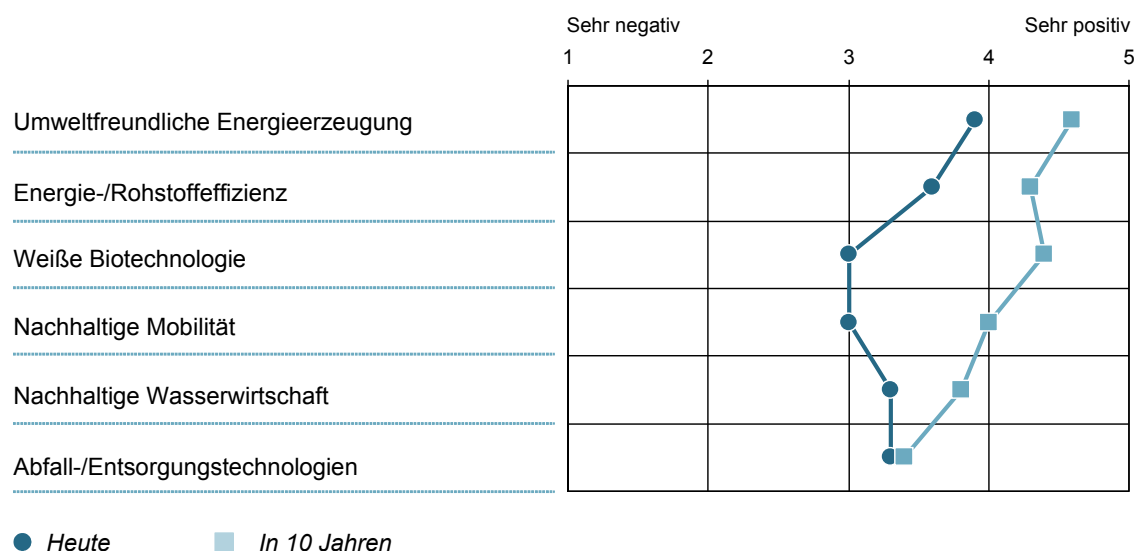
Generell ist für die Kapitalmarktseite die Markttransparenz bzgl. Unternehmen im Bereich der Umwelttechnologien in der Regel auf die Unternehmen beschränkt, die heute schon börsennotiert sind. Gerade junge und innovative Unternehmen sind häufig nur auf dem Radar spezialisierter Finanzdienstleister oder unter Beobachtung von Venture Capital Unternehmen.

Die Analysten der Kapitalmarktseite sind sich darüber einig, dass das Ertragspotential, d.h. der zu erwartende Umsatz und die Ergebnisentwicklung, von Unternehmen im Bereich der Umwelttechnologien insgesamt als hoch bis sehr hoch bezeichnet werden kann und sehr positive Zukunftsaussichten bestehen. Die Ertragspotentiale in den einzelnen Handlungsfeldern und Produktbereichen sind allerdings differenziert zu betrachten, da sich die Märkte in sehr unterschiedlichen Stadien ihres Lebenszyklus befinden und das Ertragspotential wesentlich davon abhängt, welche Wachstumschancen jeweils (noch) bestehen. Insbesondere den Handlungsfeldern, die noch eher in einer frühen Phase der Entwicklung stehen, etwa die meisten Produktbereiche aus dem Bereich *umweltfreundliche Energieerzeugung/erneuerbare Energien* oder auch die *Weißer Biotechnologie*, werden zukünftig sehr stark wachsende Ertragspotentiale zugeschrieben (vgl. Abbildung 4-3).

²⁵ Der Interviewleitfaden für die Gespräche mit den Kapitalmarkt-Experten findet sich im Anhang A II.

Abbildung 4-3

Durchschnittsbewertung zu Ertragspotentialen in den Handlungsfeldern



Quelle: Interviews Kapitalgeber, Roland Berger 2006

Anderen Bereichen, die in der Entwicklung schon sehr weit voran geschritten sind, wie etwa der gesamte Bereich der *Abfall- und Entsorgungstechnologien*, werden dem gegenüber vorsichtiger beurteilt. Für den Bereich Recycling geht man sogar davon aus, dass sich das Marktvolumen aufgrund zukünftig wachsender Müllvermeidung und hoher Verwertungsquoten in Deutschland eher rückläufig entwickeln wird. Für die Entsorgungs-Unternehmen kommt es aus Sicht der Kapitalgeber nun vor allem darauf an, ihre etablierten Technologien und langjährigen Erfahrungen auch international zu kapitalisieren.

Für das Handlungsfeld *Nachhaltige Mobilität* wird der deutschen Industrie weltweit eine sehr gute Ausgangsposition attestiert, nur in Einzelfeldern wie zum Beispiel der Hybridtechnologie werden Nachholbedarfe gesehen. Insbesondere Verkehrssteuerungstechnologien halten die Kapitalgeber für ein internationales Wachstumsfeld, in dem deutsche Unternehmen gut positioniert sind. Auch im Feld der pflanzenölbasierten Biokraftstoffe und zukünftig auch den Biokraftstoffen der zweiten Generation erwartet der Kapitalmarkt eine starke Positionierung deutscher Unternehmen.

Die *Nachhaltige Wasserwirtschaft* ist aus Sicht des Kapitalmarktes vor allem international ein starkes Wachstumsfeld. Einschränkend wurde jedoch angemerkt, dass die Zahlungsfähigkeit der Länder mit dem höchsten Bedarf limitiert ist und nicht klar ist, inwiefern die im internationalen Vergleich stark fragmentierte deutsche Wasserwirtschaft international konkurrenzfähig

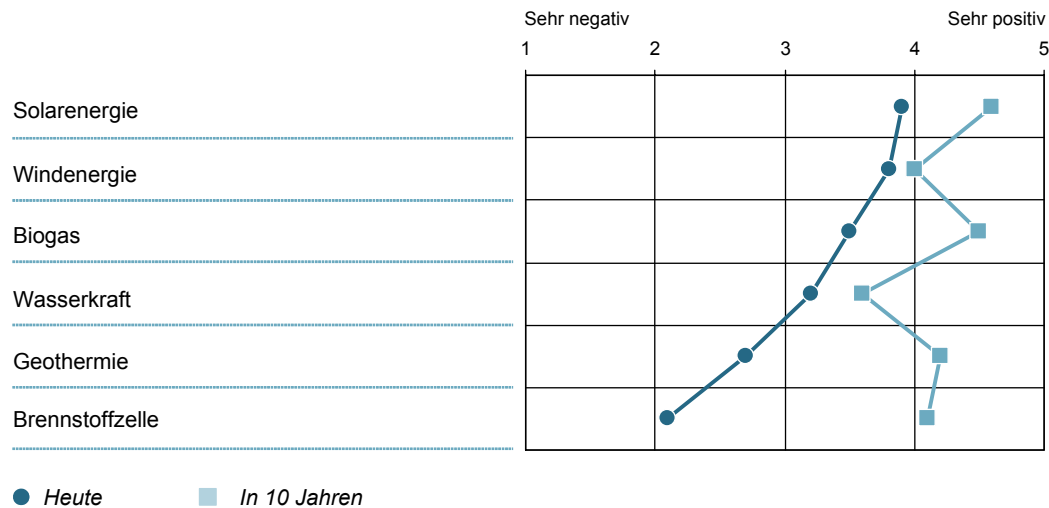
sein wird. In Deutschland werden die Marktpotentiale als eher gering eingestuft, da sich der Markt hauptsächlich durch die Substitution schon bestehender Anlagen konstituiert.

Den meisten Technologiebereichen im Handlungsfeld *Energie- und Rohstoffeffizienz* werden von den Kapitalmarktexperten sehr positive Zukunftsaussichten bescheinigt. Insbesondere die Energieeffizienz gewinnt national wie international in der Nachhaltigkeits- und Klimaschutzdiskussion an Bedeutung. Dies wird mittelfristig auch die Nachfrage nach entsprechenden Technologien (z.B. im Bereich der Gebäudetechnologien oder effizienter Elektrogeräte) weiter steigern. Für die zum Teil schon technologisch stark positionierten Unternehmen aus Deutschland kommt es aus Sicht der Kapitalgeber darauf an, auch die schon vorhandene Technologie stärker am Markt zu platzieren. Dies gilt für Effizienztechnologien im Bereich der Mess-, Steuer- und Regeltechnik ebenso wie für effiziente Kraftwerkstechnologien, energieeffiziente Elektromotoren oder Haushaltsgeräte. Bedarf und Potential für stärkere Marktdurchdringung auch in Deutschland wird in dem gesamten Feld der Effizienzdienstleistungen gesehen, also zum Beispiel bei Energie-Contracting-Anbietern. Die Unternehmen aus dem Bereich der natürlichen Ressourcen in der stofflichen Verwendung sind zur Zeit noch kaum für den Kapitalmarkt in Erscheinung getreten, dem entsprechend waren hier kaum detaillierte Einschätzungen möglich.

Die differenziertesten Einschätzungen zeigten die Kapitalmarktvertreter bei der Beurteilung der Potentiale im Bereich der *Umweltfreundlichen Energieerzeugung* (vgl. Abbildung 4-4). Aktuell schneiden in der Potentialbewertung die relativ am weitesten fortgeschrittenen Unternehmen im Bereich Solar- und Windenergie am besten ab. Den in Deutschland heute noch relativ weniger stark entwickelten Märkten wie Brennstoffzellen oder Geothermie wird für die Zukunft hohes Potential zugesprochen. Vorsichtiger äußern sich die Kapitalexperten in der Zukunftsbetrachtung nur für den Bereich der Wasserkraftanlagen, bei dem sich die Experten nicht sicher sind, ob sich die aktuell weltweit starke und vor allem international getriebene Dynamik dieses Marktsegments in Zukunft noch signifikant steigern kann.

Abbildung 4-4

Durchschnittsbewertung zu Ertragspotentialen im Handlungsfeld umweltfreundliche Energieerzeugung



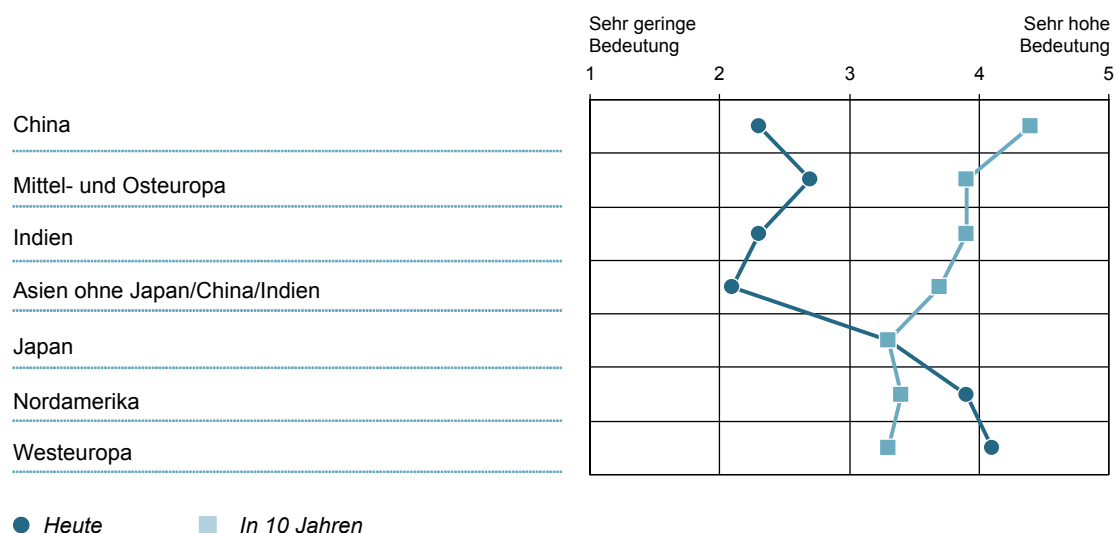
Frage: Wie beurteilen Sie Entwicklung und Ertragspotenziale der folgenden Produktbereiche heute und in 10 Jahren?

Quelle: Interviews Kapitalgeber, Roland Berger 2006

Bei der Beurteilung der Wachstumsregionen der Zukunft erwarten die Kapitalmarktexperten in den kommenden zehn Jahren eine klare Bedeutungsverschiebung. Westeuropa und Nordamerika werden als Absatzmärkte an Bedeutung verlieren, während die heute noch weniger bedeutenden Märkte in Asien und Osteuropa sehr deutlich an Bedeutung gewinnen werden.

Abbildung 4-5

Durchschnittsbewertung zu Ertragspotentialen im Handlungsfeld umweltfreundliche Energieerzeugung



Frage: Welche Rolle spielen aus Ihrer Sicht ausländische Absatzmärkte? Bitte bewerten Sie das heutige Volumen sowie das Potenzial in der Zukunft!

Quelle: Interviews Kapitalgeber, Roland Berger 2006

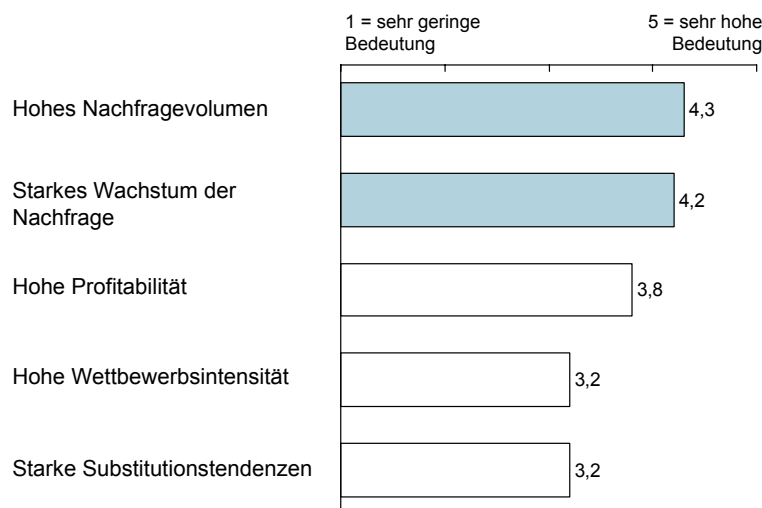
4.2.2 Voraussetzungen für Innovationen aus Sicht des Kapitalmarktes

Innovation ist aus Sicht der Kapitalmarktexperten ein bestimmender Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Umweltwirtschaft und die einzige Möglichkeit, sich mittelfristig im internationalen Wettbewerb und insbesondere gegen stärker werdende Konkurrenten aus Asien zu behaupten. Neben den rein technologischen Aspekten sind darüber hinaus *Geschäftsmodell-Innovationen* für die Umweltwirtschaft relevant – vor allem in den technologisch schon weiter fortgeschrittenen Märkten. Dabei komme es darauf an, existierende Technologien in neue Geschäftsmodelle einzubringen wie z.B. im Bereich des Einsparcontracting. Wesentliche Voraussetzungen für Innovationen liegen aus Sicht der Kapitalgeber in den Bereichen Marktumfeld, Forschung und Entwicklung, Kapitalmärkte, Arbeitsmarkt und dem unternehmenseigenen Innovationsmanagement.

Im Bereich des Innovationstreibers Marktumfeld ist aus Sicht der Kapitalmarktexperten vor allem eine dynamische und wachsende Nachfrage ausschlaggebend für Innovationen (vgl. Abbildung 4-6).

Abbildung 4-6

Voraussetzungen für Innovationen im Bereich des Marktumfeldes



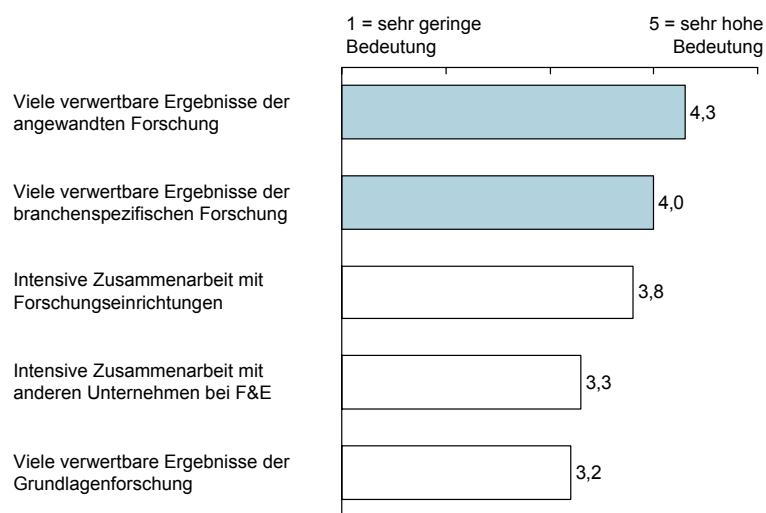
Frage: Welches sind aus Ihrer Sicht die wesentlichen Voraussetzungen für Innovationen in der Umweltwirtschaft?

Quelle: Interviews Kapitalgeber, Roland Berger 2006

Forschung und Entwicklung bilden darüber hinaus die Basis für Innovationen – hier werden vor allem anwendungsnahe Ergebnisse der Forschung als wesentliche Voraussetzung für die Innovationsleistung von Unternehmen erachtet (vgl. Abbildung 4-7).

Abbildung 4-7

Voraussetzungen für Innovationen im Bereich Forschung und Technologie



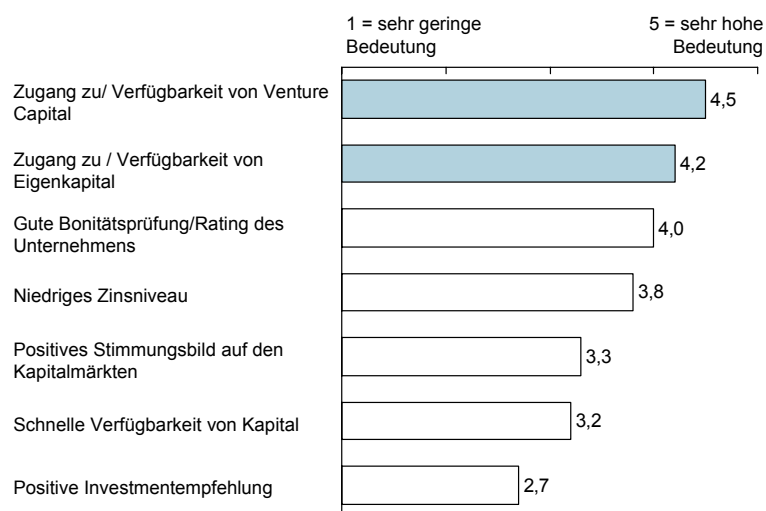
Frage: Welches sind aus Ihrer Sicht die wesentlichen Voraussetzungen für Innovationen in der Umweltwirtschaft?

Quelle: Interviews Kapitalgeber, Roland Berger 2006

Eine ausreichende Kapitalausstattung ist aus Sicht der Kapitalmarktexperten ein sehr wesentlicher Innovationsmotor in der Umweltwirtschaft. Bei der Bereitstellung des notwendigen Kapitals für innovative Produktentwicklungen gebe es oft noch Hürden, unter anderem aufgrund der kurzfristigen Orientierung der Venture Capital-Geber und der häufig daraus resultierenden unzureichenden Kapitalausstattung junger Unternehmen (vgl. Abbildung 4-8).

Abbildung 4-8

Voraussetzungen für Innovationen im Bereich Kapitalmarktbedingungen



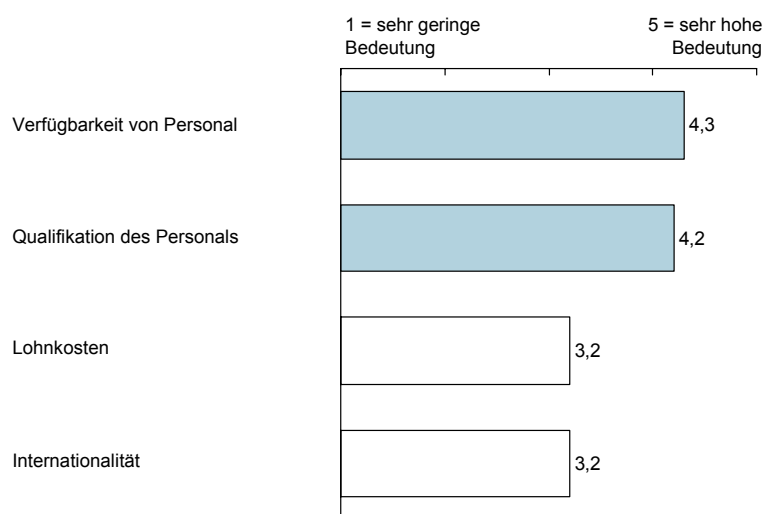
Frage: Welches sind aus Ihrer Sicht die wesentlichen Voraussetzungen für Innovationen in der Umweltwirtschaft?

Quelle: Interviews Kapitalgeber, Roland Berger 2006

Im Bereich des Arbeitsmarktes ist die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal bestimmend für Innovationen. Da sich die Absatzmärkte zunehmend globalisieren, wird auch für die Arbeitnehmer Internationalität zunehmend an Bedeutung gewinnen, selbst wenn diese heute in einigen Feldern noch keine unmittelbare Anforderung darstellt (vgl. Abbildung 4-9).

Abbildung 4-9

Voraussetzungen für Innovationen im Bereich Arbeitsmarktumfeld



Frage: Welches sind aus Ihrer Sicht die wesentlichen Voraussetzungen für Innovationen in der Umweltwirtschaft?

Quelle: Interviews Kapitalgeber, Roland Berger 2006

Schließlich wird ein strikt gesteuerter Innovationsprozess und ein intensives Innovationsmanagement als hilfreich für Innovationsaktivitäten angesehen. Insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen werden Faktoren wie positive Rahmenbedingungen für Innovationen (Kultur, Anreize) sowie klare Zielvorgaben (Innovationsstrategie) aber als wichtiger erachtet.

4.2.3 Politische Rahmenbedingungen für Innovation in der Umweltwirtschaft

Grundsätzlich messen die Kapitalmarktexperten der Politik eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung der Umweltwirtschaft zu. Die Art der Einflussnahme sollte sich aber tendenziell auf die Schaffung von Rahmenbedingungen für die Industrie fokussieren, innerhalb derer Marktmechanismen wirken können. Bisherige gesetzliche Maßnahmen aus den vergangenen Jahren werden überwiegend positiv für Innovationen in der Umweltwirtschaft bewertet und

seien hinreichend langfristig verankert, insbesondere das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gilt dabei als wichtiger Meilenstein.

Zentral für die Umweltindustrien ist aus Sicht der Kapitalgeber, dass Unternehmen eine hinreichend langfristige Planungssicherheit für ihre Geschäftsmodelle erhalten. Darüber hinaus ist bezüglich der einzusetzenden Politikinstrumente die Fristigkeit ihrer Wirksamkeit zu beachten. Subventionen sind aus Sicht des Kapitalmarktes zum Beispiel nur als kurzfristiges Mittel geeignet und sollten immer zeitlich limitiert und degressiv gestaltet sein. Parallel zu einer Subventionierung sollten immer Rahmenbedingungen gesetzt werden, die stärker über Marktmechanismen funktionieren (wie z.B. der Emissionshandel). Die Beeinflussung der Rahmenbedingungen für funktionierende Märkte, sei es durch Nachfrageanreize oder die Schaffung eines wettbewerblichen Umfeldes, in dem Innovationen auch durch Wettbewerb zwischen Unternehmen gefördert werden, sind dem entsprechend für die Kapitalgeber auch die wichtigsten politischen Ansatzpunkte, um Innovationen in der Umweltwirtschaft voran zu bringen (vgl. Abbildung 4-10).

Abbildung 4-10

Bewertung politischer Maßnahmen zur Förderung der Innovationstätigkeit



Frage: Für wie geeignet halten Sie die folgenden Maßnahmen des Staates zur Förderung der Innovationstätigkeit in der Umweltwirtschaft?

Quelle: Interviews Kapitalgeber, Roland Berger 2006

Während in der Entwicklungsphase eines Marktes ist insbesondere das Vorantreiben der Forschung besondere Bedeutung hat, muss für eine erfolgreiche Markteinführungs- und Wachs-

tumsphase die initiale Nachfragesituation im Fokus der Förderung stehen. Die Förderpolitik sollte sich dabei auf Projekte mit hohem Potential für eine erfolgreiche Markteinführung fokussieren. Bisher ist nach Ansicht der Kapitalmarktexperten nämlich eine öffentliche Förderung für eine Technologie noch nicht immer ein hinreichender Indikator für den Markterfolg und dementsprechend auch kein starkes Signal zur Motivation eines finanziellen Engagements der Kapitalgeber. Dagegen fänden unabhängig auf Marktfähigkeit evaluierte und auf dieser Basis geförderte Projekte leichter Investitionsunterstützung bei den Kapitalgebern.

Erfolgreiche Innovationspolitik muss aus Sicht des Kapitalmarkts außerdem darauf achten, den Übergang zwischen Entwicklungs- und Markteinführungsphase so zu steuern, dass die in der Forschung erarbeiteten Potentiale auch realisiert werden können. Hierzu sind insbesondere die Förderung von Unternehmensgründungen wichtig. Im Bereich einer zeitnahen und hinreichend langfristigen Bereitstellung von (Venture-) Kapital werden Ansatzpunkte für eine Verbesserung der Finanzierungssituation junger Unternehmen gesehen (z.B. über Fondsfonds/Stiftungen).

In der weiteren Entwicklung eines Marktes ist dann darauf zu achten, dass Unternehmen ihre autonome Wettbewerbsfähigkeit stärken und auch mit geringerer oder ohne Förderung im internationalen Markt bestehen können. Förderungen müssen geplant zurück gefahren, Wettbewerb und Internationalisierung initiiert und unterstützt werden.

TEIL II Vertiefte Analyse ausgewählter Handlungsfelder

5 Vorgehensweise

5.1 Bedeutung ausgewählter Handlungsfelder

In Teil II dieses Berichts werden vier Handlungsfelder vertieft untersucht, die sich durch hohe wirtschaftliche Bedeutung, erhebliches technisches Entwicklungspotential sowie große Bedeutung für eine zukunftsorientierte Umweltpolitik auszeichnen.²⁶ Bei diesen vier Handlungsfeldern handelt es sich um:

- Energie- und Rohstoffeffizienz
- erneuerbare Energien
- nachhaltige Mobilität
- nachhaltige Wasserwirtschaft.

Zum Handlungsfeld **Energie- und Rohstoffeffizienz** gehören sowohl Technologien zur rationellen Umwandlung (z. B. hocheffiziente Kraftwerkstechniken) als auch der rationellen Nutzung von Energie (z. B. Wärmedämmung, effiziente Elektromotoren). Hinsichtlich der Rohstoffeffizienz sind Verfahren zur stofflichen Abfallverwertung relevant. Hinzu kommen rohstoff- oder branchenspezifische Technologien, Prozesse und auch Managementansätze zur Materialeinsparung sowie Ansätze der Materialsubstitution. Den vielfältigen Ausprägungsmöglichkeiten dieses Handlungsfeldes entspricht auch eine erhebliche wirtschaftliche Bedeutung: Allein für den Teilbereich der rationellen Energienutzung zeigen Projektionen der Internationalen Energieagentur (IEA), dass weltweit die Energieeffizienz den größten Beitrag aller Technologien zur zukünftigen "Energieversorgung" leisten wird, insbesondere auch in den Entwicklungsländern. Punktuelle Abschätzungen für die Rohstoffeffizienz signalisieren ebenfalls eine sehr hohe Bedeutung. Der Wissenszuwachs in diesem Bereich ist erheblich, zudem werden die Teilbereiche dieses Handlungsfeldes in besonderem Ausmaß durch Konvergenzen mit den "Enabling-Technologies" aus der Nanotechnologie und der weißen Biotechnologie

²⁶ Die zunächst ebenfalls betrachteten Handlungsfelder weiße Biotechnologie sowie Abfall und Entsorgungstechniken werden in Absprache mit dem Auftraggeber nicht in vertiefter Form analysiert. Die vorliegenden Informationen zu diesen Handlungsfeldern sind im Anhang A I dokumentiert.

beeinflusst. Energie- und Ressourceneffizienz sowie Kreislaufwirtschaftsstrategien tragen sowohl zur Eindämmung des Treibhauseffektes als auch zur Ressourcenschonung von nicht-erneuerbaren Energieträgern und Rohstoffen bei. Damit werden globale und zeitlich weit in die Zukunft reichende Schlüsselanforderungen der künftigen Umweltpolitik adressiert. Hinzu kommen nennenswerte Entlastungen bei den konventionellen Luftschadstoffen bzw. bei allen entlang der Wertschöpfungskette anfallenden Umweltbelastungen. Des Weiteren gehen von den Technologien auch dämpfende Effekte auf die Volatilität der Energie- und Rohstoffpreise und auf die Nachfrage nach Energie aus politisch krisenanfälligen Regionen aus. Die Steigerung der Energie- und Rohstoffeffizienz ist seit mehreren Jahren ein vorrangiges Ziel der Klima- und Nachhaltigkeitspolitik und Gegenstand zahlreicher Aktivitäten. Wesentliche Stellschrauben der zukünftigen Entwicklung liegen in der Gestaltung der Nachfragebedingungen entsprechender Techniken sowohl durch Setzung preislicher Anreize als auch durch den Einsatz ordnungsrechtlicher und informatorischer Maßnahmen.

Zum Handlungsfeld **Erneuerbare Energien** gehören vorrangig Umwandlungstechnologien für verschiedene erneuerbare Energieträger. In den letzten Jahren war ein Take-off bei den erneuerbaren Energien zu verzeichnen. Aussagen zur Marktentwicklung verdeutlichen eine Fortsetzung dieses Trends. Dies wird auch durch die politischen Ziele innerhalb der EU, aber auch auf den Weltkonferenzen für Erneuerbare Energien verdeutlicht. Gerade beim Ausbau der Energieversorgung in den sich schnell entwickelnden Aufholländern wird eine massive Marktexpansion erfolgen. Deutsche Unternehmen spielen eine wichtige Rolle und sind dabei, nach einer Phase der Inlandsexpansion bewusst ihre Position auf den Auslandsmärkten zu verstärken. Das technologische Entwicklungspotential bei den erneuerbaren Energien wird insgesamt als sehr hoch eingeschätzt. Mittel- bis langfristig sind erhebliche technologische Durchbrüche zu erwarten. Erneuerbare Energien tragen sowohl zur Eindämmung des Treibhauseffektes als auch zur Ressourcenschonung der nicht-erneuerbaren Energieträger bei. Damit werden prioritäre Schlüsselanforderungen der zukünftigen Umweltpolitik adressiert. Hinzu kommen nennenswerte Entlastungen bei den konventionellen Luftschadstoffen. Das Handlungsfeld der erneuerbaren Energien ist des Weiteren ein Musterbeispiel für das Zusammenwachsen von Umweltpolitik und einer auf die Bewältigung zukünftiger Herausforderungen ausgerichteten Industriepolitik im Energiesektor. Auf Grund der weltweiten Bedeutung von erneuerbaren Energien werden hierbei auch eine Vorbildrolle und die Übernahme internationaler Verantwortung wichtig. Außerdem ist die Politik zur Steigerung des Einsatzes erneuer-

barer Energien ein mehrfach untersuchtes Feld für eine erfolgreiche nachfrageorientierte Innovationspolitik, bei der vor allem dem EEG – und entsprechenden in anderen Ländern eingesetzten Instrumenten – zentrale Bedeutung zukommt. Die Einflussmöglichkeiten der Politik sind auch deshalb besonders hoch, weil der Bereich der leitungsgebundenen Energieversorgung auch nach der Liberalisierung monopolistische Engpässe aufweist und daher reguliert bleiben wird.

Für das Handlungsfeld **nachhaltige Mobilität** sind vielfältige Technologiefelder relevant, denn es umspannt alle Verkehrsträger (Straße, Schien, Luft, Wasser), betrachtet sowohl Personen- als auch Güterverkehr und beinhaltet Fahrzeugtechnologien ebenso wie Verkehrsinfrastrukturtechnologien. Mobilität spricht ein zentrales Bedürfnis an und der Verkehrsbereich gehört daher zu den zentralen Infrastrukturbereichen jeder Gesellschaft. Dies gilt sowohl für die sich schnell entwickelnden Aufholländer als auch für die Industrieländer, bei denen die Kapazitätsgrenzen der Verkehrsinfrastruktur sowie Reinvestitionszyklen für eine kontinuierlich hohe Nachfrage sorgen. Das technologische Entwicklungspotential bei den verkehrsrelevanten Technologien ist hoch. Weltweit entfallen auf den Verkehrsbereich in etwa 30 % des Verbrauchs der fossilen Energieträger – allein diese Zahl verdeutlicht die zentrale Bedeutung dieses Handlungsfeldes für die künftige Umweltpolitik. Damit gehört der Verkehrsbereich zu den Hauptverursachern des anthropogenen Treibhauseffektes und der Ressourcenverknappung im Energiebereich. Des Weiteren trägt er in erheblichem Ausmaß zur Lärmbelastung und zur Emission von Luftschadstoffen bei. Das Handlungsfeld der nachhaltigen Mobilität ist außerdem ein Bereich, bei dem ein Zusammenwachsen von Umweltpolitik und einer auf die Bewältigung zukünftiger Herausforderungen ausgerichteten Technologie- und Industriepolitik vordringlich ist. Insbesondere die Verkehrsinfrastruktur ist entweder direkt als hoheitliche Aufgabe organisiert oder stark reguliert. Der Impuls zur Entwicklung neuer Innovationen wird durch neue staatliche Anforderungen angestoßen (z. B. zero emission vehicles). Zunehmend werden auch neue Instrumente (z. B. Ausweitung des Emissionshandels) diskutiert, die weitere Innovationsimpulse auslösen können.

Zum Handlungsfeld **nachhaltige Wasserwirtschaft** gehören sowohl die traditionellen Bereiche der Wasserver- und Abwasserentsorgung als auch die an Bedeutung gewinnenden integrierten und stärker dezentralisierten Technologien zur Wasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, bei denen es oftmals zu einer Konvergenz unterschiedlicher Techniklinien kommt. Dies gilt sowohl für die kommunale als auch die industriell-gewerbliche Wasserwirtschaft.

Das Handlungsfeld weist ein enormes Marktpotential auf. Gerade in den sich wirtschaftlich schnell entwickelnden Aufholländern wird sich der – ebenfalls in den Millennium Development Goals festgehaltene – unbestreitbare zusätzliche Bedarf auch in einer erheblichen Steigerung der Marktnachfrage niederschlagen. Aber ebenso in den Industrieländern fällt ein ganz erheblicher Reinvestitionsbedarf an, der zunehmend mit einer Hinwendung zu integrierten Technologien verbunden sein dürfte. Das technologische Entwicklungspotential bei den wasserrelevanten Technologien wird insgesamt als hoch eingeschätzt. Hierbei ist eine Zweiteilung zwischen eher traditionellen, weniger dynamischen Techniken und neuen, High Tech Techniklinien sichtbar. Technologisch befinden sich Wassertechnologien daher in einer Art Umbruchsituation, in der sich ein radikaler Pfadwechsel hin zu neuen technologischen Trajektorien abzeichnet. Wasserrelevante Technologien tragen nicht nur zur Eindämmung der Gewässerverschmutzung und – aus internationaler Sicht – zur Verbesserung der Gesundheitslage bei, sondern weisen eine stetig wachsende Bedeutung für die Sicherung der Wasserressourcen als Grundlage einer wirtschaftlichen Entwicklung auf. Im Zuge der Anpassung der Wasserinfrastruktursysteme an die Auswirkungen des Klimawandels sowie bei der Sicherung gesellschaftlich essentieller Wasserinfrastrukturdienstleitungen gegen Sabotage und Terrorismus kommt insbesondere auch eher dezentralen Wassertechnologien eine stetig wachsende Bedeutung zu. Das Handlungsfeld der nachhaltigen Wasserwirtschaft ist schließlich auch ein Musterbeispiel für das Zusammenwachsen von Umweltpolitik und einer auf die Modernisierung eines Wirtschaftszweiges ausgerichteten Industriepolitik. Auf Grund der weltweiten Bedeutung des Wasserbereichs könnte Deutschland hier in besonderem Ausmaß internationale Verantwortung übernehmen. Der Wasserbereich zählt weltweit zu einem der am stärksten mit hoheitlichen Aufgaben verknüpften Wirtschaftssektoren. In der Vergangenheit wurde der Einsatz neuer Technologien maßgeblich durch staatliche Zielvorgaben angeregt. Die Einflussmöglichkeiten – und Verantwortung – der Politik sind auch deshalb besonders hoch, weil der Bereich der Wasserver- und -entsorgung auf Grund seiner Leitungsgebundenheit einer intensiven ökonomischen Regulierung unterliegt. Gleichzeitig hat eine Diskussion um die Modernisierung der organisatorischen Strukturen begonnen, die die technologische Umbruchsituation aus organisatorisch-institutioneller Sicht ergänzt.

5.2 Vorgehensweise zur Analyse der Handlungsfelder

Im Vordergrund der vertieften Analyse steht eine disaggregierte Betrachtung der Handlungsfelder. Ziel ist eine kondensierte Abhandlung, die die Bedeutung und technologischen Ansatzpunkte dieser Handlungsfelder für eine innovationsorientierte Umweltpolitik verdeutlicht. Hierzu werden für jedes ausgewählte Handlungsfeld folgende fünf Aspekte betrachtet:

- Beschreibung des Handlungsfeldes
- Technologielinien und Innovationsdynamik
- Marktentwicklung
- Positionierung deutscher Unternehmen
- Innovationstreiber, Rahmenbedingungen und Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht.

In der **Beschreibung des Handlungsfeldes** wird die Bedeutung skizziert, die dem untersuchten Feld für eine zukünftige Entwicklung zukommt. Hierbei wird jeweils hinterlegt, welche zentralen Bedürfnisse durch das Handlungsfeld angesprochen werden und in welchen umweltpolitischen Zusammenhang es eingebettet ist. Diese Kopplung von umweltpolitischer Bedeutung und Bedürfnisorientierung verdeutlicht in besonderer Weise, inwiefern die betrachteten Handlungsfelder als zentrale Innovationsfelder der Politik darstellen.

Eine Konkretisierung der Handlungsfelder erfolgt durch eine Beschreibung der einzelnen zentralen **Technologielinien**. Diese – ingenieurwissenschaftlich geprägte – Differenzierung ist erforderlich, da sich bei den einzelnen Untersuchungsdimensionen erhebliche Unterschiede innerhalb eines Handlungsfeldes ergeben, die bei einer aggregierten Betrachtung verwischt würden. Für die einzelnen Technologielinien wird dann jeweils die **Innovationsdynamik** untersucht. Hierzu werden drei Untersuchungsansätze herangezogen:

- Durch eine Patentanalyse wird die Entwicklung der Technologielinien in der Vergangenheit analysiert. Recherchiert wurde jeweils die Anzahl der Patentanmeldungen aller Länder am Europäischen Patentamt, die den einzelnen Technologielinien zuzuordnen sind. Aus dem Verlauf der Anzahl der jährlichen Patentanmeldungen über die letzten 15 Jahre wird erkennbar, ob und wie stark die Patentdynamik international und in Deutschland zu- oder abnimmt.
- Zur Ergänzung der vergangenheitsbezogenen Patentdynamik wird eine Auswertung zukunftsbezogener Technology-Foresight-Studien durchgeführt. Neben einem Screening re-

relevanter Literatur wird die aktuelle japanische Delphi-Studie ausgewertet (NISTEP 2005). Umweltthemen nehmen darin einen großen Raum ein. Die Auswertung erfolgt im Hinblick auf den erwarteten Wissenszuwachs, den die Befragten auf einer Skala von „kein Zuwachs“ (0) bis „großer Zuwachs“ (10) für die mittlere Frist (bis 2015) und langfristig (2016 – 2025) bewertet haben. Auch wenn japanische Experten befragt wurden, können ihre Aussagen für die Entwicklungsdynamik der Technologielinien weltweit gelten, da die Wissenschaft stark internationalisiert ist. Zusätzlich wurde die Einschätzung der Zeitspanne zwischen technischer Realisierung und Markteinführung betrachtet. Sie kann als Indikator für Umsetzungshemmnisse gelten. Die Ergebnisse der Auswertungen werden qualitativ für jedes Handlungsfeld zusammengefasst.

- Schließlich werden die Ergebnisse der Unternehmensbefragung hinsichtlich der zu erwartenden technologischen Entwicklungen in den Einzeltechnologien sowie hinsichtlich der Einschätzung der Unternehmen zur Innovationsdynamik aggregiert dargestellt.

Zur Skizzierung der **wirtschaftlichen Bedeutung** der einzelnen Handlungsfelder wird zunächst eine Abschätzung der aktuellen Marktgröße vorgenommen. Hierzu wird auf bestehende Marktstudien, in denen die jeweiligen Technologielinien und Produkte betrachtet werden, sowie auf die Befragung der Unternehmen (vgl. Abschnitt 5.3) zurückgegriffen. Ebenfalls auf Basis bestehender Marktstudien sowie der Unternehmensbefragung wird der Trend der Marktentwicklung erfasst. Zudem erfolgt eine Plausibilitätsüberprüfung dieser Ergebnisse für die Fälle, für die quantifizierte Zukunftsszenarien vorliegen, aus denen Investitionsvolumina ableitbar sind. Schließlich erfolgt eine Skizzierung der für die deutschen Unternehmen wichtigsten Auslandsmärkte, die ebenfalls auf der Unternehmensbefragung basiert.

Bei der Untersuchung der **Positionierung der deutschen Unternehmen** wird zunächst an die bei der Analyse der technologischen Leistungsfähigkeit in den Technologiebereichen üblichen Innovationsindikatoren angeknüpft. Dabei hat sich eine Systematik durchgesetzt, die Indikatoren aus den verschiedenen Teilbereichen des Innovationsprozesses herausgreift (vgl. Grupp 1997). Für die Analyse der ausgewählten Handlungsfelder werden Indikatoren aus zwei Bereichen herangezogen.

- Aus dem Bereich der intermediären Indikatoren wird an die bereits bei der Analyse der Innovationsdynamik verwendeten Patentanmeldungen angeknüpft. Durch die Bildung einer Kennziffer für die Patentspezialisierung wird ein Vergleich der Bedeutung der Technologielinien des Handlungsfeldes mit der Patententwicklung insgesamt möglich. Dazu wird

der relative Patentanteil (RPA) berechnet. Ist der Patentanteil für die Technologielinie überdurchschnittlich hoch, nimmt der RPA-Indikator einen positiven Wert an. Dies drückt eine Spezialisierung der Wissensbasis aus und weist auf eine starke Ausgangsposition der Technologielinie hin.²⁷

- Aus dem Bereich der Outputindikatoren wird als Spezialisierungskennziffer für den Außenhandel der RCA („Revealed Comparative Advantage“) herangezogen (vgl. Legler et al. 2006). Er gibt – unter Berücksichtigung der Importseite – 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 im betrachteten Land hin. Bei der Bestimmung der Indikatorenwerte konnte in einzelnen Handlungsfeldern (erneuerbare Energien, Klimaschutz) zwar auf Vorarbeiten von Legler et al. 2006 zurückgegriffen werden. Für die Mehrzahl der Technologielinien mussten die meisten Daten für die Indikatorenwerte jedoch neu recherchiert werden. Entsprechend dem üblicherweise gewählten Vorgehen wurde auch hier ein produktionswirtschaftlicher Ansatz gewählt, bei dem die Güter erfasst werden, die ihrer Art nach dem Handlungsfeld dienen könnten. Es wird also der potenzielle Lieferumfang dargestellt und nicht der tatsächliche (Potentialansatz). Für die Einschätzung der internationalen Wettbewerbsposition der Branche ist diese Einschränkung zweckmäßig, weil in den erfassten Waren der „harte Kern“ von Wissen inkorporiert ist, der die Positionierung im weltweiten Technologiewettbewerb konstituiert (vgl. Legler et al. 2006).

Durch die Verwendung der Patent- und Außenhandelsindikatoren ergibt sich ein differenzierteres Bild als aus der Verwendung eines einzelnen Indikators allein. Gleichzeitig wird neben der aktuellen Positionsbeschreibung auch auf die Entwicklung im Zeitablauf abgehoben. Dadurch wird eine belastbare Interpretation der Indikatorenwerte erleichtert, die immer vor dem Hintergrund der Entwicklungslogik der betreffenden Sektoren und den Spezifika der jeweiligen Innovationssysteme erfolgen muss.

Die indikatorgestützte Analyse der Positionierung deutscher Unternehmen wird durch eine unternehmensbezogene Sichtweise ergänzt. Sie beruht, wie die Skizzierung der Innovations-

²⁷ Zur Methode vgl. Grupp, H.; Schmoch, U., Wissenschaftsbindung der Technik - Panorama der internationalen Entwicklung und sektorales Tableau für Deutschland, Wirtschaftswissenschaftliche Beiträge, Heidelberg, New York 1992.

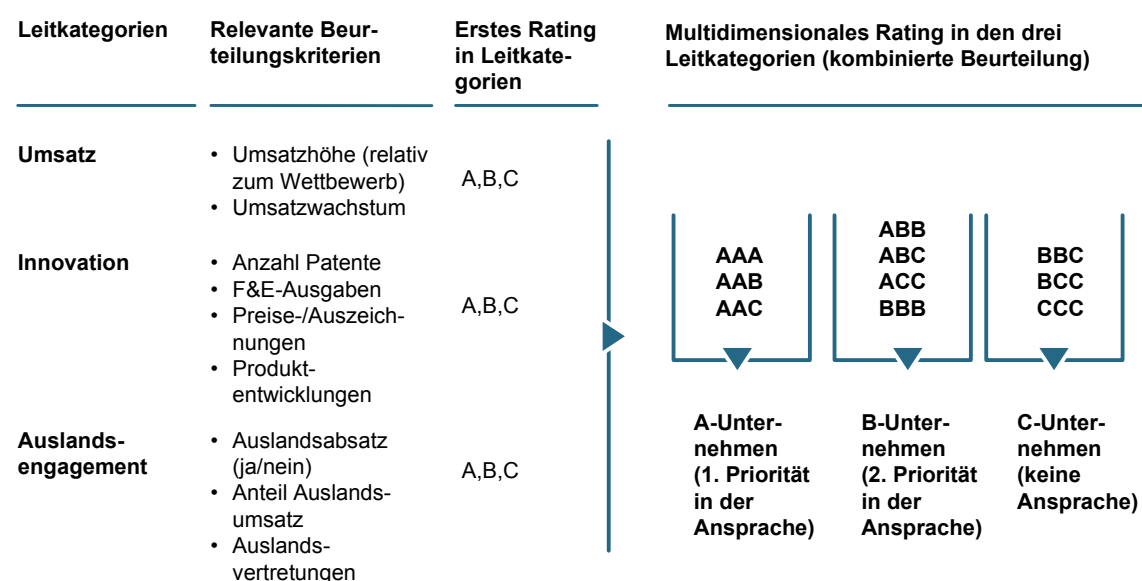
treiber, der Rahmenbedingungen und des Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht, auf einer Unternehmensbefragung, deren Vorgehensweise im nächsten Abschnitt beschrieben wird.

5.3 Vorgehensweise zur Befragung der Unternehmen

Die Auswahl der Unternehmen für die Befragung erfolgte auf Basis eines multidimensionalen Ratings. Die Leitkategorien hierbei waren Umsatz, Innovationsgrad und Auslandsengagement. In jeder dieser Leitkategorien wurde für die Unternehmen ein Rating (A, B, oder C) vergeben. In den Leitkategorien bildeten spezifische Beurteilungskriterien (z.B. Umsatzhöhe, Umsatzwachstum) die Grundlage für die Bewertung. Aus einer Kombination der Einzelbewertungen in den Leitkategorien wurde eine Gesamtbewertung nach A-, B- und C-Unternehmen abgeleitet (vgl. Abbildung 5-1). Den A-Unternehmen galt für die Ansprache und Diskussion erste Priorität, C-Unternehmen wurden nicht angesprochen.

Übersicht 5-1

Multidimensionales Rating



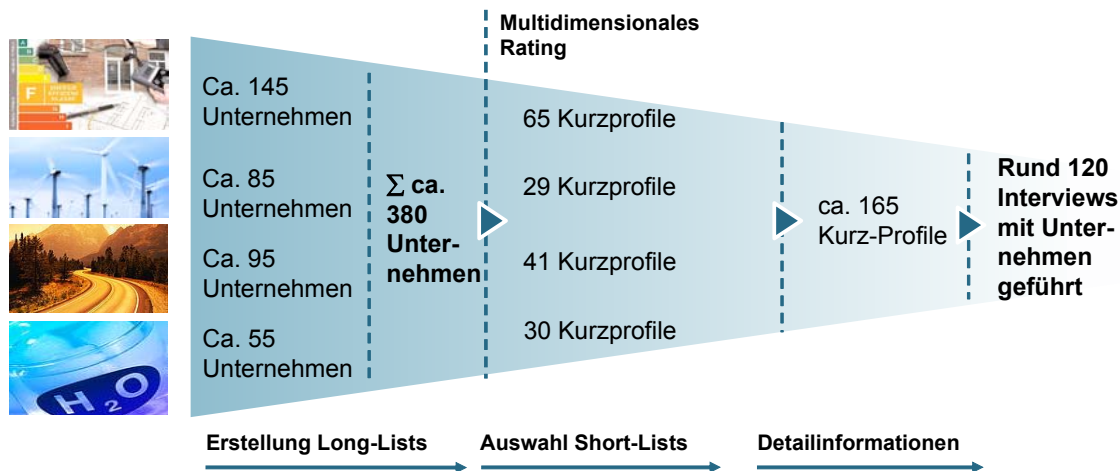
Quelle: Roland Berger

In den vier Vertiefungsfeldern der Studie wurden rund 380 Unternehmen ausgewählt und bewertet (Long-Lists). Die daraus auf Basis des multidimensionalen Ratings abgeleiteten Short-Lists umfassten rund 165 Unternehmen. Die Zahl der mit dieser Auswahl von Unternehmen geführten Interviews wurde im Laufe des Prozesses an den jeweils erreichten Er-

kenntnisstand angepasst. Insgesamt wurden letztlich mit über 120 Unternehmen aus den vier Handlungsfeldern intensive und detaillierte Interviews geführt.

Übersicht 5-2

Anzahl der ausgewählten Unternehmen



Quelle: Roland Berger

Für die Unternehmensbefragung wurde ein strukturierter Gesprächsleitfaden entwickelt.²⁸ Hierbei kamen offene und geschlossene Fragestellungen zur Anwendung, die sowohl qualitativ als auch quantitativ diskutiert wurden. Inhaltliche Schwerpunkte der Interviews waren:

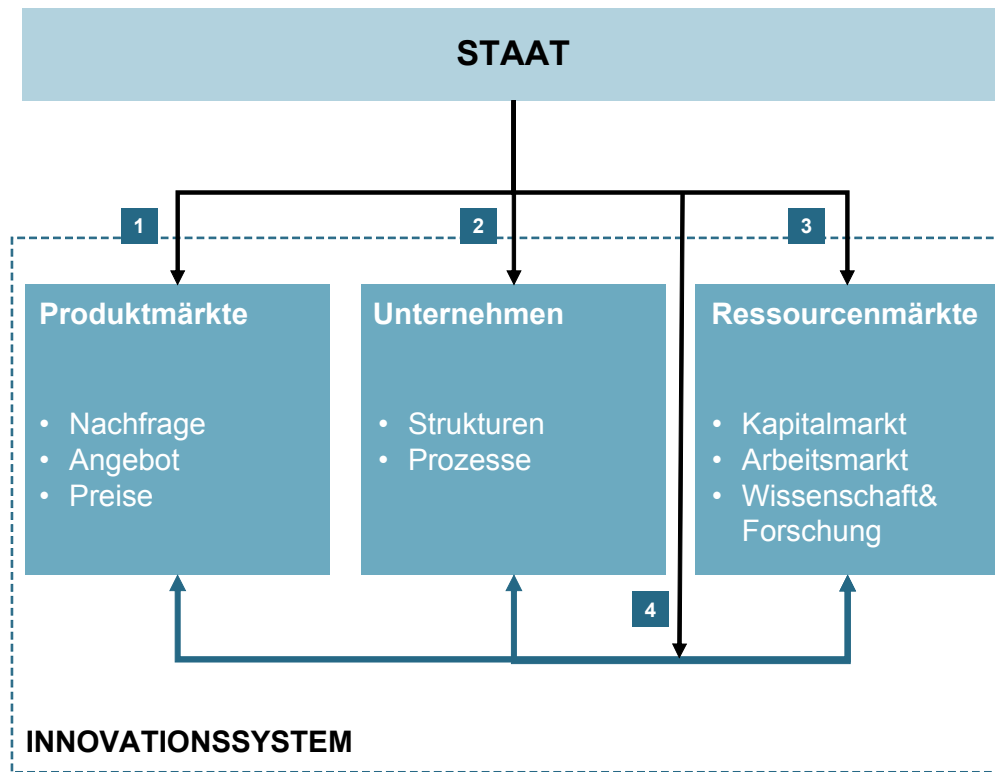
- Unternehmenssituation allgemein
- Markttrends (u.a. Zielmärkte, Volumen, Wachstum, Anbieter- und Nachfragerseite)
- Technologietrends
- Bedeutung und Erfüllung von Innovationstreibern aus Unternehmenssicht
- Wettbewerbsposition aus Unternehmenssicht
- Einschätzung und Bewertung der politischen Rahmenbedingungen
- Handlungsbedarfe seitens der Politik aus Unternehmenssicht zur Stärkung der Innovations- und Wirtschaftskraft

Zur Systematisierung staatlicher Einflussmöglichkeiten auf die Innovationsdynamik wurde ein Innovationstreiber-Modell entwickelt. Dieses Modell setzt sich aus den Innovationstreibern Produktmärkte, Kapitalmarkt, Arbeitsmarkt, Wissenschaft & Forschung, Innovations-

kraft der Unternehmen zusammen. Dieses Innovationstreibermodell bildete die Basis für die Diskussion mit den Unternehmen (vgl. Abbildung 5-3).

Übersicht 5-3

Innovationstreiber-Modell



Quelle: Roland Berger

Innerhalb dieses Systems hat der Staat eine Vielzahl direkter oder indirekter Einflussmöglichkeiten auf die identifizierten Innovationstreiber. So kann er beispielsweise durch staatliche Aufträge, Regulierungen, die zur Beschaffung von Technologien führen oder durch Preisregulierungen die Produktmärkte hinsichtlich Nachfrage, Angebot und Preis beeinflussen bzw. stimulieren (Ziffer 1 in Abbildung 5-3).

Die Ressourcenmärkte (Kapitalmarkt, Arbeitsmarkt und Wissenschaft & Forschung) spielen bei der Generierung von Innovation eine ebenso maßgebliche Rolle. Der Staat kann hier z.B. seinen Einfluss ausüben durch

- die Erleichterung der Bereitstellung von Eigen- und Fremdkapital (Kapitalmarkt)
- die Förderung der Ausbildung von qualifiziertem Personal (Arbeitsmarkt)

²⁸ Der Gesprächsleitfaden für die Unternehmensgespräche findet sich im Anhang A III.

- oder durch verstärkte Unterstützung der Grundlagen- und angewandten Forschung (Wissenschaft & Forschung) (vgl. Ziffer 3 in Abbildung 5-3)

Die Umsetzung von Innovation findet letztlich in den Unternehmen selbst statt. Dabei ist die Einflussnahme durch den Staat beschränkt. Mögliche Handlungsansätze zur Stimulierung der Innovationskraft in den Unternehmen ergeben sich beispielsweise durch finanzielle Unterstützung bei Forschungs- und Entwicklungs-Projekten (z.B. durch Subventionen oder veränderte Besteuerung) oder durch die Initiierung von Innovationswettbewerben (vgl. Ziffer 2 in Abbildung 5-3).

Darüber hinaus kann der Staat die Interaktion zwischen den Produktmärkten, den Ressourcenmärkten und den Unternehmen im Innovationssystem positiv beeinflussen, z.B. durch

- die Schaffung von Netzwerken und Verbünden
- Anreize für Kooperationen (Unternehmen/Unternehmen, Unternehmen/Forschung)
- die Einführung von Technologieclustern und gezielte Standortpolitik (vgl. Ziffer 4 in Abbildung 5-3)

Die Auswertung der Befragungsergebnisse erfolgte in den einzelnen inhaltlichen Themen sowohl auf Handlungsfeldebene (z.B. erneuerbare Energien) als auch auf Ebene der Produktbereiche (z.B. Photovoltaik). Somit war es möglich, differenzierte Kernaussagen vergleichend darzustellen und sehr spezifische Handlungsempfehlungen abzuleiten.

6 Energie- und Rohstoffeffizienz

Die beiden Teilsegmente des Handlungsfeldes Energie- und Rohstoffeffizienz weisen Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede auf. Aus diesem Grund werden beide Segmente in den folgenden Abschnitten teilweise getrennt diskutiert.

6.1 Beschreibung des Handlungsfelds

6.1.1 Energieeffizienz

Bestrebungen zur Steigerung der Energieeffizienz (und in gleichem Maße auch der Rohstoffeffizienz) sind motiviert durch den zentralen Beitrag, den dieses Handlungsfeld zur Umsetzung der drei Säulen einer nachhaltigen Entwicklung leistet. Diese drei Säulen erscheinen auch als die **Haupttreiber für das Handlungsfeld**.

- Nur durch eine außerordentliche Steigerung von Energie- und Rohstoffeffizienz kann die Zunahme der **globalen Erderwärmung** in diesem Jahrhundert auf unter zwei Grad beschränkt werden, welche die europäische Union ihrer längerfristigen Klimaschutzstrategie zugrunde legt. Dabei können die Anstrengungen nicht gleichmäßig über alle Länder verteilt sein: es wird erwartet, dass der Beitrag der entwickelten Länder zum Klimaschutz deutlich größer ausfallen muss als der der Schwellen- und Entwicklungsländer. Dort müssen die Treibhausgase um einen Faktor vier oder mehr reduziert werden. Dies kann selbst durch weitgehende Ausschöpfung der Energieeffizienzpotentiale alleine nicht erreicht werden, sondern bedarf gleichzeitig der Mobilisierung von Reduktionspotentialen durch die Verbesserung der Rohstoffeffizienz. Hinzu kommt, dass der Ressourcenverbrauch lokale Schäden nach sich zieht, die das Wirtschaftswachstum eines Landes übertreffen können. So wird geschätzt, dass die Umweltschäden in China, welche zu einem bedeutenden Teil auf den Ressourcenverbrauch zurückzuführen sind, Größenordnungen erreichen, die mit dem jährlichen Wirtschaftswachstum vergleichbar sind.
- Eine **sichere Versorgung mit Energie und Rohstoffen** kann nur erreicht werden, wenn global effizienter mit beiden Ressourcen umgegangen wird.
- Der **globale Wettbewerb** um knappe Ressourcen zwingen alle Staaten, immer wieder den Umgang mit den Ressourcen neu zu überdenken, andernfalls führt deren Verknappung zu

Preisschwankungen, die die Wirtschaft schädigen und längerfristig im Wachstum behindern.

Während der Bereich der Energieeffizienz bereits seit längerem im Fokus von Analysen (siehe zum Beispiel den regelmäßigen World Energy Outlook der Internationalen Energieagentur IEA) und Politikanstrengungen ist (wichtige neuere politische Treiber für Energieeffizienz sind die Energieeffizienz- und -dienstleistungsrichtlinie der europäischen Union und die daraus resultierenden Energieeffizienzaktionspläne der Mitgliedsstaaten), sind Rohstoffeffizienz und Kreislaufwirtschaft weit weniger in ihren globalen Auswirkungen untersucht. Deren Besonderheiten als Handlungsfeld werden daher im folgenden Abschnitt detaillierter dargelegt.

6.1.2 Rohstoffeffizienz

Das Handlungsfeld "Rohstoffeffizienz" beschäftigt sich mit der Effizienz bei der nicht-energetischen Nutzung von Rohstoffen und dem Einsatz natürlicher erneuerbarer Ressourcen. Bei der Entnahme von Rohstoffen aus der Erdkruste, ihrer Verarbeitung zu handelbaren Materialien, ihrer Nutzung für die Herstellung von Werkstoffen und Produkten und ihrer Entsorgung als Produktionsabfall oder mit gebrauchten Produkten am Ende ihrer Lebensdauer (Post-Consumer-Abfälle) treten Umwelteffekte auf. Die Entnahme der Rohstoffe aus den endlichen Vorräten der Erde schmälert deren Verfügbarkeit für künftige Generationen und ist im Leitbild des Nachhaltigen Wirtschaftens auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken.

Studien zur Rohstoffeffizienz greifen in der Regel einzelne Stoffströme heraus und analysieren stoffstromspezifische Effizienzpotentiale (siehe z.B. Dehoust et al. 2006; Jochem et al. 2004). Insgesamt sind aber die Effizienzpotentiale der nichtenergetischen Rohstoffnutzung in den einzelnen Wirtschaftssektoren und ihren Produktionsprozessen bei weitem nicht so gut untersucht wie dies für den Energieverbrauch der Fall ist. Die prozessscharfe Kenntnis der Effizienzpotentiale, der Hemmnisse ihrer Erschließung und der autonomen Treiber, die auf sie wirken, ist aber Voraussetzung für eine nachhaltige Ressourcenwirtschaft. Bei der Erschließung von Effizienzpotentialen nehmen Technologien zur rationellen Rohstoffnutzung, allen voran Recyclingtechniken, eine prominente Rolle ein.

Die Rohstoffnutzung ist von essentieller Bedeutung für die Wirtschaft. Das Statistische Bundesamt weist den Anteil der Rohstoffkosten an den Produktionskosten der Wirtschaft mit 40 % aus (destatis 2006.1). Dies ist ein Vielfaches der Energiekosten und übertrifft bei weitem die Arbeitskosten, die aufgrund ihrer vermuteten Bedeutung im internationalen Wettbe-

werb und für die Beschäftigung seit vielen Jahren intensiv diskutiert werden. Die Fokussierung auf die Arbeitskosten mag der Grund sein, weshalb die Arbeitsproduktivität zwischen 1960 und 2000 um den Faktor 3,5 gesteigert wurde, die Rohstoffproduktivität sich aber lediglich verdoppelt hat (demea 2006.2). Die eingetretene Verbesserung von 1,7 % per annum dürfte weit hinter dem erreichbaren Effizienzpotential zurückbleiben.

Rohstoffe sind für die Wirtschaft aber nicht nur ein dominierender Kostenfaktor, die Wirtschaft ist auch auf eine ungestörte Rohstoffversorgung angewiesen. Störungen, seien es exorbitante Preissprünge, sei es die Verknappung wichtiger Rohstoffe, stellen die Wirtschaft vor Probleme. Die wirtschaftlichen Aufholprozesse der Entwicklungs- und Schwellenländer, allen voran China, werden die globale Nachfrage nach Rohstoffen langfristig mindestens verdreifachen. Wenn die Geschwindigkeit dieser Entwicklung anhält oder gar weiter zunimmt, können bei einigen Rohstoffen Versorgungsstörungen nicht ausgeschlossen werden.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass Rohstoffpolitik ressortübergreifend Gegenstand der Umwelt- und Nachhaltigkeitspolitik, der Wirtschaftspolitik (Wettbewerbsfähigkeit, Versorgungssicherheit) aber auch der Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitik ist. Die Europäische Kommission hat mit ihrer Mitteilung "Thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen" zu erkennen gegeben, dass sie diese Herausforderung verstanden hat (EC 2005). Sie fordert die Mitgliedsstaaten auf, Maßnahmen und Programme für die nachhaltige Verwendung natürlicher Ressourcen zu entwickeln.

6.2 Technologielinien und Innovationsdynamik

Zur Einschätzung der Innovationsdynamik des Handlungsfelds als Ganzes wird zunächst die japanische Delphi-Studie ausgewertet.²⁹ Der erwartete Wissenszuwachs kann hier als Indikator für die künftige Innovationsdynamik herangezogen werden. Er liegt im gesamten Handlungsfeld mit 6,4 bzw. 7,0 Punkten sowohl mittel- als auch langfristig in etwa im Durchschnitt aller Delphi-Felder (6,3 bzw. 7,1 Punkte) und etwas deutlicher über dem Durchschnitt des Delphi-Felds Energie und Ressourcen (6,2 bzw. 6,7 Punkte)³⁰. Diese Einordnung gilt auch

²⁹ Vgl. zur Datenquelle und Methode Abschnitt 5.2.

³⁰ Der direkte Vergleich der Skalenwerte mit dem Delphi-Durchschnitt und dem Durchschnitt im Delphi-Feld Energie- und Ressourcen ist methodisch schwierig. Dies liegt daran, dass im Delphi-Bericht im Feld „Social Infrastructure“ von den Feldexperten systematisch deutlich pessimistischere Bewertungen abgegeben wurden als in den übrigen Delphi-Feldern, und dies obwohl sich die Technologielinien zwischen den Delphi-Feldern teilweise überlappen. Dieser Negativ-Bias wurde bei den oben genannten Zahlen herausgerechnet.

für die getrennte Betrachtung der Bereiche Energie- und Rohstoffeffizienz. Der erwartete Wissenszuwachs streut stark unter den Technologielinien mit mittelfristigen Werten zwischen 3,9 Punkten (z. B. dezentrale Abfallbehandlung) und 7,3 Punkten (z. B. Brennstoffzellen für die stationäre Energieversorgung). Auch bezüglich der Streuung stellen sich die Bereiche Energieeffizienz und Rohstoffeffizienz sehr ähnlich dar.

Ein zweiter Indikator aus der Delphi-Studie für die Innovationsdynamik ist der Zeitbedarf zwischen technischer Realisierung und Markteinführung. Dieser wird für einige Technologielinien als relativ gering eingestuft, sie werden bereits bis 2010 im Markt gesehen (z.B. in den Bereichen der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung und der Schließung bestimmter Stoffkreisläufe). Stärker integrierte Technologielinien wie z. B. zur Steigerung der Energieeffizienz auf der Nachfrageseite scheinen einer überdurchschnittlichen Verzögerung der Markteinführung zu unterliegen.

Im Weiteren werden die Handlungsfelder Energieeffizienz und Rohstoffeffizienz getrennt betrachtet, da unterschiedliche Technologielinien relevant sind.

6.2.1 Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik im Bereich Energieeffizienz

Die technischen Entwicklungslinien im Bereich „Energieeffizienz“ betreffen gleichmäßig alle Nachfragesektoren (Gebäude und Elektrogeräte, Industrie, Transport) sowie die Energieumwandlung. Der Transportsektor ist Teil eines eigenen Handlungsfeldes "Nachhaltige Mobilität".

In der **effizienten Gebäudetechnik** reduzieren Technologien wie Wärmeisolation, kontrollierte Lüftung und Klimatisierung den Energiebedarf. Ein weiterer wichtiger Bereich sind effiziente Heizsysteme. Deutschland hatte in den vergangenen Jahren Stärken bei der Entwicklung der Niedrigenergiehaus / Passivhaustechnologien. Die Patentdynamik ist insgesamt durchschnittlich, liegt aber bei den Heizsystemen und vor allem der Klimatisierung über dem Durchschnitt.

Die Diffusion der effizienten Technologien gerade im Gebäudebereich wird in Zukunft verstärkt auch organisatorische Innovationen (z. B. integrierte energetische Gebäudesanierung - als Dienstleistung, Contracting) erfordern. Die Dynamik in diesem Bereich kann als hoch eingeschätzt werden, ist aber auf Grund des nicht-technischen Charakters nicht mit Indikatoren zu hinterlegen.

Unter dem Oberbegriff **Energiemanagement** werden hier technologisch die Bereiche effiziente Elektroanwendungen in den Haushalten, effiziente industrielle Querschnittstechnologien und effiziente Prozesse der Industrie zusammengefasst.

- Im Haushaltsbereich sind **energieeffiziente Beleuchtung** und **energieeffiziente Elektrogeräte** Schlüsselbereiche einer Reduktion der Stromnachfrage. In der Patentdynamik zeigt sich eine eher durchschnittliche Innovationsdynamik. Es bleibt abzuwarten, in wieweit sich neue Technologielinien etablieren können.

Für das Energiemanagement in der Industrie werden folgende Technologielinien als besonders Erfolg versprechend eingestuft:

- Bei *energieeffizienten Verfahren und Prozessen in der Industrie* (prozess-spezifische Technologien, Industrieöfen, Trockner, etc.) ist die Innovationsdynamik als hoch, aber nicht überdurchschnittlich einzustufen. Deutschland hatte in den vergangenen Jahren Stärken bei der Entwicklung bestimmter industrieller Prozesse wie der Eisen / Stahlproduktion.
- Bei *energieeffizienten industriellen Querschnittstechnologien* (Wärmetauschanlagen, effiziente Elektromotoren, Pumpen, Ventilatoren etc.) ist die Innovationsdynamik hoch, die Patentdynamik liegt sogar etwas über dem Durchschnitt. Deutschland hatte in den vergangenen Jahren Stärken bei Querschnittstechnologien wie den Elektromotoren.

Im Bereich der **effizienten Kraftwerks- und Umwandlungstechnologie** findet eine kontinuierliche Erhöhung der Wirkungsgrade statt. Für die Verbesserung der Gesamteffizienz des Systems haben ein verstärkter Einsatz von Gasturbinen und Blockheizkraftwerken große Bedeutung. Gerade dieser Bereich verzeichnet sehr hohe Innovationsdynamik und ein weit überdurchschnittliches Patentwachstum. CO₂-freie Kraftwerke sind eine weitere wichtige Technologielinie, deren CO₂-reduzierende Wirkung allerdings nicht auf einer verbesserten Effizienz beruht. Bei effizienten Verteilungstechnologien wie der Supraleitung ist aber nach der Euphorie Anfang der neunziger Jahre ein Rückgang mit nachfolgender Stabilisierung zu beobachten. Wichtige neuere Entwicklungslinien betreffen die dezentrale Energieerzeugung und Verteilung. Hier bestehen Verbindungen zum Handlungsfeld der erneuerbaren Energien und zum nachfolgenden Querschnittsbereich der Mess-, Steuer- und Regeltechnik.

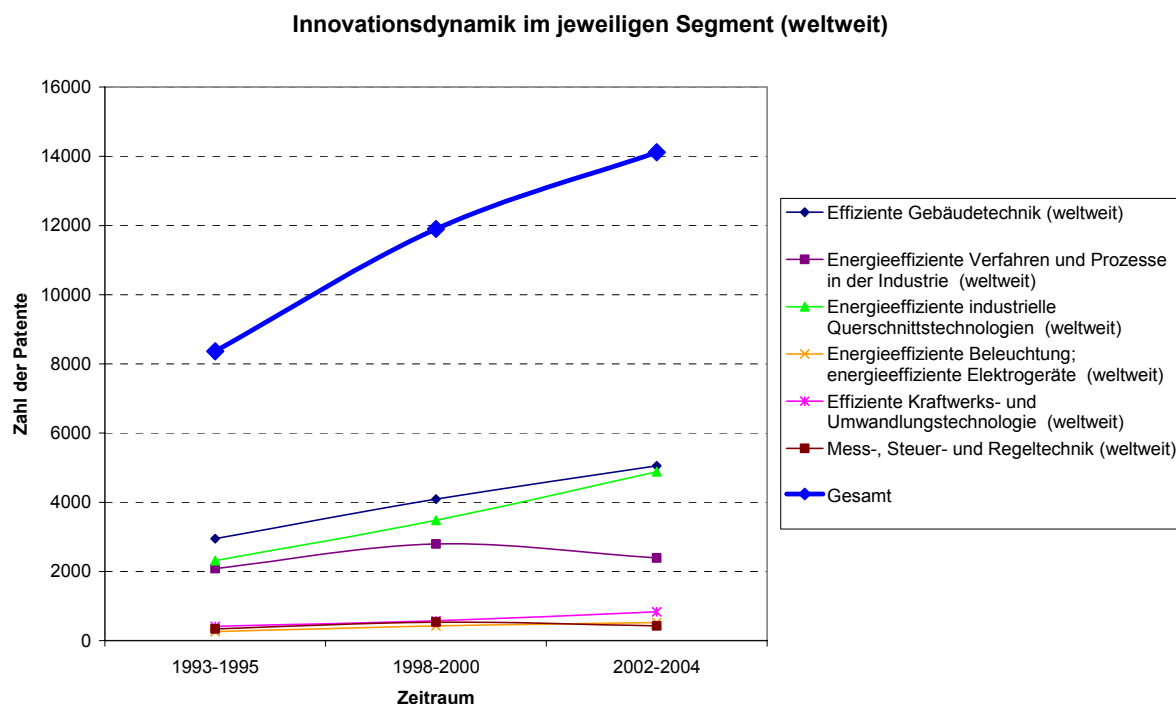
Der **Querschnittsbereich der Mess-, Steuer- und Regeltechnik** gehört zu den traditionellen Bereichen des Umweltschutzes. Er ist auch für die Steigerung der Effizienz von Energie- und

Rohstoffnutzung von erheblicher Bedeutung. Allerdings deutet die Patentdynamik auf eine eher unterdurchschnittliche Entwicklungsdynamik hin.

Abbildung 6-1 und Abbildung 6-2 zeigen die Patentdynamik nach Hauptsegmenten weltweit und in Deutschland. Zur besseren Differenzierung wurden im Segment Energiemanagement nach energieeffizienten Elektroanwendungen in Gebäuden und Haushalten (Beleuchtung, Elektrogeräte), effizienten industriellen Verfahren und Prozessen sowie den industriellen Querschnittstechnologien unterschieden. Die Innovationsdynamik in den einzelnen Bereichen des Handlungsfelds entwickelt sich unterschiedlich: während die Zahl der Patente bei den effizienten Gebäudetechnologien, den industriellen Querschnittstechnologien und den effizienten Umwandlungstechnologien stärker wachsen, stagnieren sie eher bei den industriellen Großprozessen und bei Elektrogeräten/Beleuchtung. Dieses Bild ist qualitativ ähnlich in Deutschland und weltweit. Insgesamt nehmen sowohl in Deutschland als auch weltweit für diesen Bereich die Patente stark zu. Deutschland entwickelt sich hier weitgehend parallel zur weltweiten Entwicklung.

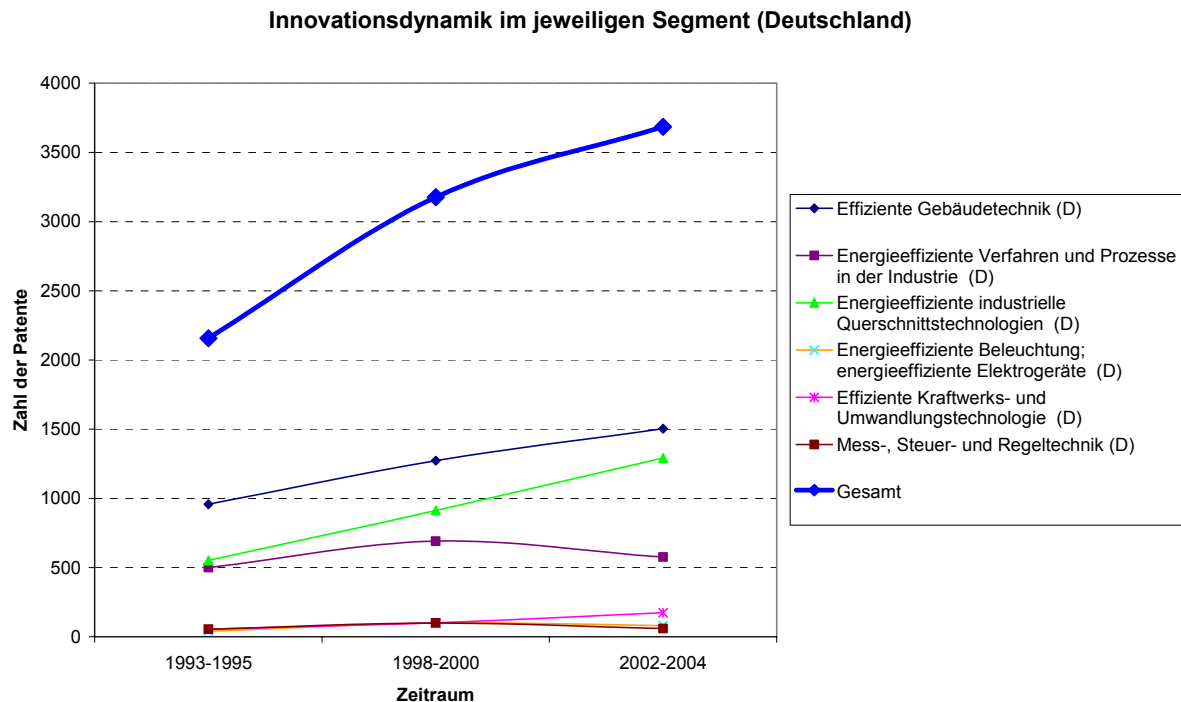
Abbildung 6-1:

Patentdynamik Energieeffizienz nach Hauptsegmenten 1993 – 2004 (weltweit)



Quelle: Fraunhofer-ISI.

Abbildung 6-2:
Patentdynamik Energieeffizienz nach Hauptsegmenten 1993 – 2004 (Deutschland)



Quelle: Fraunhofer-ISI.

6.2.2 Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik im Bereich Rohstoffeffizienz

Unter "Ressourceneffizienten Technologien" werden hier Technologien verstanden, die eine effizientere Nutzung von Rohstoffen erlauben. Diese Definition lehnt sich an die Definition "Umwelttechnologie" an, wie sie Environmental Technology Action Plan (ETAP) der Europäischen Kommission zu finden ist. Nach ETAP sind ressourceneffiziente Technologien eine Teilmenge der Umwelttechnologien (EC 2004). Der Begriff Technologie schließt auch organisatorische Innovation (bspw. Produktsharing) ein. Grundsätzlich steht ein breites Bündel von ressourceneffizienten Technologien zur Verfügung, die sich allerdings hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Bedeutung als Exportfaktor stark unterscheiden. Im Folgenden werden Technologielinien für die Teilbereiche Kreislaufwirtschaft und Entsorgung, Natürliche Ressourcen sowie Rohstoffmanagement genauer untersucht:

Kreislaufwirtschaft und Entsorgung

(a) Recycling von Produktionsabfällen.

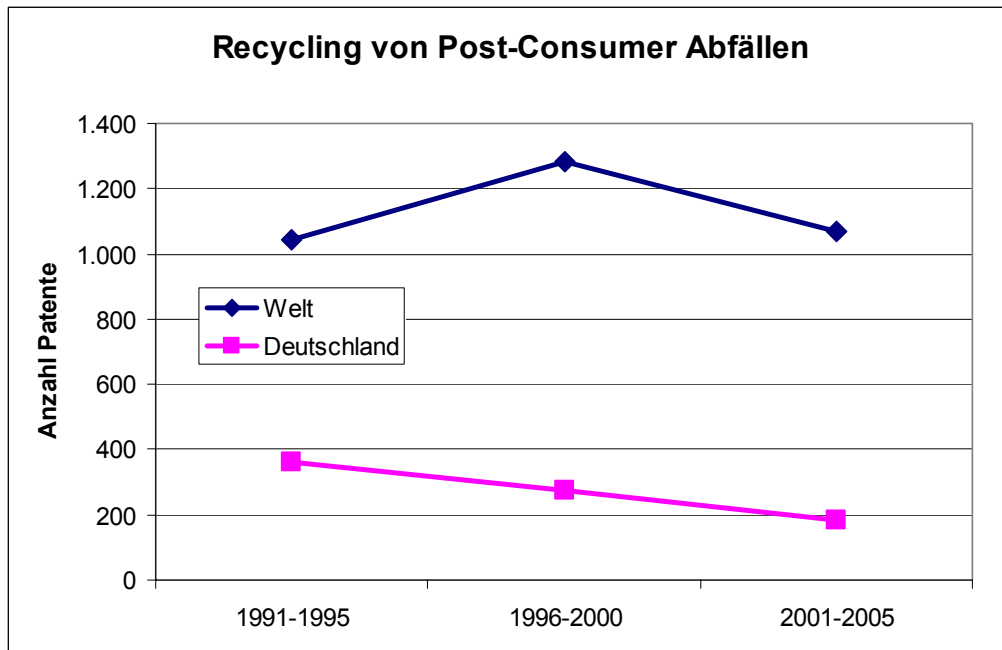
Hier ist zu unterscheiden zwischen dem Recycling von Prozessabfällen im gleichen Prozess (Umlaufmaterial), bspw. der Rückführung von Fehlchargen in den Glas-schmelzprozess und dem Recycling von Prozessabfällen an einer anderen Produktion, bspw. der Nutzung von Kraftwerksflugasche oder Hochofenschlacke bei der Zementherstellung. In modernen Produktionsanlagen, wie sie für die industrialisierten Länder typisch sind, werden die vorhandenen Potentiale schon in erheblichem Umfang genutzt.

(b) Recycling von Post-Consumer-Abfällen.

Zu den Post-Consumer-Abfällen zählen Verpackungsmaterial (Kunststoffe, Papier, Hohlglas, Aluminiumdosen, Weißblech), Papier, Biomüll, Hausgeräte, IuK-Produkte, Altautos, Bauschutt etc. Dies ist ein sehr dynamischer Bereich, der durch Rücknahme-verordnungen getrieben wird. Nur zum Teil, bspw. bei Stahl, Kupfer und Platinmetallen aus Abgaskatalysatoren, sind die ökonomischen Anreize für das Recycling ausreichend.

In Abbildung 6-3 ist exemplarisch die Entwicklung der Patentanmeldungen bei jenen technologischen Innovationen zusammengestellt, die für das Recycling von Post-Consumer Abfällen genutzt werden können. Der Rückgang der deutschen Patentanmeldungen seit den neunziger Jahren zeigt eine Innovationskonjunktur, die der Umweltpolitik folgt. Der Hintergrund dieser Entwicklung wird im Kapitel 6.4.2.1 näher begründet. Während sich in Deutschland die Zahl der einschlägigen Patentanmeldungen beinahe halbiert hat bleibt die Schwankung weltweit unter 30 %.

Abbildung 6-3:
Patentdynamik bei den Technologien zum Recycling von Post-Consumer Abfällen



Quelle: Fraunhofer-ISI.

Natürliche Ressourcen

- (c) Rückgewinnung von Rohstoffen aus Altdeponien.

Die praktizierte Abfallentsorgung, insbesondere in der Vergangenheit, macht Abfalldeponien mehr und mehr zu interessanten Rohstofflagern. Allein in den Deponien der USA werden 56 Mio. t Kupfer vermutet, beinahe das Vierfache der Weltjahresproduktion. Die Technologie ist im Wesentlichen vorhanden, der Zeitpunkt ihrer breiten Nutzung wird von den künftigen Rohstoffpreisen bestimmt.

- (d) Nutzung nachwachsender Rohstoffe.

Ein Beispiel ist die Nutzung von Naturfasern für die Herstellung von Bauteilen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen anstelle von Glasfasern, wie es bspw. in der Automobilindustrie praktiziert wird. Die Technologie befindet sich noch in einer frühen Entwicklungsphase und besitzt ein erhebliches Innovationspotential.

Rohstoffmanagement

- (e) Ressourcenschonende und abfallarme Produktionsverfahren.

Darunter fällt eine Vielzahl von Prozesstechnologien in allen Wirtschaftssektoren. Ein Beispiel ist die Pulverlackierung, bei der Overspray vollständig zurückgewonnen wird.

Die Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR) ist *ein* Instrument zur Verbesserung der Prozesstechnologie. Dies ist ein heterogenes Feld, in dem ein erhebliches Innovationspotential vermutet wird.

(f) Leichtbautechniken.

Hierbei werden unterschiedliche Werkstoffqualitäten und Werkstoffe durch Fügen so verbunden, dass eine Gewichtseinsparung entsteht. Ein Beispiel sind Tailored Components in der Automobiltechnik. Dabei werden maßgeschneidert auf die lokalen Festigkeitsanforderungen unterschiedliche Werkstoffe, Werkstoffqualitäten und –dimensionen zu einem Gewicht sparenden Bauteil verbunden (gefügt). Auch bionische Konstruktionsprinzipien werden für den Leichtbau genutzt. Es handelt sich um ein dynamisches Feld mit erheblichem Zukunftspotential.

(g) Langlebiges und reparaturfreundliches Produktdesign.

Die Verlängerung der Lebensdauer von Produkten verlangsamt den Stoffumsatz. Oft besitzen allerdings neue Produkte umwelttechnische Vorteile, so dass der optimale Ersatzzeitpunkt in jedem Einzelfall individuell zu bestimmen ist. Die Technologie trifft auf den Widerstand der Hersteller, die Absatzrückgänge befürchten.

(h) Kooperative Produktnutzung.

Beispiele sind das Carsharing oder die gemeinschaftliche Nutzung von Waschmaschinen in Wohnblocks. Gemeinschaftliche Nutzung eines Produkts verringert den Produktbestand, mit entsprechenden Auswirkungen auf den Stoffumsatz. Der Trend zur Individualisierung dürfte dem Ausbau solcher Konzepte Grenzen setzen.

(i) Miniaturisierung.

Bei der Miniaturisierung von Bauteilen (bspw. Speicherchips) und Produkten (bspw. Handys) handelt es sich um einen autonomen Trend, der den Rohstoffbedarf vermindert. Der Trend, der nicht vom Bestreben nach Rohstoffeinsparung getragen wird, hält ungebrochen an. Die Nanotechnologie und die molekulare Biotechnologie werden seine Geschwindigkeit noch erhöhen.

(j) Anwendungen der Nanotechnologie.

Bestimmte Anwendungen der Nanotechnologie führen zu Stoffeinsparungen. Ein Beispiel sind nanotechnische Lackgrundierungen, die in dünnerer Schicht den gleichen

Korrosionsschutz bieten wie die Eisenphosphatierung und obendrein schwermetallfrei sind. Während für den nanotechnischen Korrosionsschutz 200 g/m² ausreichen, benötigt die konventionelle Eisenphosphatierung mit 600 g/m² die dreifache Lackmenge. Die Nanotechnologie und ihr Pendant bei lebenden Organismen, die molekulare Biotechnologie, sind mächtige Werkzeuge mit einem außerordentlich großen Zukunftspotential. Ihre Entwicklung wird nicht vom Bestreben nach Rohstoffeinsparung getrieben.

6.2.3 Bewertung aus Sicht der Unternehmen

Aus Sicht der befragten Unternehmen werden Innovationen im Handlungsfeld Energie- und Rohstoffeffizienz übergreifend durch drei wesentliche Entwicklungslinien bestimmt: Verbesserte Materialien, intelligenter Elektronik und Steuerung sowie stärkere Vernetzung von Gesamtsystemen.

Kreislaufwirtschaft und Entsorgung

Die Forschung der Unternehmen konzentriert sich auf die zwei grundsätzlichen Verwendungsmöglichkeiten von Müll, d.h. die stoffliche Wiederverwendung und die thermische Verwertung sowie die dafür benötigten Verfahren und Technologien. Ein weiteres Forschungsfeld ist die Optimierung der Entsorgungstechniken, beispielsweise durch neue Müllabfuhrtechniken (z. B. Seitenlader) oder die Vollautomatisierung der Sortierung mit Trennung nach unterschiedlichen Kunststoffarten. Daneben werden auch neue Entsorgungskonzepte entwickelt, beispielsweise die direkte Absaugung von Müll aus Wohnhäusern, Bringsysteme für Sammlung von Abfall in lokalen Zentren (d.h. Systeme, bei denen der Abfall statt heute dezentral zukünftig semi-zentral in einzelnen Wohnblocks von den Bewohnern gesammelt wird) oder die unterirdische Entsorgung. Da seit 2005 keine nicht vorbehandelten Siedlungsabfälle mehr deponiert werden dürfen, wird auch die Weiterentwicklung von mechanisch-biologischen Vorbehandlungsanlagen stärker vorangetrieben werden.

Kraftwerkstechnologie

Energieträgerunabhängig wird an einer Weiterentwicklung und Effizienzsteigerung der Schlüsselemente (Gas- und Dampfturbinen, Verdichter, Motoren) gearbeitet. Ein Trend in der Effizienzsteigerung ist die Steigerung der Prozessparameter Druck und Temperatur in Dampfkraftwerken ("700° C-Technologie"). Des Weiteren wird die aerodynamische Effizienz der Turbinen verbessert. Geforscht wird zudem an Kombinationskraftwerken aus Gas und

Dampf sowie Brennstoffzellen-Hybridkraftwerken (kombinierte Brennstoffzellen- und Gasturbinenkraftwerke), die den theoretisch höchsten Wirkungsgrad bieten. Durch die Gewinnung von Gas aus Kohle (Kohlevergasung) können derartige Kombikraftwerke zukünftig auch mit Kohle betrieben werden (IGCC-Kraftwerke). Auch Gas aus Biomasse bietet sich für den Einsatz in einem solchen Kombikraftwerk an.

Wesentliche Effizienzsteigerungen versprechen sich die Unternehmen auch durch die ganzheitliche Optimierung der Energieinfrastruktur. Sobald sich Technologien wie Solarenergie, Miniblockheizkraftwerke oder Geothermie dezentral durchsetzen, wird die Strominfrastruktur vor neue Herausforderungen gestellt. Insbesondere die effiziente Einspeisung der Energie aus derartigen "virtuellen Kraftwerken" mittels intelligenter Netztechnik wird hier zur Herausforderung für die Netzbetreiber.

Ein weiterer wichtiger Trend in der Kraftwerkstechnologie ist die Reduktion und die komplette Vermeidung von CO₂-Emissionen bei Kohle- und Gaskraftwerken (Carbon Capture & Storage-Technologien (CCS)). Mit einer Inbetriebnahme eines solchen CO₂-freien Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)-Kraftwerks für den Netzbetrieb ist nach Unternehmensangaben aber nicht vor dem Jahr 2014 zu rechnen. Eine Pilotanlage wird in Deutschland für das Jahr 2008 entstehen (Vattenfall).

Mess-, Steuer- und Regeltechnik (MSR)

Technologietrends bei der MSR-Technik sind Materialverbesserungen, der verstärkte Einsatz von Elektronik sowie die Prozessoptimierung beim Zusammenspiel von Anlagenkomponenten. Mechanik und Elektronik werden weiter miniaturisiert und verschmelzen zunehmend miteinander (Mikromechatronik). Zudem wird sich der Trend fortsetzen, analoge Prozesse zunehmend durch digitale zu ersetzen.

Ein wesentliches Entwicklungsfeld für industrielle Anwendungen der MSR-Technik ist die Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit und die Reduktion des Personaleinsatzes durch automatische Steuerung im Betrieb sowie durch Fernwartung im Service. Dazu ist eine störungsfreie Anbindung der Systemelemente notwendig und es werden zunehmend selbstwartende Komponenten eingesetzt ("preventive maintenance"). Zur Einbindung in solche automatischen Steuerungssysteme werden die Komponenten immer stärker vernetzt und in komplexe IT-Systeme integriert. Der Nutzer kann dann über ein zentrales Steuercockpit auf die Anlagen zugreifen. Die Signalübertragung über weite Strecken oder bei aufwändigen Vernetzungen

wird zukünftig zunehmend per Funk erfolgen. Der Trend geht zu vernetzten Anlagen und Produktionsanlagen, die auch über weite Entfernungen zentral gesteuert werden können. Auch im Bereich der Sensorik und der Spektrometrie werden weitere technologische Fortschritte erwartet (z. B. automatisierte Messungen der Wasserqualität).

Gebäudetechnik

Im Bereich der *Wärmedämmung* wird an verbesserten Isolierungen und einer Verringerung der Dicke von Dämmstoffen geforscht. Verbesserte Vakuumdämmplatten werden bei geringerer Dämmstoffdicke stark verbesserte Dämmwerte erreichen, außerdem werden transparente Wärmedämmstoffe (TWD) entwickelt. In der *Fensterbranche* geht der Trend zu weiterer Elektrifizierung der Fenster und zur Einbindung in die Gebäudeleittechnik. Die nächste Generation von Niedrigenergiefenstern wird außerdem eine weitere Steigerung des Dämmwertes mit sich bringen (6-Kammern-Systeme).

Der Schwerpunkt der Forschungsbemühungen im Bereich der *Klima- und Heizungstechnik* liegt auf der weiteren Optimierung der bestehenden Techniken (z. B. durch neuartige Kühlflüssigkeiten, bessere Steuerungs- und Prozesstechnik). Weitere Themen sind Geräuschreduktion und höhere Haltbarkeit mittels neuer Materialien (z. B. Stahl-Plastik-Kombinationen). Als wichtige Innovation wird von den Unternehmen die so genannte freie Kühlung gesehen, die sich in den nächsten fünf Jahren am Markt durchsetzen wird. Dabei handelt es sich um ein Kühlverfahren, bei dem die frei zur Verfügung stehende Kälte der Außenluft (z. B. Nachtluft) zur Erzeugung eines gewünschten Klimas genutzt wird (z. B. mittels Speicherung). Auch in der Sensorik von Klimageräten werden technologische Weiterentwicklungen erwartet, so dass die Geräte beispielsweise erkennen, wann sie weniger oder mehr Leistung bereitstellen müssen. In der Heizungstechnik wird an effizienten und marktfähigen Brennstoffzellen geforscht. Im Komponentenbereich werden bei Ventilatoren und Elektromotoren Fortschritte erwartet: Die Verwendung von EC- statt AC-Motoren, d.h. von elektronisch kommutierten (EC) Motoren anstelle von klassischen "alternating current" (AC)-Motoren, ermöglicht beispielsweise die Steigerungen der Wirkungsgrade. Zukünftig wird zudem eine verbesserte Regelbarkeit (Anpassung der Leistung an Bedarf) und eine stärkere Vernetzung (BUS-Tauglichkeit) zur Integration einzelner Anlagen in komplexe Klimasysteme möglich sein.

Im Bereich der *Gebäudeautomation* wird die eingesetzte Mess- Steuer- und Regel-Technik die Endgeräte (z. B. Klimaanlage, Jalousien) immer "intelligenter" machen. Diese verfügen zukünftig über bessere Sensoren und ermöglichen dadurch eine automatische Steuerung.

Schätzungen gehen davon aus, dass im Jahr 2010 zwei Drittel aller Hausgeräte per Funk vernetzt sein werden. Über den zunehmenden Einsatz von Funktechnik in den Geräten eröffnen sich auch neue Marktpotentiale, da dann Gebäudemanagement-Technik auch ohne großen baulichen Aufwand nachgerüstet werden kann.

Energie- und Rohstoffmanagement

Schwerpunkt der Betrachtung im Produktbereich Energie- und Rohstoffmanagement bilden die Geräte mit den höchsten Stromverbrauchen, damit also insbesondere Haushaltsgeräte (Weiße Ware), Elektromotoren und Leuchtmittel. Durch Effizienzsteigerungen können hier signifikante Einspareffekte erzielt werden.

Das technische Effizienzsteigerungspotential im Bereich der *energieeffizienten Haushaltsgeräte* gilt als bereits weitgehend ausgeschöpft. Marginale Verbesserungen werden noch aus dem Bereich der Mechatronik (Einsatz intelligenterer Motoren und Sensoren) erwartet. So kann z. B. der Waschmittelverbrauch durch bedarfsgerechte Einspülung reduziert werden ("dosiertes Waschen"). Durch Vernetzung und intelligente Kontrolle von Haushaltsgeräten können Energieeinsparpotentiale realisiert werden (z. B. über die Vermeidung von Stromspitzen). Diese Technik wird schon heute angeboten, benötigt aber nach Aussage der befragten Unternehmen noch mindestens fünf Jahre, um sich flächendeckend durchzusetzen. Ein größerer Hebel für tatsächliche Einsparungen stellt nach Aussage der Unternehmen der breitere Einsatz der gegebenen Technologie und ein verstärkter Ersatz von alten durch neue und ressourcenschonendere Geräte dar.

Im Bereich der *energieeffizienten Beleuchtung* wird eine kontinuierliche Verbesserung der Produkte erwartet, z. B. durch den Einsatz gering toxischen Quecksilbers, durch Miniaturisierung, durch Erweiterung des Lichtspektrums, durch Steigerung der Lebensdauer sowie durch verbesserten Splitterschutz. Organische Leuchtdioden (OLEDs) sind eine weitere wichtige Entwicklung, die allerdings nach Aussage der befragten Unternehmen auch langfristig keine weitgehende Substitution klassischer Leuchtmittel erreichen werden. Erste OLED-Produkte sollen 2007 auf den Markt kommen (im Bereich kleine Folien). OLEDs auf größeren Folien (40x50 cm) werden jedoch erst in ca. zehn Jahren marktfähig sein.

Bei der Entwicklung *effizienter Elektromotoren* werden in den nächsten Jahren keine signifikanten Technologiesprünge erwartet. Ansätze für weitere Optimierungen sind beispielsweise der Einsatz neuer Materialien (Kupfer statt Eisen) oder Verbesserungen in der Regeltechnik

(variablere Ansteuerung). Bereits heute sind hochwertige Motoren um ca. 20 % energieeffizienter als durchschnittliche Motoren.

Natürliche Ressourcen

Im Bereich der *Dämm- und Baustoffe* auf natürlicher Basis wird es aus Unternehmenssicht nur zu geringen Weiterentwicklungen kommen. Denkbar sind neue Anwendungsbereiche und der Einsatz neuer Rohstoffe (z. B. Schafswolle oder Abfallprodukte der Braunkohle). Im *Wandsystemmarkt* werden zunehmend aufeinander abgestimmten Systemkomponenten (z. B. Gips, Mörtel etc.) entwickelt. .

Bei den *Werk- und Kunststoffen auf natürlicher Basis* werden dagegen große technologische Fortschritte erwartet: Ziel ist die Erzeugung alternativer Werk- und Kunststoffe zur Substitution der kompletten Bandbreite konventioneller Kunststoffe, bei gleichen oder besseren Materialeigenschaften und einer vergleichbaren Verarbeitbarkeit. Die Weiterentwicklung der Materialeigenschaften bemüht sich beispielsweise darum, Naturfaserkunststoffe in Zukunft nicht nur leichter oder weniger spröde, sondern ähnlich stabil wie glasfaserverstärkte Kunststoffe zu machen. Diese können dann beispielsweise auch zur Herstellung von Karosserie- oder Präzisionsteilen eingesetzt werden. Weitere Entwicklung finden im Bereich der Verarbeitungsverfahren statt: Hier werden Techniken entwickelt, um alternative Werk- und Kunststoffe in allen bekannten Verarbeitungsverfahren einsetzen zu können (Spritzguss, Fließ- und Formpresse, Extrusion, Pressen). Innovationen werden zudem im Bereich der verwendeten Rohstoffe erwartet. Die verwendeten Pflanzen werden biotechnologisch verändert, um so bessere Eigenschaften bei den Kunststoffen zu erzielen. Im Bereich der *Naturkosmetik* wird vor allem daran geforscht, das Produktangebot sukzessive auf die gesamte Breite des klassischen Kosmetikmarktes auszudehnen, soweit dies technisch möglich ist.

6.3 Marktentwicklung

6.3.1 Marktvolumina und Trends im Bereich Energieeffizienz

Die globalen Marktvolumina und –trends im Bereich Energieeffizienz wurden in verschiedenen Studien und Szenarien weltweit untersucht, u. a. in prominenten Studien der Internationalen Energieagentur. Marktvolumina im Bereich Energieeffizienz werden in der Regel nicht absolut sondern relativ zu einem Referenzszenario ausgewiesen, das in der Regel autonome Verbesserungen der Energieeffizienz mit einschließt.

Die Marktentwicklung im Bereich der nachfrageseitigen Energieeffizienz und des –managements wird von der IEA im World Energy Outlook 2004 und im World Energy Investment Outlook 2003 wie folgt bewertet (zusätzliche nachfrageseitige Investitionen kumuliert über die Jahre 2003-2030 im "Alternative Szenario"³¹ im Vergleich zum Referenzszenario):

Tabelle 6-1

Kumuliertes Marktpotential der Technologielinien zur Verbesserung der nachfrageseitigen Energieeffizienz 2003 - 2030

Milliarden US\$	OECD	Nicht-OECD	weltweit
Industrie	255	186	442
<i>davon elektr. Technologien</i>	<i>143</i>	<i>114</i>	<i>257</i>
Transport	813	279	1092
Andere Sektoren	484	128	612
<i>davon elektr. Technologien</i>	<i>373</i>	<i>61</i>	<i>433</i>
Gesamt	1552	594	2145
Gesamt ohne Transport	739	315	1053

Quelle: IEA (2004, S. 382), IEA (2003).

Insgesamt beträgt das Marktvolumen bis 2030 ohne den Transportsektor ca. 1000 Mrd. US\$, die etwa zu einem knappen Drittel in Nicht-OECD und zu zwei Dritteln in der OECD anfallen. Effiziente elektrischer Technologien in Industrie und Gebäuden repräsentieren etwa zwei Drittel der Investitionen ohne Transport, die Industrie steht für gut 40 %, während der Gebäudereich einschließlich nicht-industrieller elektrischer Technologien ca. 60 % repräsentieren. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Investitionen auf der Nachfrageseite zu einer Reduzierung der Investitionen auf der Angebotsseite von etwa der gleichen Größe führen.

6.3.2 Marktvolumina und Trends im Bereich Rohstoffeffizienz

Die Technologielinien im Handlungsfeld Rohstoffeffizienz bestehen aus zahlreichen Einzeltechnologien, deren Marktpotential sich quantitativ noch nicht vollständig eingrenzen lässt. Dies liegt an der vergleichsweise geringen rohstoffbezogenen Forschungstätigkeit. Während nach der ersten Ölkrise in den Jahren 1972/1973 eine massive Beschäftigung mit den Mög-

³¹ Dieses Szenario nimmt an, dass weltweit Politiken umgesetzt werden, die derzeit in Diskussion sind oder von denen mit einiger Wahrscheinlichkeit erwartet werden kann, dass sie umgesetzt werden. Energieeffizienz spielt hierbei eine Schlüsselrolle. Die Marktvolumina sind zusätzliche Potenziale im Vergleich zum Referenzszenario. Im Referenzszenario sind nur Politiken berücksichtigt, die bereits bis Mitte 2004 verabschiedet waren. Das Marktvolumen für Technologien zur Verbesserung der nachfrageseitigen Energieeffizienz im Referenzszenario ist nicht quantifiziert.

lichkeiten einer effizienten Energienutzung und ihren Auswirkungen auf den künftigen Energiebedarf eingesetzt hat, ist ein als ähnlich dramatisch empfundener Anlass bei den Rohstoffen bisher ausgeblieben.

In der folgenden Tabelle wird eine qualitative Einschätzung des erschließbaren monetären Marktpotentials der Technologielinien im Handlungsfeld versucht. Hemmnisse, die der Verbreitung der einzelnen Techniken entgegenstehen, sind dabei berücksichtigt.

Tabelle 6-2

Einschätzung des Marktpotentials der Technologielinien für die Verbesserung der Rohstoffeffizienz

Technologielinie	Globales Marktpotential
Kreislaufwirtschaft und Entsorgung	
(a) Recycling von Produktionsabfällen	mittel
(b) Recycling von Post-Consumer-Abfällen	hoch
Natürliche Ressourcen	
(c) Rückgewinnung von Rohstoffen aus Deponien	mittel
(d) Nutzung nachwachsender Rohstoffe	hoch
Rohstoffmanagement	
(e) Leichtbautechniken	hoch
(f) Ressourcenschonende und abfallarme Produktionsverfahren	sehr hoch
(g) Langlebiges und reparaturfreundliches Produktdesign	mittel
(h) Kooperative Produktnutzung	niedrig
(i) Miniaturisierung	nicht abschätzbar ⁽¹⁾
(j) Anwendungen der Nanotechnologie	nicht abschätzbar ⁽¹⁾

(1) Trend wird nicht von Bestreben nach Rohstoffeffizienz getrieben

Die weltweit erbrachten Dienstleistungen für die Abfallentsorgung werden auf 270 Mrd. € geschätzt. Sie schließen die Erfassung von Siedlungs- und Industrieabfällen, ihre Sortierung, das Recycling und die Beseitigung auf Deponien ein, einschließlich der thermischen, mechanisch-biologischen oder sonstigen Vorbehandlung. Etwa 55 Mrd. € dürften davon auf das Sortieren und Recyceln der Abfälle entfallen. Das Volumen dieses Dienstleistungsmarkts mag ein Indiz für die beträchtliche globale Nachfrage nach Abfall- und Recyclingtechniken sein.

Exemplarisch für die Technologielinie des Rohstoffmanagements wird die Pulverlackierung als ein ressourcenschonendes Produktionsverfahren herausgegriffen. Der weltweite Umsatz mit Pulverlacken wird auf 2,5 Mrd. € geschätzt, mit stark steigender Tendenz. Der Trend wird wesentlich durch das Bestreben nach Lack- und Kosteneinsparung getragen (Frost & Sullivan 2003). Dem Lackumsatz hinzuzurechnen ist ein nicht bekanntes Marktvolumen für die Applikationstechnik.

6.3.3 Marktgröße und Zielmärkte aus Sicht der Unternehmen

Westeuropa wird für die befragten Unternehmen in Zukunft der wichtigste Zielmarkt für Unternehmen bleiben. Das stärkste Wachstum wird aus Osteuropa und Russland erwartet. Auch die Bedeutung der USA wird als Markt nimmt zu. Dies erklärt sich über die regionale und kulturelle Nähe, steigende gesetzliche Anforderungen, wachsenden Wohlstand und erhöhte Umweltsensibilität in den Absatzregionen. Ein weiterer wichtiger Grund für das Wachstum in diesen entwickelten Industrieländern ist die dort bereits vorhandene Bereitschaft, in hochwertige und hochpreisige Produkte zu investieren.

Einen zweiten Wachstumsschwerpunkt bilden nach Auskunft der Unternehmen China und insbesondere Indien: Hier wird sich die Nachfrage auf Industrieinfrastruktur (MSR und Kraftwerkstechnologie) konzentrieren, aber auch Gebäudetechnik wird zunehmend gefragt werden. Mit steigendem Wohlstand werden dort dann auch mehr Konsumgüter abgesetzt werden.

Kreislaufwirtschaft und Entsorgung

Der globale Markt für Recyclinganlagen hat gegenwärtig ein Volumen von ca. 5 Mrd. €. Vor allem in Europa ist ein starkes Wachstum von bis zu 15 % festzustellen. Dies ist überwiegend auf die steigenden gesetzlichen Anforderungen zurückzuführen. Gesetzliche Vorschriften zu geschlossenen Produktkreisläufen oder dem vollständigen Recycling von Autos und Elektrogeräten sorgen für eine verstärkte Nachfrage nach neuen Konzepten (z. B. Aufbereitungsfabriken zum Kfz-Recycling). Zudem wird die energetische Nutzung von Müll zukünftig an Bedeutung gewinnen. Beispiele sind die Energiegewinnung aus der Deponiegasen und die Rohstoffrückgewinnung aus Kunststoffen im Recyclingprozess.

Die veränderte Nachfrage nach voll integrierten, größeren und technologieintensiveren Lösungen wird aus Sicht der befragten Unternehmen mittelfristig eine weitere Konsolidierung der Branche auslösen. Kleine Unternehmen werden aufgrund des Kostendrucks und der Nachfragestruktur nur schwer bestehen können. Die EBIT-Margen³² sind bereits heute bei durchschnittlich 5 % eher moderat. Da die Profitabilität der Kernsegmente abnimmt, werden die Unternehmen zunehmend gezwungen, sich über neue Geschäftsmodelle und Leistungsange-

³² EBIT = Earnings before interest and taxes (operatives Unternehmens-Ergebnis)

bote am Markt zu positionieren (z. B. über ein erweitertes Service-Portfolio oder Spezialisierungen wie etwa das Batterierecycling).

Bereits heute exportieren die deutschen Unternehmen einen Großteil ihrer Produkte (bis zu 80 %) ins Ausland. Dabei ist Westeuropa für die befragten Unternehmen gegenwärtig der mit Abstand wichtigste Markt und wird dies auch in Zukunft bleiben. Bereits heute sind Osteuropa und Russland wichtige Exportmärkte, in denen ein hohes Wachstum erwartet wird. Auch Nordamerika und Indien werden aus Sicht der Unternehmen an Bedeutung gewinnen.

Kraftwerkstechnologie

Bedingt durch hohes Markt-, Wirtschafts-, und Bevölkerungswachstum haben Länder wie China und Indien einen hohen Bedarf an neuen Kraftwerken. In den entwickelten Industrieländern werden hingegen nur wenige neue Kraftwerke benötigt. Hier besteht insbesondere Erneuerungs- und Modernisierungsbedarf bei bestehenden Kraftwerksanlagen. Ein weiterer Trend ist die wachsende Nachfrage nach effizienteren und umweltfreundlicheren Kraftwerkstechnologien bedingt durch die Verknappung und Verteuerung fossiler Rohstoffe. Wachsendes öffentliches Interesse und gesetzliche Vorgaben zur Emissionsreduktion bewirken zudem eine verstärkte Nachfrage nach emissionsreduzierten, umweltfreundlicheren Kraftwerken. Dabei spielt auch die Umsetzung des Kyoto-Protokolls eine wichtige Rolle.

Die befragten Unternehmen gehen davon aus, dass auch der Energiemix der Zukunft zum Großteil auf fossile Rohstoffe zurückgreift. Folglich werden konventionelle Kraftwerke weiterhin nachgefragt werden. Vor diesem Hintergrund gehen die befragten Unternehmen von einem jährlichen Marktwachstum von 5 bis 10 % bei einem gegenwärtigen Weltmarktvolumen von ca. 50 Mrd. € im Bereich effizienter Kraftwerkstechnologie aus.

Einhellig berichten die Unternehmen von einem stärker werdendem Wettbewerb. Momentan liegen die EBIT-Margen der Branche in Deutschland nach Unternehmensaussagen bei ca. 10 %, wobei hier in Zukunft von einem leicht rückläufigen Trend ausgegangen wird.

Gegenwärtig sehen die befragten Unternehmen China als den wichtigsten Absatzmarkt für ihre Produkte. Auch Südamerika ist ein wichtiger Markt. China wird in seiner Bedeutung zukünftig nur geringfügig weiter wachsen. Starkes Wachstum wird in Indien erwartet, das damit China als bedeutendsten Absatzmarkt ablösen. Nord- und Südamerika werden in Zukunft leicht an Bedeutung gewinnen, genauso wie Osteuropa und Russland. Diese Entwick-

lung verdeutlicht die Internationalisierung der Branche. Bereits heute liegt der durchschnittliche Exportanteil der befragten Unternehmen bei über 50 %.

Langfristig wird die Produktion zunehmend ins Ausland verlagert werden, da sich auch die Nachfrage stark internationalisiert. Insbesondere im Hinblick auf China sehen sich die Unternehmen jedoch in einem Dilemma: Einerseits ist die chinesische Nachfrage hoch und der Markt so lukrativ, dass jedes Unternehmen dort Aufträge akquiriert. Gleichzeitig sehen die befragten Unternehmen aber das Risiko, dass chinesischen Kraftwerksbetreiber damit in den Besitz von Know-how gelangen und es zu einem (ungewollten) Technologietransfer kommt. In der Folge könnten mittelfristig chinesische Firmen mit westlicher Hochtechnologie auf den Weltmarkt drängen.

Mess-, Steuer- und Regeltechnik

Der weltweite Markt für Mess-, Steuer- und Regeltechnik wird von den befragten Unternehmen auf ca. 100 Mrd. € geschätzt, das Wachstum liegt bei 5 %. International wächst die Nachfrage vor allem in den Schwellenländern, da gegenwärtig und auch in Zukunft große Investitionen in neue Anlagen und Fabriken getätigt werden.

In Deutschland erzeugen steigende Energie- und Rohstoffpreise einen wachsenden Bedarf an zusätzlichen Einspareffekten durch verbesserte MSR-Technik. Zusätzlich eröffnet zum Beispiel die Ökosteuer und das gewachsene Umweltbewusstsein in den Abnehmerindustrien den Produzenten neue Chancen. Ein weiterer Grund für die hohe Nachfrage liegt in der positiven Entwicklung der Umweltindustrien und der erneuerbaren Energien. Beispiele für diese Entwicklungen sind:

- Erhöhte Automatisierungsgrade bei der Anlagentechnik im Energiebereich
- Der Trend zu kleineren Anlagen (z. B. Blockheizkraftwerke oder Biogas-Anlagen)
- Automatisierte Analysen der Wasserqualität in Kläranlagen und Wassernetzbewirtschaftung
- Automatisierungslösungen für Windkraftwerke und Steuerelemente von Brennstoffzellen.

Parallel steigt die Nachfrage nach kompetenter Beratungsdienstleistung für innovative Lösungsansätze.

Die Anbieter von Hochtechnologie im Bereich der MSR-Technik kommen heute noch vorwiegend aus Europa, Japan und den USA. Doch bereits heute zeichnet sich ab, dass das tech-

nologische Niveau der niedrigpreisigen asiatischen Anbieter steigt und diese bald auch im Hochtechnologie-Segment eine ernstzunehmende Konkurrenz bilden werden. Der Wettbewerb ist bereits heute stark und wird in Zukunft noch zunehmen. In der Folge wird es zu einer Branchenkonsolidierung kommen. Die EBIT-Margen werden zwischen 5% und 10 % eingeschätzt.

Die deutsche MSR-Industrie ist stark exportorientiert, Wachstumsmärkte liegen vor allem in Asien. In Deutschland sind gewachsene Lieferantenbeziehungen sehr wichtig und die Kunden achten stärker auf die Qualität. Der Preis ist nicht das Hauptkriterium bei der Kaufentscheidung. Der westeuropäische Markt gilt daher gegenwärtig noch als der wichtigste Absatzmarkt für deutsche Unternehmen. Da es dort aber in Zukunft weniger um Anlagenneubau, sondern verstärkt um Modernisierung, Optimierung und Automatisierung geht, wird der Markt an Relevanz verlieren.

In Indien und China werden die stärksten Zuwächse erwartet, diese werden in der Zukunft auch die wichtigsten Absatzmärkte für die Unternehmen aus Deutschland darstellen. Parallel gewinnen auch Osteuropa, Russland und der Nahe Osten an Bedeutung für deutsche Anbieter. Der Markt zeigt insgesamt ein wachsendes Kostenbewusstsein. Chinesische Kunden verlangen beispielsweise häufig "state-of-the-art"-Technologien, gehen dabei aber gleichzeitig sehr preisorientiert vor.

Gebäudetechnik

Der Einsatz von *Dämmmaterialien* und *modernen Fenstersystemen* kann den Energieverbrauch von Gebäuden um bis zu 50 % senken. Da 85 % aller deutschen Gebäude älter als 20 Jahre sind, besteht hier aus Unternehmenssicht ein großes Nachfragepotential für Gebäuderenovierungen. Hier versprechen sich die Unternehmen eine Belebung der nationalen Nachfrage durch die Einführung des Gebäudeenergiepasses. Bedingt durch die schlechte Baukonjunktur und geringe Neubauraten bleibe das deutsche Wachstum aber unter 5 %. International wird von einem höheren Wachstum ausgegangen.

Die im Vergleich zu den Herstellungskosten hohen Transportkosten bringen eine regionale Aufteilung des Marktes für Dämmstoffe mit einer Vielzahl von kleinen Anbietern mit sich. Im klassischen Objektmarkt sorgt der starke Wettbewerb von über 100 Anbietern in Deutschland für einen starken Preisdruck. Auf dem Hochqualitätsmarkt herrscht dagegen ein schwächerer Wettbewerb und es werden hohe Margen erzielt. Durch Konsolidierung wird es zu-

künftig wenige große und überregionale Konzerne mit dezentraler Fertigung geben, welche über Technologievorsprünge hohe Markteintrittsbarrieren schaffen können.

Der weltweite Markt für *Klima- und Heizungstechnik* wird auf ca. 80 Mrd. € geschätzt, und wächst mit ca. 5 % pro Jahr. Im Massenmarkt für Gebäudeklimatisierung wird die Nachfrage getrieben von weltweit steigendem Wohlstand und einem hohen Nachholbedarf in Asien. Diese asiatische Nachfrage ist jedoch stark preis- und weniger qualitätsgetrieben. Im Hightech-Bereich wächst die Nachfrage durch steigende technische und gesetzliche Anforderungen. Die Unternehmen beobachten auch eine verstärkte Nachfrage nach energieeffizienter Klimatechnik. Auslöser dafür sind allgemein steigende Energiepreise und die große Nachfrage aus den erneuerbaren Energien (z. B. Kühlelemente für Windkraftanlagen). Auch verschärfte Gesetzgebungen, die zur Energieeffizienz zwingen (z. B. Energieeinsparverordnung in Deutschland, Großbritannien oder Australien) und staatliche Kampagnen für Energieeffizienz (z. B. China) treiben diese Nachfrage.

Der Wettbewerb in den Märkten der Klima- & Heizungstechnik ist sehr hart und vor allem in der Klimatechnik sehr international. Er wird sich zukünftig weiter verstärken. Grund hierfür sind asiatische, vor allem chinesische Hersteller, die über Kostenvorteile in einen harten Verdrängungswettbewerb eingetreten sind. Im Commodity-Bereich gibt es heute fünf bis sechs große, internationale Anbieter sowie zahlreiche kleine bis mittlere Hersteller. Aus Sicht der befragten Unternehmen wird sich der Markt in Zukunft auf einige wenige, globale Commodity-Hersteller im Massenmarkt und einige etablierte Hightech-Hersteller in Spezialmärkten konsolidieren.

Das aktuelle Marktwachstum in der *Gebäudeautomation* ist aufgrund der schwachen Baukonjunktur in Deutschland nur gering. Auch im Bereich Service und Instandhaltung wird (vor allem von der öffentlichen Hand) gegenwärtig gespart, der angestaute Modernisierungs- und Instandhaltungsbedarf wird mittelfristig jedoch eine Nachfragestärkung erzeugen. Der Bedarf an energieeffizienten Gebäuden wird tendenziell steigen, davon wird auch die Gebäudeautomation profitieren. Dabei werden Substanz-Wertsicherung, Betriebskostenoptimierungen und Lebenszyklus-Betrachtungen immer wichtigere Themen. Auch die Unternehmen der Gebäudeautomation befinden sich in einem starken internationalen Wettbewerb. Zahlreiche Unternehmen aus der Klimatechnik und Gebäudeautomation engagieren sich im Contracting-Markt und erweitern so ihre Wertschöpfung. Den *Contracting-Anbietern* wird ein großes Wachstumspotential eingeräumt, da ein großer Teil des Marktes noch nicht erschlossen ist (weniger

als 10 % des in Betracht kommenden Gebäudebestandes). Aus diesem Grund ist auch der Wettbewerb noch nicht besonders stark ausgeprägt.

Die Nachfrage nach Angeboten zur Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz in Deutschland wird derzeit vor allem durch zwei Aspekte stark gebremst: Zum einen bietet die bestehende Gesetzeslage zur Kostenumlegung von Modernisierungsmaßnahmen auf Mieter keinen starken Anreiz zu Investitionen (Mieter profitieren, Vermieter müssen bezahlen). Zum anderen herrscht in vielen westdeutschen Ballungszentren tendenziell eine hohe Nachfrage nach Wohnimmobilien, so dass Vermieter die Attraktivität ihrer Immobilien nicht über Energieeffizienz-Argumente steigern müssen.

Der Exportanteil der befragten Unternehmen aus dem Bereich der Gebäudetechnik ist gegenwärtig mit ca. 30 % noch vergleichsweise gering. Die wichtigsten Absatzmärkte außerhalb Deutschlands sind West- und Osteuropa sowie Russland. Zukünftig werden diese drei Märkte weiter stark wachsen, wobei Osteuropa langfristig Westeuropa überholen und damit der relevanteste Auslandsmarkt sein wird. China spielt momentan noch eine unbedeutende Rolle, wird aber am stärksten wachsen und in 10 Jahren für deutsche Unternehmen praktisch so wichtig sein wie Europa. Der amerikanische Kontinent und Japan sind für die Unternehmen auch zukünftig nur von geringer Bedeutung. Wesentlicher Grund hierfür ist die Abschottung der Märkte durch abweichende technische Normen und Standards.

Energie- und Rohstoffmanagement

Der weltweite Markt für *energieeffiziente Geräte* (z. B. Haushaltsgeräte) wird von den Unternehmen auf 100-120 Mrd. € geschätzt. Für die nächsten 10 Jahren wird ein jährliches Wachstum von ca. 5 % prognostiziert. Die Märkte in Europa und den USA gelten als weitgehend gesättigt, dort beschränkt sich die Nachfrage auf das Ersatzgeschäft mit energieeffizienteren Geräten. Global gesehen steigt jedoch der Bedarf an "Grundnutzgeräten" in Regionen mit steigendem Wohlstand (z. B. Indien und China). Der Markt verlangt dabei nach Geräten, die gleichzeitig energie- und rohstoffeffizient sowie preisgünstig sind.

Die befragten Unternehmen schätzen die Wettbewerbsintensität bei energieeffizienten Geräten sowohl gegenwärtig und auch zukünftig als sehr hoch ein. Der Wettbewerb ist sehr international, Hersteller aus Asien haben dabei Kostenvorteile gegenüber deutschen Unternehmen. Gegenwärtig ist nur jedes zehnte der jährlich in Deutschland verkauften 480 Mio. Leuchtmittel eine *Energiesparlampe*. Die befragten Unternehmen gehen davon aus, dass angesichts

steigender Energiepreise und verbesserter Technik ein starkes Wachstum des Marktes von bis zu 20 % pro Jahr möglich ist. Der Markt für Energiesparlampen gilt als sehr international, wettbewerbsintensiv und stark preisgetrieben. Aufgrund des Kostendrucks ist die Produktion fast vollständig nach Asien ausgelagert. Auch die Entwicklung von neuen Lampentechnologien wird in Zukunft verstärkt in Asien stattfinden.

OLEDs (Organic Light Emitting Diodes) befinden sich erst im Markteinführungsstadium und werden als potentielle Alternative zu Energiesparlampen gesehen. Die Erschließung neuer Anwendungsgebiete (z. B. ansteuerbare Lichtfolien) wird eine stark wachsende Nachfrage auslösen. Hier wird ein Marktwachstum von bis zu 20 % erwartet. Der Markt für *OLEDs* wird sich erst noch entwickeln, die weltweiten Forschungsanstrengungen verschiedener Hersteller weisen auf eine hohe zukünftige Wettbewerbsintensität hin.

Die Nachfrage nach *Elektromotoren* ist stark preisgetrieben und nur bedingt energieverbrauchssensibel. Die befragten Unternehmen gehen davon aus, dass nur ca. 20 bis 30 Prozent der weltweit verkauften Elektromotoren als energieeffizient bezeichnet werden können. Damit bilden sie einen Markt von gegenwärtig ca. 20 Mrd. €. Die Nachfrage nach *effizienten Elektromotoren* wird in Zukunft aber steigen. Ein Nachfragewachstum wird sich indirekt vollziehen, sobald die Kunden verstärkt energieeffiziente Produkte nachfragen, in denen Elektromotoren eingebaut sind. Eine derartige indirekte Nachfragesteigerung findet derzeit in Asien statt, da dort das Thema energieeffiziente Klimatechnik stark an Bedeutung gewinnt. Das Marktwachstum wird von den befragten Unternehmen auf 5 bis 10 Prozent pro Jahr geschätzt. Der globale Wettbewerb in der Elektromotorenbranche wird als sehr hart charakterisiert. Insgesamt gibt es nur fünf bis sechs große Unternehmen, die sich bereits heute im Verdrängungswettbewerb befinden. Deutsche Unternehmen sind gezwungen, neben der Produktion verstärkt auch Forschung und Entwicklung zu internationalisieren.

Für alle untersuchten Branchen sind heute Westeuropa, Nordamerika und Osteuropa die wichtigsten Absatzmärkte. Nordamerika und Osteuropa werden in ihrer Bedeutung erheblich zunehmen. Im Bereich der Schwellenländer werden insbesondere Russland und China als Länder mit erheblichen Marktpotentialen gesehen, auch Japan wird in seiner Bedeutung wachsen. Insgesamt erwarten die Unternehmen in allen Ländern einen leicht steigenden Absatz. Der Exportanteil vieler Unternehmen in Deutschland liegt bereits heute bei weit über 50 %.

Natürliche Ressourcen

Der Markt für Dämmstoffe hat in Deutschland nach Aussagen der Unternehmen ein Volumen von ca. 4 Mrd. € und weist ein geringes einstelliges Wachstum auf. *Dämmstoffe* auf der Grundlage nachwachsender Rohstoffe haben gegenwärtig einen Marktanteil von ca. 5 %. Dieser wird nach Einschätzung der Unternehmen bis 2020 auf 15 % steigen. Die Märkte sind regional geprägt, da die Rohstoffbasis aus regionalen Produkten besteht. Der Wettbewerb im Dämmstoffbereich ist sehr stark und preisgetrieben und wird sich verstärkt internationalisieren.

Baustoffe aus natürlichen Ressourcen gewinnen ebenso an Bedeutung: Der Anteil von Holz und Ziegeln steigt bei Baustoffen kontinuierlich. Gründe für die steigende Nachfrage werden im wachsenden ökologischen Bewusstsein der Bauherren gesehen sowie in deren Bereitschaft, in höherwertige Materialien zu investieren. Auch der Markt für natürliche Baustoffe ist hoch kompetitiv, der Preis spielt in der Kaufentscheidung eine große Rolle. Auf dem Markt müssen sich Ziegel und Holz gegen andere Baustoffe wie Beton oder Kalksandstein durchsetzen. Trotzdem hat der tendenziell teurere Baustoff Ziegel einen steigenden Marktanteil, was vor allem mit den günstigen Dämmeigenschaften zu tun hat (Mehrkosten amortisieren sich bereits nach 2 Jahren). In allen drei Bereichen werden EBIT-Margen unter 5 % erzielt.

Der Markt für natürliche *Werk- und Kunststoffe* ist noch relativ klein. Dies hat vor allem damit zu tun, dass sich die Werkstoffe überwiegend noch im Entwicklungsstadium befinden. In Deutschland werden beispielsweise nur ca. 160.000 Tonnen *Naturfaserverbundstoffe* pro Jahr produziert. Mit der Erschließung neuer Einsatzmöglichkeiten (z. B. Innenausstattung und konstruktive Teile für PKW, Züge und Flugzeuge) und gleichzeitig steigender Kosten für konventionelle, erdölbasierte Werkstoffe wird ein hohes Wachstumspotential prognostiziert. Auch dem Weltmarkt für *Biokunststoffe* werden große Volumina mit starken Wachstum vorhergesagt. Er liegt nach Aussage von Unternehmensexperten heute bereits bei ca. 500 bis 700 Mio. €. In Deutschland werden pro Jahr bei steigender Tendenz etwa 30.000 Tonnen Biokunststoffe produziert. Das Marktpotential für Biokunststoffe in der EU wird auf 1,2 bis 2 Mio. Tonnen bis 2010 geschätzt, perspektivisch werden etwa die Hälfte der jährlich 6 Mio. Tonnen Kunststoffe für Verpackungen durch Biokunststoffe ersetzt werden.

Die Preissteigerung beim Erdöl ist der entscheidende Treiber für den Einsatz alternativer Kunst- und Werkstoffe: Diese sind heute noch zwischen 20 und 30 % teurer als herkömmli-

che Kunststoffe. Mit steigenden Herstellungskosten für konventionelle Kunst- und Werkstoffe werden die alternativen Kunst- und Werkstoffe kostenseitig marktfähig. Ein weiterer Treiber ist die veränderte Gesetzeslage. Industrieunternehmen sind aufgrund der geforderten Entsorgungsanforderungen zunehmend auf die Verwendung einfach zu entsorgender Komponenten angewiesen. Die Weltmarktentwicklung wird von den Unternehmen unterschiedlich beurteilt. So geht ein befragtes Unternehmen beispielsweise davon aus, dass trotz des starken Wachstums mittelfristig nur 5 % des weltweiten Werk- und Kunststoffmarktes (ca. 150 Mio. Tonnen) auf ökologischer Basis hergestellt werden.

Der Markt für "echte" *Naturfarben* ist noch relativ klein, wächst aber stark. Der Grund für das Wachstum liegt in der zunehmenden Relevanz ökologischer Themen für Bauherren. Auch die Wettbewerbsintensität bei natürlichen *Farben und Lacken* ist bereits relativ hoch, bedingt durch die steigende Nachfrage werden sich auch immer mehr Hersteller von konventionellen Produkten bemühen, in den Markt der Naturfarben einzutreten. Die EBIT-Margen liegen zwischen 5 und 10 %.

Die *Naturkosmetik* ist ein dynamischer Nischenmarkt. Experten schätzen das Marktvolumen 2006 in Deutschland auf ca. 450 bis 600 Mio. €, das weltweite Marktvolumen liegt bei 2 bis 2,5 Mrd. €. Damit hat sich der Markt seit 2003 verdoppelt. Das Wachstum liegt bei über 20 %. Gründe für das Nachfragewachstum werden in einem stärkerem ökologischen Bewusstsein der Konsumenten gesehen. Gleichzeitig hat die Naturkosmetik einen Imagewandel vollzogen und dadurch neue, junge und moderne Kundengruppen erschlossen (z.B. sogenannte "lohas": lifestyles of health and sustainability).

Im Bereich der *Naturkosmetik* rechnen die Unternehmen mit einer Verschärfung des Wettbewerbes. Alleine in Deutschland hat sich in den letzten Jahren die Anzahl der zertifizierten Naturkosmetik-Hersteller von 5 auf 60 verzehnfacht. Auch die etablierten Kosmetikunternehmen versuchen angesichts des Nachfragebooms am Marktwachstum zu partizipieren. Die EBIT-Margen im Naturkosmetikgeschäft liegen zwischen 5 und 10 %, der Weltmarktanteil deutscher Unternehmen bei ca. 25 %.

Alle befragten Unternehmen aus dem Bereich der Natürlichen Ressourcen sind gegenwärtig noch stark auf den deutschsprachigen Raum fokussiert: Folglich gilt Westeuropa als der wichtigste Markt und wird dies auch in 10 Jahren noch sein. Nordamerika und – mit etwas geringerem Gewicht – Osteuropa haben bereits heute schon eine hohe Relevanz und werden in Zukunft stark an Bedeutung gewinnen. Japan und China werden insbesondere im Kosmetik-

bereich hohes Entwicklungspotential zugesprochen. Im Werk- und Kunststoffbereich ist der amerikanische Markt schon wesentlich weiter entwickelt, ein Markteintritt für deutsche Anbieter wird damit zunehmend schwieriger.

6.4 Positionierung deutscher Unternehmen

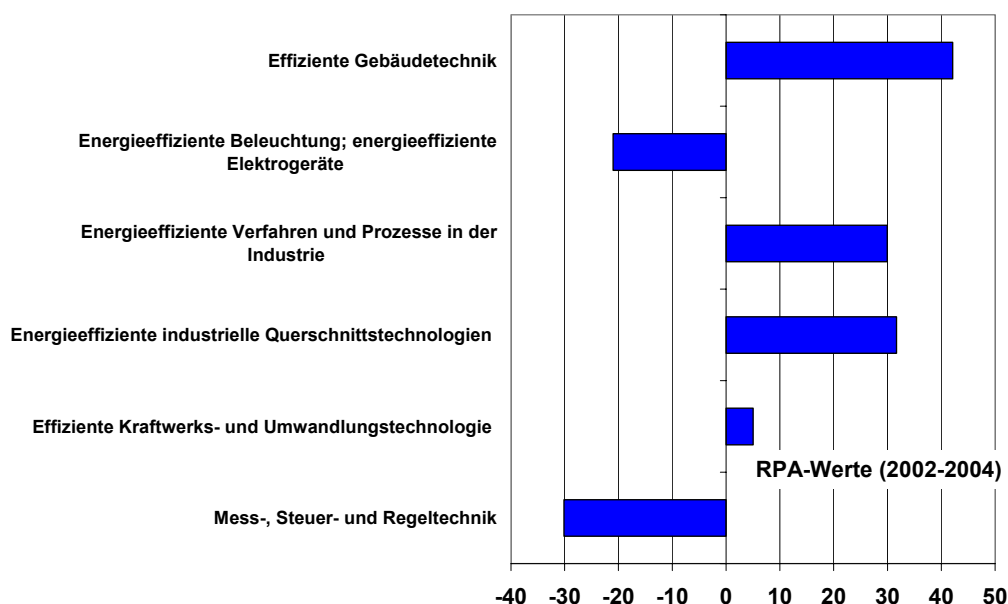
6.4.1 Energieeffizienz

Deutschland hatte bei Verarbeiteten Industriewaren 2003 einen Anteil am Welthandel von 15 %. Bei Gütern der rationellen Energieverwendung und bei Mess-, Steuer- und Regelungstechnik liegt der deutsche Anteil höher, bei Gütern zur rationellen Energieumwandlung ist Deutschlands Beitrag zum Welthandel mit etwas über 10 und 11 % hingegen recht niedrig.

6.4.1.1 Innovationsstärke

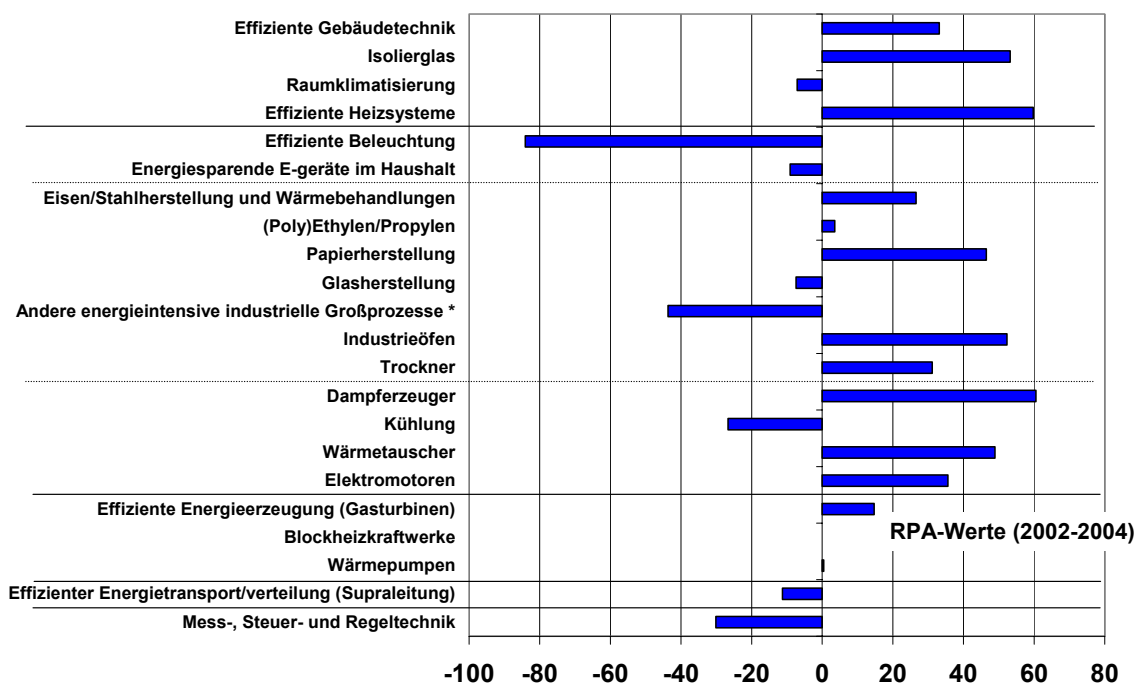
Für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit spielt die Wissensbasis eines Landes eine wichtige Rolle (s. Kapitel 5). Wenn der Anteil der Patente der betrachteten Technologie an allen Patenten für Deutschland höher ist als im Weltdurchschnitt (positiver RPA-Wert), deutet dies auf eine Spezialisierung in der Wissensbasis und damit auf eine starke Stellung Deutschlands hin. Im Bereich der Energieeffizienz ergeben sich Stärken bei der effizienten Gebäudetechnologie (mit Einschränkungen bei Verglasung und Raumklimatisierung), bei einigen industriellen Großprozessen, wo Deutschland traditionell stark ist (Eisen / Stahl, Papierherstellung), bei Industrieöfen und Trocknern, bei industriellen Querschnittstechnologien mit Ausnahme der Kühltechnologien. Schwächen ergeben sich vor allem in einigen anderen energieintensiven industriellen Großprozessen, sowie bei elektrischen Geräten / Beleuchtung und effizienten Umwandlungstechnologien. Abbildung 6-4 gibt einen Überblick über die Hauptsegmente, Abbildung 6-5 über die Teilsegmente im Handlungsfeld Energieeffizienz. Die zeitliche Entwicklung der Innovationsstärke zeigt Abbildung 6-6. Auch in der zeitlichen Entwicklung zeigen sich die genannten Stärken und Schwächen, wobei die effizienten Umwandlungstechnologien eine tendenziell zunehmend stärkere Stellung aufweisen, auch wenn das absolute Niveau des RPA noch immer niedrig liegt.

Abbildung 6-4:
Relativer Patentanteil nach Hauptsegmenten Energieeffizienz 2002 - 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI.

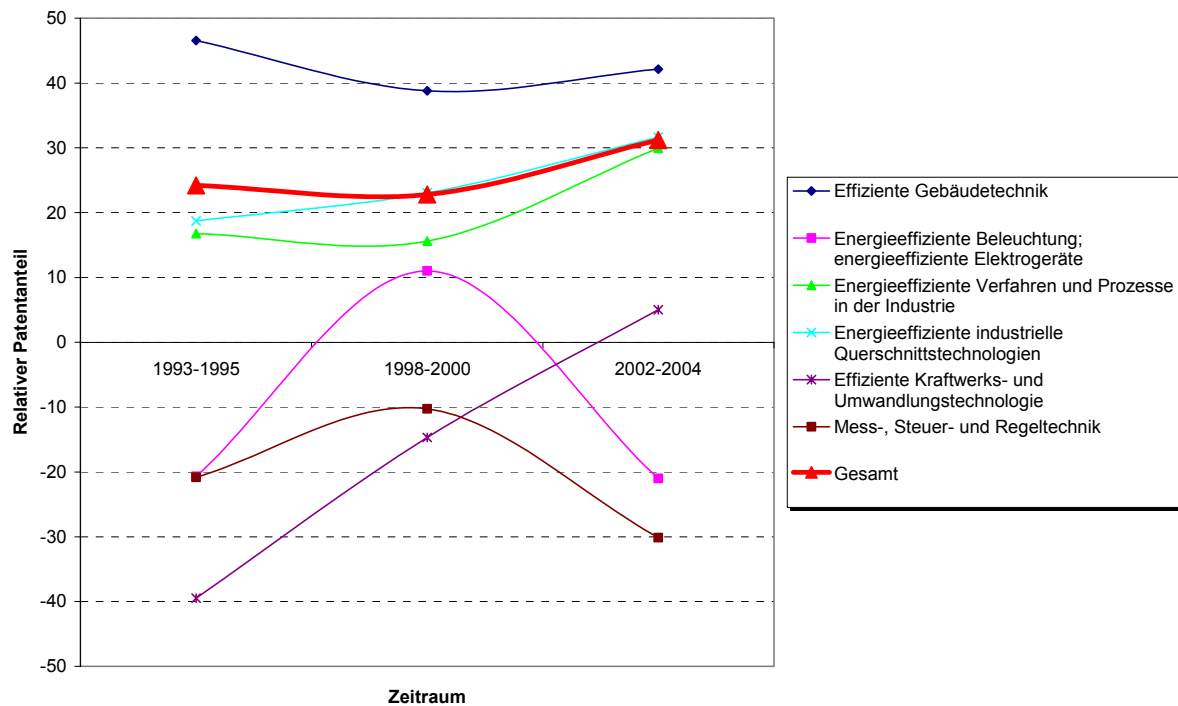
Abbildung 6-5:
Relativer Patentanteil nach Teilsegmenten Energieeffizienz 2002 - 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI.

* Chlor-Alkali-Elektrolyse, Ammoniak-Synthese, Tonerdeherstellung aus Bauxit, Kalk- und Zementherstellung, Zuckerproduktion, Aluminiumelektrolyse, Kupferelektrolyse; Zinkelektrolyse

Abbildung 6-6:
Relativer Patentanteil nach Hauptsegmenten Energieeffizienz 1993 - 2004



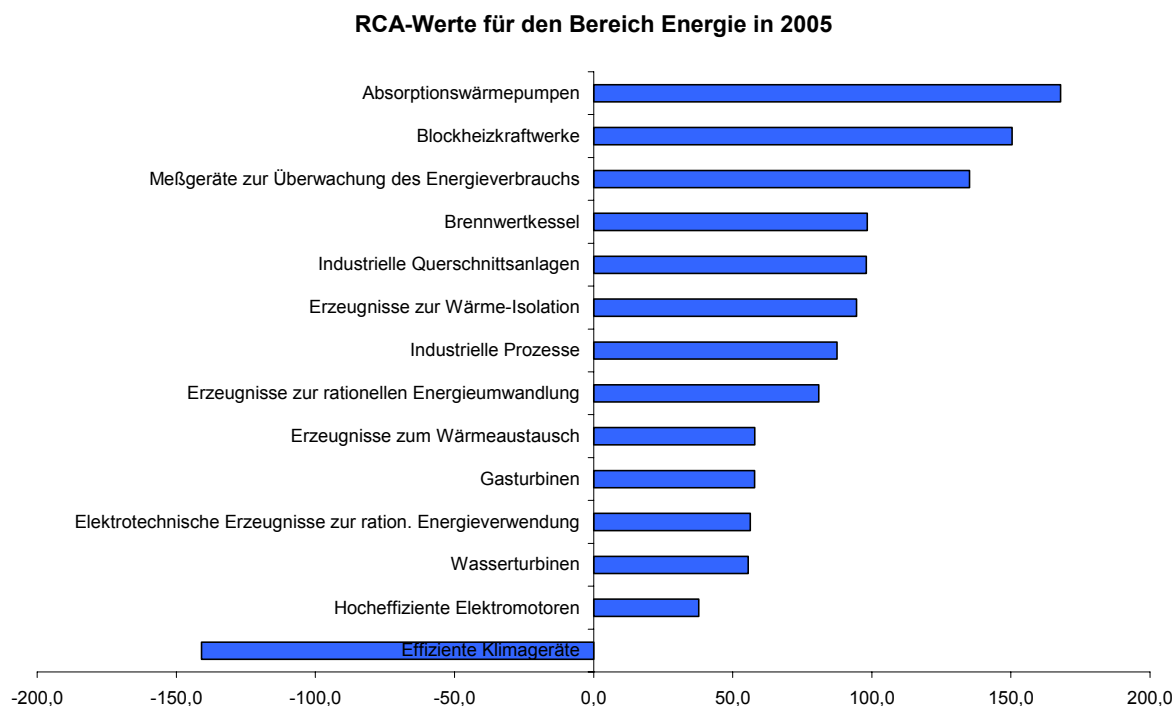
Quelle: Fraunhofer-ISI.

6.4.1.2 Außenhandelsstärke

Wenn die Außenhandelsbilanz bei den betrachteten Technologien positiver ist als bei allen anderen Technologien des Landes im Durchschnitt (positiver RCA-Wert), deutet dies auf eine Spezialisierung und damit auf eine starke Ausgangsstellung Deutschlands auf dem Weltmarkt hin. Abbildung 6-7 weist diejenigen Warengruppen aus, die für die Energieeffizienz direkt relevant sind oder bei denen aufgrund des Potentialansatzes unterstellt wird, dass sie ihrer Art nach dem Handlungsfeld dienen könnten (vgl. Kap. 5.2).

Die Untersuchung des Außenhandels mit der RCA-Analyse zeigt, dass die Bewertung bei allen betrachteten Bereichen der Energieeffizienz und der effizienten Umwandlungstechnologien einen positiven RCA liefert, mit Ausnahme der Raumklimatisierung. Bei den industriellen Prozessen konnten allerdings nur bei ganz wenigen Prozessen RCAs ermittelt werden. Bei der Mess- Steuer- und Regeltechnik sind ebenfalls kontinuierlich Spezialisierungsvorteile zu beobachten.

Abbildung 6-7:
Revealed Comparative Advantage (RCA) nach Teilsegmenten Energieeffizienz 2005



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer-ISI.

In der zeitlichen Veränderung (Tabelle 6-3) zeigt sich eine kontinuierliche Zunahme der RCA-Werte.

Tabelle 6-3

Zeitliche Veränderung der RCA-Werte für die relative Außenhandelsorientierung der Herstellung von Warengruppen aus dem Handlungsfeld "Energieeffizienz"

Bereich Energieeffizienz	1996	2001	2005
Güter zur rationellen Energieverwendung	44	71	76
Messgeräte zur Überwachung des Energieverbrauchs	31,2	114,0	135,1
Elektrotechnische Erzeugnisse zur ration. Energieverwendung	38,8	58,0	56,3
Erzeugnisse zum Wärmeaustausch	62,1	33,5	58,0
Erzeugnisse zur Wärme-Isolation	-22,6	43,8	94,5
Industrielle Querschnittsanlagen			98,0
Industrielle Prozesse			87,5
Erzeugnisse zur rationellen Energieumwandlung	92,2	130,7	80,9
Gasturbinen	-25,0	70,4	57,9
Blockheizkraftwerke	127,0	139,6	150,4
Effiziente Klimageräte	-129,0	-147,1	-141,0
Brennwertkessel	119,7	117,2	98,4
Hocheffiziente Elektromotoren			37,8

Quelle: destatis 2006.2

6.4.2 Rohstoffeffizienz

Indikatoren deuten darauf hin, dass Deutschland bei den rohstoffeffizienten Techniken gut aufgestellt ist. Es hat als erstes Land schon 1994 mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz einen Rahmen für ein rohstoffeffizientes Wirtschaften geschaffen, wenngleich seine Konkretisierung durch untergesetzliche Regelwerke dann hinter den Erwartungen zurückblieb. Immerhin wurden die Rücknahmeverordnungen für Verpackungen, Batterien, Altholz und Altfahrzeuge verabschiedet, die später auch auf europäischer Ebene auf den Weg gebracht wurden. Deutschland hat beispielsweise mit 56 % die höchste Kupfer-Recyclingquote erreicht (EU 45 %, USA 41 %, Welt 13 %). Abfalltechnik liegt bei den Exporten von Umweltschutzgütern an der Spitze und bei den Patentanmeldungen im oberen Mittelfeld der umwelttechnischen Patentanmeldungen (Legler et al. 2006).

Quantitative Indikatoren der innovationsökonomischen Leistungsmessung, wie RCA oder RPA, liegen im Handlungsfeld erst in Ansätzen vor und sind in dem komplexen Feld nur mit erheblichem Aufwand zu erarbeiten. Die folgende Tabelle enthält eine erste *qualitative* Einschätzung der Stärke der deutschen Wirtschaft im internationalen Wettbewerb auf den einzelnen Technologielinien. Sie gibt ihre vermutete technologische Leistungsfähigkeit in den einzelnen Linien wieder.

Tabelle 6-4

Einschätzung der Stellung Deutschlands im globalen Wettbewerb in den Technologielinien zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz

Technologielinie	Wettbewerbsstellung der deutschen Wirtschaft
(a) Ressourcenschonende und abfallarme Produktionsverfahren	Vorreiter
(b) Recycling von Produktionsabfällen	Oberes Mittelfeld
(c) Recycling von Post-Consumer-Abfällen	Vorreiter
(d) Rückgewinnung von Rohstoffen aus Deponien	USA hält Spitzenstellung
(e) Nutzung nachwachsender Rohstoffe	Vorreiter
(f) Leichtbautechniken	Vorreiter ?
(g) Langlebiges und reparaturfreundliches Produktdesign	Mittelfeld
(h) Kooperative Produktnutzung	Mittelfeld
(i) Miniaturisierung	Mittelfeld ⁽¹⁾
(j) Anwendungen der Nanotechnologie	Vorreiter ⁽¹⁾

(1) Trend wird nicht von Bestreben nach Rohstoffeffizienz getrieben

6.4.2.1 Innovationsstärke

Für Recyclingtechniken auf den Feldern elektrische und elektronische Geräte, Kunststoffe und Metalle wurden exemplarisch Patentaktivitäten analysiert. Als Datenbasis wurden die Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt ausgewertet (espace 2006). Die Ergebnisse, sie sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, zeigen sehr deutlich eine "Innovationskonjunktur", die der zeitlichen Entwicklung der Problemlage und damit der Umweltpolitik folgt. Mit einem RPA von 64 in den Jahren 1991 – 1995 war der Anteil deutscher Patente an den Recyclingpatenten mehr als doppelt so hoch wie der Anteil deutscher Patente an den Patenten insgesamt. Ende der achtziger, Anfang der neunziger Jahre drohte in Deutschland ein „Abfallnotstand“. Dies war die Zeit als die Verpackungsverordnung in Kraft trat, die Duale System Deutschland GmbH ihre operative Arbeit aufnahm, das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz verabschiedet und der erste Referentenentwurf einer Elektronikschrott-Verordnung vorgelegt wurde. Dies hat die Innovationsaktivitäten in Erwartung neuer Märkte begünstigt. Nachdem durch den Ausbau des Recyclings sich die Problemlage deutlich entspannt hat, hat sich die Spezialisierung im Feld Recycling 2001 – 2005 abgeschwächt, ist aber mit einem RPA von 18 weiterhin positiv.

Ein Patenttest bei der Pulverlackierung ergab keine Spezialisierung Deutschlands bei diesem rohstoffeffizienten industriellen Lackierprozess.

Tabelle 6-5

Spezialisierung Deutschlands im globalen Innovationswettbewerb bei Recyclingtechnologien

Zeitraum	Anteil deutscher Patente	Anteil deutscher Recycling Patente ¹	RPA
1991 – 1995	16,4 %	34,7 %	64
1996 – 2000	16,7 %	21,3 %	24
2001 – 2005	14,5 %	17,3 %	18
1991 - 2005	15,7 %	24,2 %	41

¹ an den Recycling Patenten insgesamt

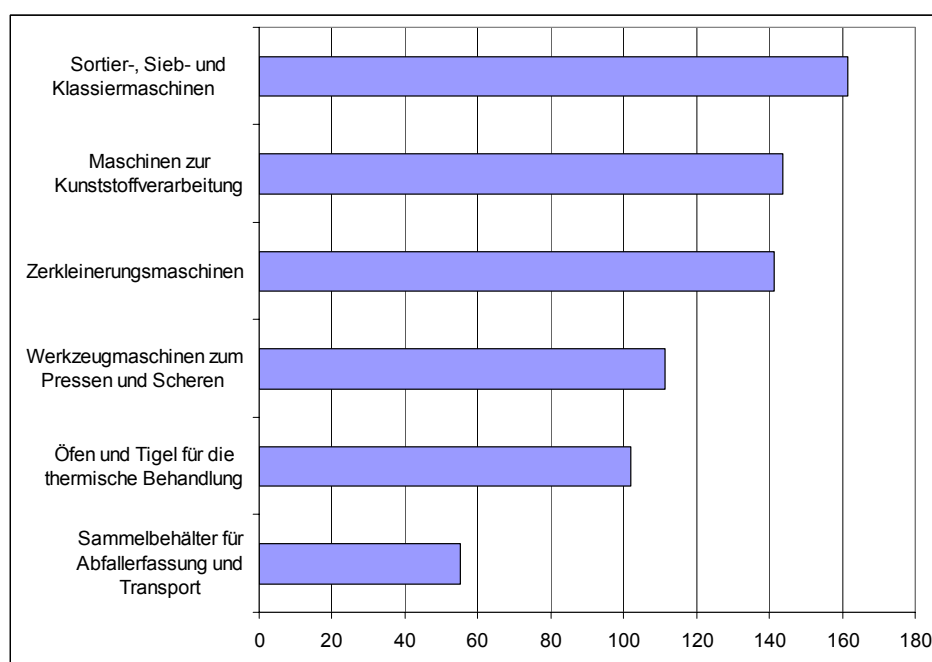
6.4.2.2 Außenhandelsstärke

Die Analyse der Außenhandelsspezialisierung Deutschlands im Bereich Rohstoffeffizienz fokussiert sich auf die Technologielinie der Kreislaufwirtschaft und Entsorgung, das heißt vor allem auf Recyclingtechnologien. Andere für Rohstoffeffizienz relevante Technologielinien sind so heterogen, dass sie im Rahmen des Projekts nicht näher bearbeitet werden konnten.

Einbezogen wurden Anlagen, Maschinen, Geräte und Produkte, wie sie typischerweise in Recyclinganlagen eingesetzt werden: Sortier-, Sieb- und Klassiermaschinen, Maschinen zur Kunststoffverarbeitung, Zerkleinerungsmaschinen, Werkzeugmaschinen zum Pressen und Scheren; Öfen und Sammelbehälter. Ausgewertet wurde die Außenhandelsstatistik für das Jahr 2005 (destatis 2006.2). Im Ergebnis ergab sich eine starke Spezialisierung und damit gute Wettbewerbsstellung Deutschlands bei der Recyclingtechnik (s. Abbildung 6-8). Alle betrachteten Warengruppen weisen einen positiven RCA aus. Summiert über alle ausgewählten Warengruppen wurden für das Recycling RCA Werte von 130 erreicht, was auf eine hoch signifikante Spezialisierung Deutschlands im Außenhandel mit Recyclingtechnik hinweist. In der Recyclingtechnik scheinen die innovativen Vorleistungen in den 90er Jahren, wie sie durch den RPA im Kapitel 6.4.2.1 dokumentiert werden, im Absatz Früchte zu tragen.

Abbildung 6-8:

Außenhandelsspezialisierung deutscher Hersteller von Recycling-relevanten Warengruppen, gemessen als RCA



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer-ISI.

Tabelle 6-6 zeigt für die ausgewählten Warengruppen die Entwicklung der Außenhandelsspezialisierung über die Zeit. Diese zeigt, dass der Bereich Recycling auch in den letzten 10 Jahren schon zu den Wettbewerbsstärken der deutschen Wirtschaft zählt. Die Spezialisierung hat seit Mitte der 1990er Jahre leicht nachgelassen, bewegt sich aber nach wie vor auf hohem Niveau.

Tabelle 6-6

Außenhandelsspezialisierung Deutschlands in der Recyclingtechnik im Vergleich

Warengruppe	1996	2001	2005
Recycling	146	128	130
Öfen und Tigel für die thermische Behandlung	126	99	102
Sammelbehälter für Abfallerfassung und Transport	93	95	55
Maschinen für die mechanische Aufbereitung von Abfällen	151	133	142
<i>Werkzeugmaschinen zum Pressen und Scheren</i>	<i>119</i>	<i>101</i>	<i>111</i>
<i>Sortier-, Sieb- und Klassiermaschinen</i>	<i>132</i>	<i>146</i>	<i>161</i>
<i>Maschinen zur Kunststoffverarbeitung</i>	<i>173</i>	<i>140</i>	<i>144</i>
<i>Zerkleinerungsmaschinen</i>	<i>165</i>	<i>136</i>	<i>141</i>

6.4.3 Einschätzung der Unternehmen

Die globale Wettbewerbsintensität wird von der Mehrzahl der Unternehmen als sehr hoch charakterisiert. Trotzdem sind die Unternehmen insgesamt zufrieden mit ihrer Situation. Dies verdeutlicht auch der hohe Marktanteil, den deutsche Unternehmen auf dem Weltmarkt erreichen (zwischen 15 und 20 %, in Nischen sogar bis zu 60 %). Die Mehrzahl bezeichnet zudem ihre internationale Wettbewerbsposition als gut bis sehr gut. Als Gründe hierfür werden das hohe technologische Niveau und das starke Image der deutschen Industrie genannt. Andererseits beklagen fast alle Firmen, dass sie kostenseitig bei Massenprodukten häufig nur schwer auf dem Weltmarkt mithalten können.

Insbesondere in der Materialforschung, dem Maschinenbau und in der Sensorik sehen die befragten Unternehmen Deutschland weltweit in einer führenden Rolle. Auch bei der Konzeption kundenspezifischer High-Tech-Lösungen sehen die Unternehmen einen Vorsprung der deutschen Industrie. Technologische Nachholbedarfe werden bei der Elektronik- und Softwareentwicklung gesehen, in diesen Bereichen sind vor allem die USA und Japan stark. Gleichzeitig warnen die Unternehmen davor, dass mittelfristig Länder wie China und Indien Hochtechnologien entwickeln und zu niedrigeren Preisen in den Markt bringen werden. Nach eigener Einschätzung müssen die deutschen Unternehmen kostenseitige Nachteile durch Technologieführerschaft und Qualität ausgleichen.

Kreislaufwirtschaft und Entsorgung

Nach Aussage der befragten Unternehmen ist Deutschland in vielen Bereichen der Entsorgungs- und Recyclingtechnologien weltweit führend. Besonders hervorgehoben wurde dabei der innovative Maschinenbau, z. B. der für Recycling-Anlagen. Unterstützt wird diese Tatsa-

che durch die Führungsrolle Deutschlands bei der Materialentwicklung und der Automatisierung. Zudem bezeichnen sich die deutschen Unternehmen als sehr flexibel und kundenorientiert. Gleichzeitig sind sie nach eigenen Aussagen in der Lage, schnell auf gesetzlichen Vorgaben und Veränderungen zu reagieren, was ihnen auf den stark regulierungsgetriebenen Märkten einen Wettbewerbsvorteil verschafft. Im Bereich Service und preisgünstige Mechanik sind osteuropäische Anlagenbauer allerdings besser aufgestellt als die deutschen Unternehmen. Da in Frankreich die Kommunen komplette Entsorgungsaufträge vergeben, die die gesamte Wertschöpfungstiefe des Recyclings beinhalten, haben die französischen Unternehmen in diesem Bereich teilweise einen Erfahrungsvorsprung.

Kraftwerkstechnik

Die befragten Unternehmen sehen sich bei effizienter Kraftwerkstechnik sehr gut positioniert. Speziell im Bereich der Gas- und Dampfturbinen und bei Hochtemperatur-Gasturbinen besitzen die deutschen Unternehmen einen großen Wissensvorsprung. Insgesamt gehen die Unternehmen davon aus, dass man im Bau effizienter und sicherer Kraftwerke in Deutschland weltweit führend ist. Im Bereich von Speichertechnologien und der Brennstoffforschung sehen die Unternehmen noch Nachholbedarf. Bei der Entwicklung von Biogasmotoren (für Gasmotorenkraftwerke) werden US-amerikanische Unternehmen (insbesondere GE) als führend erwähnt. Auch Mitsubishi (Japan) ist im Bereich der Gasturbinen aus Unternehmenssicht sehr stark aufgestellt.

Mess-, Steuer- und Regeltechnik

Die befragten Unternehmen sehen eine technologische Marktführerschaft deutscher Unternehmen in den Bereichen Mechanik, neue Materialien, Messtechnik, Nanotechnologie, Mikroelektronik und Sensorik. Auch die vorhandene Wissensbasis und die Wissensinfrastruktur werden als hervorragend bezeichnet. Darüber hinaus wird ein Vorsprung bei verfahrenstechnischen Applikationen im Umweltschutz attestiert (z. B. für Windkraft-Anwendungen). Dem Ausland werden vor allem im Bereich der Massenproduktion Kostenvorteile zugeschrieben, technologische Vorsprünge haben ausländische Anbieter in der digitalen Kommunikation (z. B. Feldbus, USA) und der Prozessleittechnik (z. B. Emerson, USA).

Gebäudetechnik

Die befragten Unternehmen sehen in Deutschland einen Vorsprung in der Sensorik, Regelungstechnik und Mechatronik. Auch bei der Materialforschung und bei Materialkombinationen

nen ist Deutschland führend. Einen entscheidenden Vorsprung hat Deutschland auch bei der Qualifikation von Ingenieuren, Handwerkern und des Servicepersonals. Alle befragten Unternehmen sehen allerdings ausländische Unternehmen, vor allem aus Asien, kostenseitig wesentlich besser aufgestellt.

Energie- und Rohstoffmanagement

Übereinstimmung herrscht bei den befragten Unternehmen darüber, dass Deutschland insbesondere im Bereich der Materialien und Beschichtungen einen Wettbewerbsvorsprung besitzt. Auch im Bereich der Mechanik und des Maschinenbaus wird ein Vorsprung gesehen. Die Unternehmen betonen jedoch, dass die ausländischen Wettbewerber in fast allen anderen Bereichen auf Augenhöhe mit den deutschen Unternehmen sind. Klarer Nachholbedarf besteht für deutsche Unternehmen im Bereich der Elektronik, der Schaltungstechnik und der Softwareentwicklung.

Natürliche Ressourcen

Über alle Branchen der natürlichen Ressourcen hinweg wird Deutschland ein Vorsprung in der Materialforschung, der Werkstofftechnik und der Chemie zugesprochen. Ebenso werden Herstellungsverfahren, Maschinenbau und Mechanik als international führend bezeichnet. Als allgemeiner Wettbewerbsvorteil werden zudem die Qualitätsstandards und das grundsätzliche ökologische Bewusstsein in der Bevölkerung hervorgehoben. Generell wird dem Ausland, vor allem Unternehmen aus den USA, Größenvorteile und eine größere Erfahrung in der internationalen Marktbearbeitung sowie im Service und im Marketing attestiert. Im Kunst- und Werkstoffbereich werden beispielsweise die amerikanischen Firmen Cargill/NatureWorks und die Firma Trex Company als führend genannt.

6.5 Innovationstreiber, Rahmenbedingungen und Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht

6.5.1 Bedeutung der Innovationstreiber aus Unternehmenssicht

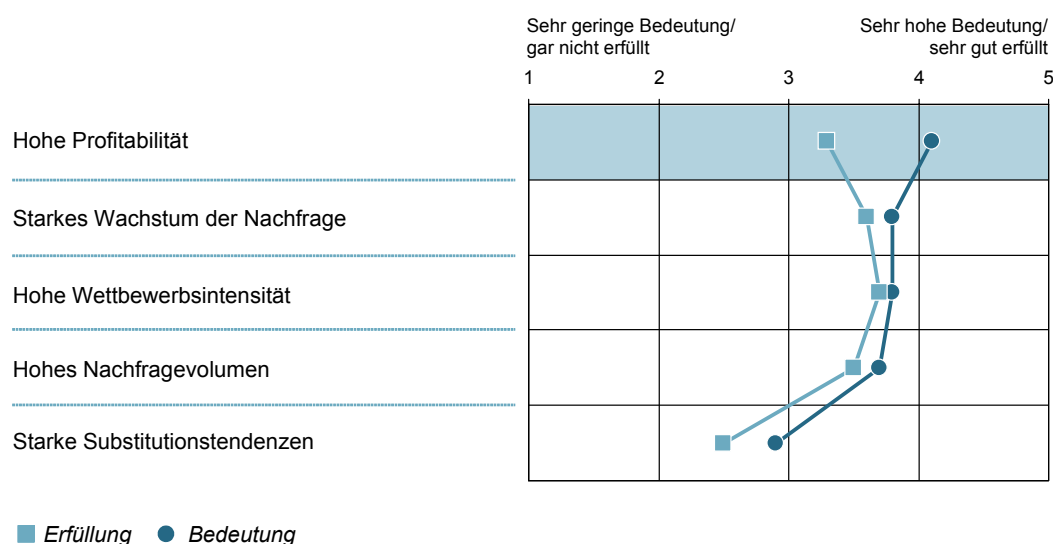
Aus Unternehmenssicht spielen fünf übergeordnete Treiber eine bedeutende Rolle für die Innovationstätigkeit der Unternehmen. Hierzu gehören Marktumfeld, Forschung und Technologieentwicklung, die Ressourcenmärkte Kapital- und Arbeitsmarkt sowie das unternehmensinterne Innovationsmanagement.

Marktumfeld

Nach Aussagen der befragten Unternehmen im Handlungsfeld Energie- und Rohstoffeffizienz sind die Profitabilität, das Nachfragewachstum, die Wettbewerbsintensität und hohe Nachfragevolumina die wichtigsten Innovationstreiber für die Industrie. Insbesondere die Profitabilität erzeugt einen hohen Anreiz für Innovationsbemühungen. Von nur untergeordneter Rolle für die Innovationstätigkeiten der Unternehmen sind Substitutionstendenzen durch neue Produkte und Technologien. Insbesondere die Profitabilität wird von den Firmen heute als nicht zufriedenstellend wahrgenommen. Die anderen Aspekte des Innovationstreibers werden bezogen auf ihre Bedeutung als weitgehend erfüllt beschrieben (vgl. Abbildung 6-9).

Abbildung 6-9:

Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber Marktumfeld



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung, Roland Berger 2006

Die Profitabilitätssituation stellt sich für die untersuchten Produktbereiche unterschiedlich dar: Die Unternehmen der Kreislaufwirtschaft und Entsorgung, der MSR-Technik und der Natürlichen Ressourcen sind relativ zufrieden mit ihrer Profitabilität. Demgegenüber steht die Einschätzung der Unternehmen der Gebäudetechnik, des Energie- und Rohstoffmanagements und der Kraftwerkstechnologie, die mit ihrer Profitabilität wesentlich unzufriedener sind. Auch die Bedeutung des Marktvolumens als Innovationstreiber wird von den Unternehmen in den verschiedenen Produktbereichen differenziert bewertet: Hier sehen insbesondere die Produktfelder Kraftwerkstechnologie und Natürliche Ressourcen eine vergleichsweise niedrige Bedeutung des Marktvolumens für ihre Innovationstätigkeiten. Für die Unternehmen der Natürlichen Ressourcen hat der Innovationstreiber Substitutionstendenzen eine vom Durch-

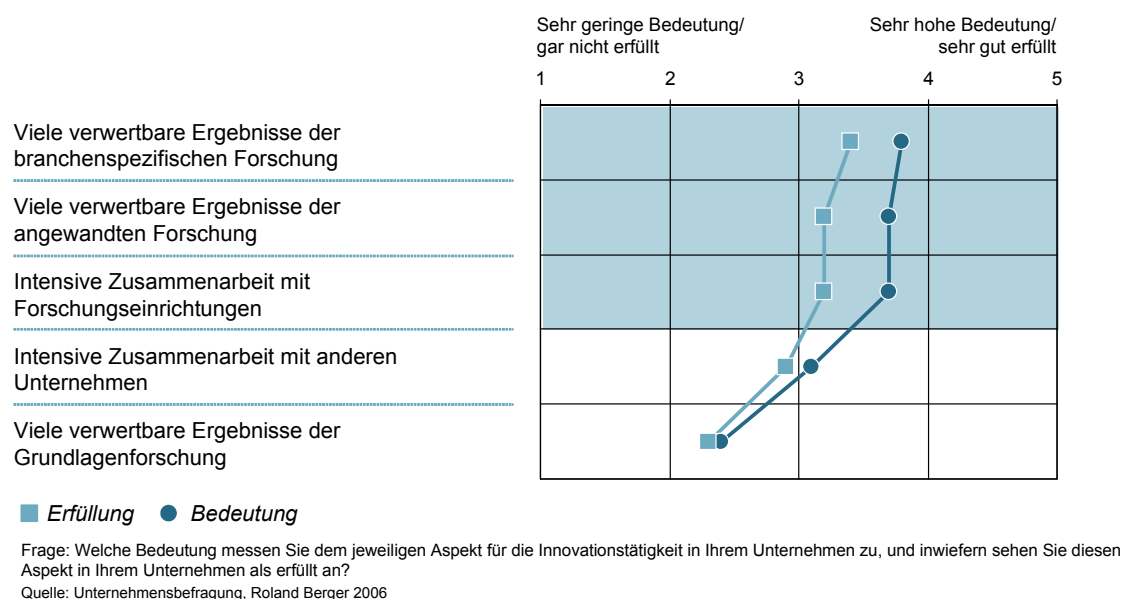
schnitt des Handlungsfeld stark positiv abweichende Bedeutung. Dies erklärt sich dadurch, dass die Unternehmen einerseits versuchen, konventionelle Produkte (z. B. erdölbasierte Kunststoffe) durch Produkte auf natürlicher Basis zu ersetzen. Andererseits müssen sie sich am Markt gegen die meist noch billigeren Standardprodukte behaupten.

Forschung und Technologie

Aus Sicht der befragten Unternehmen im Handlungsfeld Energie- und Rohstoffeffizienz sind vor allem die Verfügbarkeit verwertbarer Ergebnisse der branchenspezifischen und angewandten Forschung wichtige Innovationstreiber. Ebenso wichtig ist die Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen und der damit verbundene Wissenstransfer. Von untergeordneter Bedeutung sind aus Sicht der Unternehmen die Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen und die Grundlagenforschung. Defizite sehen die Unternehmen vor allem bei den drei wichtigsten Innovationstreibern branchenspezifische und angewandte Forschung sowie Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen (vgl. Abbildung 6-10).

Abbildung 6-10:

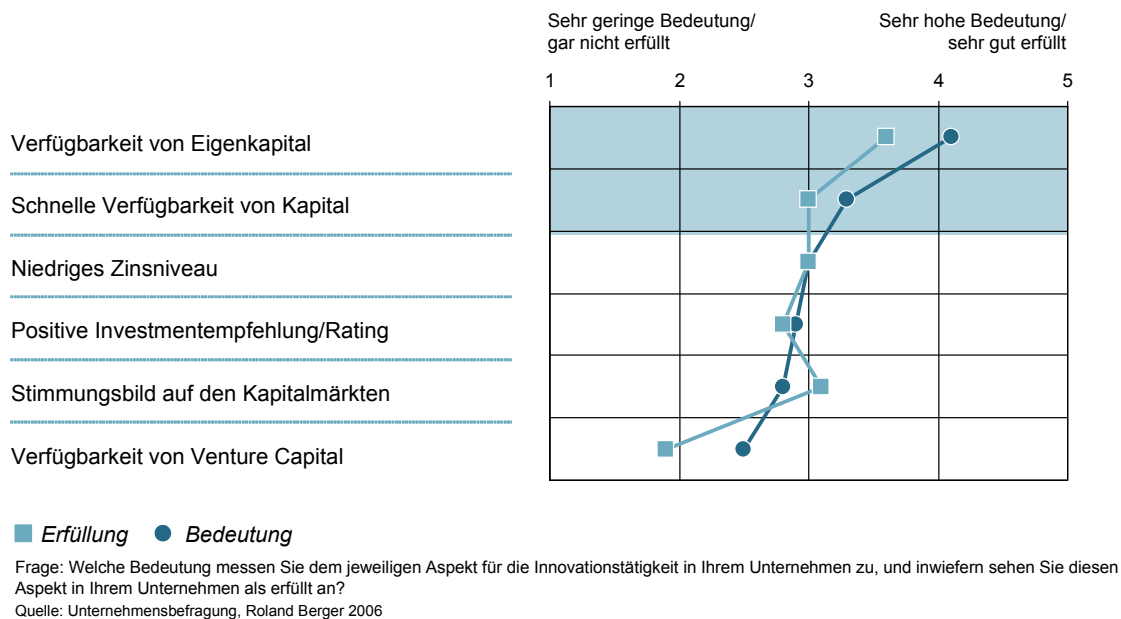
Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber Forschung und Technologie



Kapitalmarkt

Dem Kapitalmarkt kommt aus Unternehmenssicht von den fünf diskutierten Innovationstreibern die geringste Bedeutung zu. Die schnelle Verfügbarkeit von Eigenkapital ist für die befragten Unternehmen der wichtigste Innovationshebel. Alle anderen Aspekte wie Zinsniveau, Ratings oder Kapitalmarktstimmung sind nur von untergeordneter Bedeutung (vgl. Abbildung 6-11).

Abbildung 6-11:
Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber Kapitalmarkt



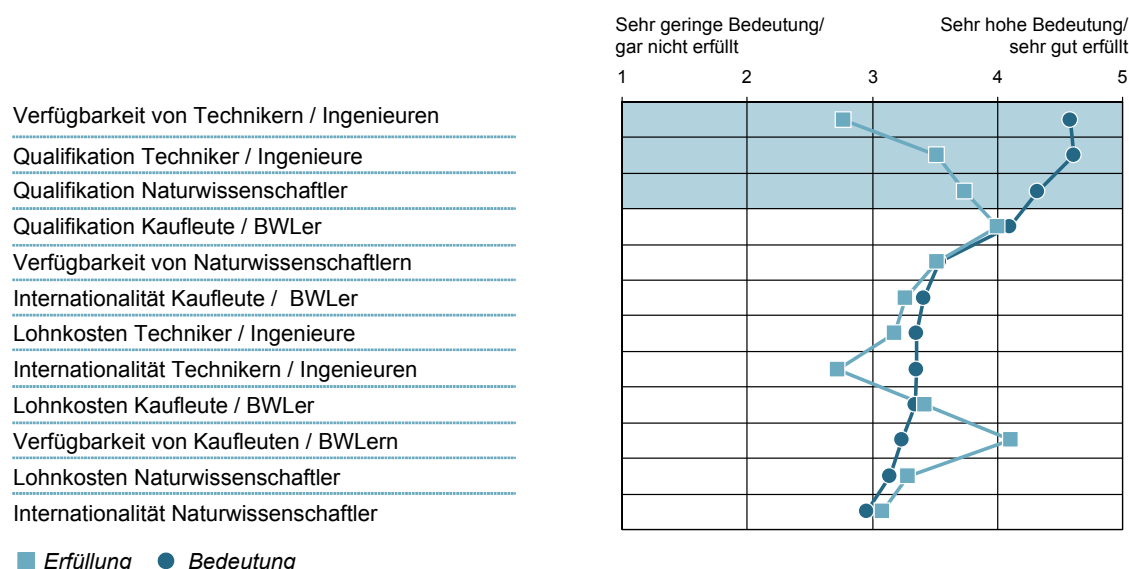
Hinsichtlich der Bewertung von Venture Capital zeigt sich ein inhomogenes Bild zwischen den Produktbereichen: Über das gesamte Handlungsfeld betrachtet hat Venture Capital keinen nennenswerten Einfluss auf die Innovationsbemühungen der Unternehmen. Die (in der Regel noch jungen) Unternehmen im Bereich der Natürlichen Ressourcen messen jedoch abweichend davon der Verfügbarkeit von Venture Capital eine sehr hohe Bedeutung als Innovationstreiber zu. Aus Sicht der Unternehmen ist hier ein besserer Zugang zu Venture Capital für ihre Innovationstätigkeiten wünschenswert.

Arbeitsmarkt

Über alle Produktbereiche hinweg messen die befragten Unternehmen der Qualifikation und Verfügbarkeit von Ingenieuren und Technikern eine überragende Bedeutung für ihre Innovationstätigkeiten bei. Von eher untergeordneter Relevanz sind die Lohnkosten und die Internationalität in dieser Berufsgruppe. Insbesondere bei der Verfügbarkeit, aber auch bei der Qualifikation sehen die Unternehmen eklatante Defizite. Unternehmen finden kaum geeignete Ingenieure und Techniker auf dem Arbeitsmarkt. Die zur Verfügung stehenden Techniker und Ingenieure sind zudem häufig für die gestellten Anforderungen nicht hinreichend qualifiziert (vgl. Abbildung 6-12).

Abbildung 6-12:

Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber deutscher Arbeitsmarkt



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung, Roland Berger 2006

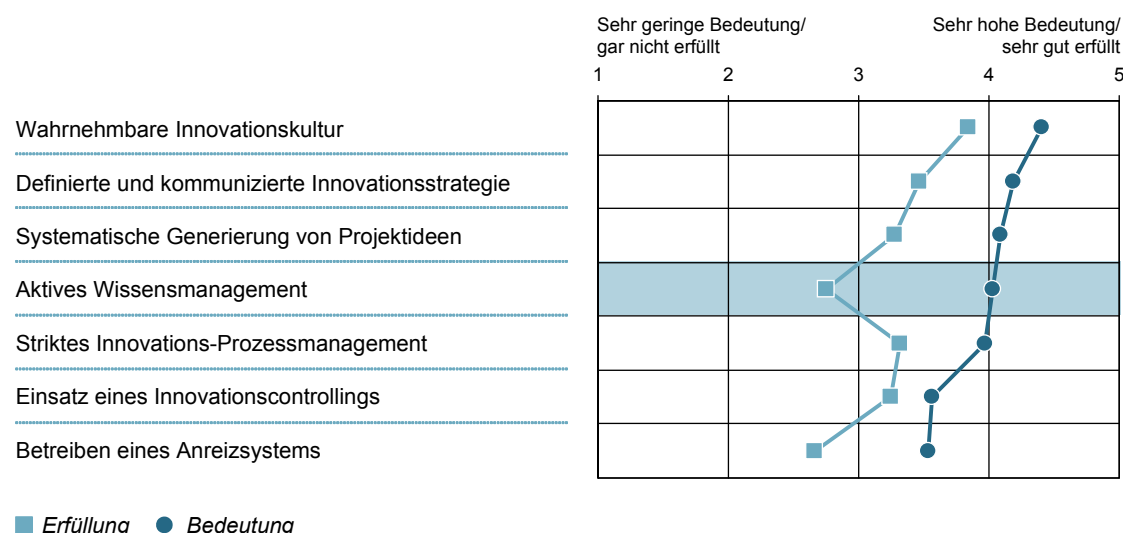
Besser stellt sich die Situation bei den Naturwissenschaftlern dar. Qualifikation und Verfügbarkeit sind hier eher ausreichend. Allerdings sind sie für die Innovationstätigkeiten der befragten Unternehmen auch nicht von so hoher Bedeutung..

Innovationsmanagement

Im Vergleich der Innovationstreiber wird dem Innovationsmanagement im Unternehmen die höchste Bedeutung zugesprochen. Alle Kriterien haben eine hohe Relevanz für die Innovationstätigkeiten in den Unternehmen, insbesondere die Kriterien wahrnehmbare Innovationskultur und klar definierte Innovationsstrategie. Ausnahmen bilden das Innovationscontrolling und das Betreiben von Anreizsystemen, die in der Bedeutung etwas zurückfallen. In allen genannten Bereichen wird von den Unternehmen ein Nachholbedarf gesehen, am deutlichsten bei den Kriterien systematisches Wissensmanagement und systematische Generierung von Projektideen. Insbesondere die Unternehmen der MSR-Technik, der Kreislaufwirtschaft und der Gebäudetechnik sehen ihre Wissensmanagementsysteme kritisch und sehen Verbesserungsbedarfe (vgl. Abbildung 6.13).

Abbildung 6-13:

Energie- und Rohstoffeffizienz – Innovationstreiber Innovationsmanagement



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung, Roland Berger 2006

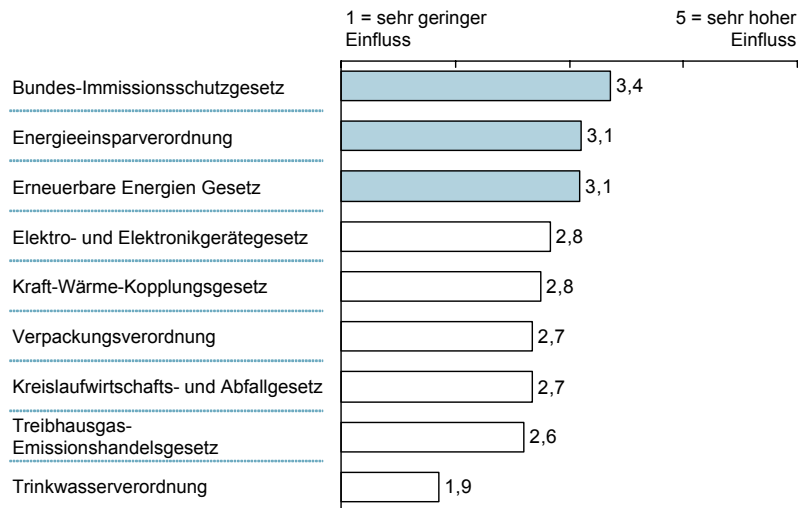
6.5.2 Einfluss der existierenden politischen Rahmenbedingungen auf die Innovationsfähigkeit der Unternehmen

Das Bundes-Immissionsschutzgesetz wird von den befragten Unternehmen als die politische Maßnahme mit dem höchsten Einfluss auf die Innovationstätigkeiten im Handlungsfeld Energie- und Rohstoffeffizienz benannt. Diese Einschätzung wird vor allem von Unternehmen der MSR-Technik vertreten, bei denen eine Vielzahl von Produkten Mess-, Kontroll- und Steuerungsaufgaben von Emissionen übernimmt. Die Energieeinsparverordnung wird ähnlich positiv in ihrer Wirkung auf Innovation eingestuft. In ihr sehen insbesondere die Unternehmen der Gebäudetechnologie einen Hebel zur erhöhten Nachfrage nach innovativen Produkten. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz betrifft die meisten Unternehmen direkt oder indirekt in ihren Innovationstätigkeiten und wird an dritter Stelle genannt. Die Unternehmen des Produktfeldes Kraftwerkstechnologie kritisieren allerdings an diesem Gesetz, dass es selektiv bestimmte Technologien bevorzugt und so einen Wettbewerb der erneuerbaren Energien (auch untereinander) verhindere. Für die Unternehmen im Produktfeld Kreislaufwirtschaft und Entsorgung hat neben dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz auch das Elektro- und Elektronikgerätegesetz eine starke Innovationswirkung, da es für die Unternehmen ein neues Geschäftsfeld eröffnet hat. Auch die Unternehmen im Produktfeld Natürliche Ressourcen sehen eine hohe

Bedeutung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz für ihre Innovationstätigkeiten (vgl. Abbildung 6-14).

Abbildung 6-14:

Energie- und Rohstoffeffizienz – Bewertung bestehender politischer Instrumente



Frage: Bitte bewerten Sie die Maßnahmen von Politik und Verwaltung, die für Sie relevant sind auf die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen

Quelle: Unternehmensbefragung, Roland Berger 2006

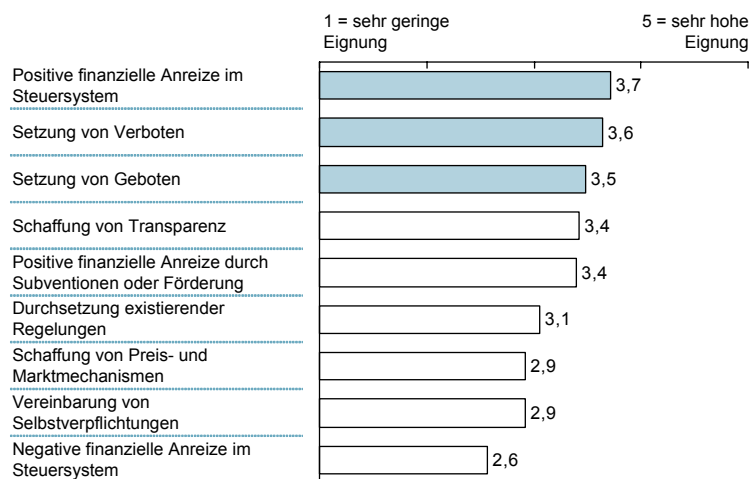
6.5.3 Maßnahmen der Umweltpolitik zur Steigerung der Innovationstätigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit aus Unternehmenssicht

Geeignete Wirkmechanismen

Bei der Beurteilung geeigneter Mechanismen zur Förderung von Innovationen sind aus Unternehmenssicht insbesondere positive steuerliche Anreize und die Setzung von Ge- und Verboten sinnvoll. Dabei wird insbesondere der Setzung von Ge- und Verboten bescheinigt, dass sie für Unternehmen eine verlässliche und langfristige Planungsgrundlage bieten (vgl. Abbildung 6-15).

Abbildung 6-15:

Energie- und Rohstoffeffizienz – Bewertung politischer Wirkmechanismen



Frage: Für wie geeignet halten Sie die folgenden Arten von Wirkmechanismen für die Förderung der Innovationstätigkeit in Unternehmen der Umweltwirtschaft?

Quelle: Unternehmensbefragung, Roland Berger 2006

Die Schaffung von Transparenz (wie zum Beispiel durch den Energiepass für Gebäude) ist für die Unternehmen ein weiterer relevanter Wirkmechanismus. Aus Sicht der Unternehmen des Produktbereichs Gebäudetechnik ist die verstärkte Durchsetzung existierender Regeln ein wichtiges Instrument, hier gibt es insbesondere im Bereich der Gebäudedämmung einen großen Handlungsbedarf. Der geringste Innovationseffekt geht nach Einschätzung der Unternehmen von negativen steuerlichen Maßnahmen und Selbstverpflichtungen von Unternehmen aus.

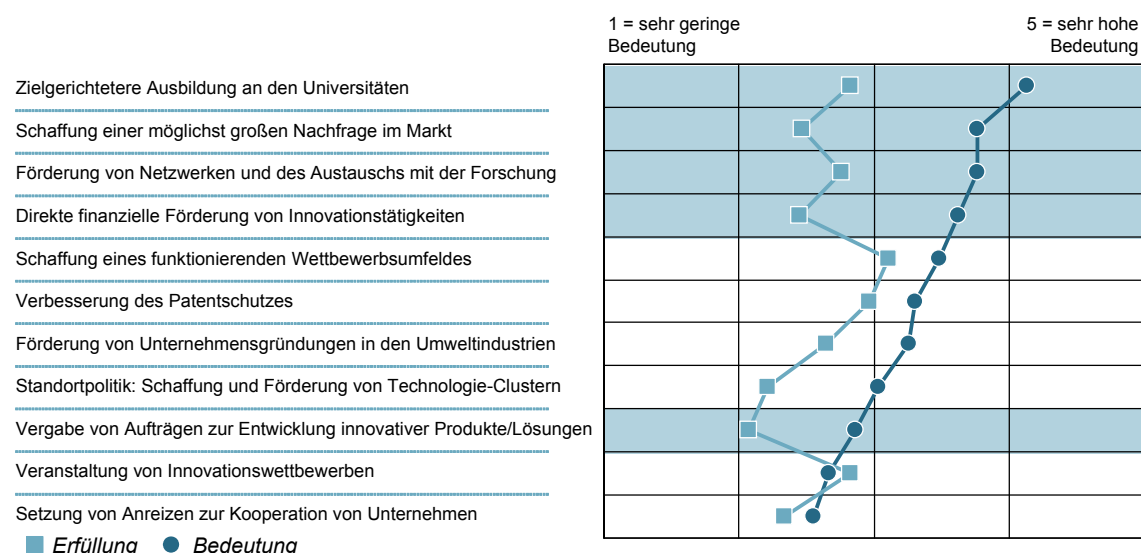
Übergreifende politische Maßnahmen

Die befragten Unternehmen beurteilen die diskutierten konkreten politischen Ansätze zur Förderung von Innovationen relativ homogen. Dabei zeichnen sich vier übergreifende politische Handlungsansätze ab, die aus Unternehmenssicht geeignet sind, die Innovationstätigkeit zu fördern (vgl. Abbildung 6-16):

- Die zielgerichtetere und verstärkte akademische Ausbildung von Ingenieuren und Technikern
- Die Schaffung einer möglichst hohen Nachfrage nach energieeffizienten Produkten über Vorschriften, Anreize und Aufklärung
- Die Förderung von Unternehmens- und Forschungsnetzwerken

- Die direkte finanzielle Förderung von Innovationstätigkeiten und die klarere Strukturierung der Förderungslandschaft verbunden mit einem vereinfachten Zugang zu Fördermitteln

Abbildung 6-16:
Energie- und Rohstoffeffizienz – Bewertung politischer Maßnahmen



Frage: Für wie geeignet halten Sie die folgenden Maßnahmen des Staates zur Förderung der Innovationstätigkeit in der Umweltwirtschaft?

Quelle: Unternehmensbefragung, Roland Berger 2006

Die Stärkung der Nachfrage nach innovativen energie- und rohstoffeffizienten Produkten wird als die dringlichste Aufgabe der Politik angesehen, um verstärkte Innovationsbemühungen der Unternehmen zu erzeugen. Viele Unternehmen wünschen hier zunächst auch eine breitere öffentliche Kommunikation des Themas Energieeffizienz. Weitere wichtige Maßnahmen zur Nachfrageunterstützung sind aus Unternehmenssicht finanzielle Förderungen für Nachfrager energieeffizienter Technologien und die Setzung von entsprechenden Ge- und Verboten. In fast allen Produktbereichen wird gefordert, dass die öffentliche Hand bei ihren eigenen Beschaffungen das Thema Energie- und Rohstoffeffizienz ernster nehmen muss. Als wichtiger Auftraggeber könnte sie hier eine Vorbildfunktion einnehmen.

Im Bereich der Forschungsförderung plädieren die befragten Unternehmen für eine vereinfachte, klarer strukturierte und gezieltere Forschungsförderung. Vor allem kleine und mittelständische Unternehmen beklagen den hohen Aufwand, der mit Förderanträgen verbunden ist. Sie wünschen sich auch eine stärkere Fokussierung der Förderung auf kleinere Unternehmen und auf Technologien mit hoher Marktfähigkeit. Im Bereich des internationalen Patentschutzes werden zudem verstärkte Anstrengungen der Politik verlangt, innovative Produkte vor illegalen Kopien zuschützen, vor allem im Bereich des Software-Patentschutzes.

Eines der wichtigsten Anliegen der Unternehmen ist die Ausbildung von Ingenieuren und Technikern. Hier sollte der Staat Anreize dafür schaffen, dass sich mehr Abiturienten für ein Ingenieursstudium entscheiden. Auch die Ausbildung der Ingenieure sollte verbessert werden. Hier wird zum Beispiel die Möglichkeit von Zusatzqualifikationen (z. B. Recycling) angeregt. Wichtig ist aus Unternehmenssicht auch eine verstärkte Anwendungs- und Marktorientierung schon in der Ausbildung, da deutsche Ingenieure häufig sehr gute technologische Konzepte entwickeln, diese aber selten auch wirtschaftlich hinreichend durchdringen können.

Spezifische Maßnahmen auf der Ebene der Produktbereiche

Ergänzend zu den übergreifenden politischen Handlungsbedarfen haben die Unternehmen produktfeldspezifische Vorschläge und Anregungen zur Verbesserung der Innovationsdynamik und damit zu Sicherung der Wettbewerbsposition gemacht:

Kreislaufwirtschaft und Entsorgung

- Es wird die Erstellung einer langfristigen, europaweiten Entsorgungsstrategie angeregt: Davon versprechen sich die Unternehmen ein erhöhte Planungssicherheit und damit verbunden auch die Bereitschaft, in größere Produktentwicklungsprojekte zu investieren (Negativbeispiel: häufiger Systemwechsel beim Dosenpfand)
- Bei Ausschreibungen der öffentlichen Hand sollten verschärfte Qualitätsanforderungen gelten: Mindestanforderungen (Referenzen, ISO) und zusätzlich Kriterien wie innovative Produkte, Nachhaltigkeit oder Qualität sollten dafür sorgen, dass innovative Unternehmen vorrangig zum Zuge kommen und gleichzeitig die Position für "schwarze Schafe" und Billiganbieter erschwert wird
- Es wird zudem die verschärfte Kontrolle der EU-Quoten und der Abfallgesetze gefordert

Gebäudetechnik

- Angeregt wird die Schaffung von Gebäudeverbrauchsklassen mit der verpflichtenden Ausweisung einer Gebäudeverbrauchsklasse (z. B. 3l-Haus, 10l-Haus), verknüpft mit spezifischen, langfristigen Einsparzielen für jede Gebäudeverbrauchsklasse (z. B. analog der Gesetzgebung im australischen Bundesstaat Südastralien, wo die Energieeffizienzstan-

derung für Neubauten regelmäßig verschärft wird, z.B. 2003 von 3 auf 4 Sterne und 2006 von 4 auf 5 Sterne)

- Energieverbrauchs-Anforderungen an Neubauten sollten verschärft und Kostentransparenz geschaffen werden (z. B. sollten voraussichtliche Betriebskosten verbindlich in Bauangeboten integriert werden)
- Die Energieeinsparverordnung sollte breiter durchgesetzt werden und genauere Spezifikation enthalten, vor allem bei Renovierungsarbeiten im Dachbereich
- Es sollten finanzielle Anreize zur Anschaffung energieeffizienter Gebäudetechnik geschaffen werden (Steuererleichterungen, direkte Förderung, Abschreibungsmöglichkeiten), zum Beispiel eine Mehrwertsteuererleichterung wie in Frankreich
- Mini-Blockheizkraftwerke (BHKW) sollten eine gezielte Markteinführungsunterstützung erhalten: Gegenwärtig wird über den Kraft-Wärme-Kopplungs-Bonus nur der ins Netz eingespeiste Strom gefördert. Mini-BHKW sind jedoch nicht auf Einspeisung, sondern auf Selbstversorgung ausgerichtet, deswegen sollte der gesamte erzeugte Strom eines Mini-BHKW gefördert werden
- Die Exportförderung in neue Märkte, z. B. im Nahen Osten, sollte gestärkt werden
- Gebäudelebenszykluskosten sollten verstärkt ins öffentliche Bewusstsein gerückt werden
- Energieeffiziente Gebäudetechnik sollte in öffentlichen Ausschreibungen stärker berücksichtigt und gefördert werden
- Im Gebäude-Energiepass sollte das bedarfsorientierten Berechnungsverfahren als alleinige Option etabliert werden, um für höhere Objektivität im Berechnungsverfahren zu sorgen.

Mess-, Steuer- und Regeltechnik

- Europäische Industriestandards sollten auch im Ausland stärker gefördert werden: Vor allem in Asien könnte dies zu einer Stärkung der Nachfrage nach europäischen Produkten führen
- Die Forschungsförderung sollte enger mit der Wirtschaft abgestimmt werden
- Der Bürokratieabbau bei Zertifizierungs- und Prüfungsverfahren sollte beschleunigt werden: Die Unternehmen erwarten viel von der Liberalisierung des Prüfungsmarktes, insbesondere für MSR-Technik

- Es wird ein intensiverer Austausch zwischen Politik und Industrie gewünscht: Der Informationsaustausch über Schlüsseltechnologien könnte über staatlich initiierte Symposien angeregt werden

Energie- und Rohstoffmanagement

- Energieeffizienz und Lebenszykluskosten von Verbrauchsgeräten sollten stärker öffentlich thematisiert werden: Viele Konsumenten sind aus Sicht der Unternehmen nicht ausreichend informiert und haben keine Kostentransparenz. Hier könnte eine staatlich/private Aufklärungskampagne nach dem britischen Vorbild des „Energy Efficiency Commitment“ helfen
- Es werden stärkere finanzielle Anreize für Käufer energieeffizienter Produkte gefordert: Geeignete Maßnahmen zur Förderung des Ersatzgeschäftes wären direkte finanzielle Anreize wie Subventionierung, Steueranreize oder Abschreibungsmöglichkeiten
- Es sollten Vorschriften zum Einsatz energieeffizienter Verbrauchsgeräte (z. B. Energiesparlampen) erlassen werden, auch bei Ausschreibungen der öffentlichen Hand
- Die Umweltkennzeichnung sollte international harmonisiert werden: Die Unternehmen wünschen sich eine europaweite Anpassung der Kriterien für Umweltkennzeichen, da gegenwärtig die Zertifizierung sehr aufwändig ist
- Europäische Industriestandards (z. B. bzgl. Materialien, Sicherheit) sollten in Schwellenländer exportiert werden, um die Nachfrage nach europäischen Produkten zu fördern. Die USA betreiben einen solchen Normenexport bereits sehr aktiv und erfolgreich über ihre diplomatischen Vertretungen

Kraftwerkstechnologie

- Deutschland ist ein Vorreiter bei Sicherheitsauflagen und Umweltschutzverordnungen im Kraftwerksbereich. Die Regierung sollte eine Harmonisierung der EU-Normen auf das deutsche Niveau anstreben, damit bekämen die deutschen Unternehmen Chancengleichheit und die Möglichkeit, ihre auf deutsche Normen ausgelegten Produkte in der EU leichter zu vermarkten

- Der Flaschenhals vieler Innovationen im Kraftwerksbereich ist die Herstellung der Marktreife und die Markteinführung, die häufig mit hohen Investitionen verbunden ist. Hier wird eine Technologie-Risikoteilung zwischen Unternehmen und Staat angeregt, um so innovative Technologien schneller in den Markt zu bringen. Empfohlen werden die Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsanlagen zum Beispiel im Bereich der Brennstoffzellenhybridkraftwerke oder bei Solargroßanlagen.
- Der Wettbewerb zwischen den erneuerbaren Energien sollte verstärkt werden, etwa durch Gegenrechnungen der CO₂-Einsparung im Vergleich zu einem Referenzwert, durch Quotenregelungen im Vergleich zum Gesamtstromverbrauch oder durch grüne Zertifikate (Energiehandel mit EE-KWh).
- Die Grundlagenforschung an Universitäten sollte stärker unterstützt werden: Die Unternehmen wünschen sich langfristig ausgelegt Grundlagenforschungsprojekte ohne schnellen Ergebnisdruck. Angeregt werden Forschungen zur Nutzung von CO₂ und Materialforschungen im Nanobereich
- Die Unternehmen wünschen sich eine Bündelung der Forschungsförderung auf energieträger-unabhängige Querschnittstechnologien wie z. B. Turbomaschinen oder Generatoren, die dann für alle Verstromungslösungen eingesetzt werden. So könnten Fortschritte schneller auf alle Verstromungslösungen adaptiert werden
- Mit einer stärkeren Vernetzung von Universitäten und Unternehmen ließen sich aus Unternehmenssicht Doppelparbeiten vermeiden. Gleichzeitig hätten die Universitäten die Gelegenheit, praxisnähere Kompetenzen aufzubauen, die ihnen heute teilweise fehlen (z. B. wegen mangelnder Messwerte)
- Die Unternehmen bemängeln, dass die gegenwärtige Forschungsförderung stark fokussiert auf die erneuerbaren Energien ist. Sie wünschen sich eine verstärkte Orientierung am Export- und Marktpotential der Technologien

Natürliche Ressourcen

- In Deutschland wird die öffentliche Diskussion von Umwelttechnologien durch den Bereich der erneuerbaren Energien dominiert. Die Unternehmen sehen sich "im Schatten" und wünschen sich eine verstärkte Wahrnehmung durch die Politik und einen intensiven Austausch über technologische Entwicklungen

- Vorgeschlagen wird die Vorgabe von Zielgröße für den Anteil von Biokunststoffen, beispielhaft wird das Vorhaben Frankreichs genannt, ab 2010 keine Plastiktragetaschen mehr auf Erdölbasis einzusetzen
- Die Gesetzeslage sollte an technologische Möglichkeiten angepasst werden. Gegenwärtig haben beispielsweise Automobilhersteller keinen Anreiz zum Einsatz naturfaserverstärkter Verbundstoffe. Hier wird eine Neudefinition des Recyclings in der Altautoverordnung gefordert. Auch die Düngemittelverordnung sollte dahingehend überarbeitet werden, dass Bioplastik als Verpackung für Düngemittel eingesetzt werden darf
- Es sollten gesetzliche Vorschriften zum Einsatz von Geotextilien bei Aufträgen der öffentlichen Hand erlassen werden
- Durch den Aufbau von Material-, Patent- und Literaturdatenbanken könnten junge Firmen wesentlich einfacher auf bereits vorhandenes Wissen zurückgreifen und sich so aufwändige und häufig kostenintensive Recherchen oder Doppelforschungen ersparen
- Es werden öffentliche Beratungsdienstleistungen im Patentbereich angeregt: Da Patentverfahren aufwändig und teuer sind, wird eine staatliche Unterstützung in diesem Bereich empfohlen.

6.6 Fazit

6.6.1 Energieeffizienz

Eine schematische Einschätzung der Innovationsdynamik, des Marktpotentials sowie der Wettbewerbsfähigkeit ist aus folgender Tabelle zu entnehmen, die auch die Rohstoffeffizienz mit einschließt.

Tabelle 6-7

Innovationsdynamik, Marktpotentiale und Wettbewerbsfähigkeit im Handlungsfeld Energie- und Rohstoffeffizienz

Technologiebereich	Innovationsdynamik	Marktpotential	Wettbewerbsfähigkeit
Energieeffizienz in Gebäuden und Haushalten	durchschnittlich	sehr hoch	sehr gut
Energieeffizienz in der Industrie	durchschnittlich	sehr hoch	sehr gut
Effiziente Kraftwerks- und Umwandlungstechnologie	stark steigend in Teilbereichen	sehr hoch	mittel
Kreislaufwirtschaft	konstant	hoch, stark steigend	sehr gut
Rohstoffmanagement	stark steigend	mittel, stark steigend	mittel
Mess-, Steuer- und Regeltechnik	durchschnittlich	sehr hoch	gut

Für das Segment der Energieeffizienz ergeben sich aus der vorangegangenen Analyse folgende Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen (vgl. Tabelle 6-8).

Tabelle 6-8

Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld Energieeffizienz

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Gute Wissensbasis und technologisches Potential in wichtigen Technologiefeldern • Erhebliche internationale Wettbewerbserfolge der Technologiehersteller; hohe Weltmarktanteile heimischer Unternehmen als gute Ausgangsposition für weiteres Umsatzwachstum in einer Reihe von Technologielinien • Innovation und Diffusion durch Energie- und Klimapolitik getrieben 	<ul style="list-style-type: none"> • Stark expandierender Weltmarkt • Reinvestitionsbedarf im Kraftwerksbereich, der erlaubt, Energienachfrage und –versorgung neu auszutarieren • Diskussion über neue Politikinstrumente (Emissionshandel, Energieeffizienzrichtlinie) für Generierung von Nachfrage und Ausrichtung auf effiziente Technologieinnovationen nutzen • Preissteigerungen bei energetischen Rohstoffen nutzen, um Innovationen voranzutreiben
Schwächen	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> • Trotz breitem gesellschaftlichen Konsens zur Rolle der Energieeffizienz Aktivitäten ungleich verteilt über verschiedene Technologielinien (geringe Anreize für industrielle Querschnittstechnologien) • Unternehmen noch weniger stark organisiert als im Bereich der erneuerbaren Energien • Mangelnde "Sichtbarkeit" der Rolle der Effizienztechnologien in der Öffentlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Politikentwicklungen wie die Energieeffizienzrichtlinie noch stärker zu nutzen, um Technologielinien weiter zu stärken • Konkurrenz durch technologiestarke Entwicklungsländer frühzeitig zu berücksichtigen • Erfolgreiche Anreizpolitiken in andere Länder "exportieren", um größere Märkte für die Produkte zu schaffen • Systematischere Einbindung "neuer Technologiefelder" wie Nano/Biotechnologien in die Entwicklung effizienter Prozesse und Produkte

6.6.2 Rohstoffeffizienz

Das Wissen über die Effizienzpotentiale der Rohstoffnutzung und ihre Auswirkungen auf die künftige Rohstoffnachfrage sind noch rudimentär (Schwäche). Dieses Wissen ist jedoch notwendig, um Rahmenbedingungen für eine sichere, umweltschonende, nachhaltige und kosteneffiziente Rohstoffnutzung zu schaffen (Herausforderung).

Es besteht kein Zweifel an der hohen globalen Bedeutung eines schonenden Umgangs mit den Rohstoffressourcen (Chance). Dies schafft Märkte für entsprechende Innovationen und Technologien. Die deutschen Unternehmen sind in diesem Feld gut aufgestellt (Stärke).

Das umweltpolitische Ziel einer effizienten Rohstoffnutzung deckt sich mit dem Bestreben der Wirtschaft nach Kostenentlastung. Die Deutsche Materialeffizienz Agentur (demea)

schätzt das Einsparpotential bei den Rohstoffkosten der Wirtschaft auf 20 % (demea 2006.1). Bei der Bedeutung der Rohstoffkosten, die wie eingangs erwähnt 40 % der Produktionskosten ausmachen, würde die Realisierung einer Kostenentlastung in dieser Höhe alles bei weitem übertreffen, was an Lohnnebenkostenentlastungen auf den Weg gebracht wurde. Dies wäre ein wirksamer Beitrag für die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft, würde sie unempfindlicher gegenüber Versorgungsstörungen machen und die technologische Kompetenz auf dem Feld rohstoffeffizienter Innovationen exportwirksam weiter stärken (Chance). Dieses Potential ist mit den vorhandenen technologischen Mitteln auch praktisch realisierbar.

Eine Rohstoffpolitik, die die Rahmenbedingungen für die Ausschöpfung von Effizienzpotentialen setzt, muss das gegenwärtig herrschende Paradigma der Priorisierung der Energie- und Klimaproblematik überwinden. Die Neuausrichtung und Ergänzung der Schutzziele wird, wie jedwede Veränderung, Gegnerschaften von Teilen der Wissenschaft und Wirtschaft überwinden müssen (Herausforderung).

Tabelle 6-9

Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld Rohstoffeffizienz

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Unternehmen sind in dem Feld Recyclingtechnologie, der Schlüsseltechnologie für die Verbesserung der Rohstoffeffizienz, exzellent aufgestellt. • Deutschland wird weltweit als Vorreiter beim Recycling und bei effizienten Produktions- und Fertigungsverfahren wahrgenommen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Nachfrage nach Rohstoffen und damit die Nachfrage nach Technologien, welche die Effizienz ihrer Nutzung verbessern, wird mit der Entwicklung der Schwellen- und Entwicklungsländer global exorbitant zunehmen. • Die Verbesserung der Rohstoffeffizienz bringt der Industrie die gewünschte <i>merkliche</i> Kostenentlastung zur Sicherung ihrer globalen Wettbewerbsstellung. • Preissteigerungen bei nicht-energetischen Rohstoffen nutzen, um Innovationen voranzutreiben
Schwächen	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> • Die Erforschung der Effizienzpotentiale der Rohstoffnutzung ist in Deutschland und weltweit noch rudimentär. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Wissensbasis zur politischen Gestaltung förderlicher Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Rohstoffwirtschaft muss erweitert werden. • Der Paradigmenwandel hin zur Stärkung der Rohstoffforschung wird auf Gegnerschaften von Teilen der Wissenschaft und Wirtschaft stoßen.

7 Erneuerbare Energien

7.1 Beschreibung des Handlungsfelds³³

Der Weltenergieverbrauch wird nach Schätzungen der Internationalen Energieagentur (IEA) bis zum Jahr 2030 um etwa 60% und damit von 10 auf 16 Mrd. Tonnen Öläquivalent pro Jahr steigen.³⁴ Die wesentlichen Bestimmungsfaktoren für den Anstieg des Weltenergiebedarfs sind der weltweite Bevölkerungsanstieg und das zu erwartende Weltwirtschaftswachstum. Bis zum Jahr 2030 wird ein Wachstum der Weltbevölkerung von derzeit 6 Mrd. auf 8 Mrd. Menschen erwartet. Die Wirtschaftsleistung wird bis zum Jahr 2030 im weltweiten Durchschnitt um 3% jährlich wachsen, das Weltbruttosozialprodukt wird sich damit verdoppeln.³⁵

Ein erheblicher Teil des Wachstums in der weltweiten Energieerzeugung wird dabei nach wie vor auf fossile Energiequellen entfallen. Blicke der heute gegebene Energiemix unverändert, würde dies bedeuten, dass die energiebedingten Emissionen bis zum Jahr 2030 weltweit um über 60% steigen würden, wenn keine weiteren Gegenmaßnahmen getroffen würden. Zwei Drittel des erwarteten Zuwachses der CO₂-Emissionen würde dabei auf die Entwicklungsländer entfallen, China (19% Anteil) und Indien (6% Anteil) würden zu Großemittenten. Im Jahr 2030 wären damit die CO₂-Emissionen der Entwicklungsländer höher als die der Industrieländer.³⁶

Um sowohl den Wachstumsanforderungen der Entwicklungs- und Schwellenländer als auch der Notwendigkeit der Reduktion von Umweltbelastungen gerecht zu werden, muss der CO₂-Ausstoß durch die Energieerzeugung trotz Bevölkerungswachstums und dynamischen Wachstums der Weltwirtschaft gesenkt werden.³⁷ Neben Techniken zur Emissionsreduktion und vor

³³ Für eine ausführliche und aktuelle Darstellung unterschiedlicher Themenfelder im Bereich erneuerbare Energien vgl. die Internetseite des BMU www.erneuerbare-energien.de
<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/>

³⁴ Vgl. IEA 2004, World Energy Outlook 2004. International Energy Agency, Paris 2004 und EWI/Prognos. Energiereport IV – Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030. Energiewirtschaftliche Referenzprognose im Auftrag des BMWA. Schlussbericht, Köln, Basel 2005.

³⁵ EWI/Prognos, Energiereport IV – Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030. Energiewirtschaftliche Referenzprognose im Auftrag des BMWA. Schlussbericht, Köln, Basel 2005.

³⁶ IEA 2004, World Energy Outlook 2004. International Energy Agency, Paris 2004.

³⁷ Vgl. z.B. Graßl, H., J. Kokott, M. E. Kulessa, J. Luther, F. Nuscheler, R. Sauerborn, H.-J. Schellnhuber, R. Schubert, E.-D. Schulze, et al., Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, Springer 2003.

allem weiteren verstärkten Anstrengungen zur Steigerung der Energieeffizienz (vgl. zu entsprechenden Technologien auch den vorigen Abschnitt) kommt der zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energien ein hoher Stellenwert zu.

Wie angesprochen sind der globale Klimawandel einerseits und die zunehmende Ressourcenknappheit wegen der wachsenden Nachfrage der industriellen Schwellenländer andererseits zwei der großen globalen Herausforderungen der nächsten Jahrzehnte. Zu beiden Problemfeldern leistet die verstärkte Nutzung der erneuerbaren Energien einen erheblichen Lösungsbeitrag.³⁸

Im Jahr 2006 wurden allein in Deutschland durch den Einsatz der erneuerbaren Energien 97 Mio. t/a CO₂-Emissionen vermieden,³⁹ d.h. ohne ihren Einsatz wäre der CO₂-Ausstoß um über 10% höher gewesen (für das Jahr 2020 sind Einsparungen von 160 Mio. t/a CO₂-Emissionen möglich).⁴⁰ Durch den Ersatz von fossilen Energieträgern leisten erneuerbare Energien weltweit einen wichtigen Beitrag zur Ressourceneinsparung. Aus deutscher Perspektive bedeutet die verstärkte Nutzung der wichtigsten heimischen Energiequelle, der erneuerbaren Energien, eine spürbare Verminderung der Abhängigkeit von Energieimporten und damit eine größere Sicherheit in der Energieversorgung. Der entscheidende Beitrag der erneuerbaren Energien zu einer weltweit nachhaltigen Energieversorgung ist unumstritten, so dass in den nächsten Jahren und Jahrzehnten die Nachfrage nach solchen Technologien auf den internationalen Märkten stark ansteigen wird.

Historisch wurden vor allem die Wasserkraft und Biomasse als erneuerbare Energien genutzt, in beiden Feldern besitzt Deutschland im internationalen Vergleich eher unterdurchschnittliche natürliche Voraussetzungen. Mit der politisch gewollten Förderung der erneuerbaren Energien, vor allem durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), aber auch durch andere Förderprogramme⁴¹, wurde in den letzten Jahren ein rasanter Ausbau der erneuerbaren Energien angestoßen, der Deutschland in unterschiedlichen Aspekten in eine weltweit führende Position gebracht hat. So hat sich der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergie-

³⁸ Hinzu kommen nennenswerte Entlastungen bei den konventionellen Luftschadstoffen.

³⁹ Vgl. BMU (Hrsg.), Entwicklung der erneuerbaren Energien im Jahr 2006 in Deutschland, Berlin 2007 http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_zahlen2006.pdf

⁴⁰ Alleine die vermiedenen externen Kosten der Stromerzeugung aufgrund der Förderung durch das EEG lassen sich für das Jahr 2005 auf rund 2,8 Mrd. € schätzen. Vgl. Krewitt, Wolfgang, Schlomann, Barbara, Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern, Stuttgart und Karlsruhe 2006. http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/ee_kosten_stromerzeugung.pdf

verbrauch in den letzten Jahren mehr als verdoppelt (5,3% in 2006), der Anteil des Stroms aus erneuerbaren Energien beträgt mittlerweile 11,8%.⁴² Deutschland besitzt derzeit sowohl bei den Investitionen in erneuerbare Energien wie auch bei der Produktion von Anlagen im weltweiten Vergleich eine herausgehobene Position (vgl. Abschnitt 7.3).

7.2 Technologielineien und Innovationsdynamik

Das Handlungsfeld erneuerbarer Energien wird üblicherweise differenziert nach den Sparten⁴³

- Windenergie,
- Photovoltaik,
- Solarthermie,
- Biomasse,
- Wasserkraft und
- Geothermie

betrachtet. Diese Differenzierung folgt in ihrer groben Abgrenzung den Unterschieden in der natürlichen und technischen Energieumwandlung. Darüber hinaus sind weitere Differenzierungen möglich, zum Beispiel im Hinblick auf die erzeugte Sekundärenergie (Strom, Wärme) oder im Hinblick auf die Form des Biomassebrennstoffs (fest, flüssig, gasförmig). Auch die Wasserstoffwirtschaft (Techniken zur Gewinnung, zum Transport und zur Speicherung von Wasserstoff sowie Brennstoffzellen) wird zumindest dem weiteren Kontext dieses Handlungsfeldes zugeordnet.

7.2.1 Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik

Über alle Sparten und Technologiebereiche betrachtet ist das technologische Entwicklungspotential im Handlungsfeld der erneuerbaren Energien insgesamt als sehr hoch anzusehen. Dies schlägt sich auch in den vorhandenen Einschätzungen zu den kurz- bis mittelfristig erwartba-

⁴¹ Als Beispiele seien das Marktanreizprogramm des Bundes oder Kreditförderprogramme der KfW genannt.

⁴² Höhere Anteile weisen Länder auf, die wegen ihrer natürlichen Voraussetzungen einen hohen Anteil von Wasserkraft in der Stromerzeugung aufweisen.

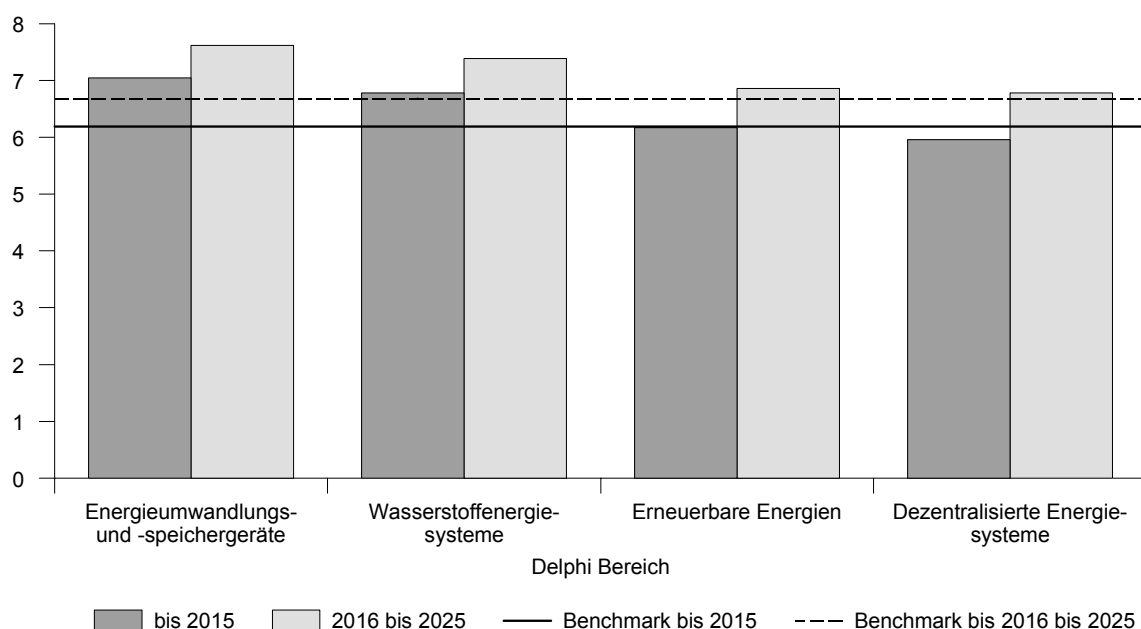
⁴³ Vg. Für einen Überblick z.B. BMU (Hrsg.), Erneuerbare Energien Innovationen für die Zukunft Stand: April 2006, Berlin 2006.

<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36983/35338/>

ren Kostendegressionen bei der Nutzung erneuerbarer Energien nieder. Es sind in diesem Feld erhebliche technologische Durchbrüche zu erwarten. Die Auswertung von Delphi-Studien⁴⁴ deutet auf einen Wissenszuwachs in diesem Bereich, der sowohl mittel- als auch langfristig überdurchschnittlich hoch ist. Bei den hier näher betrachteten Feldern der erneuerbaren Energien beträgt der erwartete Wissenszuwachs 6,5 bzw. 7,2 Punkte. Er ist damit höher als der im Durchschnitt im Delphi-Feld Energie und Ressourcen erwartete Zuwachs von 6,2 bzw. 6,7 Punkten.⁴⁵

Abbildung 7-1:

Erwarteter Wissenszuwachs im Handlungsfeld erneuerbare Energien



Quellen: NISTEP 2005; Fraunhofer-ISI.

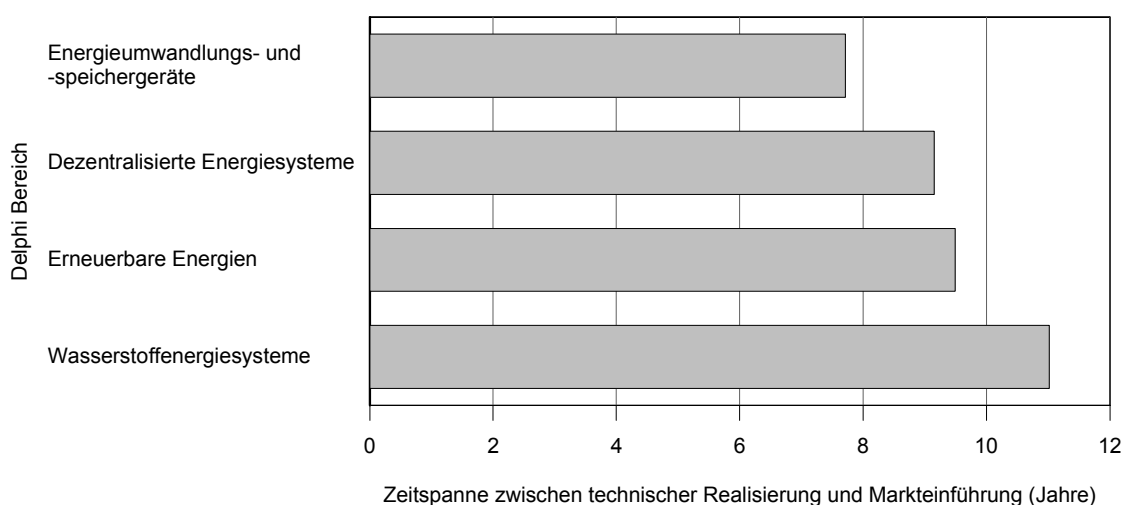
Der Zeitbedarf zwischen technischer Realisierung und Markteinführung ist nach diesen Erhebungen jedoch teilweise überdurchschnittlich lang. Der Zeitbedarf liegt für erneuerbare Energien im Schnitt bei 9,3 Jahren im Vergleich zu mehrheitlich 7 bis 8 Jahren in allen betrachteten Bereichen der Delphi-Studie. Das kann zum Teil damit erklärt werden, dass einige Technologielinien mit weit entfernten Realisierungszeitpunkten abgefragt wurden (z.B. Photovol-

⁴⁴ NISTEP (Hrsg.), Science and Technology Foresight Survey: Delphi analysis (NISTEP Report No. 97), Tokyo: NISTEP 2005.

⁴⁵ Die Skala reicht von „kein Zuwachs“ (0 Punkte) bis „großer Zuwachs“ (10 Punkte).

taik aus dem Weltraum), für die dann in der Regel auch die Zeitspanne bis zur Marktreife als überdurchschnittlich hoch eingeschätzt wird.

Abbildung 7-2:
Zeitbedarf für die Markteinführung



Quellen: NISTEP 2005; Fraunhofer-ISI.

Die Abbildungen 7-3 und 7-4 zeigen die Patentdynamik in ausgewählten Bereichen⁴⁶ der erneuerbaren Energien weltweit und in Deutschland.

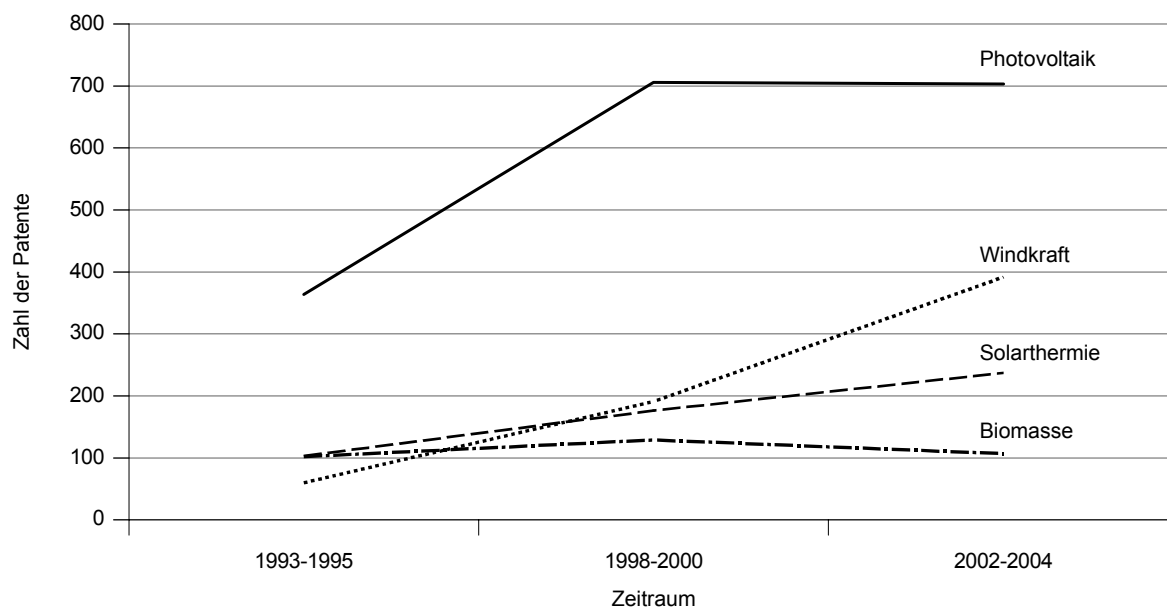
Weltweit wird die größte Anzahl von Patenten für den Bereich Photovoltaik gezählt, auch wenn hier überraschenderweise zuletzt eine Stagnation bei der Zahl der Anmeldungen zu verzeichnen ist.⁴⁷ Stark angestiegen ist weltweit die Zahl der Patente im Bereich Windkraft, wo es zuletzt eine Verdopplung gegeben hat. Ebenfalls deutlich gestiegen sind die Patente im Bereich Solarthermie, während der Technologiebereich Biomasse über den gesamten Zeitraum stagniert.

⁴⁶ Auf eine Darstellung der Patentdynamik in den Bereichen Wasserkraft und Geothermie wurde wegen der relativ geringen Fallzahlen der identifizierten Patentanmeldungen verzichtet.

⁴⁷ Die aktuell ausgewerteten Patente beziehen sich auf den Zeitraum 2002 bis 2004.

Abbildung 7-3

Patentdynamik nach ausgewählten Bereichen der erneuerbaren Energien (weltweit)



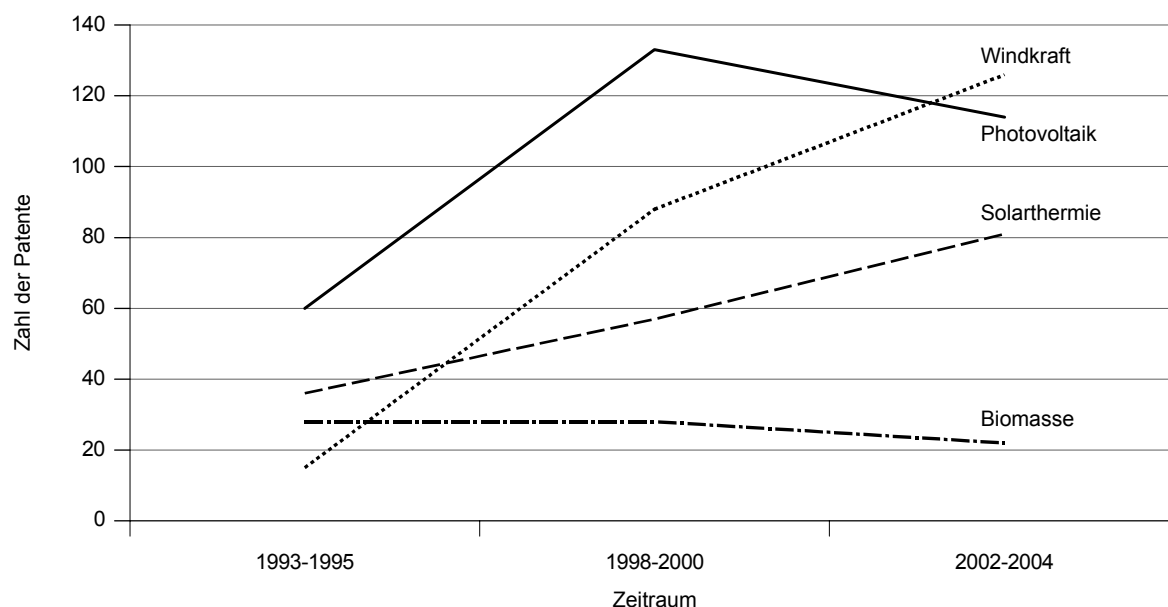
Quellen: Fraunhofer-ISI; DIW Berlin.

In Deutschland hat über den betrachteten Zeitraum die Patentdynamik im Bereich Windenergie sehr stark zugenommen, sie ist von unter 20 angemeldeten Patenten im Zeitraum 1993 bis 1995 auf über 120 Patente im Zeitraum 2002 bis 2004 gestiegen. Wie auch weltweit zu konstatieren, ist die Zahl der Patente im Bereich Photovoltaik in den neunziger Jahren stark angestiegen, war jedoch zuletzt leicht rückläufig. Im Bereich Solarthermie gab es auch in Deutschland einen kräftigen Anstieg, während der Bereich Biomasse in Deutschland wie auch international stagnierte.

Im internationalen Vergleich hat Deutschland hohe Forschungsausgaben für erneuerbare Energien, im Jahr 2005 wurden rund 100 geförderte Forschungsvorhaben mit einem Gesamtvolumen von knapp 100 Mio. € bewilligt. Die inhaltlichen Schwerpunkte liegen in der Photovoltaik und in der Windenergie.⁴⁸

⁴⁸ BMU-(Hrsg.), Forschung für erneuerbare Energien - Spitzentechnologie aus Deutschland. Stand: April 2006, Berlin 2006. <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/37264/35338/>

Abbildung 7-4
Patentdynamik nach ausgewählten Bereichen der erneuerbaren Energien (Deutschland)



Quellen: Fraunhofer-ISI; DIW Berlin.

Die technischen Entwicklungslinien in den einzelnen Sparten der erneuerbaren Energien decken ein breites Spektrum von Technologien ab, die je nach ihrem Entwicklungsstand eine unterschiedliche Innovationsdynamik aufweisen.⁴⁹ Während in der schon lange etablierten **Wasserkraft** bereits viele technologische Effizienzpotentiale ausgeschöpft wurden, bestehen zum Beispiel in der **Windenergie** deutlich höhere Potentiale für weitere technische Effizienzgewinne. Solche Effizienzgewinne werden vor allem durch ein weiteres Größenwachstum der Windanlagen (neue Leistungsklassen jenseits der bisher üblichen Größenordnung von 2 bis 5 MW) sowie vor allem durch die Umsetzung und Weiterentwicklung von Offshore-Windparks erwartet.

In der **Photovoltaik** sind nicht nur wegen ihrer technologischen Nähe zur Halbleiter- und Nanotechnologie eine hohe Innovationsdynamik und wichtige technische Durchbrüche zu

⁴⁹ Vgl. u.a. BMU (Hrsg.), Erneuerbare Energien Innovationen für die Zukunft. Stand: April 2006, Berlin 2006. <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36983/35338/>

erwarten, die auch zu grundsätzlich neuen bzw. alternativen Technologielinien (Dünnschichttechnologien mit unterschiedlichen Materialkonstellationen) führen können.

In der **Solarthermie** spielen neben den konventionellen Anwendungen wie Sonnenkollektoren mit geringer Innovationsdynamik vor allem neue technische Entwicklungslinien bei solarthermischen Kraftwerken eine bedeutende Rolle, an deren Entwicklung deutsche Unternehmen mitarbeiten, deren zukünftige Standorte wegen der notwendigen natürlichen Voraussetzungen aber außerhalb Deutschlands liegen werden. Andere Technologielinien wie die **Tiefengeothermie** müssen sich in Deutschland noch großtechnisch bewähren (Hot-Dry-Rock-Verfahren).

7.2.2 Bewertung aus Sicht der Unternehmen

Der Fokus der erneuerbaren Energien wurde im Rahmen der Unternehmensgespräche etwas erweitert und umfasste auch Unternehmen, die im Bereich der Brennstoffzellentechnologien und der Wasserstoffwirtschaft tätig sind, so dass man in diesem Zusammenhang auch den Überbegriff der umweltfreundlichen Energieerzeugung wählen könnte.

Biomasse und Biogas

Wesentliche technologische Entwicklungen sehen die befragten Unternehmen im Produktbereich der *Biogas-Anlagen* in zwei Feldern. Zum einen wird intensiv daran gearbeitet, die mikrobiologischen Prozesse in den Anlagen genauer zu verstehen, besser zu steuern und dadurch die Effektivität der Gaserzeugung zu steigern. Zum anderen soll Biogas zukünftig zu vertretbaren Preisen in einer Qualität aufbereitet werden, die zur Einspeisung ins Erdgasnetz geeignet ist. In der Branche wird damit gerechnet, dass bis 2030 10% des heutigen Erdgasabsatzes durch Biogas abgedeckt werden können. Bei *Pelletheizungen* geht der Trend nach Aussage der befragten Unternehmen zu immer kompakteren Heizgeräten, die mittelfristig auch klassische Heizungsräume überflüssig machen können. Ziel ist hierbei das "Pellet-Wandgerät". Ein schon existierender Trend ist darüber hinaus die Kopplung von Solarthermie- und Pellet-Kesselanlagen. Weitere technologische Entwicklungen werden im Bereich der Brennertechnik, bei der Reduktion von Geräuschen und anderen Emissionen erwartet.

Solarenergie

Die Technologie der *Solarthermie*-Kollektoren ist weitgehend vorhanden und ausgereift, Effizienzsteigerungen sind aus Unternehmenssicht nur noch in sehr geringem Umfang möglich. Um die Solarsysteme im Ganzen noch effizienter zu machen, arbeiten die Solarthermie-Hersteller deshalb an der Langzeitspeichertechnik, bzw. an Latentwärmespeichern auf Salz- und Wachsbasis. Dem Bereich Solarthermie werden sich neue, sekundäre Anwendungsgebiete erschließen (z.B. Solarthermische Kühlung, Niedrigtemperatur-Prozesswärme). Der Fokus der Forschungs- und Entwicklungs-Bemühungen im Bereich *Photovoltaik* liegt auf dem Produktionsprozess. Aufgrund der zunehmenden Verknappung von Silizium ist es das Ziel, Solarzellen mit weniger Material und damit kostengünstiger zu produzieren. Nach Aussage der Unternehmen geht der Trend dabei in Richtung der Dünnschichttechnologie. Die ersten Produktionsanlagen für Dünnschichttechnologie-Solarzellen stehen heute in Japan. Das entscheidende Entwicklungsthema ist in diesem Zusammenhang die Überführung der unter Laborbedingungen hergestellten und getesteten Solarzellen in die Massenproduktion.

Windkraft

Der Trend in der Windenergiebranche geht zum Offshore-Markt. Aufgrund des Küstenschutzes müssen Windparks bis zu 30-40 km vor der Küste in tiefem Wasser gebaut werden. Die daraus resultierenden Fundament- und Netzanschlusskosten machen nach heutigem Stand der Technik nur sehr große Anlagen rentabel. Zudem muss die 5MW Technik Offshore-tauglich werden, was die Unternehmen erst ab 2010 erwarten. Ein weiteres Problem der Windkraftbranche ist die Energiespeicherung. Hier geht die Forschung in Richtung Druckluftspeicherkraftwerke, jedoch ist deren Wirkungsgrad noch sehr gering (~50%). Andere Forschungsansätze gehen in Richtung der Energieverwendung vor Ort, z.B. für Entsalzungsanlagen. Konkrete Forschung an den Windkraftanlagen selbst findet momentan an Material und Aerodynamik der Rotorblätter sowie am Antriebsstrang statt. Ein weiteres Entwicklungsthema ist die Netzverträglichkeit von Windkraftanlagen und die Integration in die bestehenden Netze. Diese dürfen bei einem Ausfall nicht abschalten (Dominoeffekt), sondern müssen auf Höchstleistung umschalten, um dem Energieabfall entgegenzuwirken.

Wasserkraft

Innovationen im Produktbereich Wasserkraft gehen insbesondere in die Richtung von Wirkungsgradsteigerungen. Geforscht wird an der Verbesserung der Umweltfreundlichkeit (Öl-freie Naben, Wellen und Dichtungen sowie Fischdurchlässigkeit). Von hohem Interesse sind aus Unternehmenssicht auch die Entwicklungsarbeiten an Sonderformen der Wasserkraft, wie zum Beispiel Gezeitenkraftwerke, Meeresströmungskraftwerke und Wellenkraftwerke.

Geothermie

Die Forschung und Entwicklung beschäftigt sich heute mit Effizienzsteigerungen der Anlagen durch die Verbesserung der Thermodynamik und der mechanischen Systeme. Ein Verfahren zur Gewinnung von Strom aus Geothermie ist das Hot-Dry-Rock Verfahren, das momentan erprobt wird. Dabei wird Wasser unter hohem Druck durch tiefe, heiße Gesteinsschichten gepumpt, dabei auf weit über 100 C° aufgeheizt und an anderer Stelle wieder zu Tage befördert. Dort wird mit dem durch den Druckabfall entstehenden Wasserdampf eine Turbine zur Stromerzeugung angetrieben. Technologisch problematisch und aufwendig ist jedoch noch die Bohrung, die für eine kommerzielle Anwendung ca. 5.000 Meter tief sein muss.

Brennstoffzelle

Grundsätzlich muss die Brennstoffzellenforschung in allen Anwendungsbereichen eine Kostenreduktion der Produktion, eine längere Haltbarkeit, eine höhere Energieausbeute und eine geringere Störanfälligkeit der Systeme erreichen. Dabei sind die eingesetzten Materialien, die Prozessoptimierung und die Systemvereinfachung zentrale Entwicklungsthemen. Bei der Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) konzentriert sich die Forschung auf die Entwicklung haltbarer Materialien und resistenter Kathoden, bei der Oxidkeramischen Brennstoffzelle SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) forschen die Firmen an einer Möglichkeit, die Betriebstemperatur zu senken. In der mobilen Anwendung kommt oft die Polymermembran-Brennstoffzelle PEMFC (Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell) zum Einsatz. Die Forschung konzentriert sich dabei auf die Entwicklung besserer und billigerer Membranen und auf die Einsparung teurer Katalysatorflächen aus Platin. Der zweite Brennstoffzellentyp in der mobilen Anwendung ist die Direktmethanol-Brennstoffzelle DMFC (Direct Methanol Fuel Cell). Die Forschung konzentriert sich hier auf das Problem, dass teilwei-

se Methanol durch die Membran wandert und damit den Prozess stört. Eine Herausforderung bei Anwendungen der Brennstoffzellentechnologie als Batterieersatz in mobilen Geräten wie Handys oder Laptops ist die Nachfüll-Infrastruktur.

7.3 Marktentwicklung

7.3.1 Marktvolumina und Trends

Der Markt für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien wächst national und international sehr dynamisch. Im Jahr 2005 lassen sich für Deutschland die Investitionen in neue Anlagen auf ca. 8,7 Mrd. €⁵⁰ schätzen, im Jahr 2004 wurden 7,2 Mrd. € investiert, was einem Jahreszuwachs von 20% entspricht.

In Deutschland wurden im Jahr 2005 die größten Investitionen in der Photovoltaik (3 Mrd. €) und in der Windenergie (2,1 Mrd. €) getätigt. Der Bereich Biomasse (Strom und Wärme) kommt zusammen auf knapp 3 Mrd. €, auf die Solarthermie (750 Mio. €) und auf die Geothermie (270 Mio. €) entfallen deutlich kleinere Beiträge.

Der globale Markt für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien lässt sich im Jahr 2005 auf rund 45 Mrd. €⁵¹ beziffern (einschließlich großer Wasserkraft, ohne große Wasserkraft auf ca. 30 Mrd. €). Der weltweite Markt ist damit innerhalb eines Jahres um rund ein Viertel gewachsen.

⁵⁰ Vgl. BMU (Hrsg.), Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung, Stand: Mai 2006, Berlin 2006.

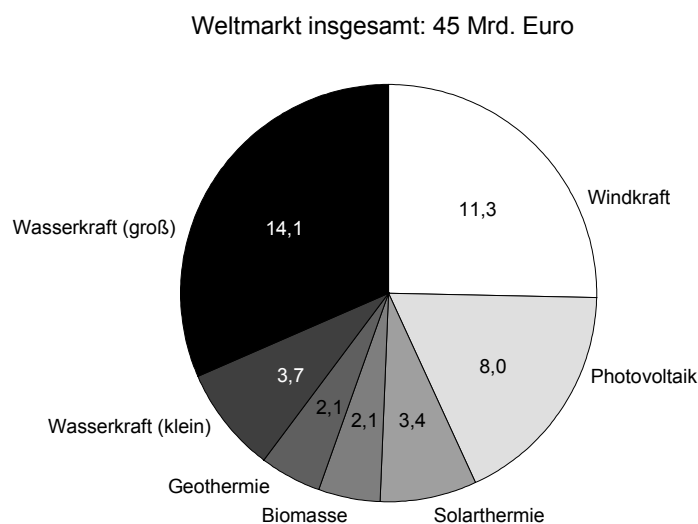
⁵¹ Vgl. REN21 (Ed.), Renewables Global Status Report – Update 2006.

http://www.bmu.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/statusbericht_ee_en.pdf

Abbildung 7-5

Weltmarkt für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien 2005

In Mrd. €



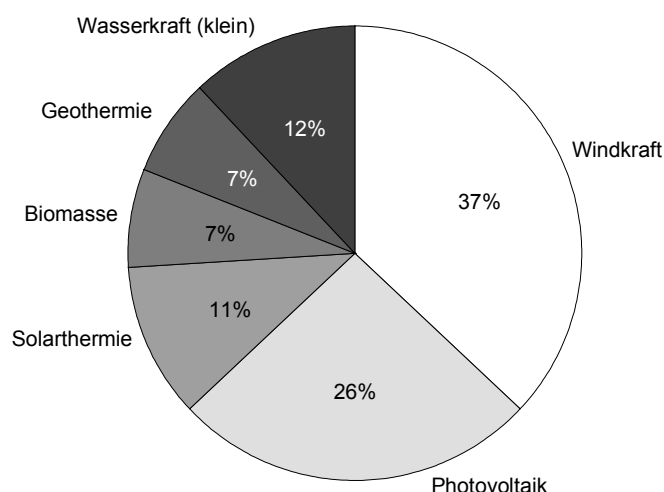
Quellen: REN21, Renewables Global Status Report – Update 2006; DIW Berlin.

Weltweit sind neben der Wasserkraft (14 Mrd. € große Wasserkraft, knapp 4 Mrd. € kleine Wasserkraft) die Windenergie mit gut 11 Mrd. € und die Photovoltaik mit 8 Mrd. € die größten Marktbereiche. Auf die Solarthermie entfällt im Jahr 2005 ein Volumen von gut 3 Mrd. €, während in den Bereichen Biomasse und Geothermie derzeit weltweit Investitionen von jeweils gut 2 Mrd. € getätigt werden.

Abbildung 7-6

Weltmarkt für Anlagen zur Nutzung erneuerbare Energien nach Sparten im Jahr 2005

Weltmarkt insgesamt (ohne große Wasserkraft): 31 Mrd. Euro



Quellen: REN21, Renewables Global Status Report – Update 2006; DIW Berlin.

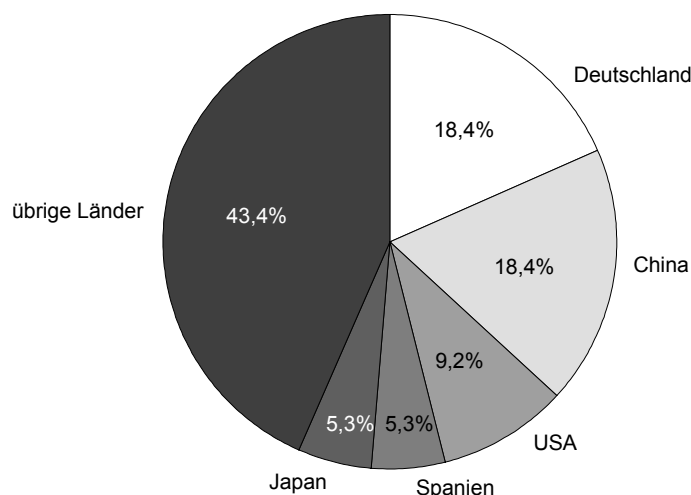
Betrachtet man den Weltmarkt zur Nutzung erneuerbarer Energien nach Zielländern, in denen die größten Investitionen getätigt wurden, so waren im Jahr 2005 Deutschland und China mit jeweils knapp 20% die beiden Länder, in denen die größten Investitionen⁵² für erneuerbare Energie getätigt wurden. Der Investitionsschwerpunkt in China lag in der Solarthermie (Sonnenkollektoren) und in der kleinen Wasserkraft, in Deutschland wurde dagegen wie erläutert vor allem in den Bereichen Photovoltaik und Windenergie investiert. Im Jahr 2005 folgten als nächstgrößere Märkte mit deutlichem Abstand die USA, Japan und Spanien. Bei der Größe der weltweiten Zielmärkte sind jedoch in der Zukunft deutliche Verschiebungen wahrscheinlich.

⁵² Angaben ohne große Wasserkraft, dort wurden in China allein wegen laufender Großprojekte rund 8 Mrd. € investiert..

Abbildung 7-7

**Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2005
wichtigste Länder in % vom Weltmarkt**

Weltmarkt insgesamt (ohne große Wasserkraft): 31 Mrd. Euro



Quellen: REN21, Renewables Global Status Report – Update 2006; DIW Berlin.

Die zukünftigen weltweiten Wachstumspotentiale der erneuerbaren Energien werden als sehr günstig eingeschätzt.⁵³ Diese Sichtweise wird auch durch die vereinbarten politischen Ziele innerhalb der EU sowie durch entsprechende weltweite Vereinbarungen (z.B. auf Weltkonferenzen für erneuerbare Energien) unterstützt.

Nach einer Studie im Auftrag des BMU⁵⁴ kann für das Jahr 2020 von einem Weltmarkt für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in einer Größenordnung von 115 Mrd. € (konservative Einschätzung) bis 250 Mrd. € (gemäßigt optimistische Einschätzung) ausgegangen werden, d.h. in den nächsten 15 Jahren ist von einer Verdrei- bis zu einer Versechsfachung des derzeitigen globalen Marktvolumens auszugehen.

⁵³ Vgl. z.B. European Renewable Energy Council: Renewable Energy Scenario to 2040. Half of the global energy supply from renewables in 2040, 2004 und World Energy Council: 2004 survey of energy resources, Elsevier Ltd., 2004.

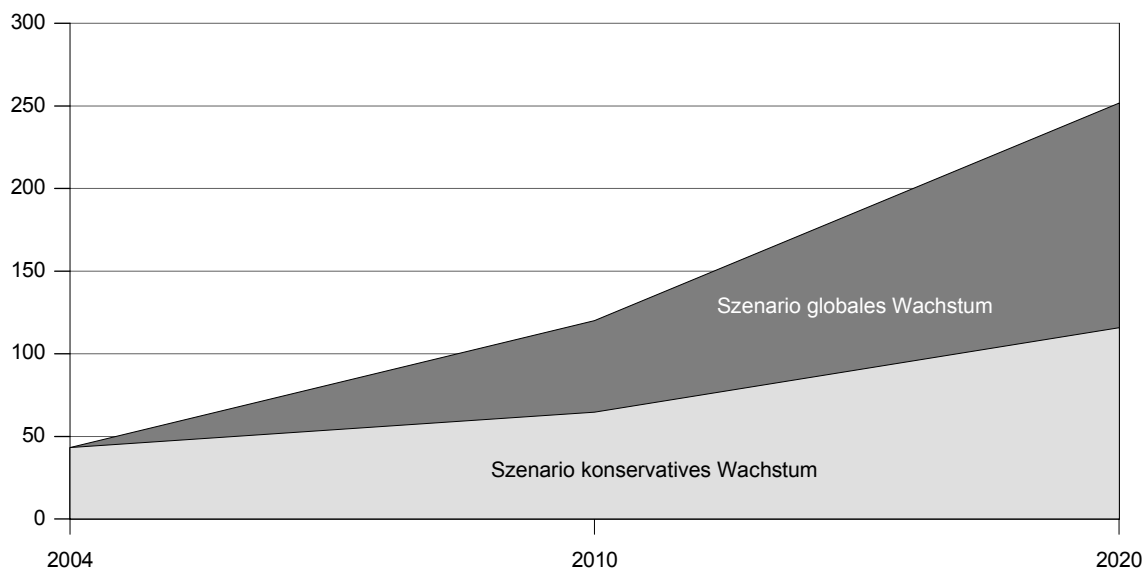
⁵⁴ Vgl. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR – Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung), Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung (GWS): Wirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt unter besonderer Berücksichtigung des Außenhandels, Untersuchung im Auftrag des Bundesumweltministeriums, Berlin 2006.

http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/arbeitsmarkt_ee_lang.pdf

Abbildung 7-8

Weltmarkt für Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2020

In Mrd. €



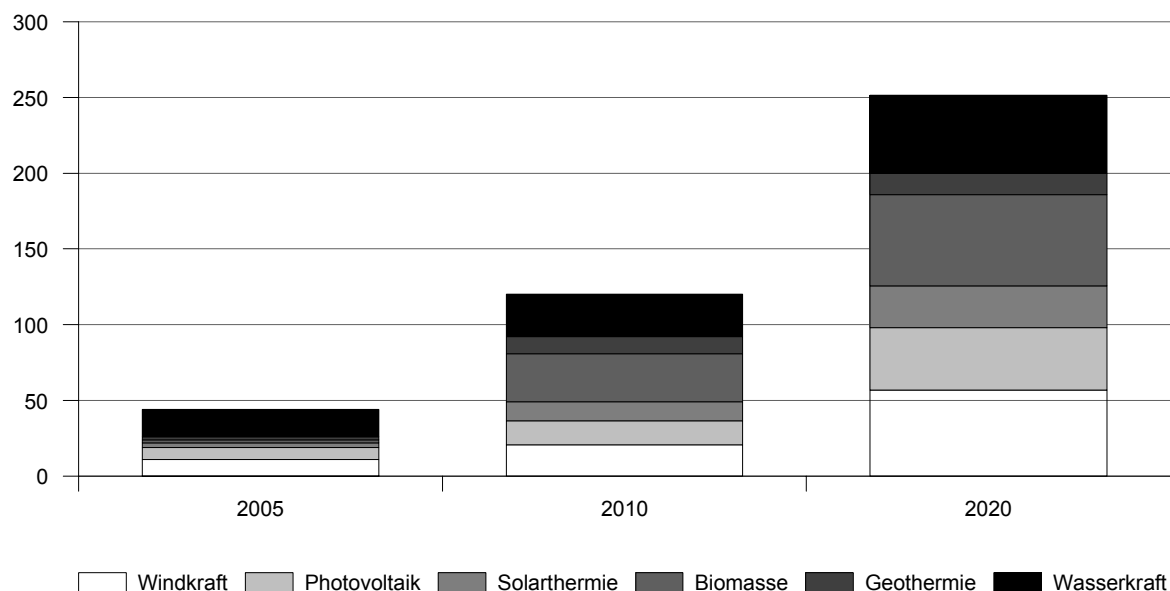
Quellen: ZSW; DIW Berlin; DLR; GWS 2006.

Die größten globalen Marktvolumina in den unterschiedlichen Sparten der erneuerbaren Energien lassen sich für das Jahr 2020 in den Bereichen Biomasse (60 Mrd. €), Windenergie (57 Mrd. €), Wasserkraft (52 Mrd. €) und Photovoltaik (42 Mrd. €) erwarten. Die Marktpotentiale der Solarthermie werden auf 28 Mrd. € und die der Geothermie auf 14 Mrd. € geschätzt.

Abbildung 7-9

Entwicklung des Weltmarktes für erneuerbare Energien nach Sparten bis 2020 Szenario globales Wachstum

In Mrd. €

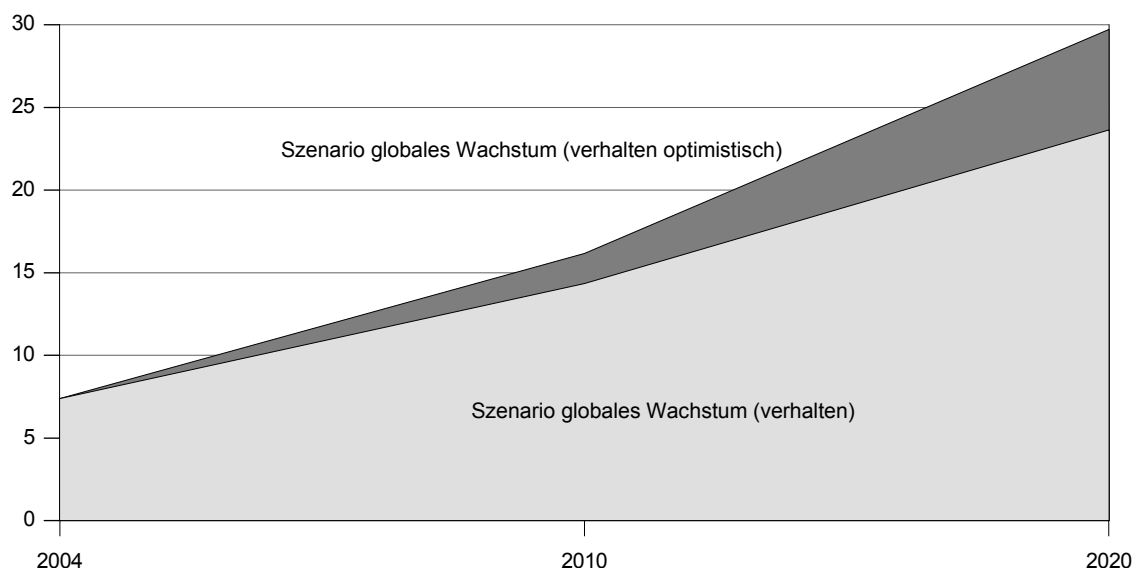


Quellen: ZSW; DIW Berlin; DLR; GWS 2006.

Da der sich Ausbau der erneuerbaren Energien außer in den großen Industrieländern vor allem in den sich schnell entwickelnden Aufholländern (China, Indien u.a.) vollziehen wird, wird der Anteil des deutschen Marktes am Weltmarkt in Zukunft zwangsläufig rückläufig sein. Wenn dieser Anteil sich unter vorsichtigen Annahmen im Jahr 2020 bei gut 9% bewegt (gegenüber einem Weltmarktanteil von derzeit rund 20%), bedeutet dies in der Konsequenz ein starkes Wachstum für die deutsche Produktion von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Mit rund 24 Mrd. € wäre der Umsatz ca. dreimal so hoch wie im Jahr 2005; würde der Weltmarktanteil im Jahr 2020 bei ca. 12% sein, könnte der Umsatz aus deutscher Produktion sich sogar auf knapp 30 Mrd. € belaufen. Ein überwiegender Teil dieser Umsätze wird im Ausland erwirtschaftet werden.

Abbildung 7-10

Produktion von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland in Mrd. € Unterschiedliche Annahmen über Weltmarktanteile



Quellen: ZSW; DIW Berlin; DLR; GWS 2006.

7.3.2 Marktgröße und Zielmärkte aus Sicht der Unternehmen

Insgesamt bilden aus Sicht der befragten Unternehmen Europa, Nordamerika und China die zukünftig wichtigsten Absatzmärkte für Anlagen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien. Hierbei zeigen sich jedoch hinsichtlich der Wachstumsdynamik und der erwarteten Absatzchancen starke Unterschiede in den einzelnen Produktbereichen.

Für die Unternehmen der Wasserkraft sind und bleiben auch in Zukunft Indien und China die mit Abstand wichtigsten Märkte. Die Solarbranche und die Unternehmen aus dem Bereich Biomasse/Biogas dagegen sehen in Westeuropa und in Nordamerika zukünftig die weitaus größten Absatzmärkte. Ähnliche Aussagen treffen Unternehmen im Bereich der Brennstoffzellen. Zusätzlich hat hier noch der japanische Markt auf Grund seiner Führungsrolle in der Anwendung von Brennstoffzellen eine sehr hohe Bedeutung. Für die Unternehmen der Geothermie wiederum sticht Osteuropa – auch wegen der geographischen Nähe – als wichtigster zukünftiger Absatzmarkt hervor.

Biomasse und Biogas

Der Weltmarkt für die Projektierung und Errichtung von *Biogasanlagen* wird auf 650 Mio. € jährlich geschätzt⁵⁵ wovon der größte Anteil, d.h. ca. 450 Mio. €, allein für Deutschland angenommen wird. Experten gehen davon aus, dass das sehr dynamische Wachstum der Branche anhalten und bis 2020 ein Branchenumsatz von 7,5 Mrd. € erreicht sein kann, was einem jährlichen Wachstum von 15-20% entspricht. Bzgl. der Kundenstruktur erwarten die Unternehmen, die bisher schwerpunktmäßig Anlagen an Landwirte verkauft haben, eine Fortsetzung der Verschiebung des Kundenspektrums in den Bereich von Kommunen, Energieversorgern und zunehmend auch Finanzinvestoren. Da viele europäische Staaten heute dem deutschen EEG ähnliche Modelle einführen wollen, wird eine dynamische Auslandsnachfrage erwartet.

Im Bereich der Biogas-Anlagenbauer ist starkes Wachstum und eine Professionalisierung der Anbieter zu beobachten. Etwa zehn mittelgroße Wettbewerber sind derzeit im deutschen Markt aktiv, assistiert von einer Reihe von spezialisierten Firmen, die Komponenten zuliefern und die Projektierung übernehmen. Zur Zeit profitieren alle Anbieter im Markt von der sehr dynamischen Marktentwicklung. Die befragten Unternehmen erwarten dennoch in den kommenden Jahren einen intensiver werdenden Wettbewerb. Die degressive Förderung des EEG wird den Effizienz- und Wettbewerbsdruck auf die Anbieter erhöhen. Es wird auch mit einer Marktkonsolidierung durch Übernahme kleinerer Anbieter ggf. durch Energieversorgungsfirmen gerechnet. Anlagenhersteller werden sich zunehmend breiter aufstellen und Komplettangebote inklusive des Betriebs von Anlagen anbieten. Die Profitabilität der Anlagenbauer ist noch sehr unterschiedlich und bewegt sich bei den befragten Unternehmen im Bereich einer EBIT-Quote von 3-10%.

Die befragten Biogas-Anlagenbauer sind heute noch überwiegend national orientiert und haben einen Exportanteil von maximal 30%. Für das Auslandsgeschäft gelten bei den befragten Unternehmen insbesondere die europäischen Nachbarländer, die über vergleichbare gesetzliche Regelungen wie in Deutschland die Erzeugung von Biogas fördern, als auch Nordamerika und Asien als mittelfristig attraktive Ziele. Längerfristig wird insbesondere Nordamerika als attraktiver Zielmarkt benannt, dicht gefolgt von den osteuropäischen Staaten.

⁵⁵ Fachverband Biogas e.V.: Biogas – das Multitalent für die Energiewende: Fakten im Kontext der Energiepolitik-Debatte, Ausgabe März 2006.

Die befragten Unternehmen erwarten, dass bis 2020 *Pelletheizungen* im Bereich der Heizsysteme einen Marktanteil von mindestens 15% erreicht haben werden. Ein wesentlicher Treiber hierfür wird die bei weiter steigenden Energiepreisen höhere Bedeutung der Nebenkosten bei Kauf und Miete von Immobilien sein. Der Wettbewerb im Markt für Pelletheizungen wird sich aus Unternehmensperspektive in den kommenden Jahren verschärfen, da alle großen Anlagenhersteller in diesem Bereich eine sehr aktive Produktentwicklung betreiben. Zusätzlich wird ein wachsender internationaler Wettbewerb und eine steigende Importquote für den deutschen Markt erwartet. Die befragten deutschen Unternehmen sehen das westeuropäische Ausland als wichtigsten Markt für ihre internationalen Aktivitäten an. Erst längerfristig werden andere Märkte wie Asien und Nordamerika stärker in den Blickpunkt rücken.

Solarenergie

Momentan hat der deutsche *Solarthermiemarkt* ein Volumen von ca. 750 Mio. € und bedient 1,6% des Gesamt-Primärenergie-Verbrauchs in Deutschland. Der Weltmarkt liegt bei ca. 3,2 Mrd. € und wächst laut der befragten Unternehmen um ca. 30% pro Jahr. Es wird davon ausgegangen, dass der Branchenumsatz in Deutschland im Jahre 2020 bei ca. 8,5 Mrd. € liegen wird.

Bei der *Photovoltaik* wird in Deutschland von einem weiter zweistellig wachsenden Markt ausgegangen. Heute hat der Photovoltaikmarkt in Deutschland ein Volumen von ca. 3 Mrd. €, 2020 wird mit einem Marktvolumen von ca. 9,6 Mrd. € gerechnet. Der Anteil von Solarstrom am Brutto-Stromverbrauch liegt bei ca. 3,5%. Weltweit liegt der Photovoltaikmarkt momentan bei ca. 7,2 Mrd. €. Die Unternehmen rechnen mit dem Einzug von elektrischen Geräten in viele bisher nicht elektrifizierte Lebensbereiche, und hierbei wird die dezentrale Energiegewinnung durch Photovoltaik eine wichtige Rolle einnehmen (z.B. Beleuchtung entlegener Gebiete).

Zukünftig stärkerer internationaler Wettbewerb wird nach Ansicht der Unternehmen den Kostendruck im Bereich Solarthermie erhöhen. Die EBIT- Marge liegt heute bei ca. 10% und wird sich nach Unternehmensangaben bis 2010 kaum verändern. Härterer Wettbewerb wird auch im Bereich Photovoltaik erwartet, besonders mit asiatischen (japanischen) Firmen.

Heute sehen die befragten Unternehmen West- und Osteuropa als die wichtigsten Absatzmärkte. Zukünftig wird Westeuropa seine Führungsrolle noch ausbauen, jedoch wird auch der

amerikanische Markt an Relevanz gewinnen und fast an die Bedeutung von Westeuropa heranreichen. Auch praktisch alle weiteren Auslandsmärkte, inklusive China und Indien, gewinnen an Bedeutung für die Unternehmen. Eine Ausnahme bildet dabei Japan. Der Grund dafür ist die Stärke der dort etablierten Unternehmen. Heute liegt der durchschnittliche Exportanteil der befragten Solarthermie-Unternehmen bei ca. 20 %, bei Photovoltaikanbietern bei ca. 40%. Es wird damit gerechnet, dass der Exportanteil weiter steigen und die Marktteilnehmer zunehmend internationaler agieren werden.

Windkraft

Derzeit hat der Markt für Windenergieanlagen in Deutschland ein Volumen von ca. 4,5 Mrd. € und bedient damit 4,3% des Brutto-Stromverbrauches in Deutschland. Insgesamt hat der Weltmarkt für Windenergie ein Volumen von rund 9 Mrd. €. Die Nachfragestruktur wird sich aus Sicht der Unternehmen mittelfristig ändern. Heute sind die typischen Kunden der Anlagenhersteller noch überwiegend Independent Power Provider (IPP), die weder Übertragungs- noch Verteilungsnetze besitzen und keiner Versorgungspflicht nachkommen müssen. Dadurch, dass in der Nachfragerstruktur große Energieversorger mit dem Ziel der Versorgungssicherheit an Bedeutung gewinnen, ergibt sich ein starkes Wachstum bei den heute schon technologisch ausgereiften 2-3 MW-Anlagen. Grund hierfür ist die hohe Betriebssicherheit der 2-3 MW Anlagen und die ausgereifte und erprobte Technik. Auch im Offshore-Bereich werden parallel zum Einsatz von Großanlagen mittelgroße Anlagen zum Einsatz kommen. Darüber hinaus werden nach Unternehmensaussagen mittel- bis langfristig auch 5 MW Anlagen auf den Markt kommen. Das weltweite Marktwachstum liegt nach Unternehmensangaben bei ca. 40% pro Jahr. Ein Grund dafür ist die in den letzten Jahren stark gestiegene Nachfrage im Ausland, insbesondere in den USA.

Aufgrund der komplizierten Technologie und dem notwendigen Know-how ist der Windenergiemarkt unter wenigen großen Herstellern aufgeteilt. Die drei größten Hersteller haben dabei in Deutschland einen Marktanteil von 80%. Die EBIT-Marge der Unternehmen liegt heute durchschnittlich trotzdem nur bei ca. 5%. Die Unternehmen erwarten, dass die Margen bis 2010 trotz einer steigenden Wettbewerbsintensität auf ca. 10% ansteigen können.

Heute liegt der Exportanteil der deutschen Unternehmen der Windkraftbranche bei ca. 60%, und die befragten Unternehmen sehen eindeutig Westeuropa als den wichtigsten Absatzmarkt.

Zudem sind Südamerika und Indien besonders relevant. Derzeit noch kaum bedeutend sind unter anderem Russland und Indien. In Zukunft werden Nord- und Südamerika sowie Indien jedoch die drei wichtigsten Märkte sein. Dagegen wird Westeuropa relativ an Bedeutung verlieren.

Wasserkraft

Der deutsche Wasserkraft-Markt stagniert nach Aussage der befragten Unternehmen derzeit auf einem relativ niedrigen Niveau (ca. 100 Mio. €), da er wesentlich nicht von Neubauten, sondern vom Anlagenersatzgeschäft und von Modernisierungen geprägt ist. Global wird ein jährliches Marktwachstum von bis zu 10% in der nahen und mittelfristigen Zukunft für möglich gehalten. Schätzungen gehen davon aus, dass weltweit erst 25% der wirtschaftlichen Potentiale für Wasserkraft (ca. 800.000 MW) ausgenutzt werden. Das globale Marktvolumen wird von den befragten Unternehmen auf insgesamt 4 Mrd. € geschätzt, die deutschen Unternehmen haben dabei einen Marktanteil von ca. 15 - 20%.

Der globale Wettbewerb ist geprägt einige wenige global aufgestellte Konzerne sowie eine Vielzahl von kleinen und mittelständischen Unternehmen, die in einem intensiven Wettbewerb stehen. Das Segment der großen Anlagen wird auch in Zukunft nur von wenigen etablierten Anbietern bestimmt werden. Hinzu kommen jedoch neue Wettbewerber aus Asien. Die EBIT-Margen liegen heute bei ca. 5% und werden sich nach Unternehmensangaben in der Zukunft kaum verändern.

Heute sehen die befragten Unternehmen West- und Osteuropa sowie China und Indien als die wichtigsten Absatzmärkte für deutsche Unternehmen. Indien hat z.B. vor kurzer Zeit ein Energieprogramm verabschiedet, das einen Ausbau der Wasserkraft in der Größenordnung von 50.000 MW vorsieht. Westeuropa wird in Zukunft an Relevanz verlieren, in der Folge werden Indien und China als die wichtigsten Absatzmärkte der Zukunft gesehen. Japan und Südamerika werden zusätzlich an Bedeutung gewinnen. Am Marktwachstum in den wichtigsten Märkten China, Indien sowie in Brasilien kann Deutschland jedoch nach Einschätzung einzelner Unternehmen nur eingeschränkt partizipieren. Dies ist vor allem auf die Faktoren Kostenposition, Finanzierungsmöglichkeiten, Importbeschränkungen und auf die hohen Umweltauflagen zur Erlangung internationaler Bürgschaften zurückzuführen.

Geothermie

Aktuell hat der Markt für *oberflächennahe Geothermie* (Wärmepumpen) in Deutschland ein Volumen von ca. 250 Mio. € und deckt damit ca. 0,1% des Gesamt-Wärme-Verbrauchs in Deutschland. Das Wachstum liegt nach Unternehmensangaben bei über 100% pro Jahr. Grund der großen Nachfrage sind die hohen Brennstoffpreise. Hauptabnehmer der Wärmepumpen sind heute Architekten, Planungsbüros und Privatleute. Eine zukünftig wichtige Zielgruppe ist die Fertighausindustrie. Momentan herrscht im Bereich Wärmepumpen für die oberflächennahe Geothermie kaum Wettbewerb, da die Nachfrage nicht gedeckt werden kann. Von den 53.000 Heizungsbauern in Deutschland bieten nur ca. 200 Wärmepumpen an, nur zehn Unternehmen sind aktiv am Markt beteiligt. Zukünftig erwarten die Unternehmen einen stärkeren internationalen Wettbewerb.

Der Markt für *Geothermische Kraftwerke* in Deutschland ist noch nicht etabliert und damit ohne nennenswerten Anteil an der Gesamt-Energieerzeugung. Siemens wird 2007 das erste Kraftwerk mit einer Leistung von 2,5 MW fertig stellen, das Ende der Pilotphase wird voraussichtlich 2009 sein. In den nächsten fünf bis zehn Jahren rechnen die befragten Unternehmen mit einem überdurchschnittlichen Marktwachstum (ca. 15%) und mit einem Gesamt-Stromerzeugungspotential von ca. 250-300 MW in Deutschland. Da dieses Potential begrenzt ist, zielt die Geothermiebranche vor allem auf den weltweiten Export der Technologie. Die Nachfrager von Geothermie-Kraftwerken in Deutschland sind heute Fonds oder Kommunen, die großen Energieversorger sind nur mit kleinen Investitionen beteiligt, da das erwartete Volumen in Deutschland zu gering ist. Zukünftig wird erwartet, dass Banken oder institutionelle Investoren Geothermie-Kraftwerke zunehmend nachfragen werden, da potenzielle Renditen im zweistelligen Bereich liegen. Auf der Anbieterseite wird langfristig eine Konsolidierung des Marktes erwartet. Differenzierungsmöglichkeiten für Anbieter werden in Technologien gesehen, die auch aus nur knapp über 100 C° heißem Wasser Energie gewinnen können. Die EBIT-Marge der Unternehmen in der oberflächennahen Geothermie liegt heute bei ca. 30%, bei den Kraftwerksherstellern wird mit Marge von 5-8% gerechnet.

Heute sehen die befragten Unternehmen West- und Osteuropa als die wichtigsten Absatzmärkte. Zudem sind heute Nord- und Südamerika relevant. Zukünftig wird Osteuropa klar der wichtigste Auslandsmarkt werden, während in Westeuropa kaum mit weiterem Wachstum gerechnet wird. Der Exportanteil der Unternehmen der oberflächennahen Geothermie liegt heute bei ca. 10%, während die Kraftwerkstechnologie noch nicht exportiert wird.

Brennstoffzelle

Generell gibt es bei der *stationären Anwendung* der Brennstoffzelle die Möglichkeit, sie als Kraftwerk für Siedlungen, zur Energieerzeugung in Privathäusern oder als Notstromaggregat einzusetzen. Insgesamt werden dabei nach Unternehmenseinschätzungen weltweit Umsätze von ca. 100 Mio. € generiert, wobei die Unternehmen aufgrund der hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen noch nicht profitabel sind. Nach Unternehmensaussagen wird die Nachfrage nach netzunabhängiger, ressourcenschonender und dezentraler Energieversorgung aufgrund der steigenden Energiepreise in den nächsten Jahren stark zunehmen. Dabei wird sich die Brennstoffzelle als Standardlösung für die Energieerzeugung durchsetzen. Da es momentan noch keinen etablierten Markt für Brennstoffzellenkraftwerke gibt, ist eine Wettbewerbsanalyse noch nicht möglich. Deutlich ist aber der Trend zu erkennen, dass in der nahen Zukunft weitere Unternehmen in den Markt eintreten werden.

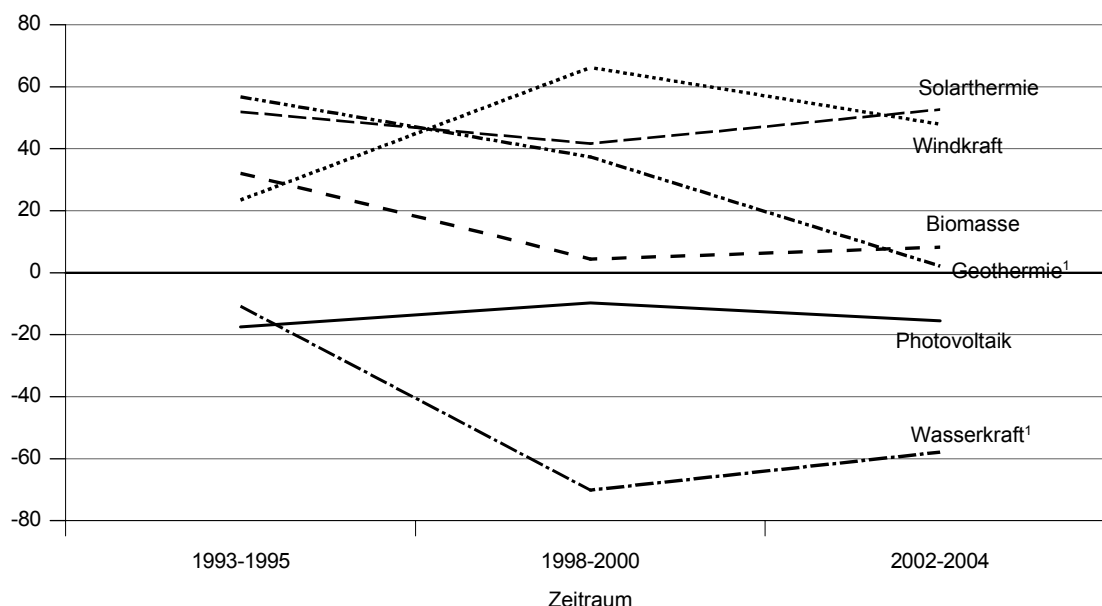
Brennstoffzellen in der *mobilen Anwendung* (z.B. für Laptops, Wohnmobile, Ladegeräte, Handys) sind in der Marktentwicklung am weitesten fortgeschritten. Hier werden die ersten Produkte bereits vermarktet und nach Unternehmensschätzungen Umsätze im Bereich von ca. 100 Mio. € weltweit generiert. Die möglichen Anwendungsgebiete sind dabei sehr breit, weshalb die Unternehmen den potentiellen Markt für mobile Anwendungen im Bereich eines zweistelligen Milliarden Euro-Betrages sehen. Laut Unternehmensaussagen wird diese netzunabhängige und dezentrale Energieversorgung stark an Bedeutung gewinnen und damit die Brennstoffzellen als Energielieferant in vielen Anwendungen Einzug erhalten. Im Jahr 2020 wird der Markt für Brennstoffzellen in allen Anwendungsgebieten nach Aussage der befragten Unternehmen ein Volumen von ca. 100-150 Mrd. € erreichen.

7.4 Positionierung deutscher Unternehmen

7.4.1 Innovationsstärke

Der Forschungsoutput eines Landes spielt neben anderen Faktoren eine wichtige Rolle für seine zukünftige Wettbewerbsfähigkeit. Wenn der Anteil der Patente der betrachteten Technologie an allen Patenten für Deutschland höher ist als im Weltdurchschnitt (positiver RPA-Wert), deutet dies auf eine Spezialisierung in der Wissensbasis und damit auf eine starke Stellung Deutschlands hin.

Abbildung 7-11
**Entwicklung des relativen Patentanteil Deutschlands (RPA)
nach Technologiebereichen der erneuerbaren Energien**



¹ Geringe Fallzahlen.

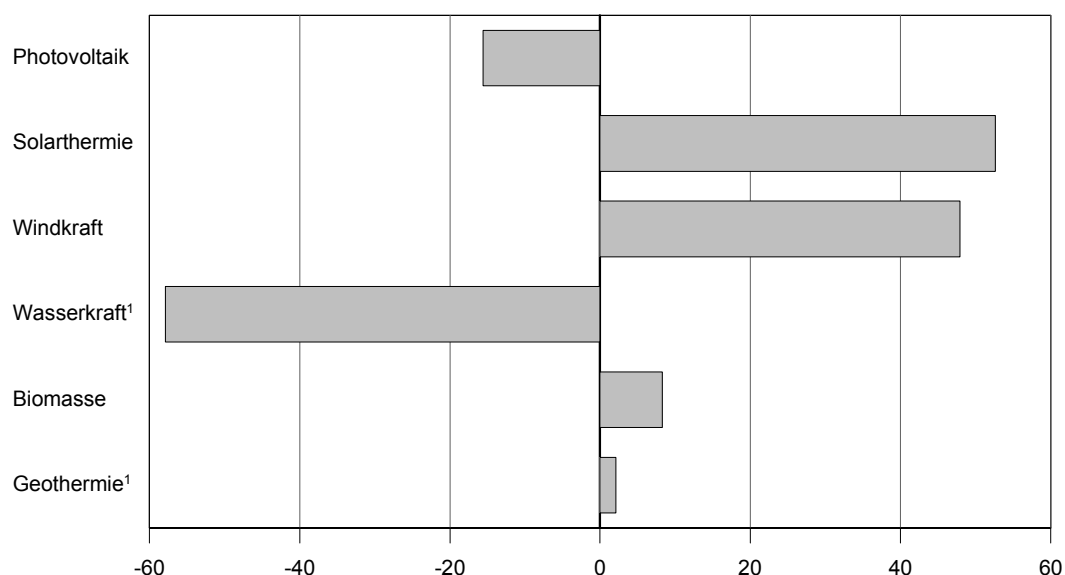
Quellen: Fraunhofer-ISI; DIW Berlin.

In der Mehrzahl der betrachteten Technologielinien der erneuerbaren Energien verfügt Deutschland im gesamten hier betrachteten Analysezeitraum von 1993-1995 bis 2002-2004 über positive RPA-Werte, der Anteil der Patentanmeldungen in diesen Bereichen ist in Deutschland also höher als im weltweiten Durchschnitt. Im Zeitverlauf rückläufig ist der RPA-Wert in der Geothermie und auch in der Wasserkraft, in beiden Technologiefeldern ist die Zahl der identifizierbaren Patente jedoch gering, so dass die Aussagefähigkeit hier eingeschränkt sein dürfte. Einen über den gesamten Zeitraum leicht negativen RPA-Wert besitzt Deutschland in der Photovoltaik.

Betrachtet man das Ausmaß der Spezialisierung am aktuellen Rand 2002-2004 so belegen die Patentanalysen eine besondere Stärke Deutschlands in den Technologiefeldern Windenergie und Solarthermie, während die Wasserkraft (geringe Fallzahl) und die Photovoltaik eher unterdurchschnittlich abschneiden.

Abbildung 7-12

Relativer Patentanteil Deutschlands (RPA-Wert) nach Technologiebereichen der erneuerbaren Energien in der Periode 2002-2004



¹ Geringe Fallzahlen.

Quellen: Fraunhofer-ISI; DIW Berlin.

7.4.2 Außenhandelsstärke

Die deutschen Unternehmen, die Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien herstellen, haben derzeit hohe Weltmarktanteile, im Durchschnitt beträgt der Weltmarktanteil derzeit knapp 20%.⁵⁶ Die Exportanteile der Branchen der erneuerbaren Energien sind unterschiedlich hoch; den höchsten Exportanteil hat traditionell die Wasserkraft mit rund 80%; aber auch die Wind-

⁵⁶ Vgl. Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR – Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung), Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung (GWS): Wirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt unter besonderer Berücksichtigung des Außenhandels, Untersuchung im Auftrag des Bundesumweltministeriums, Berlin 2006.

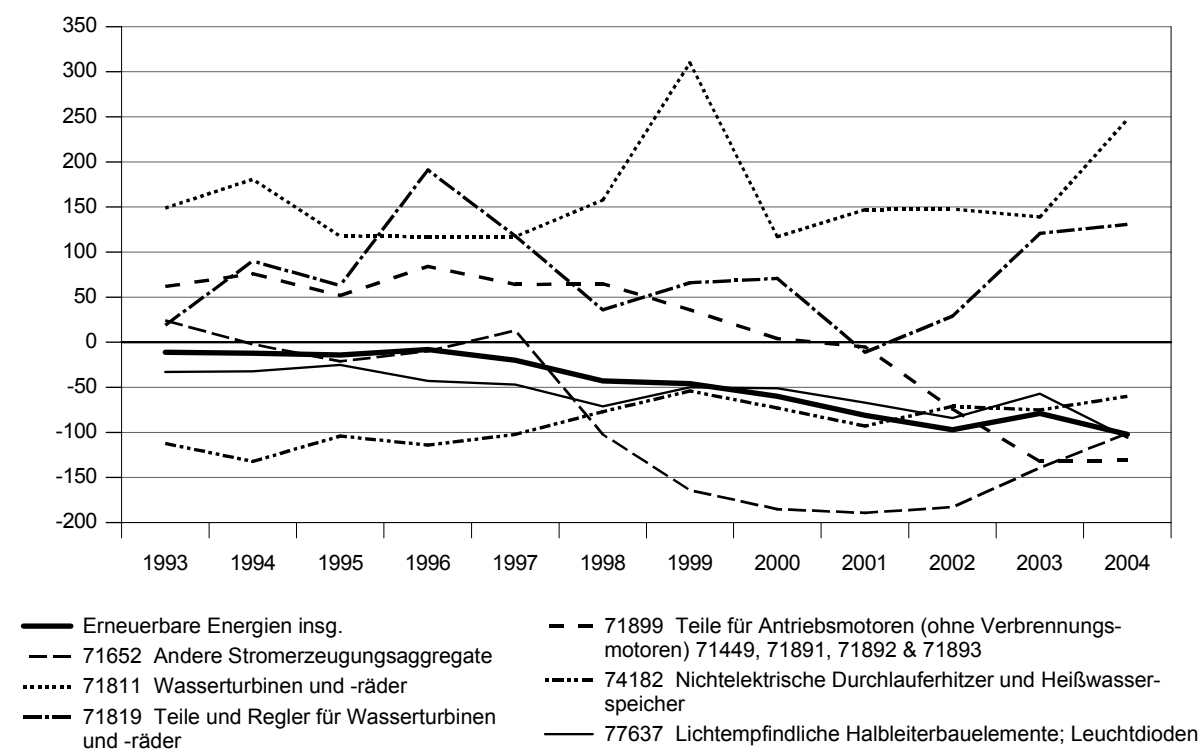
http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/arbeitsmarkt_ee_lang.pdf

energie konnte in den letzten Jahren ihren Export ständig steigern und hat im Jahr 2005 nach Verbandsangaben bei Windrädern und Bauteilen eine Exportquote von 70%.⁵⁷

Inwieweit Deutschland in der Vergangenheit beim Außenhandel Spezialisierungsvorteile⁵⁸ (positiver RCA-Wert) im Bereich erneuerbare Energien hatte, lässt sich nur bedingt nachweisen, da sich nicht alle technischen Komponenten und Produkte in der amtlichen Statistik entsprechend identifizieren lassen. In der Summe der nachgewiesenen Komponenten konnte bis zum Jahr 2004 keine Spezialisierung Deutschlands in diesem Bereich nachgewiesen werden.

Abbildung 7-13

Entwicklung der RCA-Werte für ausgewählte Produktgruppen aus dem Handlungsfeld erneuerbare Energien im Zeitraum 1993 bis 2004 (2004 vorläufig)



Quellen: Berechnungen des NIW; DIW Berlin.

⁵⁷ Bundesverband WindEnergie e.V., Exportschlager Windkraft, Hintergrundpapier, Berlin 2007.
http://www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/Presse_Hintergrund/HG_Export.pdf

⁵⁸ Falls die Außenhandelsbilanz (Relation von Exporten zu Importen) in Deutschland für die betrachteten Technologien günstiger ist als im Durchschnitt aller Technologien der Volkswirtschaft (positiver RCA-Wert), deutet dies auf eine Spezialisierung und damit auf eine starke Ausgangsstellung Deutschlands auf dem Weltmarkt hin. Vgl. zur Methode Legler, H.; Krawczyk, O.; Walz, R.; Eichhammer, W.; Frietsch, R. (2006): Wirtschaftsfaktor Umwelt - Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich, Dessau: Umweltbundesamt (Texte 16/06).

Günstige RCA-Werte ergaben sich vor allem bei Turbinen und Wasserrädern sowie deren Bauteilen, was sicherlich ein Ausdruck der hohen Exportquote der deutschen Anlagenbauer im Bereich Wasserkraft ist. In anderen Teilbereichen hat das durch das EEG angestoßene starke Wachstum des Binnenmarktes wohl dazu geführt, dass sich die heimischen Unternehmen vorübergehend auf den Binnenmarkt fokussiert haben und gleichzeitig auch ausländische Anbieter vom deutschen Marktwachstum angezogen wurden.

Die derzeit zu konstatierenden starken Exporterfolge der deutschen Windindustrie belegen, dass durch eine solche Konstellation für die heimischen Unternehmen gute Voraussetzungen für ein sich anschließendes starkes Exportwachstum geschaffen wurden; so konnte im Bereich Windenergie der zuletzt zu konstatierende Rückgang von Neuinvestitionen auf dem Binnenmarkt durch ein starkes Exportwachstum überkompensiert werden. Derzeit führt das starke Binnenmarktwachstum in der Photovoltaik zu einer Verschiebung der Export-Import-Relationen, also zu einer Marktkonstellation wie sie in der Windbranche vor einiger Zeit zu beobachten war.⁵⁹ Ein Automatismus, dass daraus in der Zukunft auch in der Photovoltaik eine starke Außenhandelsposition entsteht, besteht jedoch nicht, hierzu bedarf es weiter günstiger Rahmenbedingungen und einer starken Innovationsorientierung der Unternehmen.

7.4.3 Einschätzung der Unternehmen

Insgesamt schätzen die Unternehmen ihre nationale und internationale Wettbewerbsposition als gut bis sehr gut ein. Dies zeigt sich in einem starken Weltmarktanteil Deutschlands von über 20%. In einem stark dynamischen Markt wie dem der erneuerbaren Energien (Wachstumsraten liegen über 30%) bildet dies eine hervorragende Grundlage für nachhaltiges wirtschaftliches Wachstum.

Deutschland nimmt im Anlagenbau eine führende Position ein. Mechanik, Getriebe, Generatoren und Thermodynamik sind typische Bereiche des Maschinenbaus, in denen Deutschland sich gegenüber der internationalen Konkurrenz z.B. bei Windkraft-, Wasserkraft- und geothermischen Anlagen klar differenziert. Bei Biogasanlagen hat Deutschland einen deutlichen Entwicklungsvorsprung. Insbesondere die Systemintegration und die Abstimmung der Einzelkomponenten spielen hier eine wichtige Rolle. Deutschland liegt hier aufgrund des umfassenden Erfahrungswissens und der breiten Technologiebasis weltweit an der Spitze. Darüber

⁵⁹ Ein weiteres Kennzeichen der Entwicklung der Photovoltaik ist derzeit die angespannte Versorgungslage beim wichtigsten Vorprodukt Silizium.

hinaus werden das kompetente Projektmanagement und die innovativen Finanzierungsmodelle als Wettbewerbsvorteil Deutschlands genannt.

Nachholbedarf sehen die Unternehmen dagegen bei den Servicedienstleistungen und bei der schnellen Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktreife Anwendungen. Dies ist insbesondere im Hinblick auf die längerfristige Absicherung der starken Wettbewerbsposition von hoher Bedeutung, da asiatische Anbieter verstärkt auch diese Märkte erfolgreich bearbeiten.

Biomasse und Biogas

Im Segment des *Biogasanlagenbaus* hat Deutschland einen signifikanten Technologie- und vor allem Erfahrungsvorsprung auf dem Weltmarkt. Vorsprünge für deutsche Anbieter werden im Anlagenbau, im Wissen über die ablaufenden biologischen Prozesse, in der Steuerung der Anlagen bis hinein in Service und Kundenbetreuung gesehen. Der Vorsprung wird dabei auf zwei bis drei Jahre taxiert. Internationale Unternehmen sind für die deutsche Biogasanlagen-Industrie bisher nicht als Konkurrenz wahrnehmbar.

Im Bereich der *Pelletheizungen* werden keine klaren technologischen Vorsprünge gegenüber dem Ausland gesehen, allenfalls im Bereich der Produktion und der Produktqualität. Bei Pelletheizungen sehen die Unternehmen im Vergleich zum Ausland noch Nachholbedarf in den Bereichen Brennertechnik und Kesselkonstruktion, aber auch bei der Herstellung von Massengeräten.

Solarenergie

Nach Aussage der befragten Unternehmen hat Deutschland im gesamten Bereich der *Solarthermie*, insbesondere bei den Absorbern und Kollektoren einen Wettbewerbsvorteil. Es bestehen außerdem technologische Wettbewerbsvorteile in der Systemtechnik, d.h. beim Zusammenspiel der Einzelkomponenten im Gesamtsystem. Bei der *Photovoltaik* steht Deutschland zusammen mit Japan weltweit an der Spitze. Hier liegt der Wettbewerbsvorteil jedoch nicht in der Technologie allein, sondern vor allem in effizienteren Produktionsprozessen und den damit verbundenen Kostenreduktionen. Im Photovoltaik-Bereich der Hochleistungszelle haben Japan und die USA einen Technologievorsprung. Die Firmen Sharp und Sunpower erreichen z.B. bei Photozellen Wirkungsgrade von mehr als 21%.

Windkraft

Deutsche Unternehmen haben in der Gesamtkonzeption der Windkraftanlagen einen Vorsprung. Aus Unternehmenssicht nehmen die führenden deutschen Hersteller weltweite Spitzenpositionen ein. Die Technik für die Anlagen kommt zu nennenswerten Anteilen aus Deutschland oder aus Dänemark, wobei in der Mechanik Siemens führend ist. Bei den Generatoren als einer der wichtigsten Komponenten hat ebenfalls Siemens zusammen mit ABB einen Technologievorsprung. Die deutsche Firma Enercon ist weltweit Vorreiter bei getriebelosen Anlagen. Auch bei Kombianlagen (Getriebe + getriebe lose Anlagen) ist Deutschland mit der Firma Multibrid führend, ebenso wie bei Netzverträglichkeit und im Service.

Im Offshore-Bereich hat Deutschland momentan eine Position als Fast Follower. Dies ist nach Aussage der Unternehmen als positiv zu bewerten, da Offshore-Windparks erst ab 2010 profitabel sein werden und somit andere die Kosten der notwendigen Lernerfahrungen tragen müssen. Ausländische Unternehmen mit einer führenden Rolle finden sich vor allem in Dänemark: Beispielsweise ist die Firma LM Glasfiber bei der Rotorblattherstellung aus Glasfasern weltweit führend.

Wasserkraft

Nach Aussagen der befragten Unternehmen haben deutsche Wasserkraftanlagenhersteller im gesamten Bereich der Mechanik, der Elektronik und des Projektmanagements einen Technologie- und Wissensvorsprung zu anderen Unternehmen (ca. 50% aller weltweiten Wasserkraftanlagen basieren auf deutschem Know-how). Im Kontext größerer Projektvorhaben werden auch die Finanzierungsmöglichkeiten und -modelle als Wettbewerbsvorteil gesehen. Anderen Staaten werden dagegen insbesondere Vorteile im Bereich der Servicedienstleistungen und der Fertigung bescheinigt.

Geothermie

Im Bereich der *oberflächennahen Geothermie* ist Deutschland führend bei der Erschließung der Wärmequellen (Leitungen und Rohre) und bei der Realisierung von Anlagen. Im Bereich hocheffizienter *Geothermiekraftwerke* ist Deutschland in der Technik und Thermodynamik führend. Für den Kraftwerksbau geologisch begünstigte Länder wie Indonesien oder Island

haben andererseits bereits sehr lange Erfahrung mit Geothermiekraftwerken. Auch US-amerikanische Firmen gehören zu den führenden Unternehmen im Bereich Geothermiekraftwerke.

Brennstoffzelle

Im Bereich der stationären Brennstoffzelle ist Deutschland bei der Materialforschung und -anwendung führend. Darüber hinaus nehmen deutsche Unternehmen bei der mobilen Anwendung im Bereich der Brennstoffzelle auf Methanolbasis eine Spitzenposition ein, insbesondere im Bereich der Verfahrenstechnik, der chemischen Prozesse, der Elektrotechnik und der Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Die USA sind aus Unternehmenssicht insbesondere im Bereich der Anwendung von Brennstoffzellen in der Militärelektronik führend.

7.5 Innovationstreiber, Rahmenbedingungen und Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht

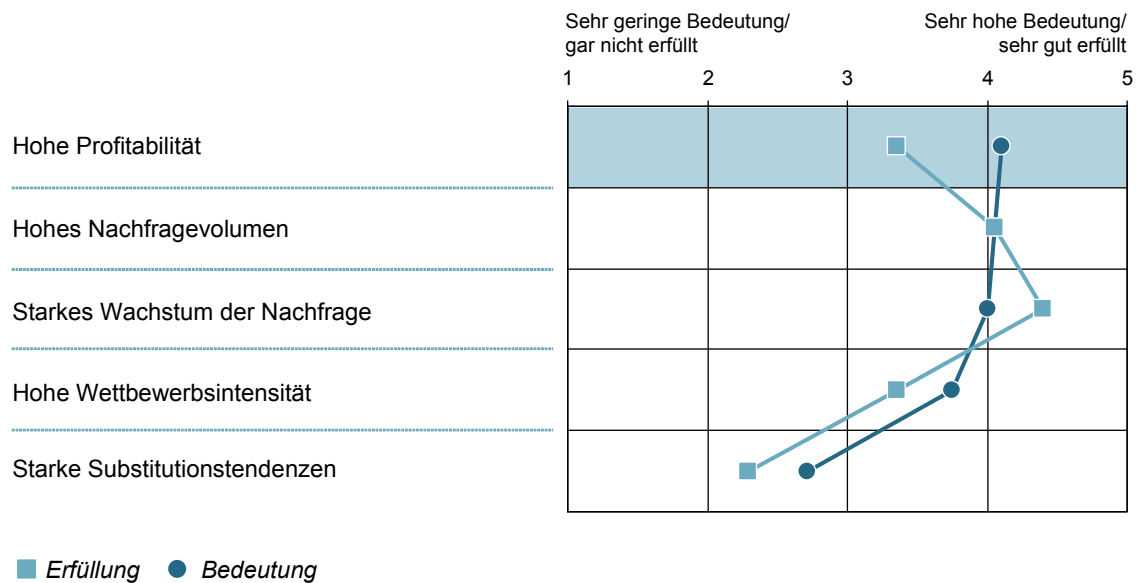
7.5.1 Bedeutung der Innovationstreiber aus Unternehmenssicht

Aus Unternehmenssicht spielen fünf übergeordnete Treiber eine bedeutende Rolle für die Innovationstätigkeit der Unternehmen im Bereich der erneuerbaren Energien. Hierzu gehören das Marktumfeld, die Forschung und Technologieentwicklung, die Ressourcenmärkte Kapital- und Arbeitsmarkt sowie das unternehmensinterne Innovationsmanagement.

Marktumfeld

Die Treiber Profitabilität, Nachfragevolumen und Nachfragewachstum werden im Bereich des Marktumfeldes als besonders bedeutend für Innovationen eingeschätzt. Insbesondere bei der Profitabilität sehen die Unternehmen zum Teil jedoch noch Verbesserungsbedarf (vgl. Abbildung 7-14).

Abbildung 7-14
Erneuerbare Energien – Innovationstreiber Marktumfeld



Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

Ein hohes Nachfragevolumen wirkt in allen untersuchten Branchen als starker Innovationstreiber, hinsichtlich der Erfüllung kommt es zu einer inhomogenen Beurteilung. In den Bereichen Brennstoffzelle und Wasserkraft schätzen die Unternehmen das Nachfragevolumen noch als zu gering ein, als dass es stark innovationstreibend wirken würde. Des Weiteren bewerten alle Branchen eine hohe Profitabilität als starken Innovationstreiber. Allerdings wird nach Aussage der Unternehmen nur im Bereich der Solarenergie ein zufriedenstellendes Profitabilitäts-Niveau erzielt. In allen anderen Branchen gibt es bei der Profitabilität zum Teil noch erheblichen Verbesserungsbedarf (insbesondere in den Bereichen Wasserkraft und Brennstoffzelle).

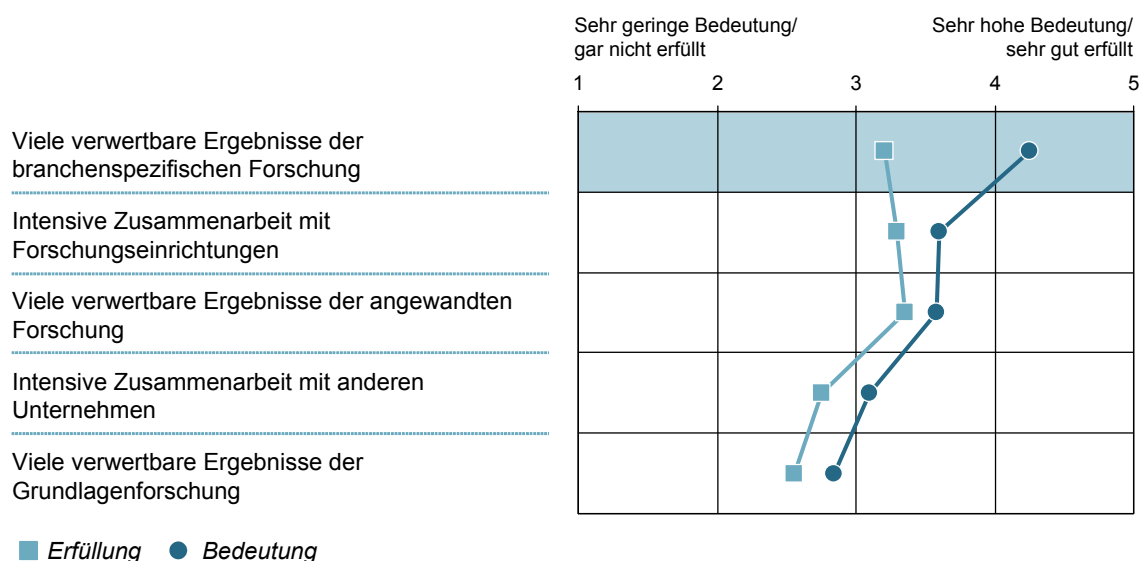
Auch die Wettbewerbsintensität wird von allen Produktbereichen als bedeutender Innovationstreiber angesehen. Die Unternehmen aus dem Bereich Brennstoffzelle und Biomasse/ Biogas sowie die Windkraft-Industrie sehen sich bisher aber einer eher geringen Wettbewerbsintensität ausgesetzt.

Forschung und Technologie

Aus Unternehmenssicht muss im Durchschnitt aller betrachteten Produktbereiche die branchenspezifische Forschung als wesentlicher Innovationstreiber noch verbessert werden. Die Grundlagenforschung wird in der Bedeutung dagegen vergleichsweise niedrig bewertet (vgl. Abbildung 7-15).

Abbildung 7-15

Erneuerbare Energien – Innovationstreiber Forschung & Technologie



Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

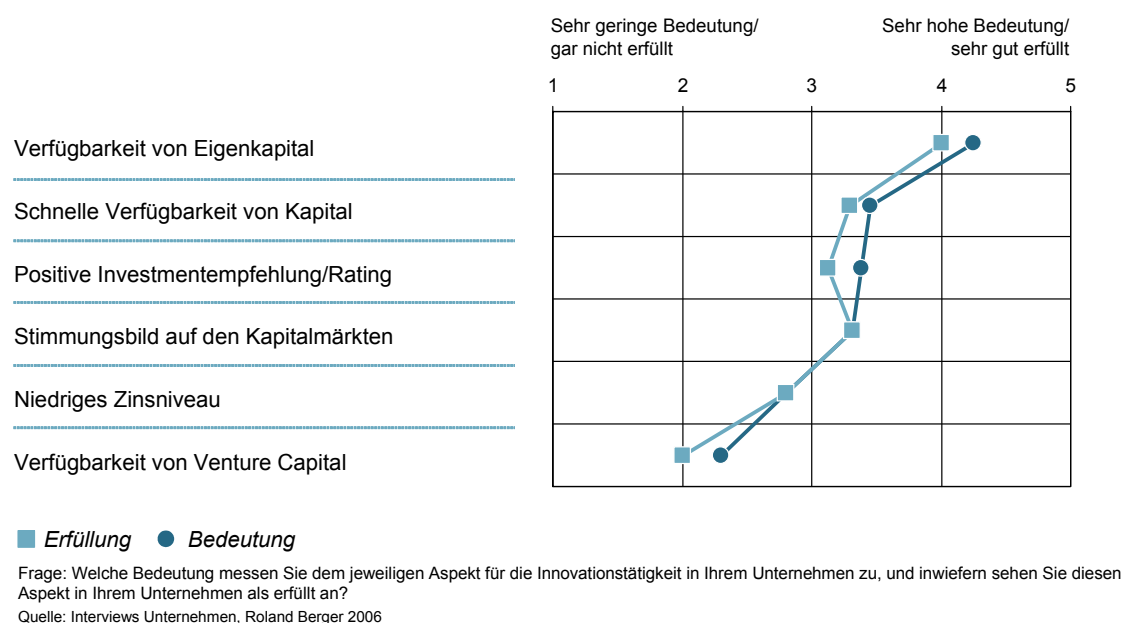
Verwertbare Ergebnisse der branchenspezifischen Forschung werden in den Produktbereichen Geothermie und Windkraft im Vergleich als weniger bedeutsam für Innovationen erachtet. Verbesserungsbedarf in diesem Bereich wird insbesondere in den Produktbereichen Brennstoffzelle, Biomasse/Biogas und Windkraft gesehen. Brennstoffzellen- und Solarunternehmen halten Kooperationen zwischen Unternehmen für überdurchschnittlich wichtig für Innovationen und engagieren sich auch in Netzwerken. Unternehmen der Wasserkraft und Geothermie dagegen schreiben der Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen nur eine geringe Bedeutung zu. Verwertbare Ergebnisse der angewandten Forschung sind insbesondere in der Wasserkraft von hoher Bedeutung. Bei der Bewertung der Ist-Situation zeigt sich ein zweigeteiltes Bild: Die Bereiche Brennstoffzelle, Biomasse/Biogas sowie Windkraft sehen hier Defizite, Unternehmen aus den Produktbereichen Geothermie, Solarenergie und Wasserkraft sehen keinen Handlungsbedarf.

Kapitalmarkt

Die schnelle Verfügbarkeit von Eigenkapital hat die höchste Bedeutung als Innovationstreiber im Bereich des Kapitalmarktes (vgl. Abbildung 7-16).

Abbildung 7-16

Erneuerbare Energien – Innovationstreiber Kapitalmarkt



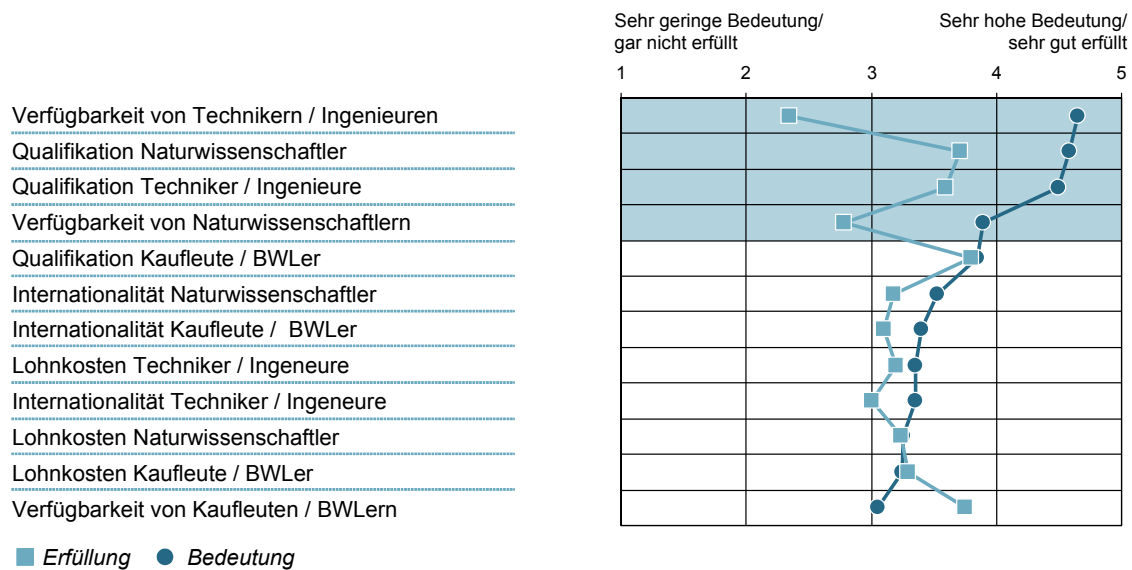
Die Einschätzung der Branchen hinsichtlich der Bedeutung von Venture Capital ist inhomogen. Mit fortschreitender Entwicklung im Lebenszyklus nimmt der Bedarf bzw. die Bedeutung von Venture Capital als Innovationstreiber ab. Im Bezug auf die Bedeutung ist in den Bereichen Brennstoffzelle und Geothermie der größte Handlungsbedarf zur Verbesserung der Venture Capital Situation erkennbar.

Arbeitsmarkt

Die Verfügbarkeit und Qualifikation von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern wird als wichtigster Innovationshebel auf dem Arbeitsmarkt gesehen, die Lohnkosten spielen nur eine untergeordnete Rolle. Für praktisch alle befragten Unternehmen herrscht auf dem Arbeitsmarkt ein Mangel an qualifizierten Ingenieuren und Naturwissenschaftlern. Außerdem sollte die Internationalität der Fach- und Führungskräfte noch steigen (vgl. Abbildung 7-17).

Abbildung 7-17

Erneuerbare Energien – Innovationstreiber deutscher Arbeitsmarkt



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

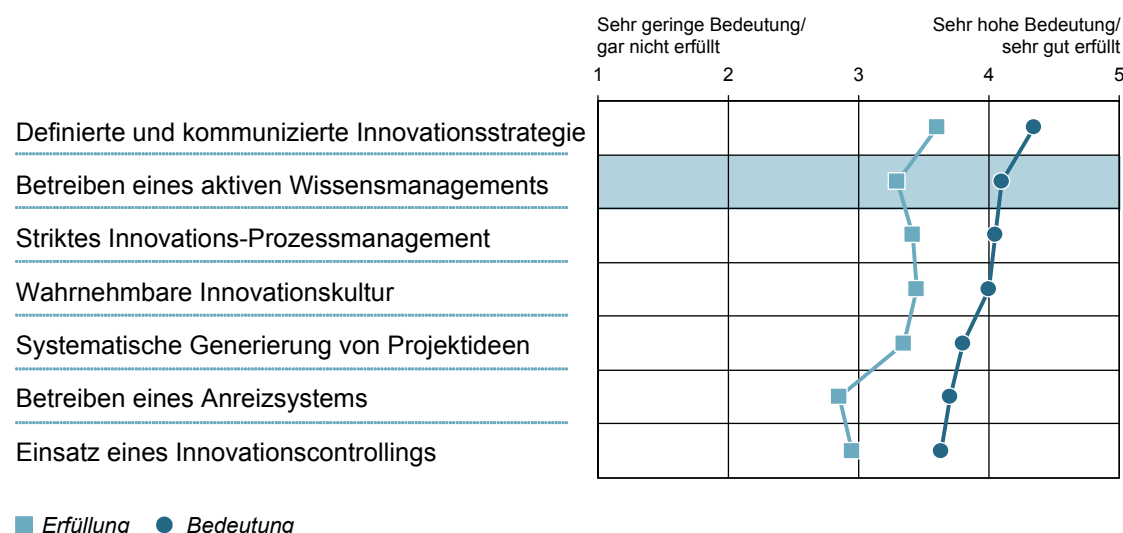
Ein besonders großes Defizit hinsichtlich der Verfügbarkeit und Qualifikation von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern wird bei den Unternehmen der Windenergie-Branche gesehen.

Innovationsmanagement

Das Innovationsmanagement hat insgesamt die größte Bedeutung für die Innovationstätigkeit der befragten Unternehmen. Eine klar formulierte Innovationsstrategie und das Betreiben eines aktiven Wissensmanagements ist dabei aus Unternehmenssicht besonders wichtig für die Innovationstätigkeit eines Unternehmens. Insbesondere beim Innovationscontrolling und beim gezielten Einsatz von Anreizsystemen besteht noch Verbesserungsbedarf (vgl. Abbildung 7-18).

Abbildung 7-18

Erneuerbare Energien – Innovationstreiber Innovationsmanagement



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

Aktives Wissensmanagement wird von allen Branchen als sehr wichtiger Innovationstreiber angesehen. Sehr häufig ergeben sich heute Doppelarbeiten, da über das verfügbare Wissen im Unternehmen bzw. in den relevanten Branchen außerhalb der Unternehmen eine zu geringe Transparenz besteht.

7.5.2 Einfluss der existierenden politischen Rahmenbedingungen auf die Innovationstätigkeit der Unternehmen

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz wird in der Branche als mit Abstand wichtigstes Gesetz zur Förderung von Innovationen betrachtet. In den Bereichen Geothermie, Biomasse/Biogas sowie Solarenergie wird die Energieeinsparverordnung ebenfalls als wichtig bewertet. Die Unternehmen der Windkraft und Wasserkraft sind von der Energieeinsparverordnung nicht betroffen bzw. können hieraus keinen Nutzen ziehen.

Ein Kritikpunkt am EEG seitens der *Geothermie*-Branche ist die Abhängigkeit der Förderung von der Kraftwerksgröße (ab 10 MW nur 8,9 Cent anstelle von 15 Cent Einspeisevergütung). Dabei ist für die Unternehmen die Frage, ab wann zusammengeschlossene Anlagen als ein Kraftwerk gelten, nicht geklärt. Durch solche Zusammenschlüsse könnten Synergien realisiert und damit die Geothermie wirtschaftlicher genutzt werden. Weiter wurde auf das Problem des EEG hingewiesen, dass zu wenig an der Entwicklung von Speichertechnologien für Energie gearbeitet wird, da die Einspeisung durchgängig gleich und großzügig ist. Dabei ist Energie-

speicherung nach Einschätzung einiger Unternehmensexperten eines der wichtigsten Schlüsselthemen für die Zukunft.

Hauptkritikpunkt aus Sicht der Unternehmen im Bereich *Solarenergie* ist die Unsicherheit, die von der momentan nicht konstanten Förderung für Solarthermie ausgeht. Gewünscht wird eine langfristige, konstante Förderung die auch unabhängig von der politischen Situation gewährleistet bleibt. Deshalb wird ein Regeneratives Wärme-Gesetz von den befragten Unternehmen als dringend notwendig empfunden.

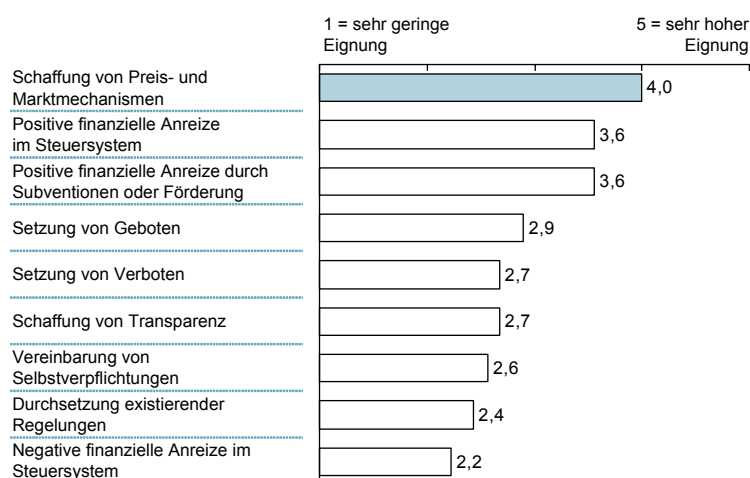
7.5.3 Maßnahmen der Umweltpolitik zur Steigerung der Innovationstätigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit aus Unternehmenssicht

Geeignete Wirkmechanismen

Die Schaffung von Preis- und Marktmechanismen gilt als der stärkste Wirkmechanismus zur Innovationsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien. Daneben werden die Ausgestaltung positiver steuerlicher Anreize und das Setzen positiver finanzieller Anreize durch Subventionen oder Förderungen als ebenso einflussreich beschrieben. Negativen finanziellen Maßnahmen im Steuersystem wird eine geringe Wirkung auf die Innovationstätigkeit zugesprochen. Einzig die Wasserkraft-Branche sieht positive finanzielle Anreize im Steuersystem aufgrund mangelnder Innovationsmöglichkeiten in Deutschland als wirkungslos an (vgl. Abbildung 7-19).

Abbildung 7-19

Erneuerbare Energien – Bewertung des Einflusses politischer Wirkungsmechanismen



Frage: Für wie geeignet halten Sie die folgenden Arten von Wirkmechanismen für die Förderung der Innovationstätigkeit in Unternehmen der Umweltwirtschaft?

Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

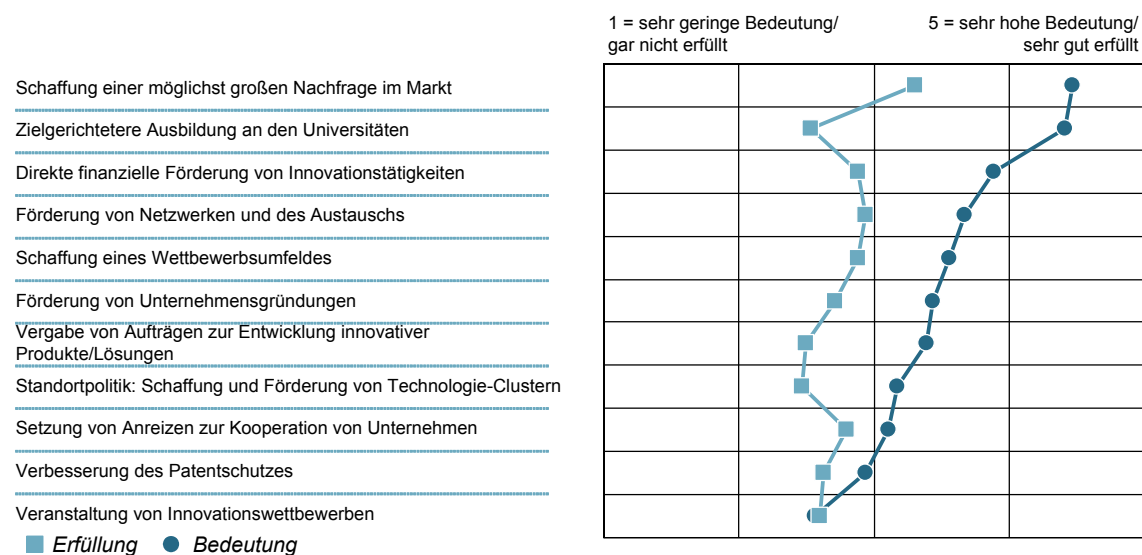
Übergreifende politische Maßnahmen

Aus Unternehmenssicht sollte der Staat bei der Ausgestaltung politischer Maßnahmen zur Innovationsförderung insbesondere folgende vier Schwerpunkte setzen (vgl. Abbildung 7.20):

- Schaffung einer möglichst großen Nachfrage für innovative Produkten und Dienstleistungen
- Zielgerichtete Ausbildung an den Universitäten bezogen auf Innovationsfelder und verbesserte Bedingungen zur Anstellung ausländischer Experten
- Direkte finanzielle Förderung von ausgewählten Innovationstätigkeiten der Unternehmen

Abbildung 7-20

Erneuerbare Energien – Bewertung konkreter politischer Maßnahmen zur Förderung der Innovationstätigkeit



Frage: Für wie geeignet halten Sie die folgenden Maßnahmen des Staates zur Förderung der Innovationstätigkeit in der Umweltwirtschaft?

Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

Im Vergleich der verschiedenen Branchen der erneuerbaren Energien zeigen sich allerdings unterschiedliche Schwerpunktthemen. So spielt für Unternehmen im Bereich Brennstoffzelle die Marktnachfrage bisher nur eine untergeordnete Rolle, da noch fast keine Produkte am Markt angeboten werden. Im Bereich der Wasserkraft besteht in Deutschland derzeit keine Nachfrage nach neuen Anlagen, international ist jedoch großes Potential vorhanden. Alle Branchen halten die direkte finanzielle Förderung für potentiell stark innovationsfördernd. Die insgesamt relativ gering bewertete Erfüllung dieses Aspektes lässt den Schluss zu, dass eine derartige Förderung aus Unternehmenssicht nur unzureichend stattfindet. Ausnahme

bildet die Windkraft, die mit der vorhandenen Innovationsförderung zufrieden ist. Die Förderung eines funktionierenden Wettbewerbsumfeldes muss in der Marktentwicklungs- und in der Markteinführungsphase, also insbesondere für die Bereiche Brennstoffzelle, Geothermie und Biomasse/Biogas, noch stärker beachtet werden.

Spezifische Maßnahmen auf Ebene der Produktbereiche

Über diese allgemeinen Vorschläge hinaus wurde von den Unternehmen aus den jeweiligen Produktbereichen spezifische Handlungsempfehlungen formuliert. Diese sind im Folgenden aufgeführt:

Brennstoffzelle

- Eine Festlegung klarer Zielvorgaben für CO₂-Emissionen seitens der Politik, z.B. durch die Forderung von "Zero Emission Vehicles", würde Innovationen im Bereich Brennstoffzelle nachhaltig vorantreiben. Wichtig ist den Unternehmen, dass keine Fokussierung auf einzelne Technologien erfolgt, sondern nach Zielwerten gesteuert wird
- Um die Entwicklungszyklen zu beschleunigen und die Forschung effizienter zu gestalten, sollte eine stärkere Ausrichtung der Förderung auf die tatsächlich marktfähigen Technologien erfolgen
- Um Wasserstoff möglichst frühzeitig "sauber" herzustellen, wurde eine stärkere Förderung der Wasserstoffgewinnung aus regenerativen Energien gefordert
- Um die Brennstoffzellen-Technik zu etablieren, bedarf es einer sicheren und effizienten Wasserstoffspeicherung. Aber auch die Energiespeicherung ist ein wichtiges Feld, bei dem in Deutschland noch Nachholbedarf besteht. Die Unternehmen wünschten sich daher eine stärkere Fokussierung der Förderung auf die Energiespeicherforschung
- Um die stationäre Brennstoffzelle in Gebäuden zu fördern, wäre die Einführung des Emissionshandels auch für Gebäude hilfreich

Biomasse/Biogas

- Von den befragten Unternehmen wurde gefordert, Biogas analog zu Biokraftstoffen und Strom aus erneuerbaren Energie zu behandeln, d.h. einerseits eine Einspeiseverpflichtung von Biogas ins Erdgasnetz zu erlassen, andererseits eine Quotenregelung für die Beimischung von Biogas zu Erdgas einzuführen. Einzelne Vertreter in der Industrie gehen davon aus, dass durch die Förderung über solche Maßnahmen bis zu 40% des heutigen Erdgasverbrauchs mittelfristig durch Biogas substituiert werden könnte
- Die Innovationsförderung muss nach Ansicht der Unternehmen stärker auf die Anlagenbauer ausgerichtet werden. Zur Zeit geht der Innovationsbonus von 2 Eurocent nach EEG an die Anlagenbetreiber, die Anlagenbauer profitieren davon dann nicht notwendigerweise
- Da der nächste Schritt in der Biogas-Industrieentwicklung in der Entwicklung des Auslandsgeschäftes liegen wird, regen die befragten Unternehmen eine verbesserte Unterstützung durch die Bereitstellung aussagekräftiger Informationen zu Auslandsmärkten und eine besseren Nutzung der flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls zur Exportförderung an
- Für den Pelletheizungsmarkt wünschen sich die Hersteller stärkere Kontinuität und Haushaltsunabhängigkeit der Förderung. Die Einstellung der Förderung von Pelletkesseln aufgrund der hohen Nachfrage Mitte 2006 verunsichere die Nachfrager und sei schädlich für die Marktentwicklung
- Einen Schub in Richtung Marktentwicklung und Innovation erwarten sich die befragten Unternehmen durch das Regenerative Wärmegesetz. Daher wird die baldige Durchsetzung des Regenerativen Wärmegesetzes zur Förderung von Pelletheizungen als förderlich betrachtet
- Des Weiteren wurde die Einführung von Steuererleichterungen für Festbrennstoffe aus Biomasse vorgeschlagen

Solarenergie

- Für die weitere Marktentwicklung ist die Sicherung einer kontinuierlichen Förderung für Solarthermie wichtig, so dass die Unternehmen eine gewisse Planungssicherheit erhalten.

Daher wird in diesem Zusammenhang die Einführung des Regenerativen Wärmegesetzes begrüßt

- Der Staat sollte sich noch mehr darauf spezialisieren, Rahmenbedingungen für Umweltschutz auf der Nachfrageseite zu setzen, z.B. durch vorgeschriebenen Wärmeschutz, Bauverordnungen und das Energie- und Wärmegesetz. Auch eine Verpflichtung zum Einbau von Solarzellen/Solarkollektoren bei Neubauten nach dem Vorbild Spaniens wird als sinnvoll erachtet
- Die Idee des Emissionshandelsgesetzes könnte auf die CO₂-Emissionen von Privathäusern übertragen werden. Damit wäre auch für Privathaushalte Umwelt ein Kostenfaktor und es würde ein stärkerer Anreiz zum Energiesparen entstehen
- Eine stärkere Förderung von Forschungsinstituten für Grundlagenforschung wäre sinnvoll (insbesondere im Bereich der Materialentwicklung)

Windkraft

- Die Degression für Offshore-Förderung ab 2008 ist deutlich zu früh angesetzt, da bis 2008 nur wenige Windparks in Deutschland errichtet sein werden und damit die Förderung also nicht wirkungsvoll greift.
- Die Ausgestaltung der Repowering-Regelung (Erhöhung der Leistung von Alt-Anlagen) im EEG wird als nicht sinnvoll erachtet. Prinzipiell dürfen nur Windparks "repowered" werden, die vor 1995 installiert wurden. Allerdings wurde erst nach diesem Zeitpunkt festgelegt, welche Gebiete in Deutschland für Windkraft geeignet und damit "förderungswürdig" sind. Die Folge ist, dass viele der vor 1995 entstandenen Windparks in Gebieten stehen, in denen neue Anlagen nicht gefördert und deshalb nicht genehmigt werden. Dadurch bleibt das Potential des Repowerings an vielen Standorten ungenutzt
- Um die Planungssicherheit zu erhöhen, wünschen sich die Unternehmen eine einheitliche Regelung für die erlaubten Größen sowie die Schallemissionen von Windkraftanlagen
- Ein Vorschlag der Unternehmen war außerdem, die Kombination aus Windkraftanlagen und Biogasanlagen zu fördern: Die Windenergie würde dabei die Grundlast liefern und die Verbrennung des speicherbaren Biogases zur Spitzenstromerzeugung eingesetzt werden.

Der Vorteil wäre, dass sich beide Anlagen einen gemeinsamen Netzanschluss teilen könnten. Zudem stehen Windkraftanlagen häufig auf landwirtschaftlich nutzbaren Flächen

- Da die Windindustrie dringend gut ausgebildete Ingenieure sucht, sollte die Attraktivität der Ingenieurausbildung gefördert werden

Wasserkraft

- Die Unternehmen fordern eine Überarbeitung der Regelungen zur Förderung von Maßnahmen zur Leistungssteigerung von Wasserkraftwerken. Die Mindestleistungssteigerung sollte von 15% auf 5% gesenkt werden, da höhere Effekte bei den heute bereits vorhandenen Wirkungsgraden (80-85%) unrealistisch sind
- Insbesondere in der Wasserkraftbranche werden effizientere Verwaltungsprozesse dringend empfohlen, insbesondere wird die Beschleunigung der Prüfverfahren und die Reduktion von Vorschriften angeregt
- Um die Wasserkraft langfristig zu stärken fordern die Unternehmen eine Neubewertung der Wasserkraft aus ökologischer Sicht, indem eine klare Positionierung der Wasserkraft als umweltfreundliche Form der Energieerzeugung vorgenommen wird

Geothermie:

- Die befragten Unternehmen schlagen vor, dass die Förderungsabhängigkeit von der Kraftwerksgröße im EEG geändert werden sollte, um die Wirtschaftlichkeit der Geothermie (z.B. durch Synergien) nachhaltig zu steigern
- Für die oberflächennahe Geothermie sehen die Unternehmen auf Grund der schnellen Amortisationszeit (ca. 3 Jahre) derzeit keinen Förderungsbedarf
- Für geothermische Kraftwerke wurde eine nachhaltige Unterstützung während der Pilotphase (bis 2009) gefordert. Darüber hinaus sollte im Folgenden ein starker Fokus auf die Exportförderung gelegt werden, da insgesamt ein nur geringes Potential für die Nutzung von Erdwärme in Deutschland vorhanden ist.

7.6 Fazit

Die wesentlichen Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen (SWOT) für das Handlungsfeld erneuerbare Energien sind in der folgenden Übersicht zusammengefasst:

Tabelle 7-1

Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld erneuerbare Energien

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Starkes Marktwachstum in Deutschland in früher Entwicklungsphase schafft Wettbewerbsvorteile für heimische Unternehmen (u.a. Lernkurveneffekte) • Gute Wissensbasis und technologisches Potential in wichtigen Technologiefeldern • Im Handlungsfeld erneuerbare Energien ambitionierte Umweltpolitik mit starker internationaler Ausstrahlung 	<ul style="list-style-type: none"> • Globale Herausforderungen, welche die Chancen der erneuerbaren Energien begünstigen, bestehen langfristig fort • Starkes Wachstum des Weltmarktes sehr wahrscheinlich • Hohe Weltmarktanteile heimischer Unternehmen als gute Ausgangsposition für weiteres Umsatzwachstum • Etablierung Deutschlands als Leitmarkt für Technologien aus dem Handlungsfeld erneuerbare Energien erscheint möglich
Schwächen	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> • Deutschland hat in der technologischen Leistungsfähigkeit Schwächen in der Spitzentechnologie (High-Tech) • Gesellschaftlicher und politischer Konsens über zukunftsfähige Energieversorgung noch fragil • Unternehmensstruktur (hoher Anteil kleiner und mittlerer Unternehmen in bestimmten Technologiefeldern) eine mögliche Hürde für Internationalisierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Expansion des Binnenmarktes in weiteren Technologiefeldern (z.B. Photovoltaik) für internationale Wettbewerbsfähigkeit nutzen • Innovationsorientierung der Unternehmen unterstützen • Unterschiedliche Akteure einbinden, um die Innovationsdynamik zu erhalten und zu stärken • Starke Wettbewerbsposition in dynamischen Märkten bei abnehmenden Weltmarktanteilen halten • Exportorientierung und Exportfähigkeit der Unternehmen erhöhen

8 Nachhaltige Mobilität

8.1 Beschreibung des Handlungsfeldes

Durch den Anstieg der Weltbevölkerung auf bis zu 8 Mrd. im Jahr 2030 und den wirtschaftlichen Aufstieg großer Entwicklungs- und Schwellenländer wird weltweit eine stark wachsende Nachfrage nach Mobilität und Transportleistung geschaffen. In den kommenden 20 Jahren wird sich der weltweite Handel vervierfachen, während sich der Bedarf im Personenverkehr knapp verdreifachen wird (Boeing 2006). Auch die Europäischen Märkte stehen mit einem Wachstum des Personenverkehrs um 30 % und des Güterverkehrs um 40 % ausgehend von der derzeit schon hohen Verkehrsdichte vor einer größeren Herausforderung. Denn trotz des Einsatzes neuer Technologien wird der Primärenergieverbrauch des Verkehrs in diesem Zeitraum nach Schätzungen im Auftrag der EU um 13 % zunehmen (Mantzios und Capros 2006).

In den kommenden 20 Jahren ist von einer Verdoppelung des Flugzeugbestandes auf 36.000 Maschinen bei einer Zunahme des Passagieraufkommens um 160 % und des Frachtaufkommens um 230 % auszugehen. Wesentlich höher fallen noch die prognostizierten Zuwächse im internationalen Seefrachtverkehr von 460 % aus. Vor schwächeren, jedoch deutlichen Zuwachsraten stehen auch die landgebundenen Verkehrsträger Straße und Schiene. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass es erheblicher Umstrukturierungen des Verkehrssektors bedarf, um die Qualität der Mobilität in den kommenden Jahrzehnten auf dem heutigen Stand zu halten (Ifmo 2005).

Konsequenzen dieses Wachstums sind Luftverschmutzung, Klimawandel, Lärmbelastung, Unfälle und andere Effekte. Die hierdurch entstehenden Kosten für die EU15 werden auf 156 Mrd. € geschätzt, wovon 84 % auf den Straßenverkehr entfallen (Maibach et al., 2004). Die Herausforderung besteht vor diesem Hintergrund darin, die zur Eindämmung dieser negativen Effekte bestehenden oder vorgesehenen Regulierungen und Richtlinien einzuhalten und dennoch die Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen.

Wichtig für die Reduzierung sowohl des Ressourcenverbrauchs als auch der Emissionen sind neue Antriebskonzepte, verbesserte Fahrzeug- sowie Filter- und Katalysatorentechniken, die Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur, neue Kraftstoffe, die Optimierung des Verkehrsflusses.

ses sowie die Verlagerung der Verkehrsnachfrage auf die in der Regel umweltfreundlicheren Verkehrsträger Schiene und Wasser (FIS 2006).

8.2 Technologielineien und Innovationsdynamik

8.2.1 Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik

Systematik und Überblick

Für eine Einschätzung der Innovationsdynamik des Handlungsfelds als Ganzes wird zunächst die japanische Delphi-Studie ausgewertet. Der erwartete Wissenszuwachs kann hier als Indikator für die künftige Innovationsdynamik herangezogen werden. Er ist insbesondere für Technologielineien im Grenzbereich zur Elektronik (car electronics) hoch. Hier liegen die Werte mit 7,1 Punkten deutlich über dem Durchschnitt aller Delphi-Felder (6,3 Punkte). Auch im Feld Brennstoffzellen (inkl. wasserstoffbetriebene Brennstoffzellen), das als integrierter Technikbereich gelten kann, ist der Wissenszuwachs überdurchschnittlich hoch. Konventionelle Technikfelder aus dem Bereich Umwelt und Verkehr, wie Abgasbehandlung und Straßenbautechnik fallen dagegen etwas hinter den Delphi-Durchschnitt zurück. Insgesamt wird in der mittelfristigen Gesamtsicht des Handlungsfelds der Durchschnitt aller Delphi-Felder erreicht bzw. nach Bereinigung methodischer Verzerrungen⁶⁰ sogar deutlich überdurchschnittlich (6,7 gegenüber 6,3 Punkten).

Ein zweiter Indikator aus der Delphi-Studie für die Innovationsdynamik ist der Zeitbedarf zwischen technischer Realisierung und Markteinführung. Dieser schwankt nur wenig zwischen den einzelnen relevanten Techniken und liegt insgesamt im laut Delphi-Studie üblichen Rahmen von 7-8 Jahren.

Für die detailliertere Analyse werden die Technologielineien im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität zunächst in fünf Hauptsegmente gruppiert. Diese sind entsprechend Tabelle 8-1 definiert. Grundsätzlich werden je Haupt- oder Teilsegment Technologien identifiziert, welche die Umweltverträglichkeit des Verkehrs erhöhen. Hierzu zählen neben Maßnahmen zur Ver-

⁶⁰ Der direkte Vergleich der Skalenwerte mit dem Durchschnitt aller Delphi-Felder ist methodisch etwas schwierig. Dies liegt daran, dass im Delphi-Bericht im Feld „Social Infrastructure“ von den Feldexperten systematisch deutlich pessimistischere Bewertungen abgegeben wurden als in den übrigen Delphi-Feldern, und dies obwohl sich die Technologielineien zwischen den Delphi-Feldern teilweise überlappen. Das „Social Infrastructure“-Feld hat einen erheblichen Anteil am betrachteten Handlungsfeld. Der resultierende Negativ-Bias wurde bei den oben genannten Zahlen herausgerechnet.

minderung von Schadstoff- und Klimagasemissionen auch Ansätze zur Verminderung von Lärmbelastungen. Eine Sonderstellung nehmen der schienengebundene Verkehr und die Schifffahrt ein, da diese, gemäß der Verlagerungsziele im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung, grundsätzlich als umweltfreundliche Alternative zum motorisierten Straßenpersonen- und -güterverkehr gelten.

Tabelle 8-1:

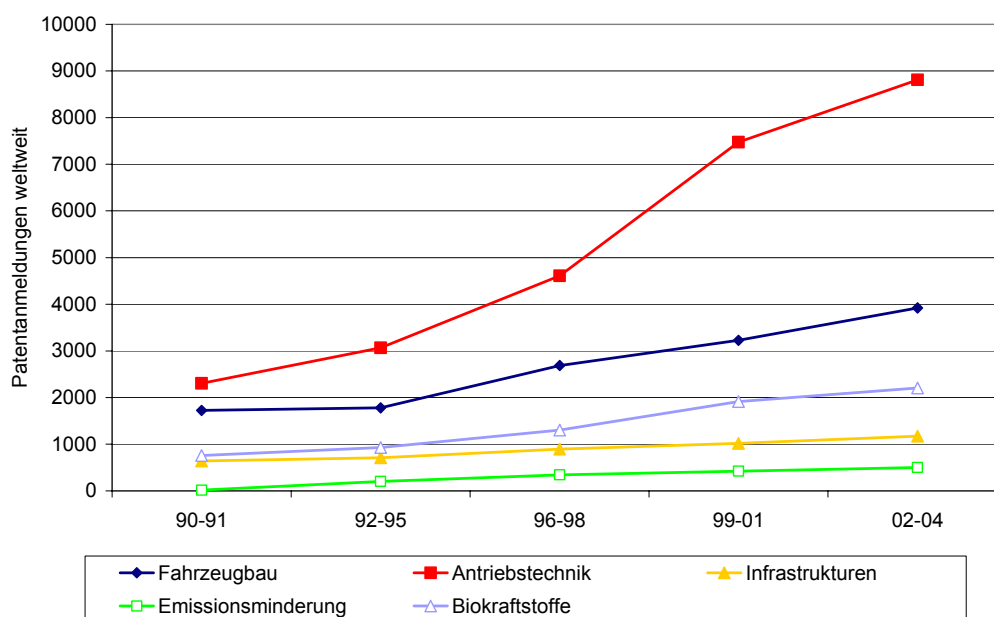
Definition der Handlungsbereiche im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität

Hauptsegment	Teilsegmente	Beschreibung
Fahrzeuge	Straßenfahrzeuge Schienenfahrzeuge Luftfahrzeuge Wasserfahrzeuge	Leichtbauweisen, verminderter Roll- und Luftwiderstand durch Aerodynamik, Reifen oder Rad-Schiene-Konstruktionen.
Antriebe	Verbrennungsmotoren Hybride Mobile Brennstoffzellen	Verbesserter Wirkungsgrad, Reduzierter Kraftstoffverbrauch, Bremsenergie rückgewinnung, Elektro- und Wasserstoffantriebe.
Infrastrukturen	Straßen und Flugplätze Schieneninfrastruktur	Umweltschonende Bauweisen, Recycling von Baumaterialien.
Emissionsminderungstechnologien		Filter, Katalysatoren
Alternative Kraftstoffe		

Quelle: Fraunhofer-ISI.

Die Dynamik der Technologielinien im Bezug auf Forschung und Entwicklung lässt sich anhand der Entwicklung der Patentanmeldungen bei internationalen oder nationalen Patentämtern beschreiben. Abbildung 8-1 zeigt die Dynamik der Patentanmeldungen der fünf Hauptsegmente beim Europäischen Patentamt (EPA) zwischen 1991 und 2004. Zur Glättung statistischer Schwankungen, welche auf Grund der vergleichsweise geringen Fallzahlen bei einigen Segmenten auftreten, wurden die jährlichen Patentzahlen in Drei-Jahres-Scheiben zusammengefasst. Der Bereich 1991-1992 wurde entsprechend korrigiert.

Abbildung 8-1:
Patentdynamik nach Hauptsegmenten der nachhaltigen Mobilität 1991 – 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI

Die Abbildung hebt deutliche Antriebstechnologien, den Fahrzeugbau sowie Biokraftstoffe als die Bereiche mit der höchsten Patentintensität im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität hervor. Im Gegensatz hierzu zeigen die Felder Infrastrukturen und Emissionsminderungstechnologien eine eher stagnierende Patententwicklung über den betrachteten Zeitraum, wobei im Fall der Emissionsminderungstechnologien zu berücksichtigen ist, dass innermotorische Verbesserungen wie z. B. Hochdruck-Einspritzsysteme, dem Bereich Antriebssysteme zugeordnet wurden.

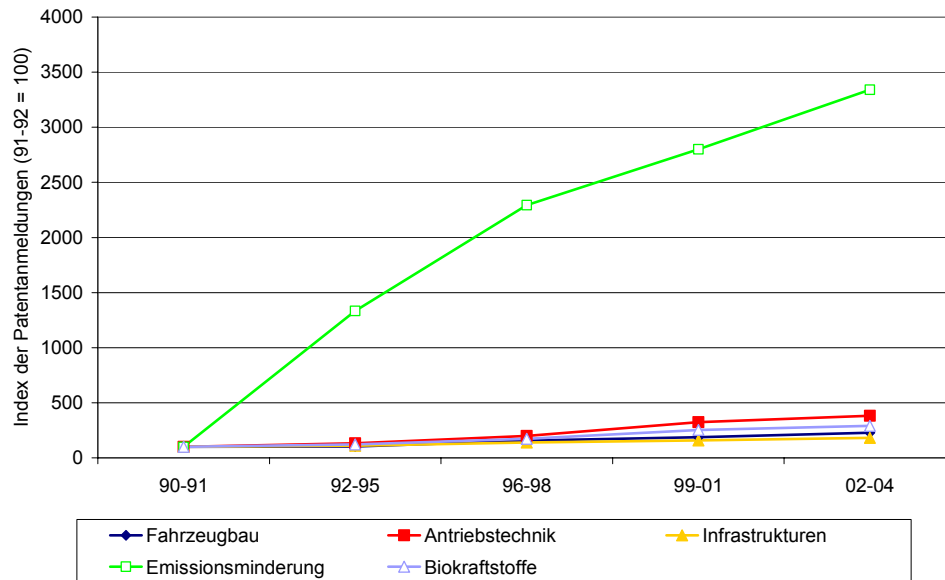
Die relative Darstellung in Abbildung 8-2 zeigt die Patententwicklung der Handlungsfelder bezogen auf den Zeitraum 1991-1992⁶¹. Hier stechen sofort die Emissionsminderungstechnologien hervor, welche – von einem sehr geringem Ausgangsniveau aus - mit einem Wachstum um fast 3200 % weit über der Patentdynamik der übrigen Handlungsfelder liegen. Diese liegen mit Zuwachsraten zwischen 82% (Infrastrukturen) und 282% (Antriebstechnik) ebenfalls in einem durchaus dynamischen Bereich, sind jedoch durch eine höhere Zahl von Patentanmeldungen in der Ausgangsphase gekennzeichnet. Die Betrachtung von Einzeltechnologien

⁶¹ Die Patentzahlen im Zeitraum 1991-92 wurden statistisch an die sonst drei Jahre umfassenden Zeiträume angeglichen.

innerhalb der fünf Handlungsfelder zeigt weitere erhebliche Unterschiede in der Patentdynamik. Ein typisches Beispiel ist die hybride Antriebstechnik.

Abbildung 8-2:

Patentdynamik nach Teilsegmenten Welt der nachhaltigen Mobilität 1991 - 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI.

Bei einigen Technologiebereichen ist in den letzten drei Jahren (2002 bis 2004) eine leichte Abflachung bzw. ein Einbruch der Patentanmeldungen festzustellen, was jedoch auf die noch nicht vollständigen Einstellungen der Patente in die Datenbank des EPA zurückgeführt werden kann.

Fahrzeugtechnik

Im Fahrzeugbau werden folgende Technologielinien als besonders Erfolg versprechend für die Realisierung nachhaltiger Mobilität eingestuft:

- Im Automobilbau sind – unterstützt durch sprunghafte Fortschritte in der Materialforschung - viele Innovationen im Bereich Aerodynamik, Leichtbau und Materialeffizienz zu erwarten.
- Schienenfahrzeuge werden stärker differenziert, um speziellen Anforderungen gerecht zu werden. Entscheidend ist dabei die Auslegung auf eine einfache Anbindung an andere Verkehrsträger. Auch die Nutzung von Gleisen, welche bisher nicht für den Gütertransport

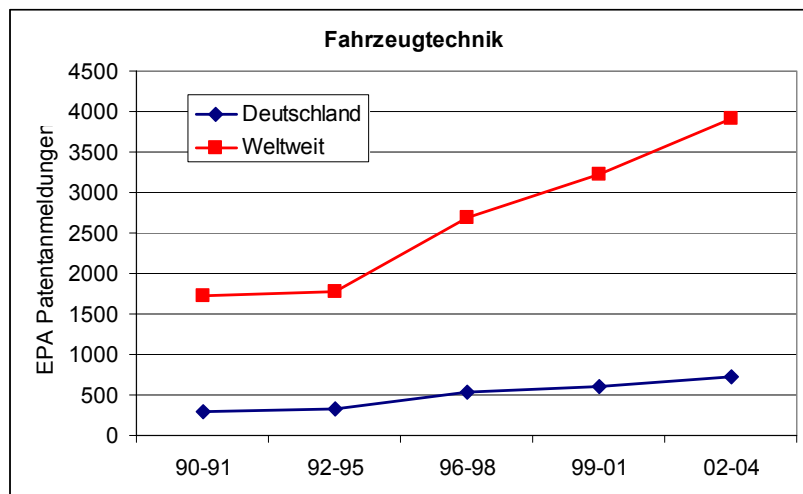
eingesetzt wurden, wird durch spezielle Neuentwicklungen möglich. Innovation findet auf stetigem Niveau statt.

- Beim Schiffbau hält sich die Innovationsrate über die letzten 15 Jahre auf konstantem Niveau. Die größten Schiffe werden nicht mehr in Deutschland gebaut, da die Werften nicht über die notwendigen Trockendocks verfügen.
- Effizienzgewinne werden durch Größenwachstum der Güterfahrzeuge aller Transportmodi erwartet. Beispiele sind Verdopplung der Güterzuglänge, Gigaliner LKWs (bis 60 t), Post-Panamax Containerschiffe (11.000 TEU⁶²), ermöglicht durch Fortschritte in der Materialforschung und in der informatikgestützten Konstruktion.

Die Analyse der Patente im Bereich des Fahrzeugbaus zeigt sowohl international als auch national eine hohe Dynamik, (Abbildung 8-3).

Abbildung 8-3:

Patentdynamik des Hauptsegments Fahrzeuge 1991 - 2004

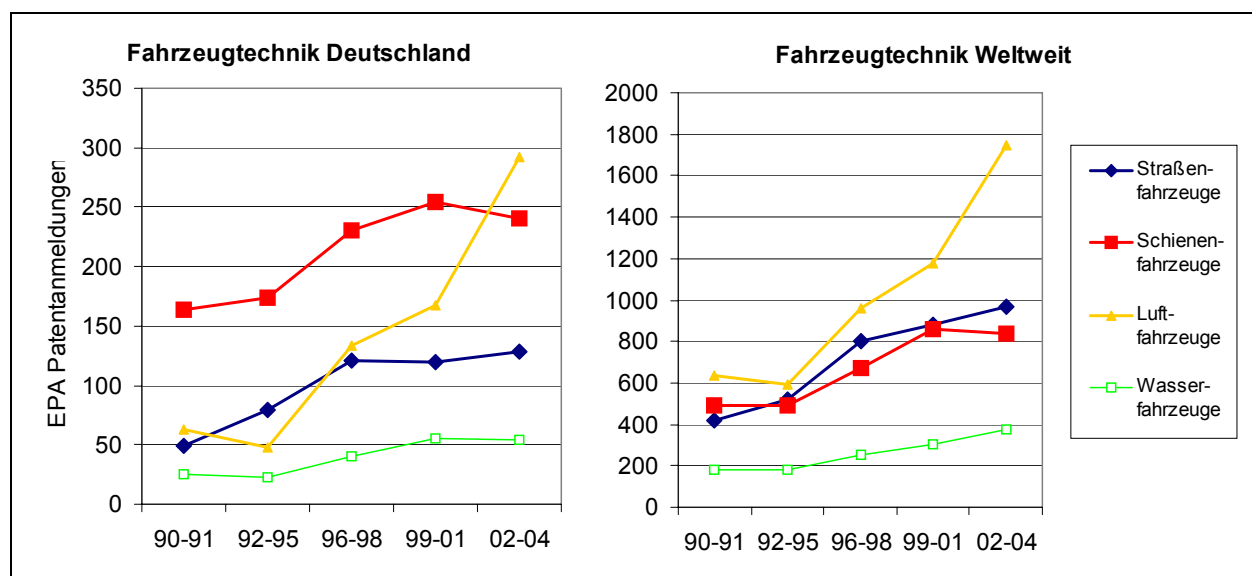


Quelle: Fraunhofer-ISI.

Beim Vergleich der Teilsegmente (Abbildung 8-4) zeigt sich ein differenzierterer Verlauf. Während weltweit im Luftfahrzeugbau die meisten Patente angemeldet werden sowie die größte Dynamik zu beobachten ist, war der deutsche Markt zumindest bis 2001 durch die Entwicklung von Schienenfahrzeugen dominiert. Hier zeigt sich jedoch ab 2002 ein Rückgang der absoluten Patentanmeldungen. Straßen- und Wasserfahrzeuge zeigen für Deutschland und weltweit einen ähnlichen Verlauf.

⁶² TEU = Twenty-Foot Equivalent Unit = Standardtransportbehälter (Container) von 20 Fuß (ca. 6 m) Länge.

Abbildung 8-4:
Patentdynamik der Teilsegmente im Bereich Fahrzeuge 1991 – 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI.

Antriebstechnik

In der **Antriebstechnik** und bei den Kraftstoffen werden folgende Technologielinien als besonders Erfolg versprechend für die Realisierung nachhaltiger Mobilität eingestuft:

- Hybridantriebe kombinieren konventionelle Verbrennungsmotoren mit einem Elektromotor sowie Energierückgewinnung und -speicherung beim Bremsen. Dieses Konzept kann zu erheblichen Kraftstoffeinsparungen führen. Zusätzlich wird hier eine Brückentechnologie zum Brennstoffzellenantrieb (s. u.) gesehen. Im Automobilbau hat sich seit der erfolgreichen Markteinführung des Toyota Prius (I und II) die Innovationsdynamik erhöht, wobei die deutsche Industrie gegenüber ausländischen Konkurrenten derzeit noch einen technologischen Rückstand aufweist (VDA 2006). Dies gilt jedoch nicht für Fahrzeuge des schieneengebundenen Verkehrs, bei denen Verfahren der Bremsenergieerückgewinnung weit verbreitet sind und auch hybride Antriebstechniken derzeit erfolgreich getestet werden.
- Brennstoffzellen versprechen die Nutzung neuer Energieträger wie z. B. Wasserstoff und können einen sehr hohen Wirkungsgrad erreichen. Die weitere Entwicklung konzentriert sich auf Kosten-, Gewichts- und Größenminimierung sowie Speicherung des Wasserstoffs. Jährlich überdurchschnittlich wachsende Patentzahlen weisen auf eine hohe Innovations-

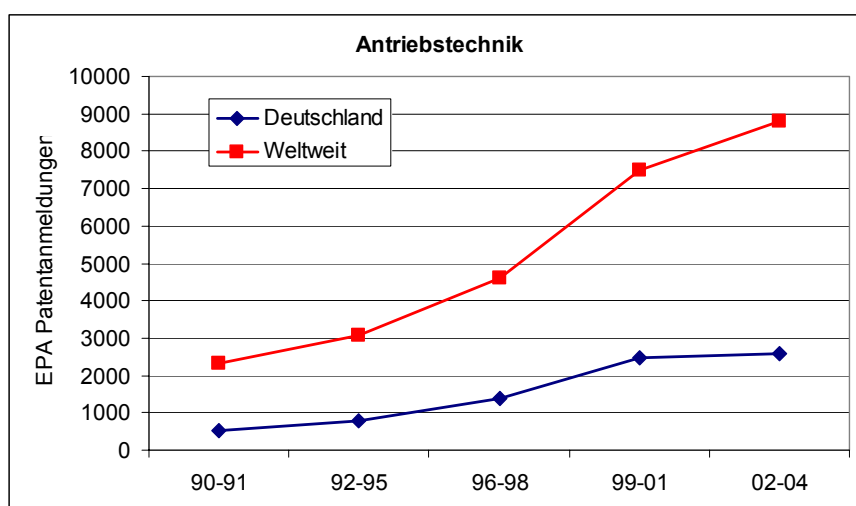
dynamik hin. Als Beginn der Serienfertigung wird inzwischen der Zeitraum 2015 bis 2020 angepeilt.

- Batteriebetriebener Elektroantrieb wird als Alternative zur Brennstoffzelle diskutiert. Voraussetzung ist die deutliche Senkung der Kosten und Erhöhung der Speicherkapazität von Akkumulatoren.
- Verbesserungen der Kraftstoffeffizienz bei Otto- und Dieselmotoren werden kontinuierlich entwickelt. Hauptfeld ist die Entwicklung des HCCI-Verfahrens (Homogeneous Charge Compression Injection = Gleichmäßige Ladung durch Kompression und Einspritzung) inklusive der entsprechenden Steuer- und Regeltechnik. Die hohe Innovationsdynamik zeigt sich an überdurchschnittlich stark wachsenden Patentzahlen.
- Düsentriebwerke zeigen eine deutliche Entwicklung hin zu mehr Kraftstoffeffizienz und zu geringerer Lärmbelästigung über die letzten 30 Jahre. Zwar macht diese den Luftverkehr nicht per se nachhaltig, aber die Umweltbeeinträchtigung wird verringert. Die Innovationsdynamik ist in den letzten 15 Jahren als konstant einzustufen.

Gemessen an den Patentanmeldungen beim europäischen Patentamt (EPA) stellt sich der Bereich der Antriebstechnologien als sehr dynamisch dar. Dies gilt sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene.

Abbildung 8-5:

Patentdynamik des Hauptsegments Antriebe, 1991 - 2004

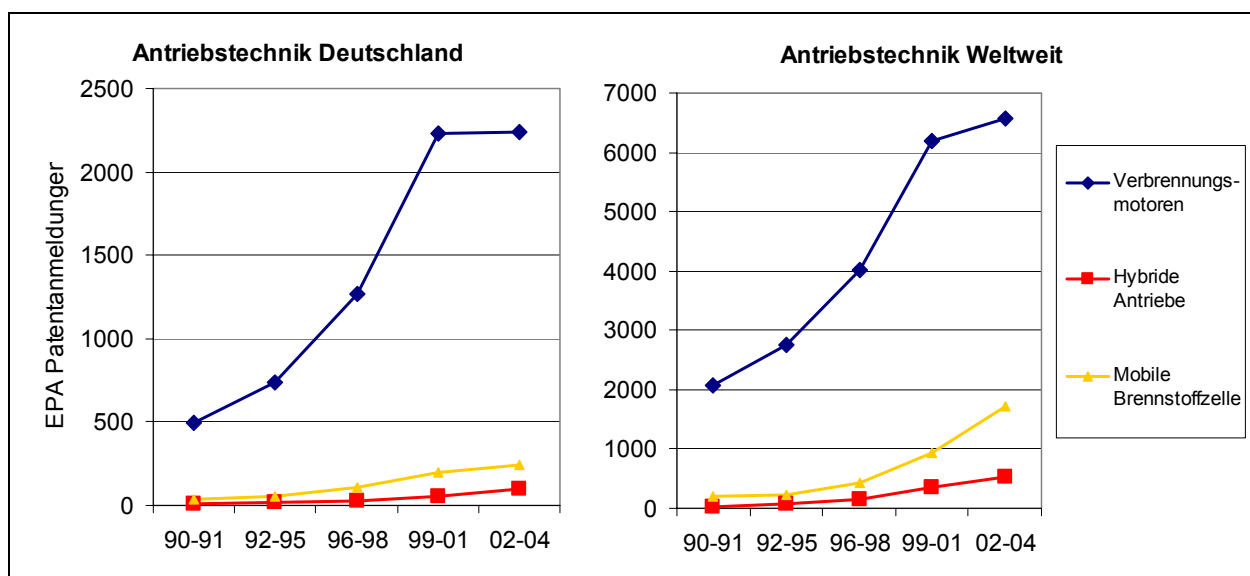


Quelle: Fraunhofer-ISI.

Die Patentdynamik wird vornehmlich durch das Segment der Verbrennungsmotoren bestimmt, welches den weit überwiegenden Teil aller Patentanmeldungen darstellt. Die Patent-

strukturen alter Technologien national und weltweit unterscheiden sich hierbei nur unwesentlich. Es fällt jedoch auf, dass sich mobile Brennstoffzellen und hybride Antriebssysteme in den letzten Jahren international dynamischer entwickeln als in Deutschland. Letzteres vermag auf internationaler Ebene den Einbruch im Bereich der Verbrennungsmotoren zu kompensieren.

Abbildung 8-6:
Patentdynamik der Teilsegmente im Bereich Antriebe, 1991 – 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI.

Verkehrsinfrastruktur

In der Infrastruktur werden folgende Technologielinien als besonders Erfolg versprechend für die Realisierung nachhaltiger Mobilität eingestuft:

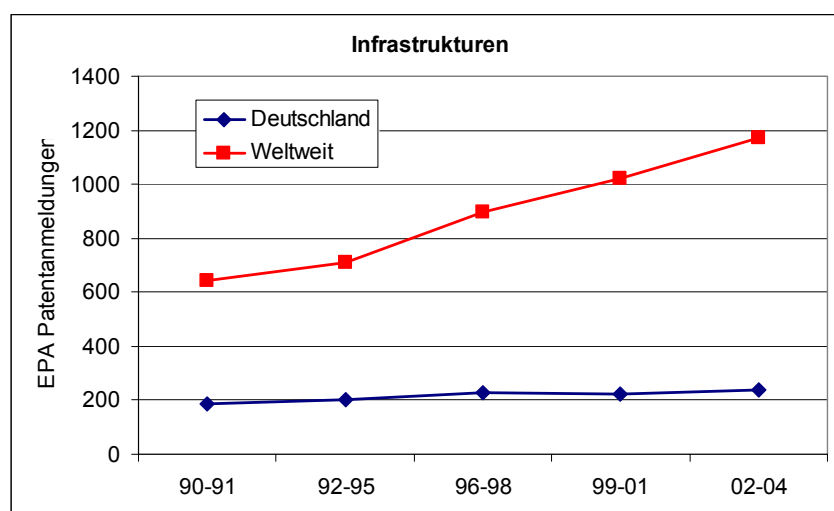
- Schienen gehören zu den Verkehrswegen mit der besten Energieeffizienz. Gebaut wird auch an einem eigenen Schienennetz für Gütertransporte (Netz 21), um durch eine Entflechtung schneller und langsamer Verkehre die Effizienz und Leistungsfähigkeit des Schienenverkehrs insgesamt zu verbessern.
- Zentral zur Verbesserung der Schifffahrtswege ist der Ausbau der Häfen bzw. Schleusen entlang existierender Wasserstraßen und insbesondere im Ostseeraum, um durch kürzere Umschlagszeiten Transportvolumen auf das energieeffizienteste Transportmittel Schiff zu verlagern.

- Verkehrssteuerung gewinnt speziell in Ballungszentren immer stärker an Bedeutung. Dank moderner Techniken bietet sie die Möglichkeit, sehr zeitnah auf Engpasssituationen zu reagieren und die existierende Infrastruktur optimal zu nutzen.
- Verkehrskonzepte bieten Lösungen zur Bewältigung der wachsenden Verkehrsmenge durch die Vernetzung der unterschiedlichen Verkehrsträger. Entscheidend ist dabei ein Verkehrsmanagement durch den Einsatz moderner Kommunikations- und Informationstechniken (Telematik), um die Übergänge zwischen zwei Verkehrsträgern mit geringem Zeitverlust zu ermöglichen.

Die Patentdynamik im Bereich der Verkehrswege und Umschlaganlagen ist stetig. Sowohl weltweit als auch für Deutschland zeigt sich ein gleichmäßiger Anstieg, wobei das relative Wachstum im internationalen Bereich sehr viel stärker ausfällt als in Deutschland. (Abbildung 8-8).

Abbildung 8-7:

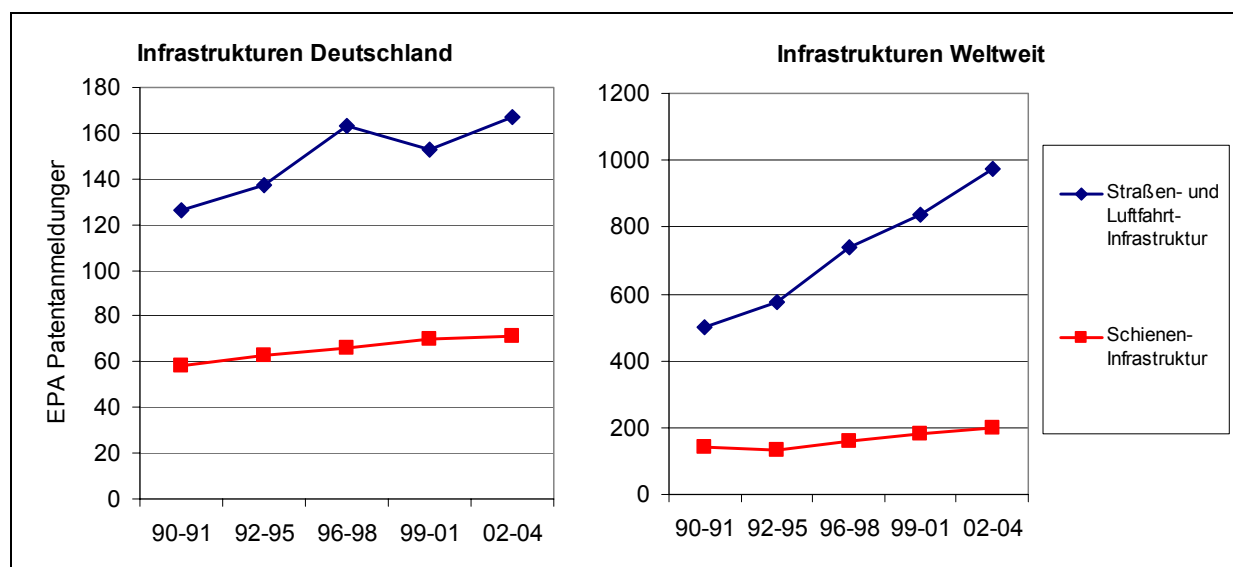
Patentdynamik des Hauptsegments Infrastrukturen, 1991 - 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI.

Abgesehen von periodischen Schwankungen lehnen sich die Teilsegmente an das Hauptsegment Infrastrukturen an. Das größte Wachstumspotential der Patentanmeldungen kann hierbei der Straßen- und Flughafeninfrastruktur zugesprochen werden. Auch in diesem Bereich zeigen die weltweiten Patente einen sehr viel dynamischeren Verlauf (Abbildung 8-8).

Abbildung 8-8:
Patentdynamik der Teilsegmente im Bereich Infrastrukturen, 1991 - 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI.

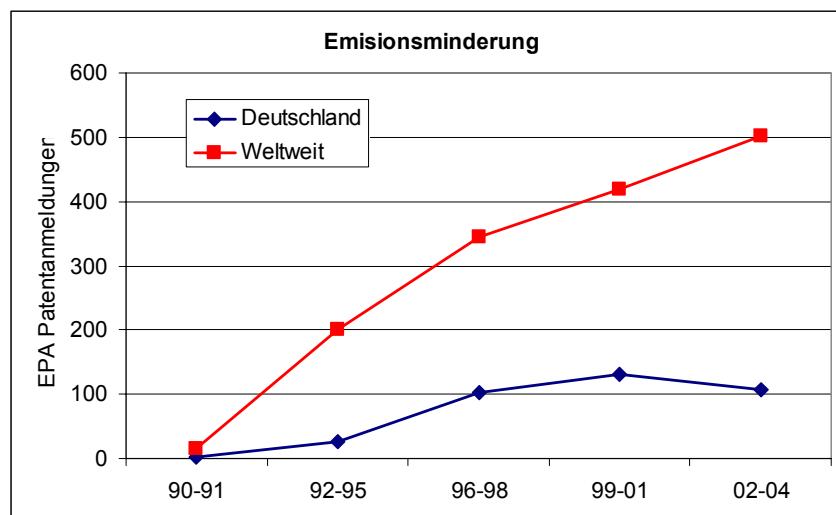
Emissionsminderungstechnologien

Speziell zur Verminderung der Emissionen werden folgende Technologielinien als besonders Erfolg versprechend für die Realisierung nachhaltiger Mobilität eingestuft:

- Filter und Katalysatoren werden kontinuierlich weiterentwickelt und sind bereits auf einem hohen technischen Niveau. Zum Teil wird hier Nachholbedarf für die deutsche Automobilindustrie gesehen. Ein bedeutsames Potential für Emissionsminderung besteht im Filtereinbau im Schiffsbereich.
- Lärmreduktion stellt eine der wesentlichen Herausforderungen insbesondere im sonst umweltfreundlichen Schienenverkehr dar. Moderne Techniken im Gleisbau sowie „leise“ Straßenbeläge führen hier zu deutlich geringerer Lärmbelästigung. Veränderte Motoren-, Turbinen-, Bremsen- oder Kupplungskonstruktion sind weitere Ansatzpunkte. Zum anderen kann Lärm gedämmt werden. Die Innovationsdynamik in diesen Bereichen ist als hoch einzustufen.

Der Bereich der Technologien zur Emissionsminderung stellt sich insgesamt als sehr dynamisch dar. Weltweit hat sich die Zahl der Patentanmeldungen beim EPA seit 1991 vervierfacht. In Deutschland ist jedoch ein Rückgang der Anmeldungen im Zeitraum 2002-04 zu beobachten.

Abbildung 8-9:
Patentdynamik des Segments Emissionsminderung, 1991 - 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI.

Verkehrssysteme

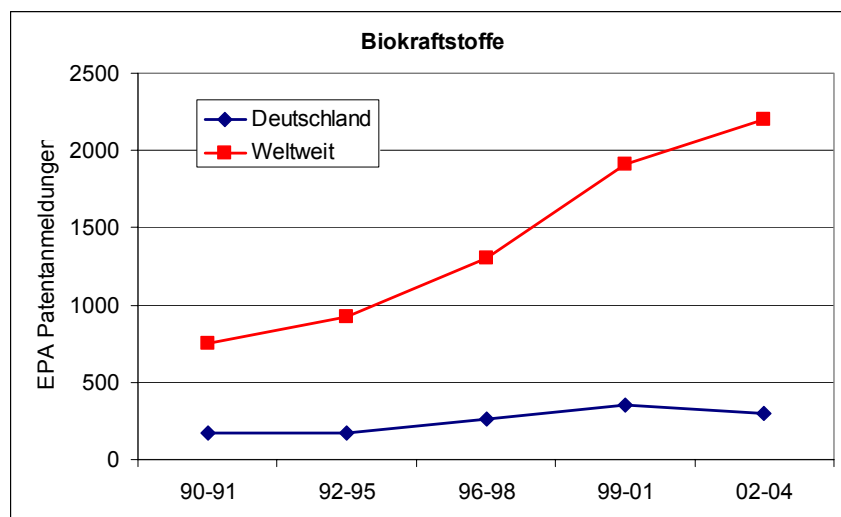
Trotz fehlender Patentanmeldungen lassen sich auf Grund vorliegender Arbeiten Aussagen über die Dynamik des Marktes im Bereich Verkehrssysteme treffen. So stellt sich die Entwicklung von telematikgestützten Verkehrsleit- und Informationssystemen im internationalen Vergleich als sehr abhängig von der nationalen Förderpolitik dar. Auf Grund unterschiedlicher Systemlösungen und des rasanten technologischen Fortschritts in diesem Bereich sind sowohl die Industrie als auch öffentliche Institutionen zögerlich mit der Errichtung großer Systeme (Halbritter et al. 2006, Zackor und Groke 2003).

Biokraftstoffe

Biokraftstoffe sind heute hauptsächlich als Biodiesel (z. B. Raps-Methyl-Ester (RME) aus Raps) und Ethanol (auf Basis von Zuckerrohr, Mais oder Weizen) im Einsatz. Erhebliche Innovationsdynamik besteht bei den Biokraftstoffen der 2. Generation (Biomass to liquid, BtL), die aus einer breiteren Biomasse-Grundlage erzeugt werden können. Die Innovationsdynamik in diesem Bereich stellt sich weltweit als sehr hoch dar, wobei Deutschland aus oben genannten Gründen in den letzten Jahren einen Einbruch aufweist (Abbildung 8-10). Dieser

Effekt könnte jedoch auf Probleme bzgl. der Vollständigkeit der EPA-Anmeldungen zurück zu führen sein, da faktisch Deutschland sowohl bei Biodiesel der ersten als auch bei Biokraftstoffen der zweiten Generation weltweit in einer Führungsrolle steht.

Abbildung 8-10:
Patentdynamik des Segments Biokraftstoffe, 1991 - 2004



Quelle: Fraunhofer-ISI.

8.2.2 Bewertung aus Sicht der Unternehmen

Nachhaltige Antriebstechnik

Da alternative Antriebskonzepte auf Basis biogener Kraftstoffe oder Wasserstoff erst mittel- bis langfristig eine bedeutende Rolle auf den Antriebsmärkten erlangen werden, bleiben kurz- bis mittelfristig klassische Antriebstechnologien auf Basis von Mineralölkraftstoffen weltweit am Markt dominierend. Neben der Entwicklung neuer Antriebskonzepte gilt es für die Industrie daher, auch diese Technologien nachhaltiger und umweltfreundlicher zu gestalten.

Bei konventionellen Antrieben mit Mineralölkraftstoffen sind Effizienzsteigerungen und Emissionsreduktion Hauptziele der Entwicklungsarbeit, die technisch gesehen allerdings gegenläufige Prozesse darstellen. Verbesserungen in der Verbrauchssituation sind durch Optimierung der innermotorischen Verbrennungsprozesse möglich, hier besteht für die Zukunft aber nur noch geringes Verbesserungspotential. Emissionsreduktion werden z. B. über gekühlte Abgasrückführung, Abgasreinigung und -behandlung sowie elektronische Verbrennungsoptimierungen angestrebt.

Im Bereich der Großantriebe für Industrie- und Fahrzeuganwendungen sind die Technologien für Motoren auf der Grundlage alternativer Kraftstoffe wie Gas, Wasserstoff und Biokraftstoffen bereits sehr weit entwickelt, die Marktentwicklung ist aber aufgrund der mangelnden Kraftstoff-Infrastruktur und der höheren Kosten für die Anschaffung der Aggregate (z. B. Gas: ca. 25 % teurer als Diesellaggregate) noch nicht sehr dynamisch. Es müssen auch noch eine Reihe technischer Probleme wie z. B. die nachhaltige Wasserstoff-Gewinnung und -Speicherung gelöst werden. Außerdem muss die Infrastruktur zur Bereitstellung alternativer Kraftstoffe erst geschaffen werden. Darüber hinaus wird es mittelfristig weitere Alternativen durch synthetische Kraftstoffe geben, denen die Entwicklung der Antriebstechnologien Rechnung tragen muss.

In der aktuellen Diskussion der Antriebshersteller spielen neben der Entwicklung von Brennstoffzellenantrieben (siehe Handlungsfeld Erneuerbare Energien) Hybridantriebe eine wichtige Rolle. In diesem Bereich sehen die befragten Unternehmen noch den größten Entwicklungsbedarf für die deutsche Industrie. Alle Kraftfahrzeug-Hersteller sind gegenwärtig mit der Entwicklung von Hybridmodellen befasst. Technologische Herausforderungen liegen dabei insbesondere bei der Weiterentwicklung der mechatronischen Systeme, der Kostenreduktion sowie der Verbesserung von Energiespeichern

Die gegenwärtige elektrische *Antriebs-Technologie für Schienenfahrzeuge* ist bereits energieeffizienter als früher gebräuchliche Varianten, die dadurch eingesparte Energie wird jedoch häufig für Zusatzgeräte (z. B. Klimaanlage, Beleuchtung, Bordelektronik) verbraucht, so dass in der Summe kein wesentlicher Einspareffekt auftritt. Darüber hinaus sind zahlreiche energieeffiziente Technologien in der Entwicklung, die aber gegenwärtig noch kaum Absatz finden, wie zum Beispiel:

- METRO-System: System zur Unterstützung des Zugführers beim energiesparenden Fahren (Energieeinsparungen von bis zu 20 % möglich)
- Rückspeisung der Bremsenergie in das Netz (40 % der Bremsenergie kann zurück gewonnen werden)
- Voll-Automatisierung des Metroverkehrs zur Realisierung energieeffizienten Fahrens, automatische Zusammenstellungen der bestmöglichen Zugkombination (z. B. Anzahl der Wagen) und flexible Reaktion auf Verkehrsspitzen

- Getriebelose Lokomotiven im Nahverkehr (bis 120 km/h): direkte Ansteuerung des Motors und Rückgewinnung der Energie (energiesparender, leichter, elektrisch bremsbar)
- Einsatz von Biokraftstoffen auch für den Zugverkehr (wie z. B. in Schweden)

Eine weitere alternative Antriebs- und Systemtechnologie stellt die *Magnetschwebetechnik* dar, die kontinuierlich als Gesamtsystem weiterentwickelt wird. Hier gibt es beispielsweise Überlegungen, den Transrapid auch im Bereich des Gütertransportes einzusetzen.

Bei *Triebwerken für den Luftverkehr* wird es zu sukzessiven Verbesserungen im Bereich der Lärm- und Abgasemissionen, des Spritverbrauchs und der Reparatur- und Wartungsfreundlichkeit kommen.

Aus Sicht der befragten Unternehmen besitzt Deutschland im Bereich der Antriebstechnologien insgesamt technologische Führungspositionen im Bereich der Materialien (z. B. Hochtemperaturmaterialien, Nanotechnologie und Beschichtungen) sowie der Mechanik (Feinstmechanik). Technischer Nachholbedarf wird im Bereich der Elektronik, der Motorensteuerung und dem Service gesehen. Bei der Serienproduktion haben andere Länder Kostenvorteile. Insgesamt gehen die befragten Unternehmen davon aus, dass alle wichtigen Marktteilnehmer technologisch auf einem ähnlichen Niveau stehen.

Biokraftstoffe

Die Technologien zur Herstellung von *Biokraftstoffen der ersten Generation*, d. h. für pflanzenölbasierte Diesel-Substitute sowie Bioethanol, sind heute ausgereift und werden sukzessive weiter verbessert, um z. B. auch für andere Eingangsstoffe (beispielsweise Jatropha-Öl statt Rapsöl) geeignet zu sein. Deutsche Hersteller und Anlagenbetreiber sehen sich weltweit in einer technologischen Führungsposition.

Technologisch anspruchsvoller gestaltet sich dagegen die Entwicklung von Anlagen zur Herstellung von *Biokraftstoffen der zweiten Generation*, also Kraftstoffen auf einer breiteren Biomasse-Basis. Hier konzentriert sich die Entwicklungsarbeit auf die Verbesserung der Verfahrenstechnik, auf die Realisierbarkeit der Verfahren in großindustriellem Maßstab sowie auf die Verbesserung der Kosteneffizienz solcher Anlagen. Experten gehen davon aus, dass etwa im Jahre 2008 die erste Anlage zur Herstellung synthetischer Biokraftstoffe ans Netz gehen wird, die mit einem Output von ca. 200.000 Tonnen in die Nähe der Wirtschaftlichkeit ge-

langt. Nach Einschätzung einzelner Experten ist eine Anlage zur Erzeugung synthetischer Kraftstoffe allerdings erst ab einer Jahresproduktion von 1 Mio. Tonnen Treibstoff wirtschaftlich zu betreiben. Eine Herausforderung bei der großtechnischen Produktion von synthetischen Kraftstoffen ist auch noch die Bereitstellung hinreichender Mengen von Biomasse zu vertretbaren Kosten. Hier sind ausgefeilte Produktions- und Logistikkonzepte zu entwickeln.

Die Weiterentwicklung von *Umrüstsets zur Nutzung von Biokraftstoffen* in herkömmlichen Motoren schreitet kontinuierlich fort. Eine Herausforderung stellt aktuell die zunehmende Einführung von Rußpartikelfiltern dar, die von Automobilherstellern teilweise als nicht kompatibel mit entsprechenden Umrüslösungen betrachtet werden. Mittelfristig wird erwartet, dass zukünftige Motorengenerationen schon ab Werk in der Lage sein werden, auch mit Biokraftstoffen zurecht zu kommen. Beispiel sind die in Brasilien schon heute standardmäßig erhältlichen "Flex-Fuel"-Fahrzeuge, die mit einer beliebigen Mischung aus Alkohol und Normalbenzin betrieben werden können.

Fahrzeugkonstruktion

Im Produktbereich *Fahrzeugkonstruktion* steht unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit insbesondere die Material- und Gewichtseinsparung im Vordergrund. Von Vertretern aller Industriebereiche wird allerdings darauf hingewiesen, dass unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit der Konstruktion der Fahrzeuge relativ zur Optimierung der in den Fahrzeugen verwendeten Systeme (Antriebe, Bremsen, Bordsysteme) eine geringere Bedeutung zu kommt.

Nur im *Flugzeugbau* spielt die effiziente Konstruktion des Fahrzeugs zum Zweck der Gewichtseinsparung eine entscheidende Rolle. Dort gehen die technologischen Entwicklungen dahin, durch den Einsatz neuer Materialien und Verbundwerkstoffen in zunehmend mehr Flugzeugteilen das Gewicht der Bauteile bei gleichen oder gar verbesserten Materialeigenschaften zu verringern.

Im Bereich des *Schiffbaus* geht man davon aus, dass unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit insbesondere Bordsysteme weiter entwickelt werden. So werden etwa elektrische Systeme und die zugehörigen Generatoren zur Reduktion des Energieverbrauchs optimiert und es werden neue Verfahren zur Behandlung von Müll, Abwasser und Öl-Wasser-Gemischen entwickelt.

Ähnlich gestaltet sich die Situation im Bereich des *Schienenfahrzeugbaus*. Dort spielen die Optimierung der Antriebssysteme inklusive der Rückgewinnung von Bremsenergie sowie die

Reduktion von Abgas- und Lärmemissionen (z. B. durch Verringerung der Bremsgeräusche) eine größere Rolle als die eigentliche Fahrzeugkonstruktion. Letztere muss sich allerdings auf neue Entwicklungen im Bereich der Antriebsentwicklung einstellen, etwa durch den Einsatz von integrierten Unnterboden-Antrieben anstelle von Triebkopfsystemen.

Im *Kraftfahrzeug-Bereich* steht die Industrie vor der Herausforderung, dass Effizienzgewinne durch Materialeinsparungen sehr stark durch höheres Gewicht der Fahrzeuge insgesamt, aber auch durch zusätzliche andere Sicherheits- und Komfortkomponenten aufgebraucht oder sogar überkompensiert worden sind. Größere Hebel zur Steigerung der Effizienz werden von den Unternehmen dementsprechend im Bereich der Verbesserung der Antriebsstränge oder bei der Verwendung alternativer Kraftstoff gesehen.

Verkehrsinfrastruktur

Beim *Verkehrswegebau* spielt der Einsatz neuer Technologien eine zunehmend wichtigere Rolle: Der Einsatz satellitengestützter Navigationssysteme macht die Arbeit effizienter und effektiver. Er ermöglicht bereits heute eine exaktere Koordination und Planung, zukünftig sind auch vollautomatische Systeme geplant. Neben den damit verbundene Einsparungen im Personaleinsatz wird so aus Sicht der Unternehmen auch ein ressourcenschonenderes Bauen möglich: Höhere Effizienz und 24-Stunden-Betrieb ermöglichen geringeren Energieverbrauch und verkürzte Bauzeiten. Bereits heute werden vollautomatische Verfahren im unterirdischen Rohrvortrieb eingesetzt. Dabei werden computergesteuert Rohre verlegt, ohne dabei den Boden öffnen zu müssen. Ein weiterer technologischer Trend ist die Fertigung energie- und ressourcensparender Produkte: Zum Beispiel werden durch den Auftrag möglichst dünner Betonschichten erhebliche Materialeinsparungen beim Bau und bei der Erneuerung von Fahrbahnen erzielt. Mit neuen Verfahren ist zudem eine Wiederverwendung des entfernten Bodenbelages vor Ort möglich. Durch die Verwendung neuartiger Niedrigtemperaturasphalte kann außerdem Energie bei der Herstellung von Asphaltmischgut eingespart werden.

Nach Aussage der befragten Unternehmen hat Deutschland im Bereich des *Straßenbaus* eine führende Stellung bei Hightech-Bau- und Spezialmaschinen (z. B. satellitengestützte Navigation, Inlinerverfahren oder unterirdische Rohrvortrieb). Darüber hinaus ist Deutschland führend bei dem Thema Baubetrieb (Projekt-, Prozessmanagement, Bauabwicklung).

Im *Schienenbau* setzt sich in Deutschland verstärkt die feste Fahrbahn für Hochgeschwindigkeitstrassen durch. Durch den Einsatz fester Betonunterlagen (anstelle von Schotter) wird eine

höhere Sicherheit, eine verlängerte Lebensdauer und eine bessere Wirtschaftlichkeit der Gleisanlage bei geringeren Betriebskosten erreicht. Mittelfristig werden schwellenlose Systeme zum Einsatz kommen, deren Einsatz die Baukosten um weitere 30 % senken können.

Deutschland nimmt im Schienenbau eine weltweit führende Stellung bei Befestigungssystemen zwischen Schiene und Schwelle, bei der Fertigung von Hochgeschwindigkeitsweichen, bei der Bahntechnik sowie bei der Mechanisierung von Herstellungstechniken ein. Ebenfalls führend ist die deutsche Industrie bei der Entwicklung und dem Bau der Festen Fahrbahn für Hochgeschwindigkeitstrassen. Die befragten Unternehmen betonen jedoch, dass auch andere Länder wie Österreich, Spanien, Frankreich und Japans eine starke technologische Position haben.

Verkehrsführung

Technologische Neuerungen werden von den befragten Unternehmen im Bereich der Verkehrsführung vor allem in der *Telematik* erwartet: Die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur sowie zwischen Fahrzeug und Fahrzeug (car-to-car communication) gewinnt entscheidend an Bedeutung. Beispiele sind Frühwarnsysteme bei Störungen, z. B. bei Druckverlust in Reifen, oder Ferndiagnosen bei Pannen. Es werden europaweit interoperable Systeme entwickelt, so dass zum Beispiel On Board Units in verschiedenen europäischen Ländern zur Mauterhebung eingesetzt werden können. Ein weiterer Entwicklungsschub in diesem Bereich wird mit der Inbetriebnahme des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo im Jahre 2010 erwartet. Das neue System wird deutlich präzisere Standortbestimmungen und dadurch neue Anwendungen insbesondere im Stadt- und Schienenverkehr ermöglichen. Aus Sicht der Unternehmen wird der europäische Verkehr zunehmend mit Hilfe von Mautgebühren gesteuert werden, die Tarife werden Emissions- und Auslastungsabhängig gestaltet. Auch Citymaut-Lösungen werden verstärkt zum Einsatz kommen.

Im Bereich der *Bahntechnik* erwarten die Unternehmen Innovationen zur Optimierung der Netzauslastung. Ein Beispiel dafür ist die bevorstehende europaweite Einführung des European Train Control System (ETCS), das durch einheitliche Sicherheits- und Signaltechnik eine dichte, schnelle und grenzüberschreitende Zugführung in ganz Europa ermöglicht.

Ein weiterer Trend ist die integrierte Betrachtung kompletter *Mobilitätsketten*, die eine präzise Abstimmung verschiedener Verkehrsträger wie Bus, Bahn oder Taxi impliziert. Die technologischen Voraussetzungen dafür existieren bereits, ebenso wie erste Anwendungen. Ein Bei-

spiel ist das Ring & Ride-Angebot, eine Leistung, die dem Kunden einen genauen Fahr- und Zeitplan von Haustür zu Haustür errechnet und diese Informationen anschließend dem Kunden via Mobiltelefon bereitstellt. Die Bezahlung und Abrechnung sämtlicher Leistungen erfolgt ebenfalls über Mobiltelefon oder Internet.

Nach Angaben der befragten Unternehmen hält Deutschland bei *Verkehrsführungssystemen* eine weltweite Spitzenposition. Bei Verkehrssystemen werden Wettbewerbsvorteile in der Elektronik, der drahtlosen Kommunikation, der Vernetzung und der Sicherheitstechnik gesehen. Auch bei der Vernetzung von Verkehrsführungskomponenten (z. B. OBU, Baken, GSM-Modem und Satellit) ist Deutschland international führend. Nachholbedarf sehen die Unternehmen vor allem im Service und beim Kundenzugang.

Techniken zur Emissionsreduktion

Im Bereich der *Abgasreinigungssysteme* werden Filter als integrierte Komponente der Fahrzeug-Gesamtsysteme weiter an Bedeutung gewinnen. Hier wird es zu einer immer feineren Abstimmung des Motors mit dem Filtersystem kommen (z. B.: selective catalytic reduction (SCR)-Technologie: Verbindung von innermotorischen Maßnahmen mit reduziertem Partikelaustritt und nachmotorischer Verringerung der Stickoxide). Die befragten Unternehmen sehen in diesem Bereich noch ein großes Verbesserungspotential. Ebenfalls von hoher Bedeutung für die Einhaltung der zukünftig geltenden Grenzwerte ist die Qualität des Treibstoffes. Die befragten Unternehmen gehen davon aus, dass langfristig ein Benzin-Diesel-Wassergemisch den klassischen Treibstoff ersetzen wird. Dies würde nach Unternehmensangaben den Schadstoffausstoß deutlich reduzieren und gegebenenfalls Schadstofffilter überflüssig machen können.

Beim Thema *Lärmreduktion* wird der Einsatz neuer Materialien zu deutlich geringeren Lärmemissionen führen. So werden neue Werkstoffe für die Bremssohlen von Güterzügen mittelfristig eine Halbierung des Schienenverkehrslärms ermöglichen. Ein weiteres Beispiel ist die Weiterentwicklung von Reifen: Durch den Einsatz neuer Materialien in Kombination mit so genannten 3-D Rillen kann das Abrollgeräusch um bis zu 20 % verringert werden. Eine weitere Entwicklung ist die Kombination von Schallschutzwänden mit Photovoltaik-Anlagen. Neben der Schallschutzwirkung kann die aus der Anlage gewonnene Energie in das Stromnetz eingespeist werden und so die Projektkosten refinanzieren.

Nach Aussage der befragten Unternehmen hat Deutschland bei der Abgasreinigung eine führende Stellung bei der Metallverarbeitung und der Beschichtung der Filter. Darüber hinaus gehört Deutschland zu den führenden Nationen bei der Entwicklung von Gesamtsystemen zur Schadstoffminimierung. Im Lärmschutz attestieren sich die Unternehmen eine führende Stellung beim Maschinenbau, der Elektromechanik und dem Einsatz neuer Materialien. Aus Sicht der Unternehmen hat das Ausland, allen voran die USA und Japan, eine Führungsrolle bei der Vermarktung neuer Entwicklungen.

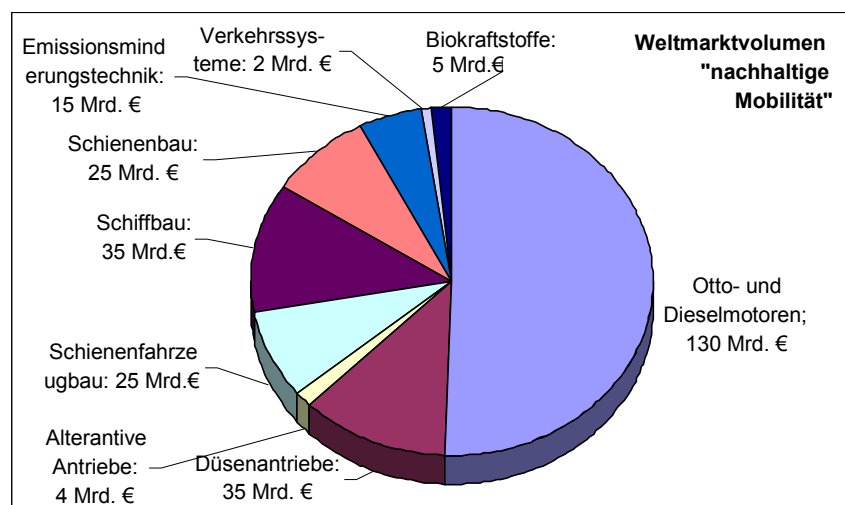
8.3 Marktentwicklung

8.3.1 Marktvolumina und Trends

Das Weltmarktvolumen im Bereich nachhaltiger Verkehrstechnologien wird gegenwärtig auf etwa 300 Mrd. € geschätzt. Hiervon entfällt etwa die Hälfte auf Verbrennungsmotoren. Weitere bedeutende Anteile halten die Bereiche Schienenfahrzeug- und Schienenwegebau, Düsenantriebe und Schiffbau. Alternative Antriebe und Biokraftstoffe bilden derzeit noch einen kleineren Markt, die Automobilindustrie geht jedoch weiter von einer stabilen Gesamtentwicklung aus. Insbesondere bei Hybridantrieben wird ein starkes Wachstum, wenn auch von einem derzeit noch niedrigem Niveau, erwartet (VDA 2006). Abbildung 8-11 stellt die Aufteilung der aktuellen Marktgrößen graphisch dar.

Abbildung 8-11:

Weltweite Marktvolumina im Bereich nachhaltige Mobilität

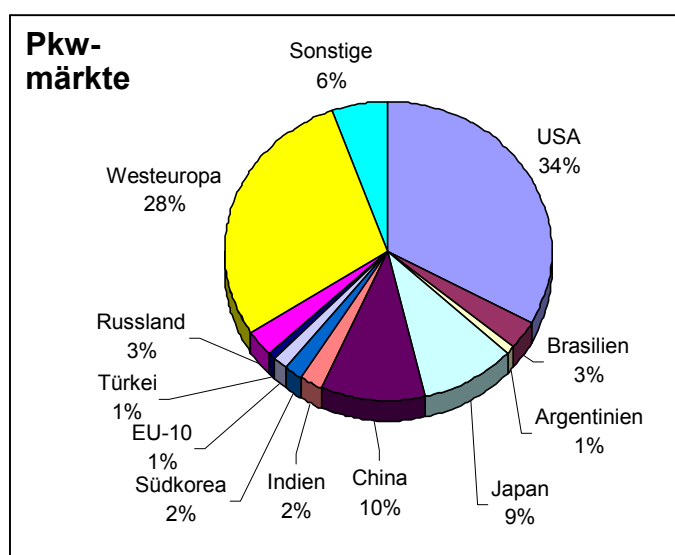


Quelle: Zusammenstellung durch Fraunhofer-ISI unter Verwendung von Roland Berger 2006.

Automobilbau und Motoren

Im Automobilbereich stellen die USA mit 33 % und Westeuropa mit 28 % der Pkw-Nachfrage derzeit noch die größten Märkte dar. Während die Absatzmärkte für Fahrzeuge in Europa, Nordamerika und Japan zunehmend Sättigungstendenzen aufweisen und die Verkaufszahlen in den neuen EU-Mitgliedsstaaten erstmals seit 1990 um 10 % gegenüber 2004 rückläufig waren, werden sich Indien, China, Südostasien und Südamerika bei allen Verkehrsträgern weiter sehr dynamisch entwickeln (VDA 2006).

Abbildung 8-12:
Weltweite Verteilung des Automobilabsatzes 2005



Quelle: Zusammenstellung aus VDA (2006), OICA (2005), OICA (2006).

Die Märkte unterscheiden sich jedoch regional stark in ihrer Struktur. In Japan stieg 2005 der Marktanteil von Minicars bis 660 ccm Hubraum deutlich um 3 % und auch die USA melden Zuwächse bei Kleinwagen bei einer stagnierenden Gesamtnachfrage. In Brasilien stieg der Marktanteil von Flex-Fuel-Fahrzeugen von 10 % Anfang 2004 auf über 80 % Ende 2005, während in Indien Motorräder 79 % des Absatzes darstellen (VDA 2006).

Innerhalb der Verbrennungsmotoren sind als wachsende Märkte besonders die nächste Generation Dieselmotoren mit einem Marktvolumen in Europa von 6 Mrd. € mit steigender Tendenz (Frost & Sullivan 2004a) sowie fortschrittliche Einspritzsysteme mit besonders hohen Drücken mit einem Marktvolumen in Europa von 4,5 Mrd. €, ebenfalls mit steigender Tendenz (Frost & Sullivan 2003a, 2003b und 2004b) zu erwähnen. Weitere Komponenten, mit allerdings kleineren Marktanteilen, stellen Sicherheits- und Fahrerassistenzsysteme (Frost &

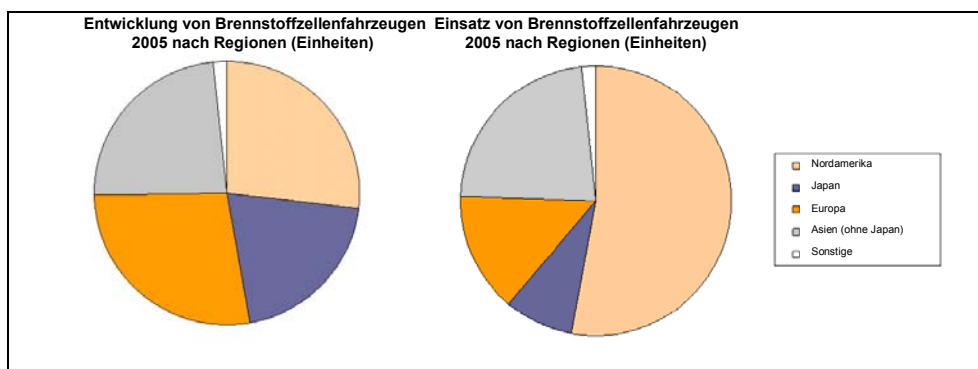
Sullivan 2003c, 2003d, 2005a, 2006a) sowie Leichtbauweisen (Frost & Sullivan 2001a und 2004c) dar.

Alternative Antriebe

Auf Grund der unterschiedlichen Förderbedingungen ergibt sich auf den internationalen Märkten eine deutliche Diskrepanz zwischen Entwicklung und Einsatz von Brennstoffzellen-Fahrzeugen. 2005 verteilte sich die Entwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen nahezu gleichmäßig auf Nordamerika, Europa, Japan und andere asiatische Länder, bedingt durch die Förderpraxis fanden jedoch über 50 % der Anwendungen in Nordamerika statt (Adamson 2006).

Abbildung 8-13:

Entwicklung und Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen 2005



Quelle: Adamson (2006).

Insgesamt wird der Markt für alternative Antriebe mit 4 Mrd. € (Frost & Sullivan 2003h) eher als klein eingestuft. Einen bedeutenden Teilmarkt bilden Technologien zur Energiespeicherung mit 104 Mio. US\$ (Frost and Sullivan 2003i, 2006g).

Biokraftstoffe

Der Weltmarkt für Biokraftstoffe wurde vor einigen Jahren auf 5 Mrd. € mit stark wachsender Tendenz geschätzt (Frost and Sullivan 2002a, WEC 2000).

Bahntechnik

Zur Verbesserung der zunehmend kritischen Verkehrsverhältnisse im städtischen und außerstädtischen Personenverkehr sowie im internationalen Güterverkehr legen Nationalstaaten

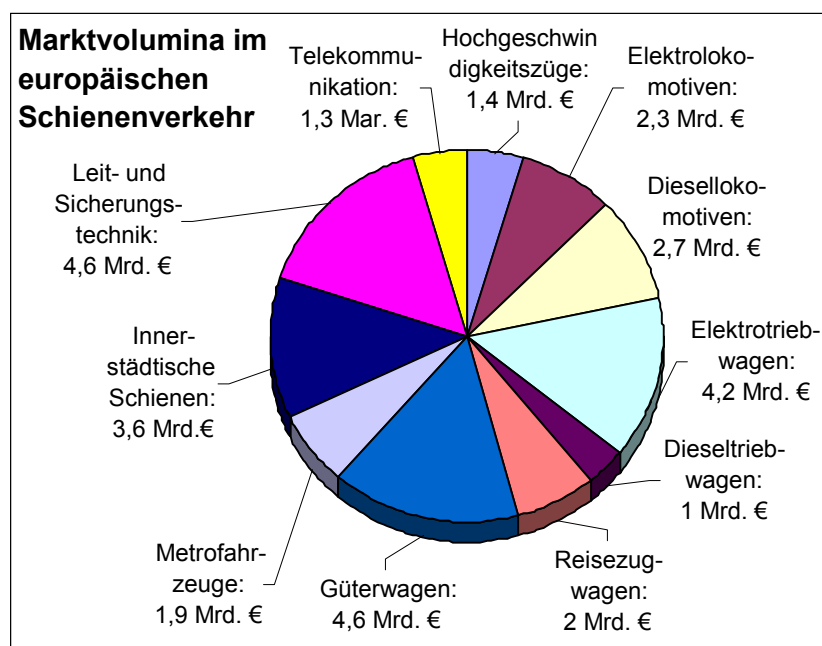
vermehrt umfangreiche Eisenbahninvestitionsprogramme auf. So stellt China durch das Hochgeschwindigkeitsprogramm 2006-2010 einen bedeutenden Teil des auf bis zu 10 Mrd. €/a (Leenen et al. 2005) geschätzten Eisenbahnmarkts Asiens dar. Daneben legte auch Brasilien 2005 Rekordinvestitionen vor (VDB 2005, UNIFE 2003 und 2006, Railway Industry 2006). Im Zeitraum 2007 bis 2013 erwartet die EU Investitionen in die Trans-Europäischen Verkehrsnetze in Höhe von 350 Mrd. € (CER 2005) und mit dem Safetea-Lu-Programm hat die US-Regierung ebenfalls den Grundstein für umfangreiche Infrastrukturinvestitionen gelegt (Schade et al. 2006).

Der Weltmarkt für Schienenfahrzeuge setzt sich hauptsächlich zusammen aus 1,4 Mrd. € für Hochgeschwindigkeitszüge, 2,3 Mrd. € für Elektrolokomotiven, 2,7 Mrd. € für Diesellokomotiven, 4,2 Mrd. € für Elektrotriebwagen, 1 Mrd. € für Dieseltriebwagen, 2 Mrd. € für Reisezugwagen, 4,6 Mrd. € für Güterwagen und 1,9 Mrd. € für Metrofahrzeuge. Die Investitionen im Bereich Schieneninfrastruktur liegen jährlich weltweit bei 3,6 Mrd. € für innerstädtische Schienen, 4,6 Mrd. € für Leit- und Sicherungstechnik, 1,3 Mrd. € für Telekommunikationstechnik im Bahnbereich (Leenen et al., 2003).

Der europäische Markt für Schienenfahrzeuge und Eisenbahninfrastrukturen zeigt eine sehr dynamische Entwicklung. Der Gesamtmarkt in Höhe von jährlich knapp 30 Mrd. € teilt sich zu knapp zwei Dritteln in Rollmaterial und einem Drittel in Fahrwege auf. Städtische Infrastrukturen haben hieran einen Anteil von ca. 30 %, was vor dem Hintergrund schnell wachsender Metropolen weltweit ein erhebliches Entwicklungspotential anzeigt (Leenen et al. 2004)

Abbildung 8-14 fasst die Struktur des europäischen Eisenbahnmarktes zusammen.

Abbildung 8-14:
Aktuelle Struktur des europäischen Schienenverkehrsmarktes



Quelle: Zusammenstellung durch Fraunhofer-ISI.

Luftverkehr

Der asiatisch-pazifische Raum stellt heute schon mit einem Marktanteil von 36 % an den Umsätzen knapp vor den USA (28 %) und Europa (24 %) den größten Markt für Luftfahrzeuge dar. Dieser Vorsprung wird sich auf Grund der ökonomischen und demographischen Entwicklung in der Region weiter ausbauen (Boeing 2006, Airbus 2006).

Auf Grund des starken Marktwachstums und dem Ziel, in den kommenden 50 Jahren den CO₂-Ausstoß um 50% und die NO_x-Emissionen um 80% zu reduzieren, ist der Markt für moderne Flugzeuge und Antriebssysteme vergleichsweise groß. Die Industrie schätzt diesen auf 16,6 Mrd. US\$ weltweit (Frost & Sullivan 2006b), wovon 3 Mrd. € auf Frachtflugzeuge entfallen (Frost & Sullivan 2006c). Weitere Märkte stellen die Bereiche Navigation und Flugsicherung (Frost & Sullivan 2001b, 2003g, 2005b, 2006d) und Avionics (Frost & Sullivan 2003e, 2003f, 2004d, 2004e) mit 1 Mrd. € und der Bau und Betrieb von Flughäfen (Frost & Sullivan 2006c) dar. Mit einem Marktvolumen von 115 Mrd. € stellt das Leasing von Flugzeugen einen der bedeutendsten Märkte im Luftverkehr dar (Frost & Sullivan 2005c).

Schiffbau

Bedingt durch das rasant wachsende Weltmarktvolumen an Containertransporten (Prinz und Schulze 2004, Statistisches Bundesamt 2005 und 2006) stellt der Schiffbau mit 35 Mrd. € einen sehr bedeutenden Markt dar. Alternative Schätzungen der Schiffbauindustrie gehen sogar von einem gesamten Marktvolumen von 44 Mrd. € aus (CESA 2004), welches weiter deutliche Wachstumsraten aufweist (CESA 2005). Teilmärkte stellen die Bereiche Generatoren mit aktuell 5 Mrd. € und einem Wachstum von 6 %, (Frost & Sullivan 2005d) dar. Schätzungen für das Marktvolumen im Schiffbau liegen nur in Gewichtsklassen vor und belaufen sich für Frachtschiffe auf 360 Mio. DWT⁶³, für Öltanker auf 250 Mio. DWT (Platou 2006) sowie für Handelsschiffe auf 115 Mio. DWT (ESCA 2003). Im Gegensatz zum Frachtmarkt fällt das Marktvolumen und -wachstum im Seepersonenverkehr eher gering aus (Stockmann und Hader 2005).

Verkehrssteuerung und Telematik

Im Bereich der Verkehrssteuerung wird der Markt für elektronische Mautsysteme in Westeuropa, ausgehend von einem Volumen über 60 Mio. € im Jahr 2000, auf knapp 700 Mio. € im Jahr 2006 geschätzt (Frost & Sullivan 2002b). Zuzüglich der zum Prognosezeitpunkt noch nicht bekannten Systemeinführungen in Deutschland, Österreich und London ergibt sich ein Marktvolumen zwischen 800 und 1000 Mio. € mit weiter stark wachsender Tendenz. Verkehrsmanagementsysteme erreichen eine Marktgröße von 595 Mio. € mit wachsender Tendenz und Verkehrsinformationssysteme 300 Mio. € ebenfalls mit stark wachsender Tendenz. Hier spielen die Märkte für Verkehrslageerfassung- und -übertragungstechnologien eine große Rolle (Frost & Sullivan 2003i, 2005g)

Ausgelöst durch die Bestrebungen hin zu einem einheitlichen Europäischen Eisenbahnraum sowie durch die weltweit steigenden Sicherheits- und Sicherungsanforderungen stellt der Markt für Leit- und Sicherungstechnik mit 4,6 Mrd. € den größten Teilmarkt mit einem weiter starken Wachstumspotential dar (Frost & Sullivan 2005f). Einen weiteren Teilmarkt bilden Systeme zur Erhöhung der Sicherheit von Fußgängern dar (Frost & Sullivan 2005e).

⁶³ DWT = Dead Weight Tons = Ladekapazität

8.3.2 Marktgröße und Zielmärkte aus Sicht der Unternehmen

Insgesamt bildet Westeuropa heute aus Sicht der befragten Unternehmen nach wie vor den wichtigsten Absatzmarkt für nachhaltige Mobilitätstechnologien. Mit einigem Abstand folgen in der Bedeutung Osteuropa, Nordamerika und China. Insbesondere die Bedeutung Nordamerikas und Chinas wird nach Aussage der Unternehmen in den nächsten zehn Jahren signifikant zunehmen.

In den einzelnen Produktbereichen zeigen sich allerdings einige markante Unterschiede in der Gewichtung. So ist die zukünftige Bedeutung von Osteuropa und Nordamerika bei Antriebstechnologien noch höher als im Schnitt der Produktbereiche, während sich im Produktbereich Biokraftstoffe nach Sicht der Unternehmen die hohen Potentiale noch sehr stark auf West- und Osteuropa konzentrieren werden. Auf West- und Osteuropa sowie in zweiter Linie auch auf China fokussieren sich die Geschäftspotentiale im Bereich Verkehrsinfrastruktur. Bei Biokraftstoffen und der Verkehrsinfrastruktur hängt dies auch damit zusammen, dass das Panel der befragten Unternehmen sehr stark von mittelständischen Unternehmen bestimmt wird, die häufig (noch) keinen globalen Geschäftsanspruch definiert haben. Für die nachhaltige Fahrzeugkonstruktion, die sich stark auf die hochindustrialisierten Länder fokussiert, ist heute und in Zukunft außerdem Japan von großer Bedeutung. Im Produktbereich Verkehrsführung werden Osteuropa und Russland an Bedeutung gewinnen, ebenso China und Südamerika. Der Produktbereich Emissionsreduktion schließlich erwartet eine Verlagerung des Geschäftsschwerpunktes, der heute noch stark in Westeuropa liegt, nach Nordamerika, aber auch nach Indien und China.

Nachhaltige Antriebstechnologien

Der Weltmarkt für *Otto- und Dieselmotoren* weist gegenwärtig ein Volumen von ca. 130 Mrd. € auf, bei jährlichen Wachstumsraten um die 5 %. Aus Sicht der Unternehmen ist auf breiter Ebene mit einer steigenden Nachfrage nach Antrieben für alternative Kraftstoffe zu rechnen. Im Industrie-, LKW- und Schiffsbereich werden die westeuropäischen Märkte als weitgehend gesättigt betrachtet, mit einer verstärkten Nachfrage nach effizienteren Motoren rechnen die befragten Unternehmen nicht. Die Kunden sind zwar prinzipiell an verbrauchsarmen Motoren interessiert, dies ist im Industriebereich jedoch noch kein verkaufsentscheidendes Argument. Die Nachfrage nach effizienterer und emissionsärmerer Antriebs-Technik wird vor allem durch staatliche Auflagen getrieben (insbesondere EURO-Normen). Generell

ist die Industrie im Bereich der konventionellen Antriebstechnologien global aufgestellt und schon sehr weit konsolidiert. Beispielsweise finden sich im weltweiten Markt für *große Dieselantriebe* nur noch fünf bis sechs große Anbieter. Die befragten Unternehmen sehen einen starken Wettbewerb mit EBIT-Raten bei ca. 5 %. Mit zunehmender Konsolidierung erwarten die Unternehmen einen leichten Rückgang der Wettbewerbsintensität.

Im Bereich der *Hybridantriebe* sehen die befragten Unternehmen ein Weltmarktvolumen von bis zu 500 Mio. €, das bisher aber hauptsächlich durch die technologisch führende japanische Industrie abgedeckt wird. Als Zwischentechnologie bis zur Etablierung von Wasserstoffantrieben werden Hybridantriebe dabei in den kommenden Jahren weltweit an Bedeutung gewinnen. Die bedeutendsten Märkte bleiben dabei die USA und Japan, Westeuropa wird mittelfristig aufschließen. Den Weltmarkt beherrschen heute japanische Anbieter. Dem entsprechend gering ist zur Zeit die Wettbewerbsintensität. Dies wird aufgrund des deutlichen Technologievorsprungs erwartungsgemäß für die nähere Zukunft noch so bleiben, erst mittelfristig erwartet die deutsche Industrie, technologisch aufzuschließen und in intensiveren Wettbewerb mit den japanischen Anbietern zu treten.

Die Konzepte und Technologien zur Erzielung von Effizienzsteigerungen bei *Antrieben* im *Schienenverkehr* sind prinzipiell vorhanden, werden kundenseitig aber noch nicht sehr breit nachgefragt. Nachfrager sind in Europa meistens noch Staatsunternehmen, die sich in abgeschotteten Märkten bewegen. Viele Bahnunternehmen haben aus Sicht der Industrie kein langfristiges Kostenbewusstsein und achten beim Einkauf ausschließlich auf die Anschaffungspreise. Eine Nachfrageschwäche wird auch im Bereich des öffentlichen Personennahverkehrs gesehen: Da Netze auf ca. 50 Jahre ausgelegt sind, werden beispielsweise in Deutschland auf absehbare Zeit keine weiteren Netze mehr gebaut werden, umfassende Modernisierungen (z. B. zur Automation) werden nicht erwartet. Mit der Zunahme an privaten Bahnunternehmen und der steigenden Konkurrenz wird es nach Erwartung der Unternehmen aber mittelfristig zu einer erhöhten Nachfrage nach energieeffizienter Bahntechnik kommen. Zukünftig wird der Schienenverkehr international stärker vernetzt werden, dabei werden höhere Geschwindigkeiten gefahren und die Infrastruktur intensiver genutzt.

Der Markt für *Bahnantriebe* ist auf Anbieterseite hart umkämpft, sehr international und zum Teil durch Regulierung abgeschottet. Es gibt gegenwärtig fünf große Anbieter weltweit, mittelfristig wird sich der Markt nach Erwartung der Unternehmen auf drei Anbieter konsolidieren. Beispielsweise wird China seine komplette Schienenindustrie mittelfristig selbst ausbauen.

en, da dies eine definierte Schlüsseltechnologie des Landes ist. Von dort wird auch scharfe Konkurrenz erwartet. Bereits heute liefert die chinesische Bahnindustrie unter anderem in den Iran.

Der Markt für *Magnetschwebetechnik* befindet sich gegenwärtig in Entwicklung, das Marktvolumen wird weltweit auf ca. 3 Mrd. € geschätzt. Die Marktteilnehmer aus Deutschland gehen davon aus, dass Magnetschwebetechnik in den nächsten 20 Jahren in Europa nur auf eine geringe Nachfrage treffen wird, da die konventionelle Bahninfrastruktur schon sehr gut ausgebaut ist und es geringes Interesse am Neubau von Strecken gibt. Es wird mit einer steigenden Nachfrage im Ausland gerechnet, nachdem die erste Referenzstrecken in China errichtet wurde. Zwar gibt es bis jetzt nur einen Anbieter für Magnetschwebetechnik im Markt, mittelfristig werden chinesische Anbieter mit dieser Technologie aber in den Markt eintreten. Deutschland besitzt aber noch immer einen großen Technologievorsprung.

Das Weltmarktvolumen für *Düsentriebwerke* liegt zur Zeit bei weltweit ca. 35 Mrd. € und wächst kontinuierlich mit 3-5 % pro Jahr. Für die Kunden sind die Lärm- und Abgasemissionen, der Verbrauch und die Wartungsfreundlichkeit der Produkte wichtige Kriterien bei der Kaufentscheidung. Angesichts steigender Kerosinkosten legen die Fluggesellschaften hohen Wert auf verbrauchsarme Antriebe. Die Wettbewerbsintensität wird nach Auskunft der Unternehmen weiter zunehmen. Im internationalen Wettbewerb wird die Kostenposition zu einem immer wichtigeren Wettbewerbsfaktor.

Bzgl. der Absatzmärkte für *Antriebstechnologien* stellt aus der Perspektive der befragten Unternehmen Nordamerika heute den wichtigsten Zielmarkt dar, an zweiter Stelle folgen Westeuropa und China. Die Wachstumsmärkte liegen in Nordamerika und Osteuropa, auch Indien und Russland werden an Bedeutung gewinnen. Treiber für das Wachstum sind insbesondere *Otto- und Dieselmotoren* sowie *Hybridtechnologien*. Potentielle Absatzmärkte für die *Magnetschwebetechnik* werden in Asien und den arabischen Staaten gesehen. Generell liegt der Fokus der Marktentwicklung bei High-Tech-Antrieben in erster Linie in den entwickelten Ländern und in zweiter Linie in den Schwellenländern.

Biokraftstoffe

Alle Marktteilnehmer erwarten, dass die Nachfrage nach Biokraftstoffen mittelfristig steigen wird. Die weitere Entwicklung der internationalen Märkte wird im wesentlichen von der Förderung von Biokraftstoffen in den einzelnen Ländern abhängen. In der Umsetzung der EU-

Biokraftstoff-Richtlinie sehen die Unternehmen Chancen auch für internationale Aktivitäten. Vom internationalen Boom der Biokraftstoffe werden nach Aussage der befragten Unternehmen insbesondere die deutschen *Anlagenbauer* profitieren, die sich in einer technologischen Führungsrolle sehen.

Aufgrund der bis Mitte 2006 gegebenen Befreiung des *Biodiesel* von der Mineralölsteuer lag der Marktpreis von Biodiesel in Deutschland bislang signifikant unter dem des fossilen Diesels. Dies hat vor allem Flottentreiber dazu bewogen, ihre Fahrzeuge der nötigen Umrüstung zu unterziehen und sich diese Preisvorteile zunutze zu machen. Mit der ab 1. August 2006 einsetzenden schrittweisen Besteuerung von reinem Biodiesel-Kraftstoff wird dieser Vorteil in Teilen aufgehoben, und die Anbieter erwarten mittelfristig, dass sich der Markt für Reinkraftstoff mit steigender Steuerlast reduzieren und ggf. sogar ganz auflösen wird. Dies wird zunächst von der im Biokraftstoffquotengesetz vorgesehenen Beimischungsverpflichtung von 4,4 % Biodiesel zu Mineralöldiesel ab 2007 kompensiert werden, es ist aber schon absehbar, dass mittelfristig durch die starken Kapazitätserweiterungen der Anbieter ein Überangebot entstehen wird, das allein vom deutschen Markt nicht abgenommen werden kann. Dies wird dann auch zu einer stark ansteigenden Wettbewerbsintensität im Markt führen. Im internationalen Wettbewerb sehen sich die Biodiesel-Hersteller in Deutschland heute in einer Vorreiter- und Führungsposition. Die wachsende Reife der Industrie zeigt sich im Jahr 2006 auch daran, dass mittlerweile eine Reihe von Biodiesel-Unternehmen an der Börse notiert sind.

Bioethanol dagegen spielt als Reinkraftstoff in Deutschland bisher fast keine Rolle, da es auch nur sehr wenige Fahrzeuge am Markt gibt, die mit Ethanol bzw. einer Mischung aus Benzin und Ethanol betrieben werden können. Auch der Bioethanol-Kraftstoffmarkt wird sich nach Einschätzung der Experten daher vorrangig über die geplante Beimischungsverpflichtung entwickeln. Im weltweiten Wettbewerb sind im Bereich des Bioethanols ausländische Anbieter, insbesondere aus Brasilien und den USA, aufgrund der größeren Erfahrung und teilweise preiswerterem Zugang zu Rohstoffen im Vorteil. Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Bioethanol-Industrie wird auch davon abhängen, inwiefern die international mit Kostenvorteilen operierenden Anbieter einen freien Marktzugang auf den europäischen Märkten erhalten werden.

Synthetische Biokraftstoffe spielen bisher auf dem Markt noch keine Rolle, und die Meinungen der befragten Experten über den Zeitpunkt der Marktfähigkeit gehen weit auseinander. Gehen manche Experten davon aus, dass synthetische Kraftstoffe schon in wenigen Jahren am

Markt sein können, erwarten andere die Marktfähigkeit erst in einem Horizont von bis zu zehn Jahren.

Fahrzeugkonstruktion

Prinzipiell wird erwartet, dass in Zukunft *effiziente Fahrzeugkonstruktion* eine grundlegende Anforderung in allen Fahrzeugindustrien sein wird. Neue Antriebe und Antriebskonzepte wie zum Beispiel die Brennstoffzelle werden dann auch die Konstruktionsanforderungen stark verändern. Da die Fahrzeugplattformen insbesondere bei Kraftfahrzeugherstellern international ausgelegt sind, werden effiziente Konstruktionsprinzipien demnach auch international Anwendung und Verbreitung finden. Die Entwicklung ist dabei aber weniger direkt nachfragegetrieben, da die für den Kunden relevanten Effizienzkriterien wie Fahrzeugverbrauch nur zu einem sehr geringen Anteil durch die Konstruktion beeinflusst werden.

Grundsätzlich befinden sich die Unternehmen im Bereich der Fahrzeugkonstruktion in der Regel schon in einer reifen Entwicklungsphase und in einem internationalen, wenn nicht globalen Wettbewerb. Der Wettbewerb wird in allen Bereichen als intensiv bezeichnet, im Bereich des Schienenfahrzeug- und zum Teil auch des Automobilbaus wird eine weitere weltweite Konsolidierung der Hersteller erwartet, die alle unter starkem Margendruck bei gleichzeitig immer kürzeren Produkt- und Innovationszyklen stehen. Die Schiffbauindustrie bewegt sich aktuell in einer Sonderkonjunktur aufgrund des weltweit stark steigenden Seeverkehrsaufkommens. Hier wird allerdings mittelfristig mit einer Abkühlung gerechnet. Die Nachhaltigkeitsdimension im Schiffbau wird dabei insbesondere von den internationalen Vorgaben bestimmt und ist wenig direkt kundengetrieben. Mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung dieser Standards wird mittelfristig dann auch die Bedeutung nachhaltiger Schiffskonstruktion zunehmen. Im Luftverkehrsbereich wird sich nach Einschätzung der Industrieexperten der Wettbewerb der beiden globalen Anbieter weiter verschärfen. Nachhaltigkeitsaspekte werden im Wettbewerb eine immer stärkere Bedeutung erhalten, da sie in der Kundennachfrage immer wichtiger werden.

Verkehrsinfrastruktur

Im *Straßenneubau* werden die Investitionen in Deutschland tendenziell rückläufig sein, im Straßenunterhalt wird es zukünftig jedoch verstärkte Investitionen geben. Ein wesentlicher Nachfragetrend sind Funktionsverträge und die darin integrierten Dienstleistungen. Der weltweite Markt für den *Schienenbau* wird von den befragten Unternehmen auf 25 Mrd. € ge-

schätzt, mit leichtem nationalem und verstärktem internationalen Wachstum. Die Nachfrage im Verkehrswegebau geht in Richtung ganzheitlicher Systemlösungen, die aus standardisierten und modularen Komponenten zusammengesetzt werden können (z. B. Brückenbau oder Versorgungsinfrastruktur). Die Finanzierung von Bauprojekten wird zunehmend durch die Mobilisierung von privatem Kapital als "Public Private Partnership" (PPP) sichergestellt.

Der Wettbewerb im Verkehrswegebau wird sich weiter intensivieren und internationalisieren. Damit geht insbesondere im Mittelstand eine weitere Branchenkonsolidierung einher. Nach Ansicht der befragten Unternehmen werden deshalb die großen Baufirmen ihre marktbeherrschende Position ausbauen und bis 2015 mehr als 75 % des Gesamtmarktes abdecken. Die durchschnittliche EBIT-Marge beim Straßen- als auch beim Schienenbau liegt im unteren einstelligen Bereich. Langfristig wird nach vollzogener Marktkonsolidierung eine leichte Verbesserung der Margen erwartet.

Heute sehen die befragten Unternehmen bei der Ausführung der Straßen- und Schienenbauarbeiten Deutschland als den wichtigsten Absatzmarkt. Dies wird nach Aussage der Unternehmen auch in Zukunft so bleiben. Das größte Potential im Ausland liegt in Osteuropa, insbesondere in Tschechien. Darüber hinaus wird der Einsatz von deutschem Know-how und Empfehlungen zunehmend im Ausland nachgefragt. Es zeichnet sich eine verstärkte Beteiligung deutscher Straßen- und Schienenbauer an internationalen Projekten ab. Dies gilt ebenfalls für den Export von Baumaschinen und der Automatisierungstechnologie. Die Märkte der Zukunft liegen in Osteuropa, Russland und Asien.

Verkehrsführung

In Deutschland wird von den Unternehmen signifikanter Investitionsbedarf in der *Verkehrsführung* gesehen, insbesondere in der Verkehrstelematik und der Bahnautomatisierung. Neue Finanzierungsmodelle wie Public Private Partnerships sollen helfen, diese Nachfrage frei zu setzen. Die Inbetriebnahme des Satellitennavigationssystems Galileo im Jahre 2010 wird die Möglichkeiten für verkehrstelematische Anwendungen im Straßen- und Schienenverkehr weiter verbessern. Die meist noch national geprägten Märkte für Verkehrsführung werden sich weiter öffnen. Darüber hinaus wird die Nachfrage nach globalen und vernetzten Logistikdienstleistungen insbesondere im asiatischen Raum weiter steigen. Die befragten Unternehmen gehen von einer jährlichen Marktwachstumsrate von 10-20 % aus. Im Individual- und Güterverkehr werden die verschiedenen Verkehrsträger wie Auto, Bahn oder Flugzeug verstärkt aufeinander abgestimmt werden.

Der sich in Deutschland abzeichnende demographische Wandel verändert aus Unternehmenssicht den Bedarf nach Transportleistungen. Ein Beispiel dafür sind Angebote mit einer ganzheitlichen Betrachtung der Mobilitätskette, im Rahmen derer Punkt-zu-Punkt-Transporte ermöglicht werden können.

Der Wettbewerb zwischen Anbietern von Verkehrsführungssystemen wird nach Erwartung der Unternehmen verstärkt auf internationaler Ebene ausgetragen werden. Ein Beispiel dafür ist die Einführung eines einheitlichen europäischen Mautsystems, die bis 2009 geplant ist. Die durchschnittliche EBIT-Marge bei Verkehrsführungssystemen liegt derzeit im einstelligen Bereich. Für die Zukunft erwarten die Unternehmen aufgrund des verstärkten internationalen Wettbewerbs einen verstärkten Margendruck.

Heute sehen die befragten Unternehmen Deutschland im Bereich der Verkehrssteuerung und der Verkehrskonzepte als den wichtigsten Absatzmarkt. Bei der Verkehrssteuerung wird zukünftig insbesondere Osteuropa an Bedeutung gewinnen. Das deutsche satellitengestützte Mautsystem stößt weltweit auf Interesse, insbesondere in China, Indien, Russland und den Niederlanden. Allerdings liegen bisher noch keine konkreten Exportaufträge vor.

Technologien zur Emissionsreduktion

Der weltweite Markt für *Abgasreinigung* beim Verkehr beträgt ca. 6 Mrd. EUR. Fortlaufend verschärfte Grenzwerte für Schadstoffemissionen (z. B. Euro-Normen) sorgen für verstärkte Nachfrage nach Produkten zur Emissionsreduktion sowohl bei der Neuausrüstung als auch bei der Nachrüstung. Auch in der *Lärmreduktion* ist aus Unternehmenssicht eine steigende Nachfrage (z. B. nach Lärmschutzwänden) zu erwarten, da das Thema Lärm politisch immer mehr Beachtung findet. Neben baulichen Maßnahmen gibt es Bestrebungen, den Lärm schon bei der Entstehung zu minimieren. Nach Aussage der befragten Unternehmen hat der Teilmarkt Lärmreduktion gegenwärtig ein Volumen von ca. 3 Mrd. €.

Der Wettbewerb bei *Abgasreinigungssystemen* wird sich nach Angaben der befragten Unternehmen weiter intensivieren und internationalisieren. Die Produktion wird zunehmend ins Ausland verlagert werden, insbesondere in Billiglohnländer wie Asien. Die durchschnittliche EBIT-Marge bei den Abgasreinigungssystemen liegt zwischen 5 und 10 %. Diese wird sich zukünftig leicht verbessern. Bei den Unternehmen, die im Bereich der *Lärmreduktion* tätig sind, ist die Konsolidierung weitestgehend abgeschlossen, die EBIT-Margen liegen bei ca.

10 %. Der Wettbewerb wird in erster Linie über den Preis, die Qualität und vor allem über Innovationen ausgetragen.

Heute sehen die befragten Unternehmen des Bereiches *Abgasreinigungssysteme* Westeuropa als den wichtigsten Absatzmarkt. Dies wird nach Aussage der Unternehmen in Zukunft auch so bleiben. Allerdings wird die Bedeutung des Auslandes weiter steigen. Genannt wurden in erster Linie China, Indien, Brasilien, Südamerika und die USA als die wichtigsten zukünftigen Absatzmärkte. Die Unternehmen im Bereich *Lärmreduktion* sind nach eigenen Angaben heute bereits stark international aufgestellt. Allerdings ist Westeuropa auch hier nach wie vor der wichtigste Absatzmarkt. Die höchsten Wachstumsraten werden zukünftig in China erwartet.

8.4 Positionierung deutscher Unternehmen

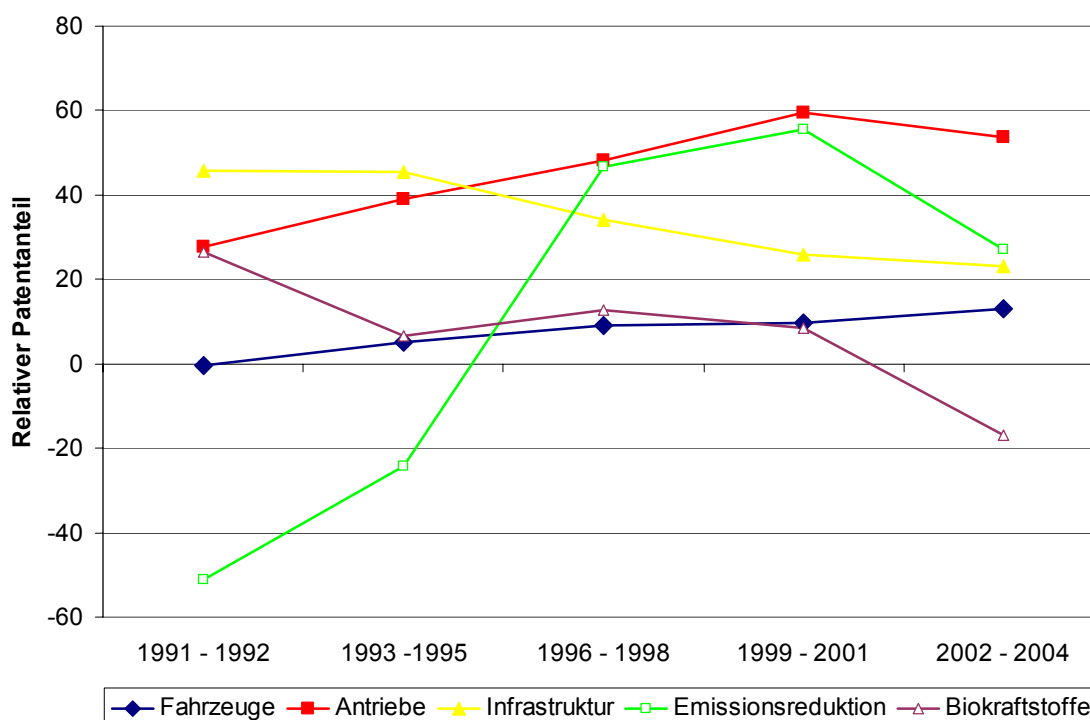
8.4.1 Innovationsstärke

Der Forschungsoutput eines Landes spielt eine wichtige Rolle für seine zukünftige Wettbewerbsfähigkeit (s. Kapitel 5). Wenn der Anteil der Patente der betrachteten Technologie an allen Patenten für Deutschland höher ist als im Weltdurchschnitt (positiver RPA-Wert), deutet dies auf eine Spezialisierung in der Wissensbasis und damit auf eine starke Stellung Deutschlands hin. Insgesamt weist Deutschland bei den für eine nachhaltige Mobilität relevanten Technologien eine deutliche Spezialisierung auf. Allerdings ist die Situation bei den einzelnen Technologielinien uneinheitlich.

Abbildung 8-15 gibt einen Überblick über die fünf Hauptsegmente. Hiernach weisen die Bereiche Antriebe, Infrastrukturen und Emissionsminderungstechnologien (Filter und Katalysatoren) im Zeitraum 1998 bis 2004 einen hohen Spezialisierungsgrad auf. Die Indikatoren zeigen jedoch auch eine erhebliche Dynamik, welche im Bereich der Emissionsminderungstechnologien (Filter und Katalysatoren) am stärksten ausgeprägt ist. Hier konnte sich die deutsche Kraftfahrzeugindustrie von einem Kompetenzdefizit Anfang der 90er Jahre hin zu einer starken Stellung im internationalen Vergleich entwickeln. Die Spezialisierungsindikatoren für Antriebstechnologien und Infrastrukturen weisen über den gesamten Zeitraum einen positiven Spezialisierungsgrad auf, wobei bei ersteren eine leicht steigende Tendenz im Gegensatz zu einem geringfügig fallenden RPA-Wert der Infrastrukturen zu beobachten ist.

Weniger deutlich, jedoch mit einer klar positiven Tendenz fällt der Spezialisierungsgrad der Forschung im Bereich der Fahrzeugtechnologien (ohne Antriebe) aus. Mit einem fallenden Verlauf bis hin zu negativen RPA-Werten in der letzten Periode zeichnet schließlich der Bereich der alternativen Kraftstoffe ein eher negatives Bild der Spezialisierung der deutschen Wirtschaft. Hierbei ist jedoch auf das hohe Maß aktueller Forschungsaktivität in diesem Bereich hinzuweisen.

Abbildung 8-15:
Relativer Patentanteil nach Hauptsegmenten nachhaltige Mobilität 1991 - 2004



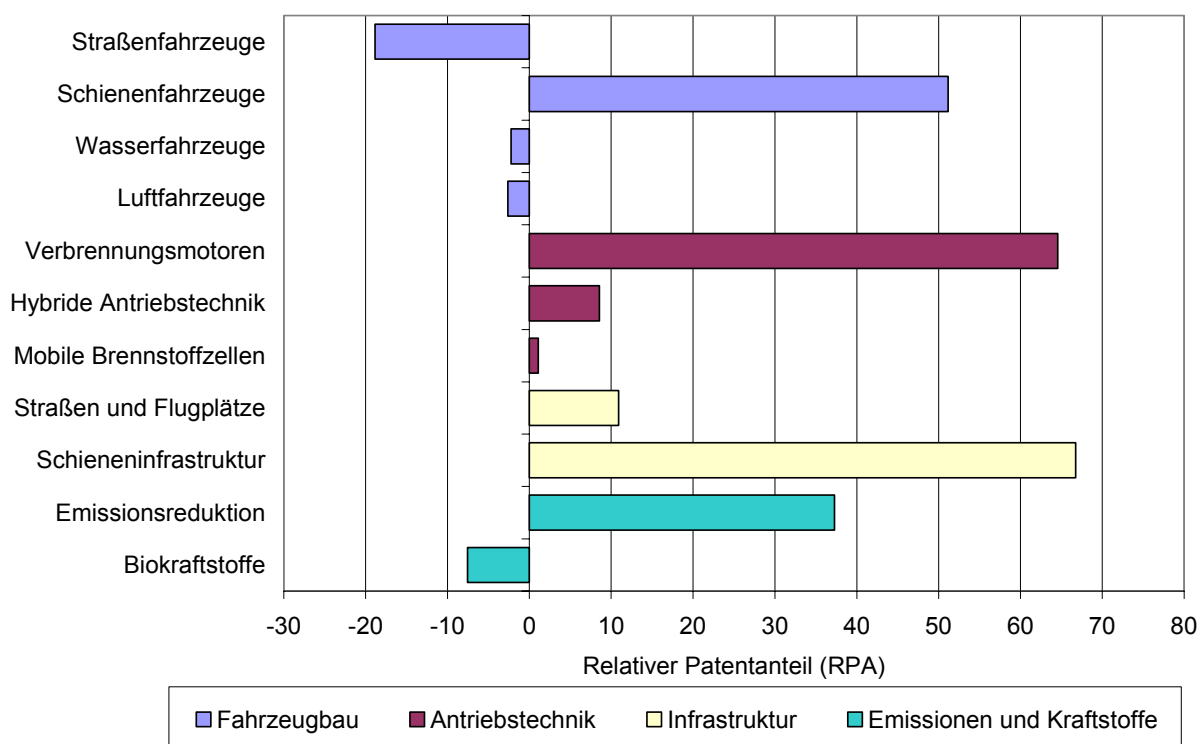
Quelle: Fraunhofer-ISI.

Abbildung 8-16 stellt die RPA-Werte nach Teilsegmenten für die Periode 2000 bis 2004 dar. Die Analyse zeigt deutlich die hohe Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in den technologischen Segmenten Schienenfahrzeuge, Schieneninfrastruktur, Verbrennungsmotoren und Emissionsminderungstechnologien. Eher durchschnittlich präsentiert sich die Innovationsfähigkeit Deutschlands im Bereich Wasser- und Luftfahrzeuge, Brennstoffzellen sowie in der hybriden Antriebstechnik. Der relative Patentanteil in letzteren Segment unterliegt allerdings erheblichen Schwankungen da die Gesamtzahl der Patente vergleichsweise gering ist. Lediglich in den Bereichen Straßenfahrzeuge und Biokraftstoffe fällt der Spezialisierungsgrad

Deutschlands hinter der internationalen Konkurrenz zurück, wobei für den Bereich Biokraftstoffe aktuell umfangreiche Forschungsarbeiten durchgeführt werden.

Abbildung 8-16:

Relativer Patentanteil nach Teilsegmenten nachhaltige Mobilität –2000-2004



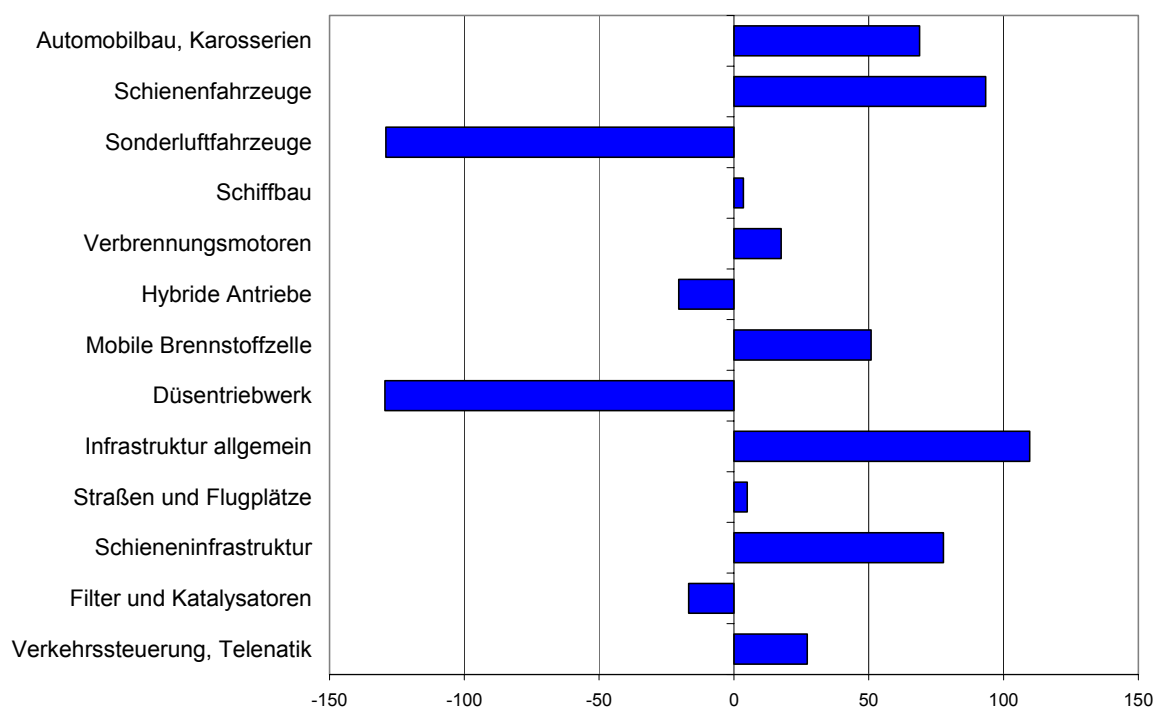
Quelle: Fraunhofer-ISI.

8.4.2 Außenhandelsstärke

Ein positiver RCA-Wert (Revealed Comparative Advantage) ergibt sich, wenn die Außenhandelsbilanz bei den betrachteten Technologien positiver ist als bei allen Technologien im Durchschnitt (vgl. Kapitel 5). Dies deutet auf eine Außenhandelsspezialisierung und damit auf eine starke Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands auf dem Weltmarkt hin. Insgesamt weist Deutschland bei der Außenhandelsbilanz eine sehr gute Ausgangsposition auf, allerdings mit unterschiedlichen Ausprägungen bei den einzelnen Technologiebereichen. Abbildung 8-17 zeigt die RCA-Ergebnisse für das Jahr 2005.

Abbildung 8-17:

Revealed Comparative Advantage (RCA) nach Teilsegmenten nachhaltige Mobilität 2005



Quelle: Berechnungen des Fraunhofer-ISI.

Im Fahrzeugbau besteht bei der Gesamtkonstruktion von Automobilen sowie noch stärker ausgeprägt im Schienenfahrzeugbau eine überdurchschnittliche Wettbewerbsfähigkeit, was die Ergebnisse der Patentanalyse stützt. Im Schiffbau bewegt sich Deutschland hingegen im internationalen Durchschnitt. Das Segment der Sonderluftfahrzeuge weist insgesamt einen auffallend negativen Wert auf, was jedoch insgesamt durch das geringe Handelsvolumen weniger relevant ist.

Bei den Antrieben verfügt Deutschland über eine hohe Kompetenz bei Schlüsseltechnologien zur Herstellung von Brennstoffzellen. Verhalten positiv stellt sich die Wettbewerbsfähigkeit für effiziente Otto- und Dieselmotoren dar, während sich diese für hybride Antriebssysteme leicht, und für Düsenantriebe deutlich unterdurchschnittlich ergibt. Das RCA-Ergebnis für Düsentriebwerke deckt sich mit der ähnlich negativen Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der Sonderluftfahrzeuge. Insgesamt bestätigen auch hier die Außenhandelsanalysen die Ergebnisse des Spezialisierungsindikators auf Basis der Patentanmeldungen.

Bei den Technologien zur Emissionsminderung (Filter und Katalysatoren) weist Deutschland eine unterdurchschnittliche Spezialisierung auf. Dies steht im deutlichen Gegensatz zur Spezialisierung auf der Grundlage der Patentstatistiken, nach welchen Deutschland hier eine sehr

gute Ausgangsposition einnimmt. Der Vergleich der beiden Indikatoren weist auf ein größeres Potential hin, welches noch auszuschöpfen ist.

Im Infrastrukturbereich weist der Schienenwegebau eine deutlich höhere Wettbewerbsfähigkeit als der Bereich der Straßen- und Luftfahrtinfrastruktur auf. Dieses Ergebnis deckt sich sowohl mit der hohen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im Bereich der Schienenfahrzeuge als auch mit der Patentanalyse im Bereich der Schienenfahrwege und des Schienenfahrzeugbaus.

Eine etwas überdurchschnittliche Stellung ergibt sich auf dem Markt der Komponenten von Verkehrssteuerungssystemen. Dieses Ergebnis könnte sich jedoch bei einem erfolgreichen Export des deutschen Autobahnmautsystems, was durch Empfehlungen der EU-Kommission zu technischen Standards in diesem Bereich unterstützt wird, weiter positiv entwickeln.

Tabelle 8-2:

RCA für das Handlungsfeld nachhaltige Mobilität 1996, 2001 und 2005

Handlungsfeld	1996	2001	2005**
Fahrzeuge			
Automobilbau, Karosserien	*	73,3	68,9
Schienenfahrzeuge	249,4	70,6	93,4
Sonderluftfahrzeuge	604,3	6,6	-129,0
Schiffbau	*	15,1	3,5
Antriebe			
Effiziente Otto und Dieselmotoren	364,0	13,1	17,6
Hybride Antriebe	-7,8	-27,2	-20,5
Mobile Brennstoffzelle	42,3	61,7	50,9
Düsentriebwerk	*	6,8	-129,4
Infrastrukturen			
Infrastruktur allgemein		85,5	109,7
Straßen und Flugplätze		-230,1	5,0
Schieneninfrastrukturen	*	28,2	77,7
Emissionsminderungstechnologien			
Filter und Katalysatoren	104,9	14,0	-16,8
Verkehrskonzepte			
Verkehrssteuerung und Telematik	*	15,9	27,3

* Ermittlung des RCA auf Grund fehlender Importe nicht möglich.

** Vorläufige Werte der Außenhandelsstatistik

8.4.3 Einschätzung der Unternehmen

Ihre nationale Wettbewerbsfähigkeit schätzen die Unternehmen des Handlungsfeldes Nachhaltige Mobilität insgesamt als sehr gut ein, die internationale Wettbewerbsfähigkeit wird

etwas vorsichtiger beurteilt. Insgesamt ergibt sich bei den betrachteten Produktbereichen ein gewichteter mittlerer Weltmarktanteil von 15-25 %. Starker Treiber ist hierbei das Feld der Antriebstechnologien mit seinem größten Segment, den effizienten Otto- und Dieselmotoren. In Bezug auf das Wachstum profitieren alle Produktbereiche im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität von den nach wie vor weltweit steigenden Mobilitätsanforderungen. So gehen die Unternehmen in praktisch allen betrachteten Produktbereichen von einem Marktwachstum im zweistelligen Bereich aus. Etwas weniger dynamisch entwickeln sich nach Aussage der Unternehmen allein das Antriebssegment Düsenantriebe, die Verkehrssteuerungstechnologien sowie der Schienen-Fahrwegbau. Dagegen wächst das Antriebssegment Hybridtechnologien mit über 20 % – wenn auch auf bisher relativ kleiner Basis.

Eine führende Position nehmen deutsche Unternehmen nach eigenen Einschätzungen in den meisten Segmenten der Antriebstechnologien ein, insbesondere bei effizienten Otto- und Dieselmotoren und bei der Magnetschwebetechnik. Im Bereich der Hybridantriebe hat man dagegen noch Nachholbedarf insbesondere gegenüber Japan. Die Unternehmen beurteilen die Situation der deutschen Fahrzeugbauindustrie in den Segmenten Kraftfahrzeuge und Schienenfahrzeuge als international technologisch wie wettbewerblich stark. Im Bereich des Schiffbaus sehen sich die Unternehmen vor allem im Bereich kleinerer und mittelgroßer Schiffe sowie bei Spezialschiffen in einer starken Wettbewerbsposition. Die noch junge Biokraftstoffindustrie in Deutschland sieht sich technologisch in einer weltweiten Führungsposition, zumindest bei den ölbasierten sowie bei der Entwicklung synthetischer Kraftstoffe. Hier ist der internationale Wettbewerb aber auch noch nicht so stark ausgeprägt wie z. B. im Bereich der Ethanolherzeugung, die in Deutschland gerade erst entsteht, bei der aber andere Länder – insbesondere Brasilien und die USA – einen signifikanten Wettbewerbsvorsprung haben.

In den weiteren Produktbereichen ist die Einschätzung der nationalen Wettbewerbsfähigkeit uneinheitlich. Während für Großunternehmen im Bereich des Verkehrswegebbaus sowie bei Fahrzeugfilter- und Katalysatortechnologien im Produktbereich Emission eine technologische Führungsrolle und eine starke internationale Marktposition gesehen wird, ist die internationale Marktposition im Segment Lärmreduktion als auch bei Verkehrsführungssystemen noch ausbaufähig, wenn auch eine starke Technologieposition angenommen wird. In diesen letztgenannten Bereichen werden auch international noch Nachholbedarf in der Marktentwicklung gesehen. Schwächen und Nachholbedarf der deutschen Industrie werden lediglich in Teilbereichen wie kostenseitige Wettbewerbsfähigkeit, hinreichend zügige Umsetzung von Neuent-

wicklungen in Produkte und deren anschließende Vermarktung sowie teilweise bei Service und Kundenorientierung angenommen.

8.5 Innovationstreiber, Rahmenbedingungen und Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht

8.5.1 Bedeutung der Innovationstreiber aus Unternehmenssicht

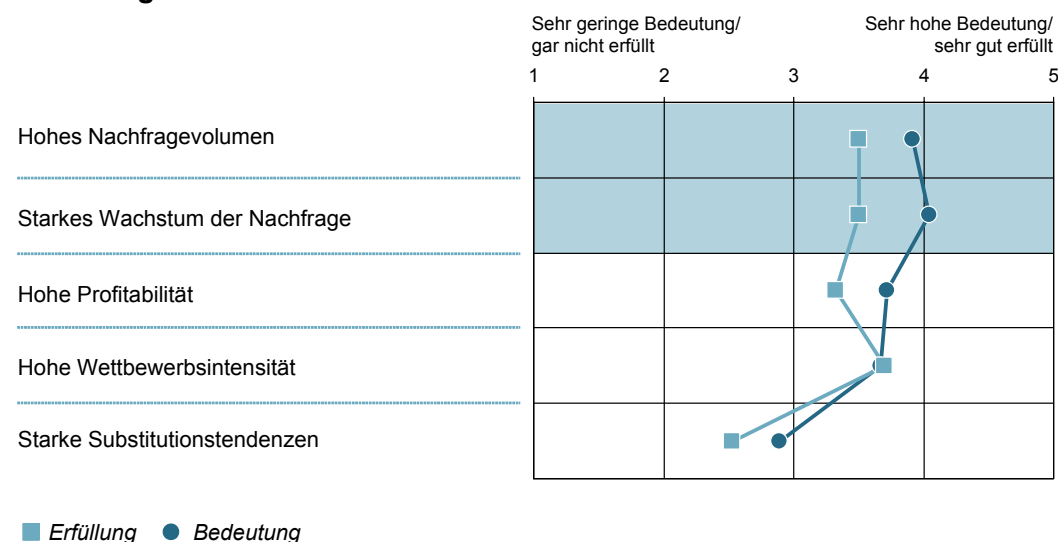
Aus Unternehmenssicht spielen fünf übergeordnete Treiber eine bedeutende Rolle für die Innovationstätigkeit der Unternehmen. Hierzu gehören das Marktumfeld, Forschung und Technologieentwicklung, die Ressourcenmärkte Kapital- und Arbeitsmarkt und das unternehmensinterne Innovationsmanagement.

Marktumfeld

Aus Sicht der befragten Unternehmen stellen ein hohes Nachfragevolumen, ein starkes Wachstum der Nachfrage sowie eine hohe Profitabilität wichtige Innovationstreiber dar. In diesen drei Bereichen besteht auch der größte Nachholbedarf. Substitutionstendenzen hingegen spielen für die Unternehmen nur eine untergeordnete Rolle (vgl. Abbildung 8-18).

Abbildung 8-18

Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Marktumfeld



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensinterviews, Roland Berger 2006

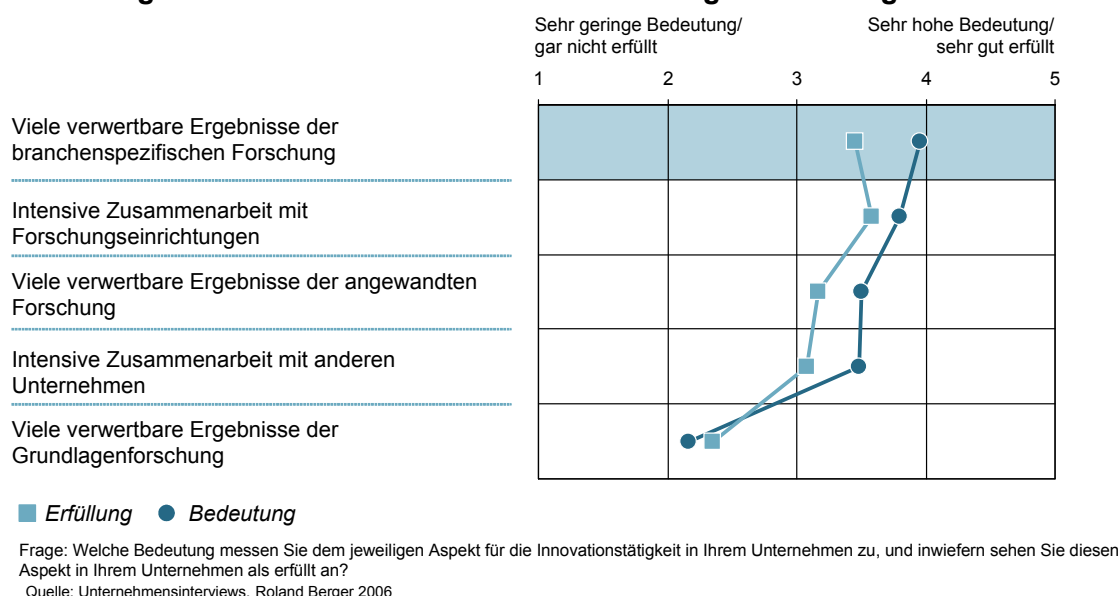
Abweichend vom Durchschnitt hat das Nachfragenvolumen für die Unternehmen im Bereich Verkehrsinfrastruktur eine geringere Bedeutung als Innovationstreiber. Gleichzeitig schätzen diese Unternehmen auch ihr gegebenes Nachfragenvolumen als gering ein. Auch hinsichtlich der Innovationsbedeutung der Profitabilität ergibt sich ein differenziertes Bild in den einzelnen Produktbereichen. Im Bereich der Antriebe und der Fahrzeuge wird der Profitabilität nur eine untergeordnete Rolle als Innovationstreiber zugesprochen. In diesen Bereichen wird auch die gegenwärtige Profitabilität als geringer als in den anderen Bereichen eingestuft. Auch im Bereich der Biokraftstoffe und Infrastruktur sowie dem traditionell geringmargigen Geschäft der Verkehrsinfrastruktur wird eine geringere Profitabilität festgestellt.

Forschung und Technologie

Im Rahmen des Innovationstreibers Forschung und Technologie bewerten die Unternehmen die Bedeutung der branchenspezifischen Forschung für ihre Innovationstätigkeiten am höchsten, gefolgt von der Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen und der angewandten Forschung. Die Grundlagenforschung ist für die Unternehmen nur von untergeordneter Relevanz. Mit den verfügbaren Forschungsergebnissen und -kooperationen sind die Unternehmen im Schnitt zufrieden, nur in der branchenspezifischen Forschung besteht Nachholbedarf (vgl. Abbildung 8-19).

Abbildung 8-19

Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Forschung & Technologie



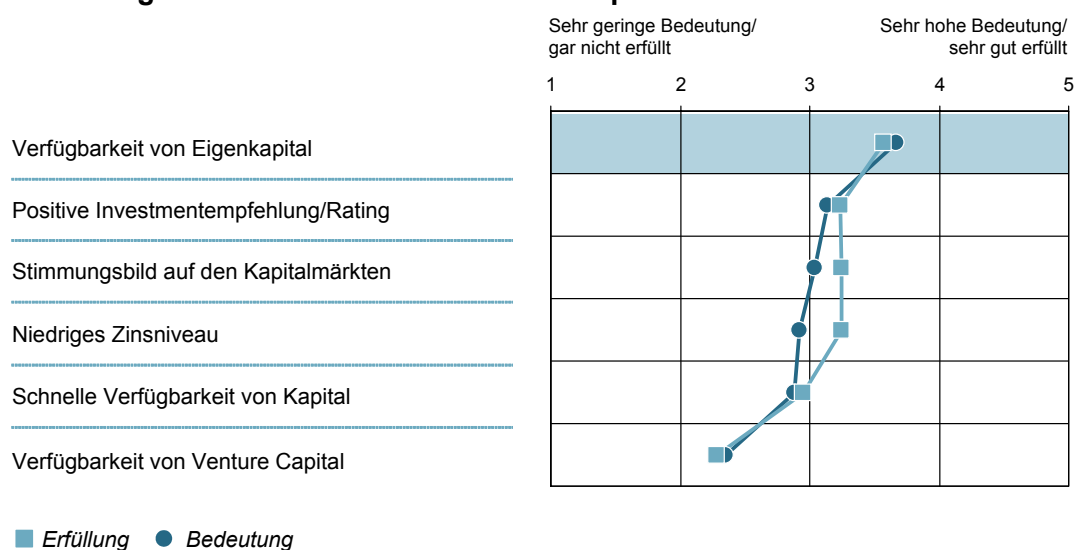
Nachholbedarf bei der branchenbezogenen Forschung sehen vor allem die Unternehmen der Produktbereiche Verkehrsinfrastruktur, Verkehrsführung und Emissionsreduktion.

Kapitalmarkt

Der Kapitalmarkt ist für die befragten Unternehmen des Handlungsfeldes insgesamt der am wenigsten wichtige Innovationstreiber. Der Verfügbarkeit von Eigenkapital und positiven Investmentempfehlungen wird noch die höchste Bedeutung zugesprochen. Venture Capital und schnelle Kapitalverfügbarkeit spielen nur eine untergeordnete Rolle. Insgesamt sind die befragten Unternehmen mit der Kapitalmarktsituation zufrieden (vgl. Abbildung 8-20).

Abbildung 8-20

Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Kapitalmarkt



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensinterviews, Roland Berger 2006

Uneinheitlich ist die Einschätzung der Unternehmen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Eigenkapital: Hier sehen die fahrzeugnahen Produktfelder wie Antriebstechnologien, Fahrzeugkonstruktion oder Biokraftstoffe ihre Situation als zufriedenstellend. Die fahrzeugferneren Infrastrukturbezogenen Unternehmen sehen hier – auch aufgrund der im Schnitt kleineren Unternehmensgröße – noch Verbesserungsbedarf.

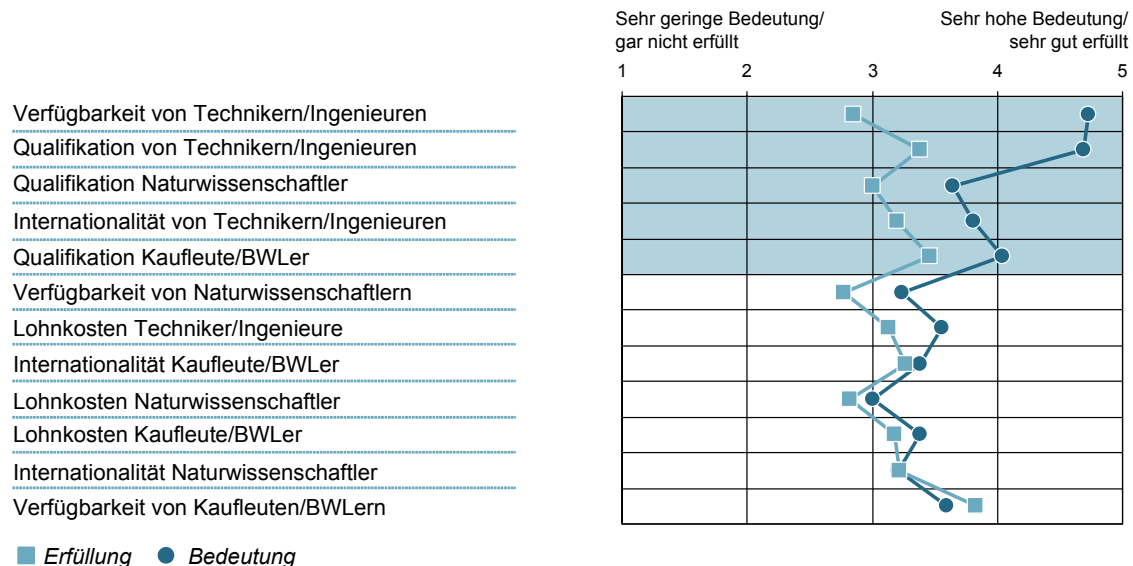
Arbeitsmarkt

Der Arbeitsmarkt ist für die befragten Unternehmen der Innovationstreiber mit der insgesamt zweithöchsten Bedeutung. Hier sehen die Unternehmen auch die größten Abweichungen zwischen Bedeutung und Erfüllung innerhalb der diskutierten Innovationstreiber. Insbesondere der Verfügbarkeit und Qualifikation von Ingenieuren schreiben die Unternehmen eine über-

geordnete Bedeutung für die Innovationstätigkeiten zu. Hier wird auch der größte Verbesserungsbedarf gesehen (vgl. Abbildung 8-21).

Abbildung 8-21

Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Arbeitsmarkt



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensinterviews, Roland Berger 2006

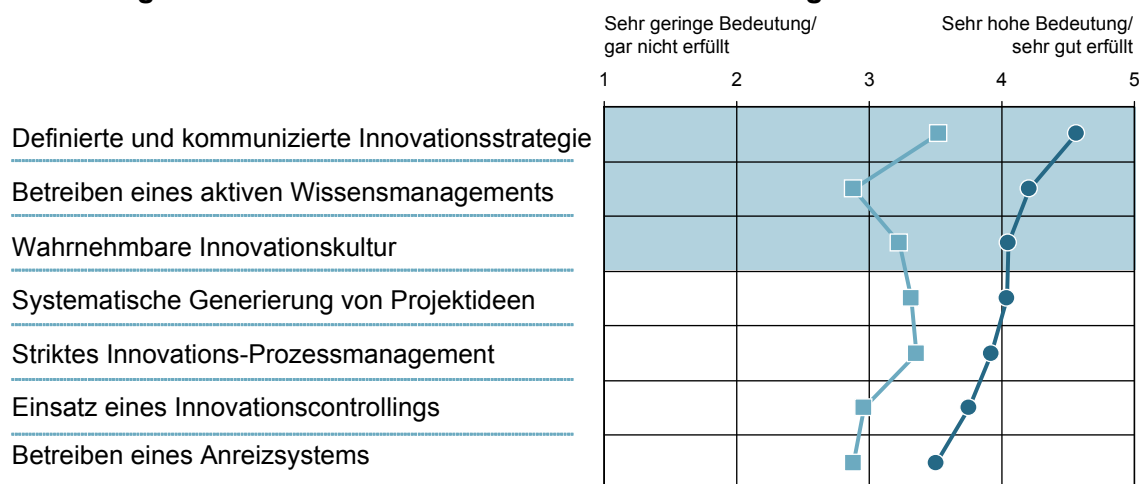
Aber auch bei anderen Aspekten des Innovationstreibers Arbeitsmarkt, beispielsweise der Qualifikation von Naturwissenschaftlern und Betriebswirten sowie der internationalen Ausrichtung der Ingenieure sehen die Unternehmen Defizite.

Innovationsmanagement

Dem Innovationsmanagement sprechen die befragten Unternehmen im Handlungsfeld Nachhaltige Mobilität insgesamt die höchste Relevanz für ihre Innovationstätigkeiten zu. Insbesondere die Definition einer Innovationsstrategie, ein aktives Wissensmanagement und eine wahrnehmbare Innovationskultur werden als wichtig erachtet. Als etwas weniger relevant bezeichnen die Unternehmen Anreizsysteme für Innovationen (vgl. Abbildung 8-22).

Abbildung 8-22

Nachhaltige Mobilität – Innovationstreiber Innovationsmanagement



Insbesondere beim Innovationsmanagement sehen die Unternehmen die am stärksten ausgeprägten Defizite. Hier sehen die Unternehmen Verbesserungspotential vor allem beim Wissensmanagement.

8.5.2 Einfluss der existierenden politischen Rahmenbedingungen auf die Innovationstätigkeit der Unternehmen

Unter den existierenden gesetzlichen Regelungen sprechen die befragten Unternehmen im Handlungsfeld Nachhaltige Mobilität dem Bundes-Immissionsschutzgesetz die stärkste Innovationswirkung zu. Alle Produktbereiche sind von diesem Gesetz direkt oder indirekt betroffen. Daneben haben das Energiesteuer- sowie das Biokraftstoffquotengesetz eine sehr hohe Bedeutung für die Unternehmen aus dem Bereich der Biokraftstoffe. Insbesondere für global agierende Unternehmen der Antriebs- und Fahrzeugtechnologien sind außerdem internationale Regelungen und Normen von hoher Bedeutung. Die Abgasnormen (EURO 1-5) haben insbesondere großen Einfluss auf die Innovationstätigkeiten der Unternehmen im Bereich der Diesel- und Ottomotoren sowie der Filtertechnologien.

8.5.3 Maßnahmen der Umweltpolitik zur Steigerung der Innovationstätigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit aus Unternehmenssicht

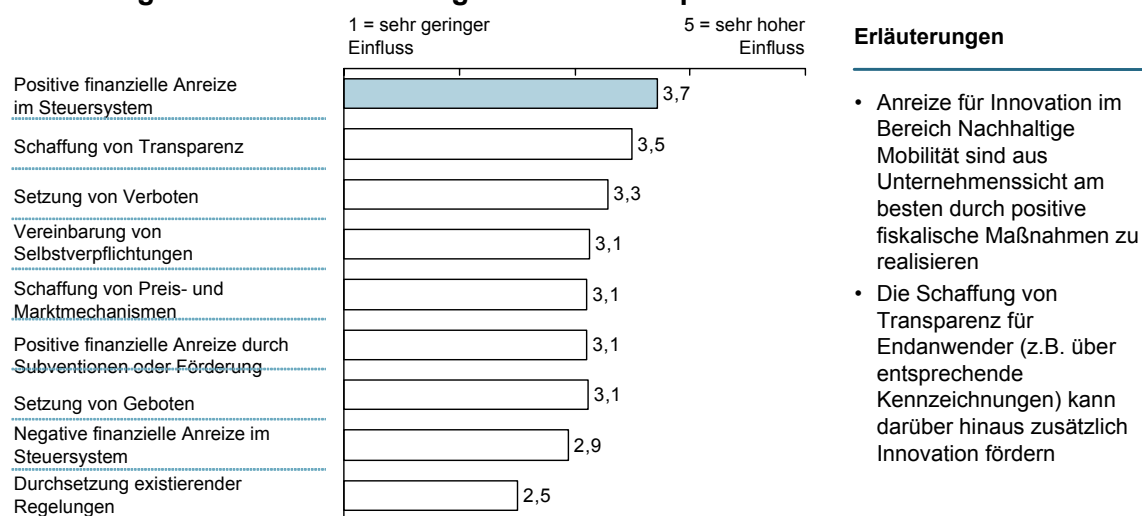
Geeignete Wirkmechanismen

Aus Sicht der befragten Unternehmen sind vor allem positive finanzielle Anreize im Steuersystem ein geeigneter Wirkungsmechanismus zur Innovationsförderung. Diese Einschätzung wird von den Unternehmen in fast allen Produktbereichen geteilt, einzige signifikante Aus-

nahme bilden die Unternehmen der Verkehrsführung, die von positiven Anreizen im Steuersystem kaum profitieren, da sie in der Regel für öffentliche Auftraggeber arbeiten. Auch der Schaffung von Transparenz wird ein hoher Einfluss auf die Innovationstätigkeiten der Unternehmen bescheinigt. Erst an dritter Stelle wird die Setzung von Verboten genannt (vgl. Abbildung 8-23).

Abbildung 8-23

Nachhaltige Mobilität – Bewertung des Einflusses politischer Wirkmechanismen



Frage: Welche Wirkmechanismen haben aus Ihrer Sicht einen positiven Einfluss auf die Innovationstätigkeit von Unternehmen?

Quelle: Unternehmensinterviews, Roland Berger 2006

Wesentlich schwächere Innovationseffekte gehen aus Sicht der Unternehmen von negativen finanziellen Anreizen im Steuersystem und der Durchsetzung existierender Regelungen aus.

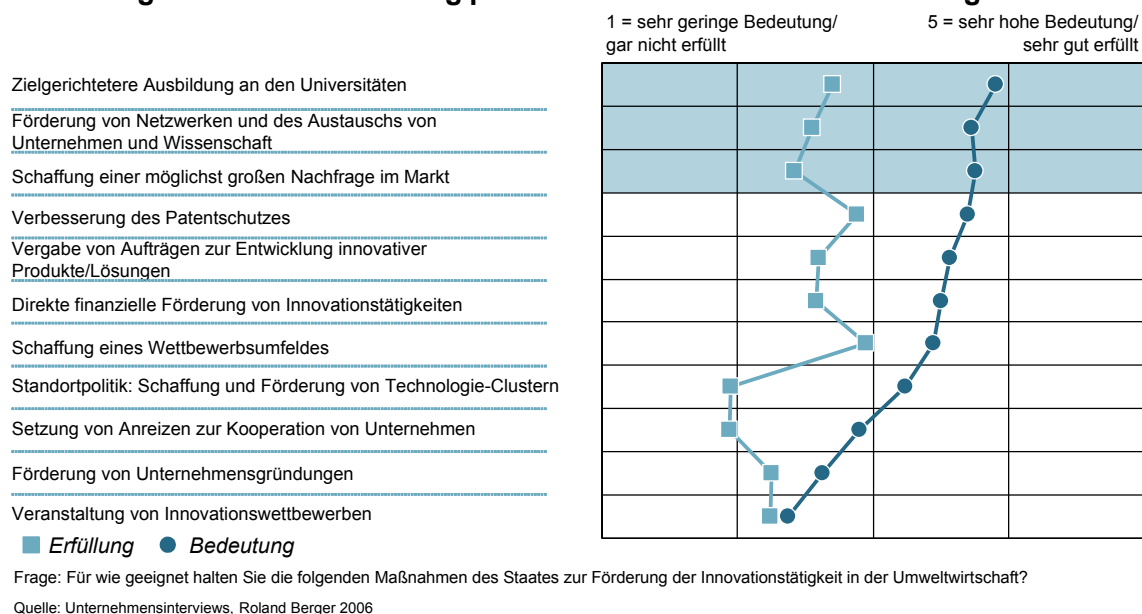
Übergreifende politische Maßnahmen

Aus Sicht der Unternehmen ergeben sich folgende wesentliche Handlungsfelder für die Politik (vgl. Abbildung 8-24):

- Die zielgerichtete und verstärkte akademische Ausbildung von Ingenieuren
- Die Förderung von Netzwerken und Kooperationen zwischen Forschung und Wissenschaft, gepaart mit der Förderung von Kompetenzregionen und Technologieclustern
- Die Schaffung einer möglichst großen Nachfrage für innovative Produkte
- Ein verbesserter und vereinfachter Patentschutz, vor allem in Richtung China

Abbildung 8-24

Nachhaltige Mobilität - Bewertung politischer Maßnahmen zur Förderung von Innovationen



Zur Erzeugung einer größeren Marktnachfrage nach innovativen Produkten wünschen sich die Unternehmen eine Unterstützung des Staates bei der Bereitstellung einer adäquaten Infrastruktur, die von Industrieseite nicht gestellt werden kann (z. B. für den Vertrieb von Biokraftstoffen). Eine weitere Forderung aus zahlreichen Produktbereichen geht dahin, stärker international orientierte Industriepolitik zu betreiben. Dies bedeutet für die Unternehmen einerseits eine aktive Unterstützung beim Verkauf von Großprojekten (z. B. Bahnnetze), aber auch eine Initiative der Politik zur weltweiten Harmonisierung von Abgasnormen und Grenzwerten auf das hohe deutsche und europäische Niveau, um so Auslandsmärkte für die heimischen Hochtechnologieprodukten zu erschließen. Insbesondere bei Infrastrukturprojekten plädieren die Unternehmen zudem für innovationsfreundlichere öffentliche Ausschreibungen in Deutschland. Fast alle befragten Branchen wünschen sich außerdem einen intensiveren und verbesserten Austausch zwischen Politik und Industrie.

Auch von einer branchenübergreifenden Vernetzung von Querschnittstechnologien versprechen sich die befragten Unternehmen einen beschleunigten und verbesserten Transfer von vorhandenem Wissen auf zahlreiche Anwendungen (z. B. Nanobeschichtungen). Der Patentschutz ist nach Angaben der Unternehmen zu aufwendig, teuer und ein zu langwieriger Prozess. Unsicherheit besteht auch aufgrund von Ermessensspielräumen beim Anmelden und später bei der Verteidigung von Patenten.

Aus Sicht der Unternehmen ist der Staat darüber hinaus bei der Ausbildung von Ingenieuren und Technikern gefordert, die Innovationsfähigkeit der Unternehmen langfristig zu sichern. Die Förderungen der Attraktivität von Ingenieurstudiengängen könnte hier Abhilfe schaffen. Hier wird gefordert, die Ausbildung praxisorientierter und internationaler zu gestalten. Durch die Zunahme von relativ spezialisierten "Mischstudiengängen" entsteht heute ein Mangel an breit ausgebildeten Elektrotechnikern. Bei der Berufsausbildung fordern die Unternehmen die Einführung des Blockunterrichts, damit die Auszubildenden besser und schneller eingearbeitet werden können. Im Bereich des Innovationsmanagements, in dem die Unternehmen selbst den größten Nachholbedarf für ihre Innovationstätigkeiten angeben, wird kein spezifischer Handlungsbedarf seitens des Staates gesehen.

Spezifische Maßnahmen auf der Ebene der Produktfelder

Die konkreten Vorschläge zu Handlungsansätzen seitens der Unternehmen in den einzelnen Produktbereichen sind im Folgenden aufgeführt.

Nachhaltige Antriebstechnik

- In der Situation der parallelen Entwicklung vieler verschiedener alternativer und nachhaltiger Antriebstechnologien (Bsp. Benzin, Diesel, Hybrid, Brennstoffzelle, Gas, Biokraftstoffe etc.) sollte die Politik eine Priorisierung vornehmen, die als Leitlinie für die Industrie gelten kann
- Die Industrie ist stark abhängig von internationalen, insbesondere europäischen Regulierungen (z. B. EURO-Normen) – trotz der Harmonisierungsbestrebungen gibt es aber immer noch signifikante Unterschiede in den EU-Ländern, die abgebaut werden sollten (z. B. bei fiskalischen Förderinstrumenten)
- Die nationale Politik sollte stärker abgestimmt agieren (insbes. zwischen den Ministerien) und stärkeren Austausch mit der Industrie suchen

Biokraftstoffe

- Die Biokraftstoff-Besteuerung wird sehr kritisch gesehen, da sie zur Fokussierung des Geschäftes auf die Beimischung, d. h. zum perspektivischen Verlust des Bio-Reinkraftstoff-Geschäfts führt

- Eine systematischere Förderung alternativer Kraftstoffe wird in Deutschland als dringend notwendig erachtet (gegenwärtig Verkürzung der Debatte auf Besteuerungsdiskussion), Positivbeispiel ist hier Schweden mit der Förderung von Bioethanol in verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette
- Die Politik sollte mit ihren Förder- und Besteuerungsregeln langfristige Investitionssicherheit für Anlagenbauer/-betreiber bieten
- Die Förderung sollte die Rohstoffbasis für Kraftstoffe verbreitern (z. B. auch auf tierische Nebenprodukte)
- Förderung und Anreize im Bereich des Zukunftsfeldes synthetische Biokraftstoffe sind noch nicht ausreichend – bisher existieren kaum Anreize für Mineralölkonzerne, diese Entwicklungen stark zu unterstützen

Fahrzeugkonstruktion

- In den meisten Bereichen sind die Rahmenbedingungen für Hersteller durch internationale Regelungen bestimmt – hier kann lediglich in den internationalen Gremien (z. B. IMO) auf Innovation und Nachhaltigkeit hingewirkt werden
- Die fiskalische Förderung von effizienten Fahrzeugen ist europaweit disparat – es wird eine Vereinheitlichung zur Komplexitätsreduktion für die Hersteller gewünscht
- National könnten insbesondere neue Spezialtechnologien (z. B. Luftschiffe, Segelantriebe für Schiffe etc.) gefördert werden
- Die Industrie fordert eine stärkere Förderung von Nachhaltigkeitsaspekten bei der Nachfrage (z. B. Anreize für Schienenfahrzeuge mit Energierückgewinnung)
- Einspeisegesetze sollten für den Bahnverkehr die Energieeinspeisung aus Bremsenergie berücksichtigen. Dafür sollten Mechanismen geschaffen werden, um den Energieverbrauch von Zügen transparent zu machen. Dies hätte auch den Vorteil, dass die Nutzung von Schienennetzen energieverbrauchsabhängig bezahlt werden könnte und die Rück-Einspeisung von Energie in das Netz durch die Züge messbar und folglich auch rentabel durchführbar wäre

Verkehrsinfrastruktur

- Innovative Technologien sollten in öffentlichen Ausschreibungen durch einen Ansatz gefördert werden, der die Lebenszykluskosten einer Investition stärker berücksichtigt: Auf der Auftraggeberseite besteht häufig ein Interessenskonflikt zwischen Leistung auf der einen und dem Preis auf der anderen Seite. Ein Mittel dagegen könnte die Ausschreibung von funktionellen Bauverträgen sein. Darin sind bestimmte Leistungsmerkmale für einen vorher definierten Zeitraum festgesetzt, somit ist ein Anreiz für nachhaltigere Angebote gegeben
- Es wird Bürokratieabbau bei Fördermaßnahmen für nachhaltige Verkehrsinfrastruktur gefordert. In diesem Kontext werden z. B. Freistellungsbescheinigungen genannt. Die dabei anfallende Bauabzugssteuer stellt für den Bauherren ein erhöhtes Risiko dar und bedeutet vor allem für die Unternehmen einen deutlichen Mehraufwand. Hier könnte von Seiten des Staates überprüft werden, ob der Mehrwert der Freistellungsbescheinigung den notwendigen bürokratischen Aufwand rechtfertigt
- Öffentlich Private Partnerschaften sollten gezielt auch für innovative Vorhaben eingesetzt werden: Nach Ansicht der Unternehmen könnte der Staat dadurch eine größere Nachfrage nach innovativen Lösungen im Markt generieren.
- Eine Änderung der berufsgenossenschaftlichen Regelungen wird vorgeschlagen: Es herrscht ein akuter Mangel an Elektrotechnikern, da nur diese nach berufsgenossenschaftlichen Vorschriften berechtigt sind, bestimmte Inbetriebsetzungs- und Instandhaltungsmaßnahmen durchführen. Ähnlich qualifizierte Fachkräfte (z. B. Mechatroniker) sollten eine analoge Berechtigung erhalten
- Die Ausschreibung von Ideenwettbewerben wird als sinnvolle Einrichtung zur Etablierung alternativer Ansätze gesehen

Verkehrsführung

- Es wird eine stärkere Innovationsorientierung öffentlicher Ausschreibungsverfahren angeregt: Diese wirken oft innovationshemmend, da neue Technologien immer von mehr als einem Unternehmen angeboten werden müssen, um Gegenstand einer Ausschreibung werden zu können

- Gesamtkonzepte zur Mobilitätssteuerung z. B. in Metropolen werden aus Sicht der Industrie noch nicht hinreichend gefördert
- Anwendungsfelder neuer Technologien (elektronische Maut, Galileo) bedürfen stärkerer Unterstützung
- Der Staat sollte sich noch mehr für eine schnelle Umsetzung europäischer Standards einsetzen, insbesondere bei der Bahntechnik und dem Mautsystem. Die Unternehmen versprechen sich davon gezieltere Investitionen in Forschung und Entwicklung und vor allem größere Planungssicherheit

Emissionsreduktion

- EU-Abgasnormen wirken nur bedingt innovationsfördernd, da sie oft den kleinsten gemeinsamen Nenner darstellen – höhere Standards (Bsp. USA) wären sinnvoll
- Eindeutige und verlässliche Rahmenbedingungen sind für die Unternehmen von entscheidender Bedeutung. Dies gilt vor allem dann, wenn eine Industrie wie z. B. bei Schadstofffiltern sehr stark von den gesetzlichen Vorgaben abhängig ist
- Die Förderung von nationalen Demonstrations- und Pilotprojekten sollte voran getrieben werden: Nach Aussage der befragten Unternehmen sollte der Staat bei der Innovationsförderung eine Vorreiterrolle übernehmen. Dies könnte erreicht werden, indem die öffentliche Hand gezielt Innovationen einsetzt, die aufgrund fehlender Erfahrungswerte oder einem zu hohen Preis noch nicht marktfähig sind. (z. B. Einsatz neu entwickelter, effizienterer Filtersysteme in Stadtbussen). So werden verstärkt Innovationen am Markt angeboten, die bei Bewährung auch ins Ausland exportiert werden könnten

8.6 Fazit

Eine schematische Einschätzung der Innovationsdynamik, des Marktpotentials sowie der Wettbewerbsfähigkeit ist aus Tabelle 8-3 ersichtlich:

Tabelle 8-3:

Innovationsdynamik, Marktpotentiale und Wettbewerbsfähigkeit im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität

Technologiebereich	Innovationsdynamik	Marktpotential	Wettbewerbsfähigkeit
Antriebe	hoch, in Teilbereichen sehr hoch	sehr hoch	unterschiedlich bei einzelnen Teilbereichen
Fahrzeuge	mittel	hoch	sehr gut
Verkehrsinfrastruktur	konstant	mittel	exzellent
Emission	hoch	mittel	gut
Verkehrsführung	mittel	gering, aber zunehmend	zunehmend
Biokraftstoffe	hoch (2. Generation)	hoch	gut

Damit ergeben sich folgende **Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen**:

Tabelle 8-4

Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld nachhaltige Mobilität

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> Hervorragende Wettbewerbsfähigkeit in zentralen Sektoren (Motoren/Automobil, Schienenfahrzeuge und -infrastruktur) Innovation und Diffusion durch Umweltpolitik unterstützt 	<ul style="list-style-type: none"> Massiv expandierender Weltmarkt Diskussion über neue Politikinstrumente (Emissionshandel, road pricing) zur Generierung von Nachfrage und Ausrichtung auf dezentrale Technologieinnovationen nutzen Konvergenz der Technologiebereiche frühzeitig herbeiführen
Schwächen	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> Technologischer Rückstand in Einzelbereichen (hybride Antriebstechnik) Keine kontinuierliche Nachfrage nach hocheffizienten Fahrzeugen Abstimmung der Akteure bei Intermodalität und Interoperabilität Kontinuität und Konsistenz der politischen Signale 	<ul style="list-style-type: none"> Zunehmende Konkurrenz durch Aufhändler auch bei technologisch hochstehenden Produkten Ausrichtung des Regulationsregimes bei der Bahn für Offenheit gegenüber neuen Lösungen

9 Nachhaltige Wasserwirtschaft

9.1 Beschreibung und Bedeutung des Handlungsfeldes

Menschen sind auf Wasser nicht nur direkt im Sinne eines Lebensmittels angewiesen, sondern sie verwenden es auch, um ihre Lebensbedingungen zu verbessern, so z. B. zum Waschen oder zur Herstellung von Gütern. Der Nachhaltigkeitsbezug bei der Bereitstellung des benötigten Wassers ergibt sich aus der begrenzten Verfügbarkeit von Wasser in ausreichender Qualität und Menge. Dieser Aspekt, der in Mitteleuropa meist nur in heißen Sommern oder nach Unfällen zu Tage tritt, ist in weniger entwickelten Ländern tropischer und subtropischer Breiten Anlass zu ständiger Sorge.

Ein weiterer Nachhaltigkeitsaspekt ergibt sich aus der Verschmutzung des Wassers im Rahmen seiner Verwendung und der Notwendigkeit, es zu reinigen, wenn die natürliche Selbstreinigung aufgrund von Natur oder Umfang der Verunreinigung als nicht (mehr) ausreichend und in Folge dessen eine Gefährdung der Umwelt oder des Menschen unausweichlich erscheint. Eine Möglichkeit zur Steigerung der Nachhaltigkeit besteht in diesem Zusammenhang darin, die Reststoffe des Reinigungsprozesses im Sinne der Ressourcenschonung materiell und energetisch zu rezyklieren.

Ein dritter Bezug zur Nachhaltigkeit tritt im Zusammenhang mit der zentralen Netzinfrastuktur zu Tage, mit deren Hilfe die Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung heute in vielen urbanen Agglomerationen weltweit sowie in weiten Teilen der Industrieländer sicher gestellt wird. Im Hinblick auf Herausforderungen wie den Klimawandel oder den demografischen Wandel, der sich in Industrieländern teilweise in Bevölkerungsrückgängen, in Entwicklungsländern hingegen in starkem Wachstum und Verstädterung äußert, weist diese Art der Infrastruktur nur eine geringe Flexibilität auf. Dadurch liegt der Verdacht nahe, dass sie langfristig kaum (Ressourcen-) effizient betrieben werden kann. Andererseits stellen die hohen Investitionskosten dieser Netzinfrastuktur ihren Aufbau in ausreichendem Umfang dort in Frage, wo das nötige Kapital fehlt.

Sowohl das Wasser selbst als auch die von verschmutztem (Ab-)Wasser ggf. beeinträchtigte Natur sind Umweltgüter, deren Schutz nur durch die öffentliche Hand sichergestellt werden

kann. In diesem Zusammenhang haben bisher der Betrieb vieler Anlagen in öffentlicher Regie sowie die gesetzlich vorgeschriebene Orientierung am Stand der Technik dazu geführt, dass im weltweiten Vergleich in Deutschland zwar hohe Standards bei der Qualität der Wasserver- und Abwasserentsorgung erreicht wurden, dass aber insbesondere langfristige Kosten und Wettbewerb bis heute nur sehr langsam an Bedeutung gewinnen und grundlegende Innovationen kaum angestoßen wurden. Diese Situation scheint sich nun aber aufgrund verschiedener Einflussfaktoren langsam zu ändern.

- Die ganzheitliche Herangehensweise der EU Wasserrahmenrichtlinie erfordert zwecks Beseitigung lokaler Probleme oft spezifische Lösungen, die teilweise über den State of the Art hinausgehen, in jedem Fall aber anders damit umgehen.
- Die Millennium-Ziele der UNO zielen darauf ab, auch diejenigen Länder und Regionen mittelfristig mit einer grundlegenden Wasserver- und Abwasserentsorgung auszustatten, die sich eine Infrastruktur im Stile der Industrieländer nicht leisten können und wo eine solche Infrastruktur aufgrund der Dynamik der Lebensumstände (s. rapide Urbanisierung) auch nicht angezeigt ist.
- Grundlegende strukturelle Veränderungen (z. B. Bevölkerungsrückgang wegen demographischem Wandel und Abwanderung in Teilregionen der ostdeutschen Bundesländer) lassen angesichts verfehlter Bedarfsprognosen auch in Teilen der Industrieländer die Erkenntnis zu Tage treten, dass zentrale Infrastrukturen nicht immer die beste, geschweige denn die kosteneffizienteste Lösung für eine adäquate Wasserver- und Abwasserentsorgung darstellen.

Offensichtlich wird in Teilen der Politik die Herausforderung zur Erstellung einer neuen, nachhaltigeren Wasserwirtschaft auf den unterschiedlichen Handlungsebenen bereits wahrgenommen. Technologische (einschließlich organisatorischer) Antworten auf diese Herausforderungen stehen bereit oder werden entwickelt. Zumeist bietet technologische Entwicklung das Potential, auch wirtschaftlich im Sinne von Wachstum und Beschäftigung zu profitieren. Ob Deutschland in der Lage ist, dieses Potential auch zu seinen Gunsten zu nutzen, soll im Folgenden untersucht werden.

9.2 Technologielineien und Innovationsdynamik

9.2.1 Technische Entwicklungslinien und ihre Dynamik

Für eine Einschätzung der Innovationsdynamik des Handlungsfeldes als Ganzem wird zunächst die japanische Delphi-Studie ausgewertet. Der erwartete Wissenszuwachs kann hier als Indikator für die künftige Innovationsdynamik herangezogen werden. Er wird im Bereich Wasserressourcen im Vergleich aller Technologiefelder leicht überdurchschnittlich bewertet (6,4 Punkte gegenüber 6,3 Punkten im Durchschnitt aller Delphi-Felder) und liegt deutlich über dem Durchschnitt im Delphi-Feld Umwelt (6,1 Punkte). Der erwartete Wissenszuwachs zeigt insbesondere für Technologielineien im Grenzbereich zu anderen Technikfeldern eine hohe Dynamik. So gehört beispielsweise die Bioverfahrenstechnik zur Meerwasserentsalzung zu einem Bereich, für den der Wissenszuwachs schon mittelfristig mit über 7 Punkten bewertet wird. Am Rande könnte die nachhaltige Wasserwirtschaft auch von den hohen erwarteten Wissenszuwächsen in gewissen Bereichen der Elektronik profitieren (drahtlose Elektronik, digitale Hausgeräte), die als Bausteine zur Integration dezentraler Wassertechnologien in die Hausinfrastruktur und als Grundlage organisatorischer Innovationen (z. B. Betreibermodelle mit zentraler Steuerung dezentraler Systeme) eine Rolle spielen

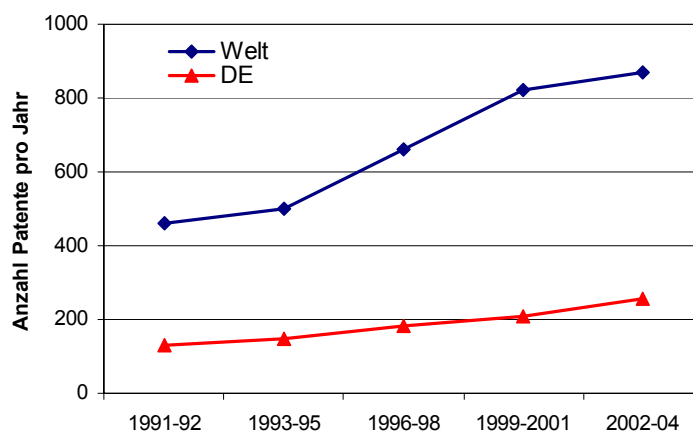
Ein zweiter Indikator aus der Delphi-Studie für die Innovationsdynamik ist der Zeitbedarf zwischen technischer Realisierung und Markteinführung. Dieser schwankt recht stark zwischen den Einzeltechnologien. Stärker integrierte Technikkonzepte, wie z. B. Wasserinfrastrukturkonzepte mit dezentralen Elementen liegen mit etwas über 8 Jahren am oberen Rand des mehrheitlich nötigen Zeitbedarfs. Für Einzeltechniken werden große Verzögerungen bei der Markteinführung erwartet. So werden für die Wasserqualitätsüberwachung aus dem Grenzbereich zu Life Sciences über 11 Jahre erwartet, wobei hier auch der technische Realisierungszeitpunkt erst langfristig (2016 bis 2025) gesehen wird.

Um das Potential der technologischen und wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands im Handlungsfeld „Nachhaltige Wasserwirtschaft“ auf detaillierterer Ebene zu analysieren, gilt es zunächst, verschiedene Bereiche zu identifizieren, in denen Handlungsbedarf besteht, und diesen dann einer Reihe von spezifischen Technologielineien zuzuordnen, anhand derer die Analyse konkretisiert werden kann.

- Die **Wasserversorgung** umfasst sowohl die Förderung und Aufbereitung (d. h. z. B. Filtrierung, Enteisung) von Rohwasser als auch dessen Verteilung an private und gewerbliche Verbraucher. Folgende Technologielinien können diesem Bereich zugeordnet werden.
 - Pumpen, Schieber, und Rohre sind die Hauptbestandteile der konventionellen, zentralen **Wasserverteilungsinfrastruktur**. Der größte Teil des von der Wasserwirtschaft zu tätigen Aufwandes fließt in den Bau und die Unterhaltung des Leitungssystems, mit dessen Hilfe das Wasser gefördert und an die Verbraucher verteilt wird. Effiziente Pumpen können hier durch Energieeinsparung einen bedeutenden Nachhaltigkeitsbeitrag leisten. Aus innovatorischer Sicht sind Pumpen, Schieber und Rohre auch zentrale Elemente von Druck- und Vakuumkanalisationen, die dann zum Einsatz kommen, wenn bspw. die Abwassermengen (z. B. aufgrund der getrennten Ableitung von Schmutz- und Regenwasser) oder das Gefälle für konventionelle Leitungen zu gering sind. Im Hinblick auf das Zukunftspotential kann zwar argumentiert werden, dass Pumpen, Schieber und Rohre Massenprodukte darstellen, die von vielen Ländern produziert und exportiert werden und sich daher nicht zum Ausweis eines Wettbewerbsvorteils für Deutschland eignen. Gerade wegen dieser Konkurrenzsituation ist jedoch davon auszugehen, dass kostenintensivere deutsche Güter dieser Art nur dann eine Chance haben, exportiert zu werden, wenn sie höhere Standards erfüllen.

Dass der Bereich der Wasserversorgung (d. h. Bereitstellung von Wasser) einschließlich Installation (d. h. Verteilungsnetz, auch gebäudeseitig) und Pumpen tatsächlich ein Entwicklungspotential aufweist, zeigt der starke Anstieg der Patentanmeldungen aller Länder beim Europäischen Patentamt (s. Abbildung 9-1). Die Zahl deutscher Patente stieg im Betrachtungszeitraum (1991-2004) um etwa 100 Prozent und damit in ähnlichem Umfang wie die weltweiten Zahlen.

Abbildung 9-1:
Patentzahlen in relevanten Teilen der Bereiche „Wasserverteilung“, „Wasserinstallation“ und „Pumpen“



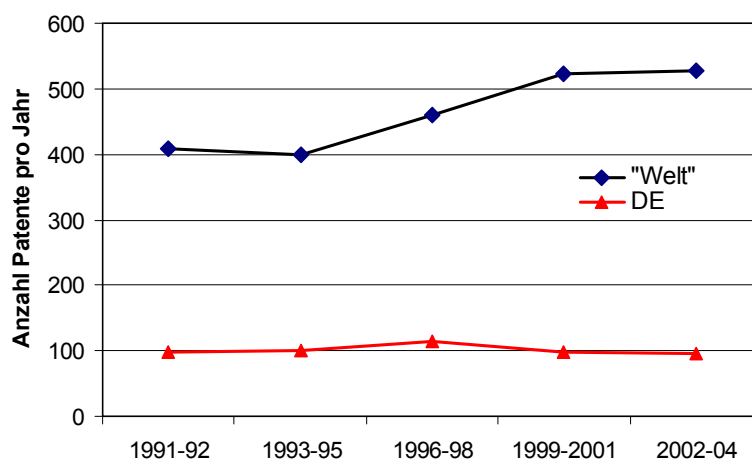
Quelle: Fraunhofer-ISI.

- **Wasseraufbereitung**, ein weiterer wichtiger Aspekt der Wasserversorgung, umfasst Methoden der Gewinnung und Sammlung von Rohwasser sowie dessen Reinigung (mittels Filtration, Ionenaustausch und Fällung) und Nachbehandlung (im Rahmen der Hygienisierung und ggf. Enthärtung). Obwohl die Gesamtpatentzahlen hier sogar höher sind als im Falle der Wasserverteilung, ist die wirtschaftliche Bedeutung im Sinne aktueller Umsatzzahlen geringer.
- **Bau und Instandhaltung** von Wasserver- und Abwasserentsorgungsinfrastrukturen unterliegen insofern einer permanenten technischen Weiterentwicklung als es angesichts häufig maroder Leitungs- und Kanalsysteme und den davon ausgehenden Problemen hinsichtlich Gesundheit und Ressourcen bei gleichzeitiger Wahrung der Wirtschaftlichkeit immer wichtiger wird, die Infrastruktur in situ zu überwachen und ggf. zu reparieren. Bei der Errichtung neuer (zusätzlicher) Infrastrukturen vor allem in dicht bebauten, urbanen Gebieten kommt auch grabenlosen Bauverfahren eine besondere Bedeutung zu.
- Die **Abwasserentsorgung und Schlammbehandlung** umfasst sowohl die Ableitung des Abwassers vom Ort seiner Entstehung als auch seine Reinigung, die es in der Regel in einen Zustand versetzt, in dem es gefahrlos in die Umwelt abgeleitet oder wiederverwertet werden kann. Die Entsorgung des anfallenden Klärschlammes fällt auch in diesen Bereich. Folgende Technologielinien werden dabei genauer untersucht:
 - **Abwasserreinigungsverfahren** als Kernelement der Abwasserentsorgung zielen auf die Reinigung von Wasser ab, das sich hinsichtlich der Menge und Art der Verunreinigungen (z. B. Nährstoffbelastung) von Regen- oder Grauwasser so stark unterscheidet,

dass es alleine mit Hilfe der Filtration nicht gereinigt werden kann. Daher treten chemische und biologische Prozesse hinzu, die im Konzept der Kläranlage integriert und an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden. Neuere Entwicklungen in diesem Bereich zielen auf Verfahren ab, neu erkannte Verunreinigungen (z. B. Rückstände von Medikamenten und endokrine Stoffe) zu entfernen (vgl. auch "membrangebundene Filterverfahren" weiter unten).

Wie die Patentzahlen in diesem Bereich zeigen, ist die Innovationsdynamik im Bereich der Anlagen zur Behandlung von Schmutzwasser, Abwasser und Schlamm positiv, wenn auch weniger dynamisch als bei der Wasserversorgung. Im Betrachtungszeitraum stiegen die weltweiten Zahlen um ca. ein Viertel an. Für Deutschland war die Entwicklung vor allem nach dem Jahr 2000 allerdings verhaltener.

Abbildung 9-2:
Patentzahlen im Bereich „Behandlung von Wasser, Schmutz-, Abwasser und Schlamm“



Quelle: Fraunhofer-ISI.

- Die **Abwasserableitung** spielt im Zusammenhang mit der Abwasserentsorgung eine ähnlich wichtige Rolle wie die Trinkwasserverteilung bei der Wasserversorgung. Auch wenn beim Abwasser der Nachhaltigkeitsfokus etwas stärker auf der Behandlung liegt, so sind doch auch die gewaltigen Investitionsaufwendungen in die Ableitungsinfrastruktur in keinem Fall zu unterschätzen. Als spezifische Technologieaspekte sind hier die Kanäle, die Kanalnetze, aber auch spezielle Pumpen zur Förderung von Fäkalien und Schlamm zu nennen.
- Im Nachhaltigkeitskontext geht es außerdem darum, den Ressourcenverbrauch durch verändertes Prozessdesign, **Energierückgewinnung** und das **Recycling von Rohstoff-**

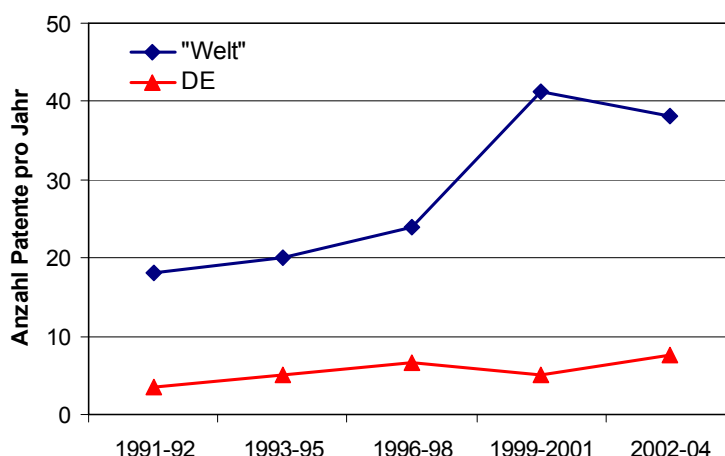
- fen** zu verringern und damit die Wirtschaftlichkeit der Abwasserbehandlung insgesamt zu erhöhen.
- Auf die Auslastung und Wirksamkeit vieler bestehender Kläranlagen wirkt sich auch der Übergang zur getrennten Erfassung und Behandlung von Regen- und Schmutzwasser positiv aus. Allerdings schlägt sich diese Entwicklung in unseren Analysen aufgrund fehlender Daten nicht nieder.
 - Der Abwasserwirtschaft fällt schließlich auch die Aufgabe zu, weitergehende Lösungen für den wirtschaftlich und ökologisch sinnvollen Umgang mit dem anfallenden **Klärschlamm** zu suchen. Einerseits ist hier an eine Wiederverwertung der im Abwasser enthaltenen Ressourcen zu denken. Andererseits können alternative Sanitär- und Abwasserkonzepte dazu beitragen, bestimmte Kontaminationen von vornherein zu vermeiden. Darüber hinaus kann auch die Menge anfallenden Klärschlamms durch geeignete Abwasserreinigungsverfahren reduziert werden.
- Unter der **dezentralen Wasserwirtschaft** werden technische Ansätze zusammengefasst, in denen den Ursachen möglicher Probleme bei der Wasserver- und Abwasserentsorgung unmittelbar nach oder gar vor ihrer Entstehung entgegengewirkt wird. Sie ist in den meisten Industrieländern aufgrund der vorherrschenden zentralistischen Struktur von Wasserver- und Abwasserentsorgung lange Zeit vernachlässigt worden. Zentrales Anliegen der dezentralen Wasserwirtschaft ist die Schließung von Wasserkreisläufen, d. h. die Nutzung oder Versickerung des Regenwassers am Ort des Niederschlags, das Recycling von Grauwasser zu Brauchwasser in Haushalten sowie die Aufbereitung und wiederholte Nutzung von Prozesswässern in der Industrie. Im Vergleich zur konventionellen Wasserwirtschaft erweist sich die dezentrale als wesentlich flexibler hinsichtlich drohender Herausforderungen wie dem demografischen Wandel oder dem Klimawandel. Folgende Technologielinien werden dabei genauer untersucht.
 - **Membrangebundene Filtertechnologien** spielen sowohl bei der Bereitung von Trinkwasser und anderen hochqualitativen Wässern (auch aus Meerwasser) als auch bei der Reinigung aller Arten von Abwässern eine zunehmend wichtige Rolle. Letzteres umfasst auch die Nutzung von Regenwasser und das Recycling von Grau- und Prozesswässern. Die Möglichkeit, die entsprechenden Anlagen aufgrund der ihnen eigenen Modularität ohne allzu große Wirtschaftlichkeitseinbußen herunter zu skalieren, macht die Membrantechnologie zu einer wesentlichen Grundlage jeder dezentralen Wasserwirt-

schaft. Das zukünftige Innovationspotential liegt hier vor allem in der Erhöhung der Standzeiten durch Verbesserungen der Membraneigenschaften und der Prozessabläufe.

Die Patentzahlen für die Wasser- und Abwasserbehandlung mittels Membrantechnologie zeigen, dass die Anzahl der Patentanmeldungen aller Länder am Europäischen Patentamt im Betrachtungszeitraum (1991 bis 2004) sehr stark angestiegen ist, wobei sich die Dynamik in den letzten Jahren etwas abgeschwächt hat. Die deutschen Patentanmeldungen sind etwas verhaltener gestiegen, haben dafür aber im Durchschnitt der aktuellsten Jahre keine Abschwächung erfahren.

Abbildung 9-3:

Patentzahlen im Bereich „Trennen mittels semipermeabler Membranen“, spezifiziert auf die „Behandlung von Wasser-, Schmutz- und Abwasser“



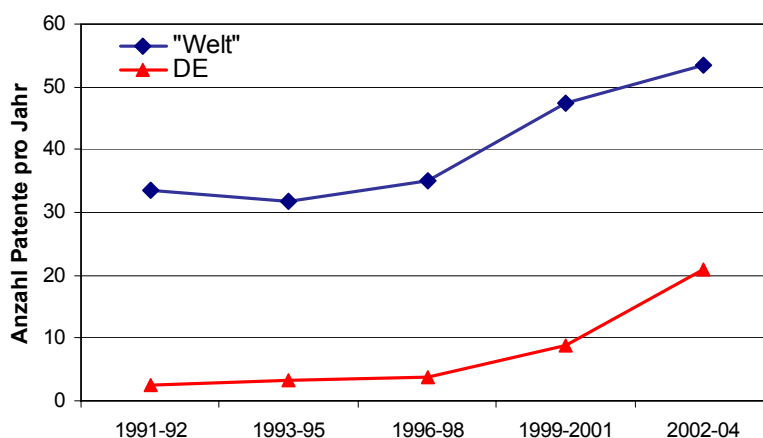
Quelle: Fraunhofer-ISI.

- Technologien zur **Reduktion des Stoffeintrags** sind statistisch kaum erfassbar, da sie einen Teilaspekt der Entwicklung der verschiedensten Geräte, Anlagen und Prozesse ausmachen. Eher ist es dagegen möglich, die Messung und Kontrolle des Stoffeintrags statistisch zu manifestieren. Aufgrund der technischen Nähe haben wir diesen Bereich der Analyse dem Hochwasserschutz zugeordnet.
- Organisatorische Innovationen (z. B. neue Betreibermodelle) spielen bei der wirtschaftlichen Umsetzung dezentraler Infrastrukturen eine entscheidende Rolle, werden aber von den hier genutzten Statistiken nicht erfasst. Hier können nur Interviews mit den Betroffenen Aufschluss über den Stand und das Potential der Entwicklung geben.

- Auch Drainagen, Mulden und Rigolen lassen sich zwar als für die **Regenwasserbewirtschaftung** maßgebliche Technikkomponenten identifizieren, sind aber in der Patentstatistik nicht ausgewiesen.
- Die Steigerung der **Wassernutzungseffizienz** ist neben der Reduktion des Stoffeintrages ein entscheidendes Element eines pro-aktiven Wassermanagements, das die Herausforderung der Versorgung mit ausreichenden Mengen Wassers hoher Qualität nicht allein auf die Angebotsseite beschränkt. Auch Verbrauchsreduktionen auf Seiten der privaten und industriellen Wassernutzer mit Hilfe effizienter Geräte und Prozesse können helfen, Engpässe zu entschärfen. Außerdem kann angesichts des natürlichen Wasserkreislaufs durch Vermeidung von Schadstoffeinträgen oder geeignete Organisation des Umgangs damit (z. B. getrennte Erfassung entsprechender Stoffströme) bereits auf der Nutzerseite der späteren Notwendigkeit einer aufwändigen Aufbereitung entgegengewirkt werden.
- **Waschmaschinen, Geschirrspüler und Armaturen** stehen hier stellvertretend für alle Geräte bzw. Installationen, die Wasser verbrauchen und bei denen eine Reduzierung des Wasser- (und Energie-)verbrauchs Kennzeichen des technischen Fortschritts sind. Da die Reduzierung des Energieverbrauchs nicht das alleinige Ziel der Forschung und Entwicklung in diesem Bereich ist, kommt auch hier wieder der Potentialansatz zum Einsatz, d. h. es wird angenommen, dass alle Hersteller, die diese Geräte wirtschaftlich erfolgreich produzieren, einen Teil ihrer Ressourcen auf die Senkung des Wasserverbrauchs verwenden.

Zur Messung der Innovationsdynamik wurden stellvertretend für alle wassersparenden Innovationen in Prozesstechnologien Wasch- und Geschirrspülmaschinen einer Patentanalyse unterzogen. Diese ergab, dass sich die Zahl der Patentanmeldungen aller Länder in diesem Bereich über die letzten 15 Jahre stets dynamisch entwickelt hat. Die deutschen Patentanmeldungen sind dem weltweiten Trend gefolgt und haben ihn in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraums (seit 1998) sogar übertroffen. Um die Untersuchung noch mehr auf den Aspekt des Wassersparens zu fokussieren, wurden außerdem die Patente zur Steuerung und Regelung von Waschmaschinen untersucht, die auf den Wasserverbrauch entscheidenden Einfluss ausüben (Daten nicht gezeigt). Abgesehen von der sehr geringen Zahl von Patenten, die in diesem Bereich angemeldet wurden, bestätigte diese Analyse die Bedeutung deutscher Patentanmelder und ihrer Innovationsdynamik in diesem Bereich.

Abbildung 9-4:
Patentzahlen im Bereich „Waschmaschinen“, spezifiziert auf Wasser sparende Technologieaspekte



Quelle: Fraunhofer-ISI.

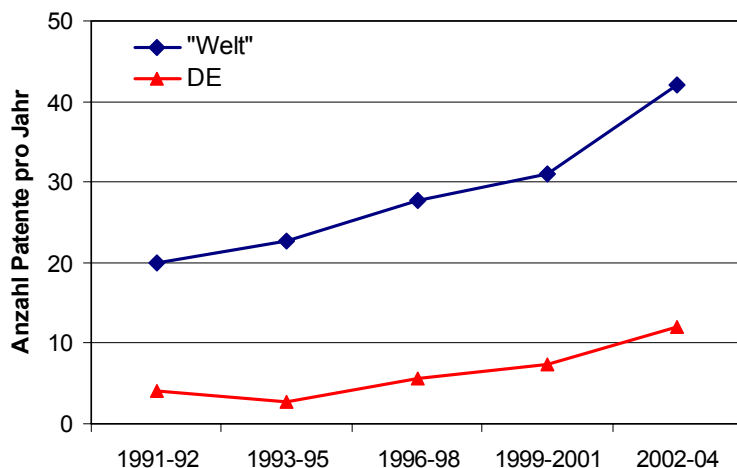
- **Hochwasserschutz:** Die im Zuge einer zu erwartenden Klimaverschiebung vermutlich häufiger auftretenden Extremwetterereignisse stellen zunehmende Anforderungen an das Management aller Bestandteile der Wasserinfrastruktur im erweiterten Sinn, d. h. Talsperren und Polder ebenso wie Kanalnetze einschließlich Anlagen zur Regenwasserbehandlung.
 - Instrumente zur **Messung** von Flüssigkeits-(Regenwasser-)ständen und -flüssen und anderen wetterrelevanten Parametern sowie Geräte bzw. Sonden zur Messung chemisch-biologischer Parameter erlauben es im Falle von Extremwetterereignissen, nach **Übermittlung und Verarbeitung** der gewonnenen Daten die Regen- und Schmutzwasserflüsse so zu steuern, dass ökologische und gesundheitliche Gefahren weitgehend abgewendet werden können. Wo eine Fokussierung auf den Bereich der Extremwetterereignisse oder des Hochwasserschutzes nicht möglich war, wurde ein breiterer Bereich unter der Annahme untersucht, dass die relevanten Technikkomponenten auch in anderen Messsystemen relevant sind.
 - **Wasserbauliche Maßnahmen** zur Kontrolle von Flüssen, die sich in ihrer Funktion als Wasserreservoir und Vorfluter auch auf die Wasserwirtschaft auswirken.

Die Patentdynamik im Bereich des Hochwasserschutzes wurde in Ermangelung besser geeigneter Patentkategorien anhand addierter Patentzahlen zu Wettervorhersage und wasserbaulichen Maßnahmen zur Kontrolle von Flüssen und Küsten analysiert. Wie in Abbildung 9-5 dargestellt ist, hat die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen für alle

Länder zusammen deutlich zugenommen. Die deutschen Patentanmeldungen folgen den weltweiten Zahlen im Zeitverlauf.

Abbildung 9-5:

Summe der Patenzahlen der den Hochwasserschutz repräsentierenden Bereiche „Wettervorhersage“ und „Wasserbauliche Aktivitäten an Flüssen und Küsten“



Quelle: Fraunhofer-ISI.

9.2.2 Bewertung aus Sicht der Unternehmen

Wasserversorgung

Im Rahmen der *Wassergewinnung* werden derzeit in Deutschland neue Bohrverfahren entwickelt und getestet, die das Aufspüren, Analysieren und Erschließen von unterirdischen Wasserreservoirs maßgeblich erleichtern sollen. Durch den Trend zur dezentralen Versorgung von abgelegenen Regionen erwartet man in der Branche Innovationen in der Brunnentechnologie und in der Regenwassernutzung. Auf dem Gebiet der *Wasseraufbereitung* wird die Nutzung und Kreislaufführung von Abwasser und Regenwasser zu einem wesentlichen Feld für technologische Innovation werden. Ein wichtiger Hebel ist hierbei die Filtertechnik (z. B. mit Hilfe von Membranfiltern, UV-Behandlung oder Umkehrosmose). Chemische Verfahren zur Wasseraufbereitung und Wasserdesinfektion werden nach Ansicht der befragten Unternehmen in Zukunft zum Teil durch physikalische Verfahren abgelöst werden. Im Rahmen der *Sanierung von Leitungsnetzen* und der Wasserinfrastruktur erwarten die befragten Unternehmen maßgebliche Innovationen bei der Materialdichte und der Lebensdauer von Leitungen.

Die befragten Experten vertreten die Meinung, dass sich deutsche Unternehmen in allen Bereichen der Wasserversorgung international zu den technologisch führenden Unternehmen der Branche zählen können. Mechanik, Prozessautomation und Projektmanagement gelten als

Stärke deutscher Unternehmen. Auch im Bereich der Wassergewinnung kann Deutschland aufgrund innovativer Produkte und wichtiger Patente (z. B. im Bereich der Bohrtechniken) eine Führungsposition beanspruchen. Im Bereich der Sanierung und Optimierung von Leitungsnetzen kann Deutschland nach Aussage der befragten Unternehmen zwar keine globale Führungsrolle einnehmen, gehört jedoch zu den technologisch fortschrittlichsten Nationen. Die befragten Unternehmen sehen in Deutschland kaum technologischen Nachholbedarf. Defizite liegen bei deutschen Unternehmen im Wesentlichen in den Bereichen Betreiberkompetenzen und Betreibermodellen, Kompetenzen für Public Private Partnerships, Financial Engineering (Finanzierung, Beratung, Betreuung von Großkunden) sowie Service und Kundenfreundlichkeit. Vor allem französische Anbieter haben einen entscheidenden Vorteil, da sie enger mit großen, international operierenden Wasserversorgungsunternehmen zusammenarbeiten bzw. in Konzernverbünden agieren.

Regenwassermanagement

Technologische Innovationen werden vor allem im Bereich der dezentralen Wasseraufbereitung erwartet. So ist von einem verstärkten Einsatz von Nanofiltern sowie einer deutlichen Verbesserung der mechanischen Filtrationstechnik auszugehen. Deutsche Unternehmen sind nach Einschätzung der befragten Unternehmen führend bei Technologien zur Nutzung und Versickerung von Regenwasser. Zudem kann Deutschland eine Führungsposition im Bereich der Verfahrenstechnik und beim Bau von kompletten, kundenspezifischen Anlagen beanspruchen. Die befragten Unternehmen sehen im Bereich der Regenwasserverwertung keine ausländischen Firmen, die den deutschen Unternehmen technologisch überlegen sind.

Reduktion von Verbrauch und Stoffeintrag

Im Bereich der Verbrauchsgeräte werden wesentliche technologische Entwicklungen im Bereich der Strömungstechnik für sparsamere Armaturen sowie bei Methoden gegen Ablagerungen in Leitungen erwartet. Im Bereich der Prozesswasserbehandlung ist der wesentliche technologische Trend der Einsatz neuer Filtertechnologien als Ersatz für die konventionelle Technik. Im Bereich der Prozess- und Abwasserbehandlung werden in Zukunft verstärkt Membranfilter Einsatz finden. Des Weiteren erwarten die befragten Unternehmen relevante Innovationen im Bereich der Umkehrosmose, der chemisch-biologischen Desinfektion sowie der elektrochemischen Wasseraufbereitung. Im Bereich Trinkwasserfiltration werden nach Einschätzung der befragten Unternehmen Innovationen im Bereich der Nano- und Mikromembranfilter erwartet.

Im Bereich der Filtertechnologie hat Deutschland nach Einschätzung der befragten Unternehmen einen deutlichen Technologievorsprung gegenüber anderen Ländern. Zudem verfügen deutsche Unternehmen über weltweit führendes Know-How im Bereich des Anlagenbaus. Deutsche Unternehmen zählen neben Japan, USA und Frankreich im Bereich der Technologien zur Reduktion des Wasserverbrauchs und Verringerung des Stoffeintrags zu den Technologieführern. Im Bereich der Armaturen sind ausländische Unternehmen bei der Produktion einfacher Steuerungssysteme überlegen, da sie Kostenvorteile haben.

Abwasserentsorgung

Im Bereich der *Infrastruktursanierung* wird der technologische Fokus in Zukunft weiterhin auf der kombinatorischen Wasserbehandlung, also auf der chemisch-mechanischen Verfahrenstechnik liegen. Die technologische Basis von *Großkläranlagen* bilden in Zukunft zunehmend die Membranfiltration und biologische Verfahren. Die chemisch-mechanischen Verfahren werden in Zukunft jedoch nicht an Relevanz verlieren. Technische Innovationen erwarten die befragten Unternehmen vor allem im Bereich der biotechnologischen Verfahren sowie in der Mess- und Regeltechnik. Im Bereich der *Kleinkläranlagen* erwarten die Unternehmen weitere Fortschritte im Bereich der Nutzung von UV-Strahlung zur Aufbereitung von Wasser.

Im Segment der dezentralen Abwasseraufbereitung ist Deutschland nach Aussage der befragten Unternehmen insbesondere in den Bereichen Service, Engineering, Technologiehandling und bei den Mischverfahren führend. Im Bereich der Großkläranlagen hat Deutschland nach Aussage der Unternehmen in den Feldern der Armaturen, Pumpen und der Messtechnik sowie in der Projektabwicklung und der Anlagenqualität Wettbewerbsvorteile. Ausländische Unternehmen haben im Bereich der Sanierung von Abwasserkanälen keine erkennbare Führungsrolle. Besonders im Bereich der Membrane, der Mischtechniken sowie der UV-Technik werden US- Unternehmen wie Watertech (Membrane, USA), Trojan (UV-Technologie, Kanada) oder Ozonia, (Mischtechnik, USA) als führend gesehen.

Schlammbehandlung

Im Bereich Schlammbehandlung rechnen die befragten Unternehmen für die Zukunft nicht mit großen Innovationsschüben. Die Technik ist nach Einschätzung der befragten Unternehmen weitgehend ausgereift und der Fokus von Forschung und Entwicklung liegt heute vor allem im Bereich der Verfahrens-, Material- und Kommunikationstechnik. Nach Aussage der befragten Unternehmen ist Deutschland beim Prozessverständnis und in der Verfahrenstech-

nik weltweit führend. Auch im Bereich der anlagenbezogenen Kommunikationstechnik (Online-Wartung), der Qualitätssicherung sowie der Erfahrung in der Umsetzung von komplexen Anlagen ist Deutschland Technologieführer. Nachholbedarf besteht in Deutschland in der Pilotierung von innovativen Anlagen.

Hochwasserschutz

Die Zukunft der ozeanischen Frühwarnsysteme liegt nach Meinung der Experten in der Erdbeobachtung über Satelliten. Im Binnenbereich erwarten die befragten Experten signifikante Innovationen im Bereich der Sensortechnik und folglich im Feld der meteorologischen Dienstleistungen (exaktere Wetter- und Niederschlagsvorhersagen). Im Bereich des stationären und mobilen Hochwasserschutzes werden vor allem Innovationen im Bereich der Verfahrenstechnik und des Materials erwartet.

Deutschland kann nach Aussage der befragten Experten im Bereich der komplexen Frühwarnsysteme sowie beim Deichbau im Bereich der Material- und Bautechnik eine klare weltweite Führungsrolle beanspruchen. Nachholbedarf besteht nach Aussage der befragten Unternehmen bei Service- und Vertriebsnetzen sowie bei Komponenten für komplexe Frühwarnsysteme. So liegt Deutschland beispielsweise in der Entwicklung und Produktion von Seismographen hinter anderen Ländern wie der Schweiz zurück.

9.3 Marktentwicklung

9.3.1 Marktvolumina und Trends

Die konkreten Marktvolumina und die entsprechenden bis zum Jahre 2012 zu erwartenden Trends in der nachhaltigen Wasserwirtschaft lassen sich in die in Tabelle 9-1 dargestellten Zahlen fassen.

Tabelle 9-1

Marktvolumen im Jahr 2005 und geschätztes Marktwachstum bis 2012 verschiedener Bestandteile der nachhaltigen Wasserwirtschaft

	Deutschland		Europa		Welt	
	Markt (Mio \$)	Wachstum (% p.a.)	Markt (Mio \$)	Wachstum (% p.a.)	Markt (Mio \$)	Wachstum (% p.a.)
Wasserversorgung						
Turbinenpumpen	1086	2,2	3602	2,8	7270	5,8
Kompressoren und Vakuumpumpen			2400	6,3		
Intelligente Pumpen			69	18,9		
Verdrängungspumpen in Wasser- und Abwasserwirtschaft	20	2,3	65	2,6		
Wasserbehandlungsanlagen (kommunal)	105	2,0	850	4,5		
Wasserbehandlungsgeräte (Haushalt)	109	2,0	410		16290	17,0
Entsalzungsanlagen			582	4,3	1580	9,6
Dezentrale Wasserwirtschaft						
Membranfiltration	202	4,2	1205	10,0	1900	10,3
Membran-Bioreaktoren (MBR)	11	9,1	63	11,6		
Industrielle Wasserwiederverwertung und -aufbereitung	44	9,0	300	7,4		
Regenwassermanagement	462					
Wassernutzungseffizienz						
Waschmaschinen					11800	
Abwasserentsorgung und Schlammbehandlung						
Abwasserbehandlungsanlagen (kommunal)	184	1,2	2540	4,0		
Prozess- u. Abwasserbehandlung (Industrie)	482	2,7	2500	4,2		
Klärschlammbehandlungsanlagen	269	3,3	2050	6,2		
Hochwasserschutz						
Durchflussmess- und -übermittlungseinrichtungen	450	7,5	1316	7,0	4120	6,7

Quellen: Frost & Sullivan (2001, 2004a, b, c, d, e, 2005a, b, c, d, e, 2006a, b, c, d, e), BCC Research (2006)

Die in Tabelle 9-1 genannten Zahlen geben einen Überblick über das Marktpotential verschiedener wasserrelevanter Einzeltechnologien. Dies gibt jedoch noch wenig Anhaltspunkte über das Gesamtpotential einer nachhaltigen Wasserwirtschaft oder wichtiger Teilbereiche davon. Deshalb werden im Folgenden zusätzlich einige aggregiertere Schätzwerte aufgeführt. Dabei muss darauf hingewiesen werden, dass die Kriterien, nach denen die von unterschiedlichen Institutionen angegebenen Werte aggregiert wurden, nicht bekannt und die Werte somit sehr wahrscheinlich nicht direkt vergleichbar sind.

Frost und Sullivan (2005f) schätzt den Markt für Wasser- und Abwasserbehandlung für das Jahr 2006 in Deutschland, Europa und der Welt auf 23, 71 bzw. 213 Mrd. US-Dollar. In den Entwicklungsländern (einschließlich China und Indien) geht das World Water Council von einem zukünftigen Investitionsbedarf für Wasserinfrastruktur von 180 Mrd. US-Dollar pro

Jahr aus, doppelt so viel wie gegenwärtig bereits investiert wird. Schon für die Erreichung der Millennium Development Goals (d. h. Halbierung des gegenwärtigen Bevölkerungsanteils ohne Zugang zu verbesserter Wasserver- und Abwasserentsorgung) der UNO wird der zusätzliche Investitionsbedarf auf jährlich 11,3 Mrd. US-Dollar geschätzt. Sollen hingegen alle Menschen Zugang zu Wasser in ihrem Haus sowie einen Abwasseranschluss bekommen, dann müssten dieser Quelle (SIWI 2005) zufolge jährlich 136,5 Mrd. US-Dollar investiert werden.

Im Folgenden werden die aggregierten Zahlen durch eher quantitative Einschätzungen spezifischer Teilmärkte durch die darin agierenden Unternehmen selbst ergänzt.

9.3.2 Marktgröße und Zielmärkte aus Sicht der Unternehmen

Für fast alle Unternehmen der nachhaltigen Wasserwirtschaft ist heute Westeuropa der wichtigste Absatzmarkt. Nur die Wasserversorgung, deren Vertreter bereits heute Osteuropa als den wichtigsten Absatzmarkt ansehen, weicht hier ab. Insgesamt wird es nach Einschätzung der Unternehmen künftig starke Verschiebungen in der Bedeutung der Absatzmärkte geben. So sehen die Unternehmen ein starkes Wachstum in Osteuropa, Russland und Asien. Diese Märkte – in Asien insbesondere China und Indien – werden in Zukunft zusammen mit Nordamerika für praktisch alle Produktbereiche die wichtigsten Absatzmärkte darstellen. Die Bedeutung Westeuropas wird in fast allen Produktbereichen zurückgehen. Nur im Bereich der Regenwasseraufbereitung sehen die Unternehmen den Nahen Osten und Westeuropa in Zukunft als die wichtigsten Absatzmärkte.

Wasserversorgung

Im Bereich der *Wassergewinnung* entsteht derzeit zunehmend Nachfrage nach innovativen Technologien zur Wasserfindung und Exploration von unterirdischen Wasserreservoirs. Nach Aussage der befragten Unternehmen beträgt das weltweite Marktvolumen für die Wassergewinnung heute ca. 900 Mio. € bei einer jährlichen Wachstumsrate von ca. 10 %.

Um Grundwasser als Trinkwasser nutzen zu können bedarf es moderner Technologien zur *Wasseraufbereitung*. Aufgrund steigender Qualitätsanforderungen benötigt man immer leistungsfähigere Aufbereitungsanlagen. Ganz besonders in den südlichen, eher wasserarmen Ländern gewinnt die Meerwasserentsalzung zunehmend an Bedeutung. Die Marktgröße für Anlagen zur Aufbereitung von Wasser liegt nach Schätzungen der befragten Unternehmen

insgesamt bei ca. 70 bis 80 Mrd. €. Hier gehen die befragten Experten sogar von Wachstumsraten zwischen 10 % und 20 % pro Jahr aus.

In den Ländern mit weiter entwickelter Infrastruktur ist die *Sanierung von Leitungsnetzen* ein Feld für Innovationen und zukünftiges Wachstum. Im kommunalen Bereich fehlen allerdings oft die nötigen Mittel, um die Sanierung der Leitungs- und Kanalnetze zu finanzieren. Häufig werden hier nur anfallende Ersatzinvestitionen getätigt. Diese Rahmenbedingungen sind nach Meinung der befragten Experten die Ursache der derzeit schwachen Nachfrage im Bereich der Sanierung von Leitungsnetzen. Dennoch gehen die Unternehmen für die Zukunft davon aus, dass sich diese Potentiale nach und nach frei setzen und in Wachstumsraten um die 10 % resultieren werden. Zudem führen neue Trends in der Gebäudetechnik wie beispielsweise die getrennte Behandlung von Schmutzwasser und Abwasser in Zukunft zu steigendem Bedarf an neuen Leitungen. Das weltweite Marktvolumen im Bereich der Leitungsnetze wird von den befragten Unternehmen auf ca. 100 Mrd. € geschätzt.

Im Markt der *Wassergewinnung* herrscht heute schon ein reger Wettbewerb zwischen zahlreichen kleinen und regional aktiven Unternehmen. Der zukünftige Bedarf an Technologien zur Wassergewinnung wird nach Aussage der befragten Unternehmen von wenigen technologisch führenden Unternehmen bedient werden.

Im Bereich der *Wasseraufbereitung* konkurrieren auf dem deutschen Markt kleine und mittlere Anlagenbaufirmen in einem scharfen Preiswettbewerb vor allem bei öffentlichen Aufträgen. Für die steigende Anzahl an Sanierungs- und Ersatzmaßnahmen auf Grund des teilweise hohen Alters der vorhandenen Anlagen werden kostengünstige Standardlösungen, die von kleinen Unternehmen geliefert werden können, erwartet. Demzufolge sehen die großen Anlagenbauer hier nur geringes Marktpotential. Die globale Wettbewerbsintensität im Bereich Wasseraufbereitung wird heute als durchschnittlich eingestuft. Insbesondere Anbieter dezentraler Aufbereitungsanlagen rechnen in Zukunft mit einem zunehmenden Wettbewerbsdruck. Die EBIT- Margen liegen heute zwischen 5 und 10 %.

Der Wettbewerbsdruck im Bereich der *Leitungssanierung* wird in Zukunft bei einer zunehmenden Internationalisierung der Anbieter steigen. Insbesondere amerikanische Unternehmen werden auch in den wachstumsstarken europäischen Markt eintreten.

Insgesamt sind nach Auffassung der befragten Unternehmen im Bereich der Wasserversorgung Osteuropa, Russland und Asien die wichtigsten Absatzmärkte. Deutschland hat zumeist

nur eine geringe Bedeutung. Je nach Branche verschiebt sich jedoch die Bedeutung der einzelnen Märkte. So sehen die befragten Unternehmen heute für den Bau von zentralen Wasseraufbereitungsanlagen China als wichtigsten Absatzmarkt. Hohes Wachstumspotential wird bei zentralen Anlagen in Osteuropa und Russland gesehen, während sich die Bedeutung des chinesischen Marktes für dieses Gebiet in zehn Jahren verringern wird.

Regenwassermanagement

Die Nutzung von Regenwasser wird nach Einschätzung der befragten Unternehmen in Zukunft ebenso wie die Nutzung von Solarenergie zum Ausrüstungsstandard von Neubauten gehören. Vorrichtungen zur Regenversickerung zur Aufstockung des Grundwassers finden im Rahmen kommunaler Umweltschutzprojekte vermehrt Anwendung.

Trotz der derzeit schwachen Nachfrage gehen die befragten Unternehmen in Zukunft weltweit von einem jährlichen Wachstum von ca. 10 bis 15 % aus, da die Wasserpreise nach Einschätzung der Befragten stärker steigen als die Inflation und sich damit mittelfristig eine steigende Nachfrage nach Systemen zur Regenwassernutzung ergeben wird.

Trotz des starken Wachstumspotentials wird die Wettbewerbsintensität von den Unternehmen national wie international noch als gering eingestuft. Es werden EBIT-Margen von 10 bis 15 % erreicht. In zehn Jahren wird ein starker bis sehr starker Wettbewerb zwischen zahlreichen kleinen und großen internationalen Wettbewerbern erwartet. Es ist davon auszugehen, dass die derzeitigen Umsatzrenditen auf einstellige Prozentwerte sinken werden.

Der internationale Markt wird von den befragten Unternehmen als bedeutender Wachstumstreiber der nächsten Jahre angesehen. Auf Grund der teilweise sehr schlechten Infrastruktur im Bereich der Wasserversorgung sehen die Unternehmen im Ausland ein starkes Wachstumspotential (z. B. durch die angestrebte Harmonisierung der europäischen Standards in der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung). Der Schritt in ausländische Märkte gestaltet sich jedoch schwierig, da aufgrund der Größe der Anlagen der Logistikaufwand für den Export sehr hoch ist.

Reduktion von Verbrauch und Stoffeintrag

Im Bereich der *Verbrauchsgeräte und Armaturen* liegen die wesentlichen Markttrends in der Kombination von Wassersparen, Energiesparen und stärkerer Hygiene. Eine stabile Nachfrage für wassersparende Armaturen wird im Bereich von Krankenhäusern, Hotels und öffentlichen Einrichtungen erwartet. Auch in der Landwirtschaft, die derzeit einen Großteil des jährlichen,

weltweiten Wasserverbrauchs tätig, besteht großes Wachstumspotential für wassersparende Techniken (z. B. Mikrobewässerungssysteme).

Im Bereich der *Behandlung von industriellem Prozesswasser* geht der Trend zum dezentralen Betrieb von Anlagen auf dem Gelände von Industriebetrieben. Der kommunale Markt für zentrale Wasseraufbereitungsanlagen (z. B. Kläranlagen) wird in Deutschland nach Ansicht der Befragten nicht mehr stark wachsen. Bedingt durch die zunehmende Modernisierung von industriellen Prozesswasserkreisläufen, vor allem aber durch die anstehende Umstellung kommunaler Klärwerke auf Membranfilter, gehen die befragten Unternehmen im Bereich der *Filtertechnologie* für die Zukunft von einem großen Wachstumspotential aus.

Insgesamt umfasst der Weltmarkt für Anlagen zur Reduktion des Wasserverbrauchs und des Stoffeintrags nach Einschätzung der befragten Unternehmen ein Marktvolumen von ca. 35 Mrd. EUR. Die befragten Unternehmen erwarten für die nächsten Jahre ein zunehmendes Wachstum zwischen 15 und 20 %.

Die Wettbewerbsintensität wird heute national wie international als moderat eingestuft. In zehn Jahren wird ein sehr intensiver, internationaler Wettbewerb erwartet. Besonders im Bereich der *Filtertechnologie* zeichnen sich nach Aussage der Befragten Konsolidierungstendenzen in der Branche ab.

Die Leistungsfähigkeit deutscher Unternehmen wird insgesamt als gut beurteilt. Stark zunehmender internationaler Wettbewerb, Konsolidierungstendenzen sowie die hohen Lohnnebenkosten führen nach Meinung der Unternehmen jedoch zu einer nur eingeschränkten kostenseitigen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen im internationalen Vergleich.

Die wichtigsten Märkte für Unternehmen im Bereich der Reduktion von Wasserverbrauch und Stoffeintrag sind derzeit Westeuropa sowie Nordamerika. Für wassersparende Armaturen ist Deutschland der wichtigste Markt, da hier das Umweltbewusstsein am stärksten ausgeprägt ist. Im Bereich der Prozesswasserbearbeitung und der Filtertechnologie sind Osteuropa, Russland und Nordamerika die bedeutendsten ausländischen Märkte. In zehn Jahren werden nach Meinung der befragten Unternehmen jedoch Russland und China die wichtigsten ausländischen Märkte sein.

Abwasserentsorgung

Jährlich müssen ein bis zwei Prozent der *Abwasserinfrastruktur* erneuert werden, wobei es aufgrund zu geringer Erneuerungsraten in vielen Kommunen in der Vergangenheit einen stei-

genden Investitionsbedarf für die Sanierung und Erneuerung von Leitungsnetzen gibt. Aufgrund der teilweise sehr schlechten Infrastruktur und des steigenden Umweltbewusstseins sehen die befragten Unternehmen im Bereich der Infrastruktursanierung hohes Wachstumspotential im Ausland. Das jährliche Investitionsvolumen im Bereich der Wasserinfrastruktur wird von Experten weltweit auf über 100 Mrd. € geschätzt.

Da kommunale Abwassernetze bereits oft überlastet sind, werden dezentrale Lösungen für die Wasseraufbereitung und Wasserreinigung, sogenannte *Kleinkläranlagen*, an Attraktivität gewinnen. Nach Auffassung der befragten Unternehmen wird sich das Marktvolumen für die dezentrale Wasserbehandlung und Abwasseraufbereitung im Laufe der nächsten 15 Jahre verdoppeln. Schon heute gehen die befragten Unternehmen im Bereich der dezentralen Abwasserbehandlung in Deutschland von einem Marktvolumen von ca. 700 Mio. € aus.

Im Bereich der *Großkläranlagen* für industrielle Abwässer geht das Investitionsvolumen für Anlagen in Deutschland derzeit leicht zurück. Demgegenüber verzeichnen die Unternehmen einen starken Zuwachs an Neuinvestitionen in Osteuropa. Experten beziffern das weltweite Marktvolumen im Bereich der Abwasseraufbereitung heute auf ca. 8 bis 10 Mrd. € und gehen von einem jährlichen Wachstum von ca. 10 bis 15 % aus.

Bei *Infrastruktursanierungen* herrscht bei Hausanschlüssen und nicht begehbaren Kanälen ein starker Wettbewerb. Hier gibt es bereits standardisierte Verfahren, die meist von kleinen Installateurbetrieben angeboten und durchgeführt werden. Im Bereich der *Großkläranlagen* zur Aufbereitung industrieller Abwässer sehen sich die befragten Unternehmen einem zunehmend starken Wettbewerb aus Asien, insbesondere aus China und Indien gegenüber. Insgesamt beurteilen die deutschen und europäischen Unternehmen ihre kostenseitige Wettbewerbsfähigkeit als schlecht, sodass sich deutsche und andere europäische Unternehmen in hoch spezialisierte Nischen für individuelle Lösungen oder sehr servicelastige Marktsegmente zurückziehen müssen. Auch im Segment der *Kleinkläranlagen* rechnen die Unternehmen zukünftig mit einer starken Zunahme des Wettbewerbs und neuen Anbietern aus China und Indien.

Die befragten Unternehmen sehen eine steigende Bedeutung ausländischer Märkte für das gesamte Handlungsfeld der Abwasserentsorgung. Während die meisten ausländischen Märkte heute im Durchschnitt eine mittlere Bedeutung haben, wird Nordamerika in zehn Jahren eine sehr hohe Bedeutung bekommen. Ebenso werden osteuropäische Länder und Russland in zehn Jahren von hoher Bedeutung für die Unternehmen sein.

Schlammbehandlung

Nach Einschätzung der befragten Unternehmen beträgt das weltweite Marktvolumen im Bereich der Schlammbehandlung ca. 2,5 Mrd. €. Spezialisierte Anbieter gehen von einem kontinuierlich starken Wachstum aus und rechnen mit einer Verdopplung des Marktvolumens bis zum Jahre 2020. Im Bereich der Abwasserschlämme gehen die Unternehmen von zunehmend dezentraler Behandlung und einem daraus folgenden Trend zu Kleinanlagen aus. Die klassischen Maschinenbauer (z. B. Hersteller von Schneckenpressen zur Klärschlammbehandlung in Großkläranlagen) rechnen daher mit einer stagnierenden Entwicklung der Nachfrage.

Weltweit herrscht bereits heute ein intensiver Wettbewerb im Produktbereich Schlammbehandlung. Besonders starke Anbieter werden dabei in England und Frankreich gesehen (z. B. Thames Water oder Suez). Nach Einschätzung der befragten Unternehmen werden sowohl die Wettbewerbsintensität als auch die EBIT-Marge, die heute bei 3 bis 4 % liegt, in Zukunft stabil bleiben. Besonders im Segment der industriellen Schlammbehandlung sowie der kommunalen Abwasserbehandlung rechnen die Unternehmen mit einer zunehmenden Zahl von Unternehmenszusammenschlüssen.

Für die befragten Unternehmen ist Deutschland mit ca. 50 % Umsatzanteil der größte Markt. Die wichtigsten ausländischen Märkte sind heute Westeuropa und China. Während Westeuropa in Zukunft an Bedeutung verlieren wird, werden neben China der Nahe Osten, Osteuropa sowie Russland die Zukunftsmärkte der Branche darstellen.

Hochwasserschutz

Die Nachfrage im Bereich des *Hochwasserschutzes* ist nach Meinung der befragten Unternehmen grundsätzlich stark von der öffentlichen Aufmerksamkeit abhängig, die wiederum oft erst nach Katastrophen hinreichend groß wird, um Investitionen zu bewirken. So werden Mittel zur Deichsanierung oft nur kurzfristig und nach Katastrophen bereit gestellt. Nach Meinung der befragten Unternehmen wird sich das weltweite Marktvolumen im Bereich der Deichsanierung aufgrund von bisher unterlassenden Sanierungsarbeiten innerhalb der nächsten 15 Jahre verdoppeln. Der zunehmende Bedarf an innovativen Techniken zum Deich- und Wasserbau im Ausland wird zudem zu steigenden Exporten deutscher Produkte und Dienstleistungen führen. Bedingt durch die hohe Marktattraktivität und das große Marktpotential wird der Wettbewerb im Bereich *Hochwasserschutz* stark zunehmen. Auch wird eine zuneh-

mende Marktkonsolidierung erwartet. Besondere Bedeutung wird nach Meinung der befragten Unternehmen in Zukunft den Full Service Anbietern für fertige Deichsysteme zukommen.

Für *Hochwasser-Frühwarnsysteme* besteht nach Aussage der befragten Experten nur theoretisch ein hoher Bedarf. Zwar sind rund 90 % der Küsten der Welt von Flutwellen bedroht, allerdings existiert in der Regel nur ein sehr geringes Problembewusstsein, so dass keine nennenswerte Nachfrage nach Hochwasser-Frühwarnsystemen besteht. Nach Aussage der befragten Experten verhindern die geringe Nachfrage sowie der hohe Komplexitätsgrad globaler Frühwarnsysteme, dass sich ein durch rein privatwirtschaftliche Unternehmen zu bedienender Markt entwickelt. Im Bereich der *Frühwarnsysteme* sind derzeit nur wenige Systeme im Einsatz. Aufgrund der langen Projektlaufzeiten und dem bevorstehenden Wechsel zu vollständig satellitenbetriebenen Systemen ist hier nicht mit steigendem Wettbewerb oder neuen Anbietern zu rechnen.

Für die deutschen Unternehmen im Bereich des Hochwasserschutzes sind heute neben Deutschland vor allem die Küstenregionen von West- und Osteuropa als Exportmärkte sehr relevant. Auch die USA sind für deutsche Unternehmen aufgrund ihrer langen Ozeanküsten und zahlreichen Flüsse wichtig. In Zukunft wird vor allem Russland an Bedeutung gewinnen, auch China und Indien werden sich zu großen Märkten entwickeln.

9.4 Positionierung deutscher Unternehmen

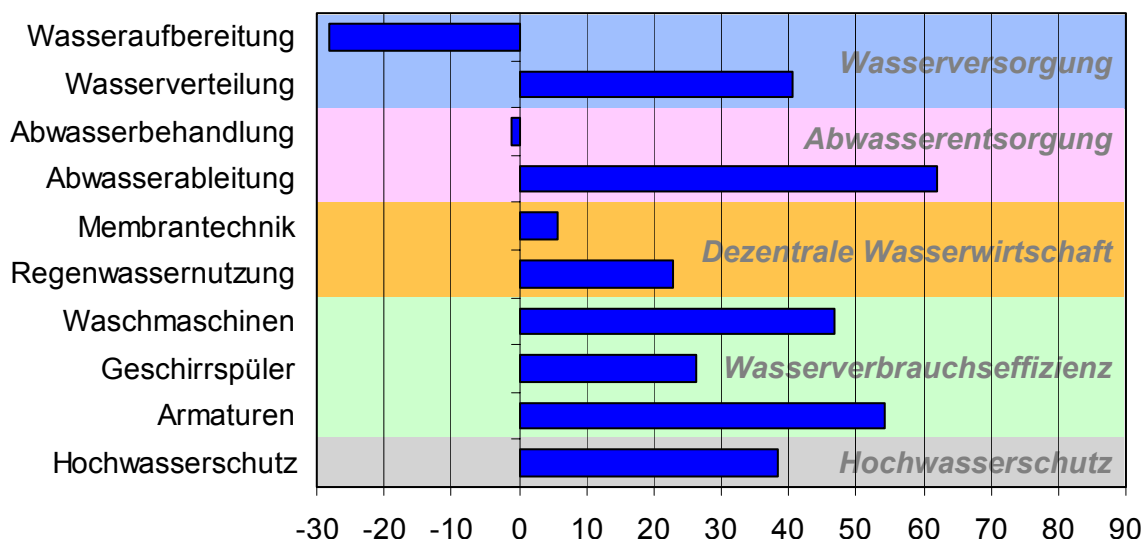
9.4.1 Innovationsstärke

Zur quantitativen Messung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen in den relevanten Technologielinien kommt zunächst eine Kennziffer für die Patentspezialisierung zum Einsatz (vgl. Kap. 5.2). Der relative Patentanteil (RPA) erlaubt den Vergleich der Bedeutung der Technologielinien des Handlungsfeldes mit der Patententwicklung insgesamt. Ist der Patentanteil für die Technologielinie überdurchschnittlich hoch, nimmt der RPA-Indikator einen positiven Wert an. Dies drückt eine Spezialisierung der Wissensbasis aus und weist auf eine starke Ausgangsposition der Technologielinie innerhalb der gesamten Wirtschaft hin.

Wie Abbildung 9-6 zeigt, sind fast alle betrachteten Einzeltechnologien der nachhaltigen Wasserwirtschaft durch positive RPA-Werte gekennzeichnet, d. h. durch einen Anteil an den Patenten der gesamten inländischen Industrie, der zum Teil deutlich höher ist als im weltweiten Durchschnitt.

Abbildung 9-6:

RPA-Werte verschiedener Einzeltechnologien der nachhaltigen Wasserwirtschaft im Zeitraum 2002 bis 2004

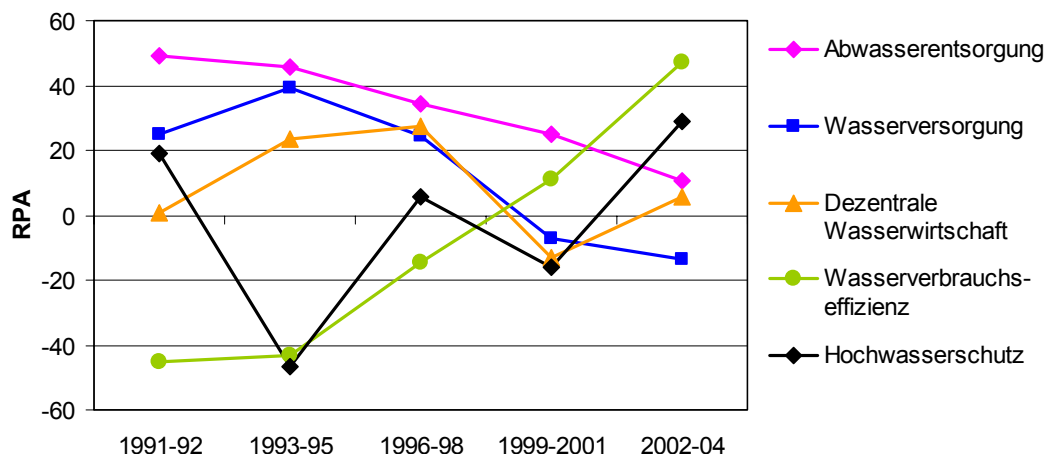


Quelle: Fraunhofer-ISI.

Die einzigen Bereiche mit schwachen (negativen) RPA-Werten sind die (Trink-)Wasseraufbereitung und, in geringerem Umfang, die Abwasserbehandlung. Beide sind gefolgt von der Membrantechnik, die einen RPA von nur wenig mehr als 0 aufweist. Es handelt sich dabei um dieselben Bereiche, die auch hinsichtlich der Innovationsdynamik dem weltweit seit Mitte der 1990er Jahre ansteigenden Trend nicht folgen konnten.

In Abbildung 9-7 sind die Einzeltechnologien zu Technologielinien zusammengefasst. Die schwache Performance bei der Membrantechnik ist eine Erklärung für den Verlauf der RPA-Werte für die dezentrale Wasserwirtschaft und in geringerem Umfang die Abwasserentsorgung, deren integraler Bestandteil die Membrantechnologie ist. Ausgehend von einer positiven Spezialisierung Anfang der 1990er Jahre, stellen sich beide Technologielinien nach einem negativen Trend Ende der 1990er Jahre heute schwach positiv dar.

Abbildung 9-7:
RPA-Werte wasserrelevanter Technologielinien und ihre Veränderung für Deutschland im Zeitverlauf



Quelle: Fraunhofer-ISI.

Wasserinstallationen, Regenwassernutzung und (wassersparende) Geschirrspüler sind die durch RPA-Werte zwischen 20 und 30 und damit durch eine relative starke Spezialisierung gekennzeichnet. Zumindest hinsichtlich der der Wasserversorgung zugeordneten Wasserverteilungsinstallation stimmt dieser Befund mit der Innovationsdynamik überein, die sich aus dem relativen Anstieg der Patentzahlen in Abbildung 9-1 ableiten lässt. Die in Abbildung 9-7 hinsichtlich der Wasserversorgung insgesamt zu beobachtenden niedrigeren RPA-Werte sind hingegen auf die Wasseraufbereitung als weitere Komponente der Wasserversorgung zurückzuführen. Die Regenwassernutzung wurde aufgrund der geringen Patentzahlen in Abschnitt 9.2.1 nicht quantitativ betrachtet und auch hinsichtlich der Veränderung des RPA im Zeitverlauf kommt sie im Kontext der dezentralen Wasserwirtschaft aufgrund ebendieser wenigen Patente nicht zum Tragen.

Die starke Position der Abwasserkanäle kommt in der Abwasserentsorgung nur teilweise zum Tragen, weil die absoluten Patentzahlen hier niedriger sind als bei der Abwasserbehandlung. Folglich kann eine in der Vergangenheit starke Position aufgrund eines sinkenden Trends in der jüngsten Vergangenheit nur knapp gehalten werden.

Des Weiteren ergibt sich hinsichtlich des Hochwasserschutzes bei der Innovationsdynamik (vgl. Abbildung 9-5) und den aktuellen RPA-Werten (vgl. Abbildung 9-6 und Abbildung 9-7) ein recht konsistentes Bild, wobei zu berücksichtigen ist, dass die aggregierten Zahlen in Abbildung 9-7 auch noch den Analytikbereich umfassen.

Die stärkste Spezialisierung ist schließlich hinsichtlich (wassersparender) Waschmaschinen und Armaturen zu konstatieren, die RPA-Werte um 50 aufweisen. Sowohl diese hohen aktuellen Werte als auch ihr rasanter Anstieg im Verlauf der vergangenen eineinhalb Jahrzehnte spiegelt sich sowohl in Abbildung 9-4 als auch in Abbildung 9-7 wieder.

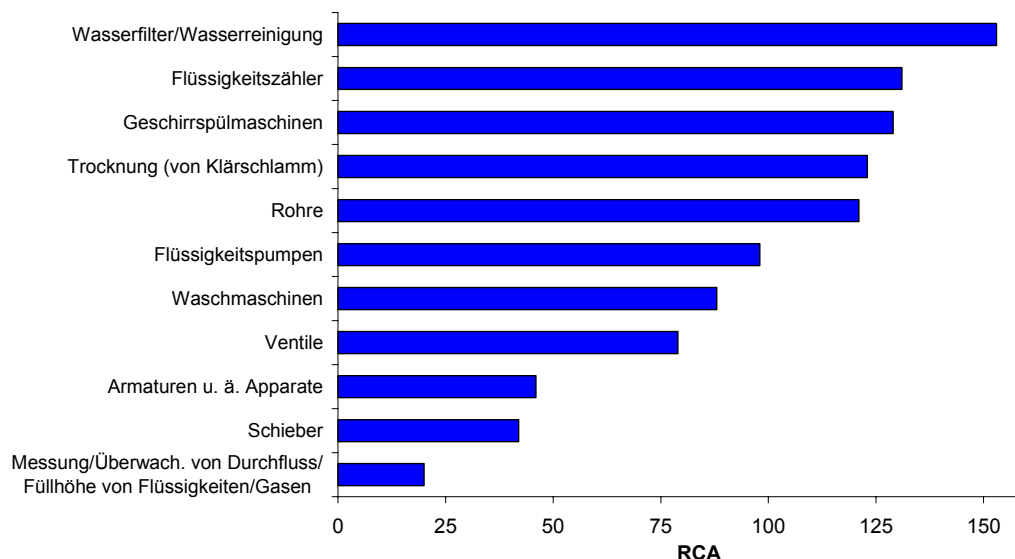
9.4.2 Außenhandelsstärke

Bedingt durch ihre jeweilige „historische“ Entwicklung und die unterschiedlichen Zielgruppen sind die Strukturierungen der für die Erfassung der Patentzahlen maßgeblichen *International Patent Classification* und des für den Außenhandel maßgeblichen Warenverzeichnisses für den Außenhandel sehr unterschiedlich. So gibt es aufgrund intensiver Innovationstätigkeit bei den Patenten zwar eine eigene Kategorie für die Trennung (bzw. Reinigung) mittels semi-permeabler Membranen, die durch Verschneidung mit dem Bereich Behandlung von Wasser, Schmutz- und Abwasser relativ passgenau auf die Membrantechnologie im Wasser- und Abwasserbereich zugeschnitten werden kann. Demgegenüber ist die Membrantechnologie im Warenverzeichnis anwendungsbezogen nur in ihrer Ausprägung für die Chloralkali-Elektrolyse enthalten, die für den Wasserbereich keinerlei Relevanz besitzt.

Abbildung 9-8 weist diejenigen Warengruppen aus, die für die Nachhaltigkeit der Wasserwirtschaft direkt relevant sind oder bei denen aufgrund des Potentialansatzes unterstellt wird, dass sie ihrer Art nach dem Handlungsfeld dienen könnten (vgl. Kap. 5.2). Allerdings ist es für einzelne Technologielinien nicht oder nur begrenzt gelungen, passende Warengruppen zu identifizieren (z. B. Regenwassermanagement). Die Außenhandelsstärke wird anhand des Revealed Comparative Advantage (RCA) gemessen, wobei positive Vorzeichen auf komparative Vorteile, d. h. also auf eine starke internationale Wettbewerbsposition der betrachteten Warengruppe im betrachteten Land hindeuten.

Abbildung 9-8:

Relative Außenhandelsorientierung deutscher Hersteller von für eine nachhaltige Wasserwirtschaft relevanten Warengruppen, gemessen als RCA



Quelle: Fraunhofer-ISI.

Es fällt auf, dass alle aufgeführten Warengruppen positive RCA-Werte und damit eine gute internationale Wettbewerbsposition Deutschlands ausweisen. In 7 von 11 Fällen liegen die Werte sogar über 80, so dass von einer starken Außenhandelsorientierung und einer entsprechend guten internationalen Wettbewerbsfähigkeit ausgegangen werden kann. Darüber hinaus zeigt Tabelle 9-2, dass es sich dabei um eine auch im Zeitverlauf stabile Entwicklung handelt. So lassen sich in 7 Fällen über den Beobachtungszeitraum hinweg eindeutige Trends erkennen, von denen 4 nach oben und 3 nach unten weisen. In keinem Fall ist dieser Trend jedoch so stark, dass er kurzfristig als grundsätzliche Änderung der Wettbewerbsfähigkeit (z. B. im Sinne eines Vorzeichenwechsels) gewertet werden kann.

Tabelle 9-2

Zeitliche Veränderung der RCA-Werte für die Relative Außenhandelsorientierung der Herstellung von für eine nachhaltige Wasserwirtschaft relevanten Warengruppen

Warengruppe	1996	2001	2005*
Wasserversorgung	70	87	100
Flüssigkeitspumpen	73	86	98
Rohre	35	72	121
Ventile	37	65	79
Schieber	55	45	42
Wasserfilter/Wasserreinigung	130	158	153
Abwasserentsorgung und Schlammbehandlung	168	162	123
Trocknung (von Klärschlamm)	168	162	123
Wassernutzungseffizienz	103	120	113
Geschirrspülmaschinen	130	159	129
Waschmaschinen	44	80	88
Armaturen	71	74	46
Hochwasserschutz	61	42	35
Flüssigkeitszähler	178	101	131
Messung/Überwachung von Durchfluss/Füllhöhe von Flüssigkeiten	39	28	20
Nachhaltige Wasserwirtschaft, insgesamt	74	90	94

* vorläufige Werte

Quelle: Statistisches Bundesamt, Außenhandel nach Waren und Ländern, FS 7, Reihe 2, Wiesbaden 1997, 2002, 2006.

9.4.3 Einschätzung der Unternehmen

Die befragten Unternehmen der Nachhaltigen Wasserwirtschaft beurteilen die Wettbewerbsposition und Leistungsfähigkeit der deutschen Unternehmen als gut. Deutschland hat nach ihrer Einschätzung in zahlreichen Bereichen des Handlungsfeldes eine technologische Führungsrolle. Insbesondere im Bereich der Techniken zur Reduktion von Verbrauch und Stoffeintrag sowie in der Abwasserbehandlung ist Deutschland aus Unternehmenssicht führend. Besonders stark sind deutsche Unternehmen nach Einschätzung der befragten Experten zudem im Bereich der Verfahrenstechnik, des Anlagenbaus und des Qualitätsmanagements. Trotz dieser überwiegend positiven Einschätzung der Wettbewerbsposition Deutschlands räumen beispielsweise Unternehmen in den Bereichen einfache Armaturen (Commodity-Produkte) und Regenwassermanagement ein, dass sie kostenseitig nicht ausreichend wettbewerbsfähig sind. Hier drängen vermehrt chinesische Anbieter mit deutlich günstigeren Preisen auf den Markt. Bei Kleinkläranlagen und UV-Strahlentechnik werden zudem die USA als technologisch führend eingestuft. Als große Schwäche sehen die Befragten die oft unbefriedi-

gende inländische Nachfrage nach innovativen Produkten. Zudem werden nach Aussage der Unternehmen die Innovationskraft und damit auch das Entwicklungspotential der Unternehmen im Inland häufig durch hohe bürokratische Hürden gebremst.

9.5 Innovationstreiber, Rahmenbedingungen und Handlungsbedarf aus Unternehmenssicht

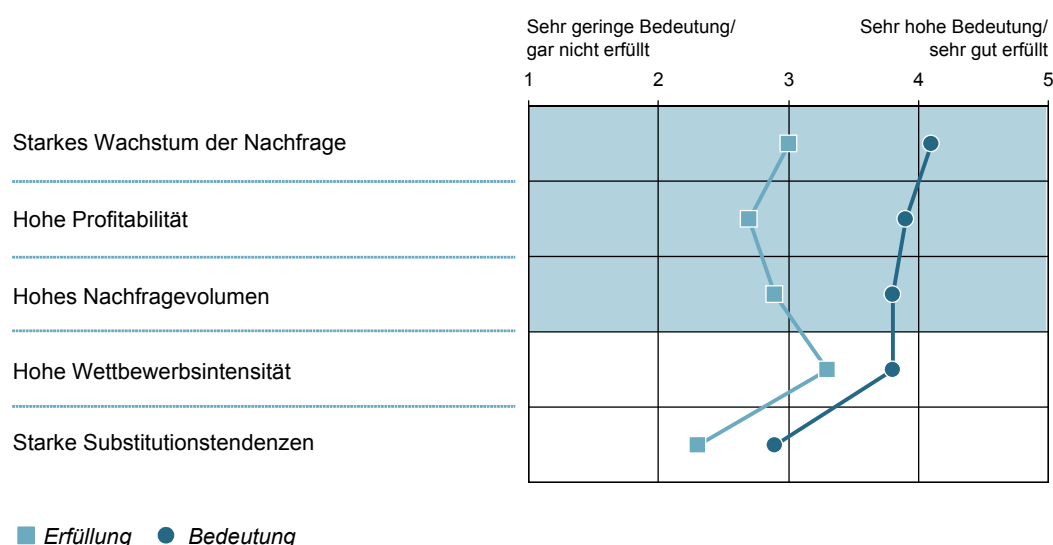
9.5.1 Bedeutung der Innovationstreiber aus Unternehmenssicht

Aus Unternehmenssicht spielen alle diskutierten Innovationstreiber eine wichtige Rolle für die Innovationstätigkeit der Unternehmen.

Marktumfeld

Beim Marktumfeld sind ein hohes Nachfragevolumen, hohe Profitabilität und starkes Wachstum der Nachfrage die wichtigsten Treiber für Innovationen. Allerdings werden alle drei Punkte als unzureichend bewertet. Starke Substitutionstendenzen spielen als Innovationstreiber keine wesentliche Rolle. Trotz der zum Teil hohen Bedeutung der Innovationstreiber wird die Erfüllung in fast allen Bereichen nur als mäßig beurteilt, was auf eine breite Unzufriedenheit mit der Innovationswirkung des gegebenen Marktumfeldes hindeutet (vgl. Abbildung 9-9).

Abbildung 9-9:
Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Marktumfeld



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

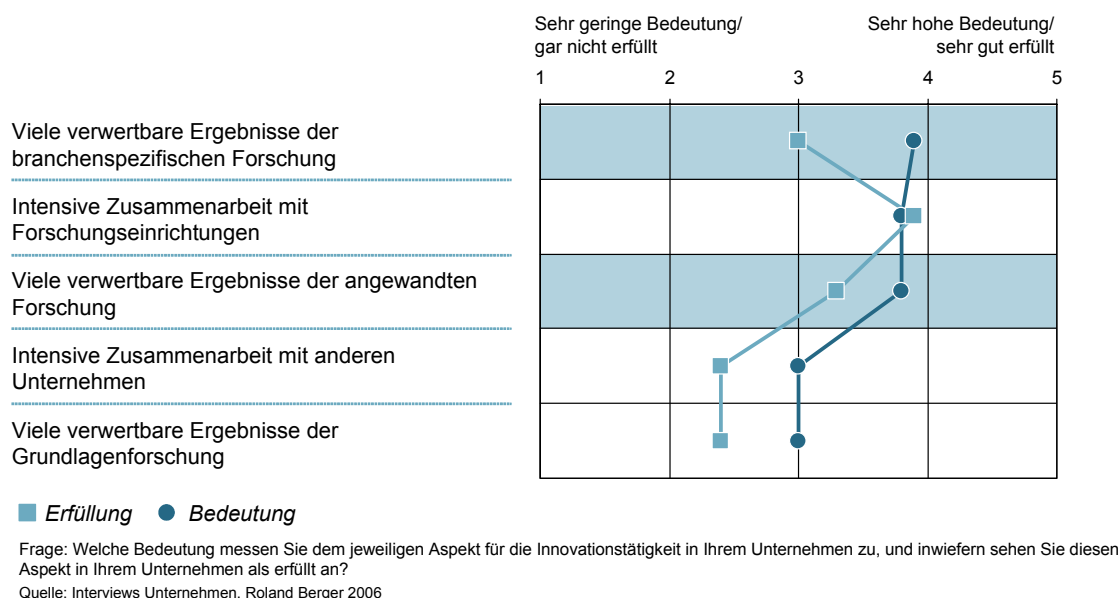
Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

Im Vergleich der Produktbereiche hat der Innovationstreiber Marktumfeld die größte Relevanz bei der Wasserversorgung, die Bedeutung der Profitabilität ist vor allem im Bereich der Wasserversorgung sehr hoch bewertet worden. In den Bereichen Regenwassermanagement und Reduktion von Verbrauch und Stoffeintrag wird einem starken Wachstum der Nachfrage die größte Relevanz zugeschrieben, während im Bereich Abwasserbehandlung eine hohe Wettbewerbsintensität den größten Einfluss auf die Innovationstätigkeiten der Unternehmen ausübt. Unzufrieden sind die Unternehmen aus dem Bereich Regenwassermanagement mit dem heutigen Wachstum der Nachfrage und der Profitabilität. Im Hochwasserschutz wird die Bedeutung des Marktumfelds als Innovationstreiber nicht als hoch angesehen, auch sehen die befragten Unternehmen hier nur wenig Verbesserungsbedarf. Gegen den Gesamttrend der Produktbereiche spielen starke Substitutionstendenzen im Bereich Schlammbehandlung eine wichtige Rolle. Hierbei handelt es sich um die Tendenz zur Substitution traditioneller, mechanischer Schlammbehandlungsverfahren durch neuere, innovativere Verfahren wie beispielsweise der Anaerobtechnik.

Forschung und Technologie

Die Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten in der angewandten sowie branchenspezifischen Forschung sind wichtige Treiber für Innovationen im Bereich Forschung und Technologie. Aus Sicht der Unternehmen besteht besonders in der branchenspezifischen und angewandten Forschung Verbesserungsbedarf (vgl. Abbildung 9-10). Dieser ist besonders stark in den Bereichen der Wasserversorgung, dem Regenwassermanagement und den Techniken zur Reduktion von Verbrauch und Stoffeintrag ausgeprägt. Die Unternehmen in den restlichen Produktbereichen zeigen nur geringen Verbesserungsbedarf an.

Abbildung 9-10:
Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Forschung & Technologie



Als sehr schlecht beurteilen die befragten Unternehmen im Bereich Abwasser die Grundlagenforschung in Deutschland. Hier wird nach Aussage der befragten Unternehmen zu wenig getan und nicht hinreichend zielgerichtet geforscht. Beispielsweise könnte die Ausweitung der Grundlagenforschung im Bereich der biotechnischen Verfahren oder der Nanotechnologie (Nanofiltration) wichtige Erkenntnisse für die Abwasserbehandlung liefern und die Innovationskraft deutscher Unternehmen stärken.

Unternehmen aus dem Bereich Hochwasserschutz sehen als wesentlichen Hebel zur Verbesserung der Innovationstätigkeit eine weitere Stärkung der Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Forschung sowie das Vorantreiben der branchenspezifischen Forschung, die ggf. im Bereich der Frühwarnsysteme und der Geokunststoffe zu wirtschaftlich verwertbaren Techniken und Produkten führen könnte.

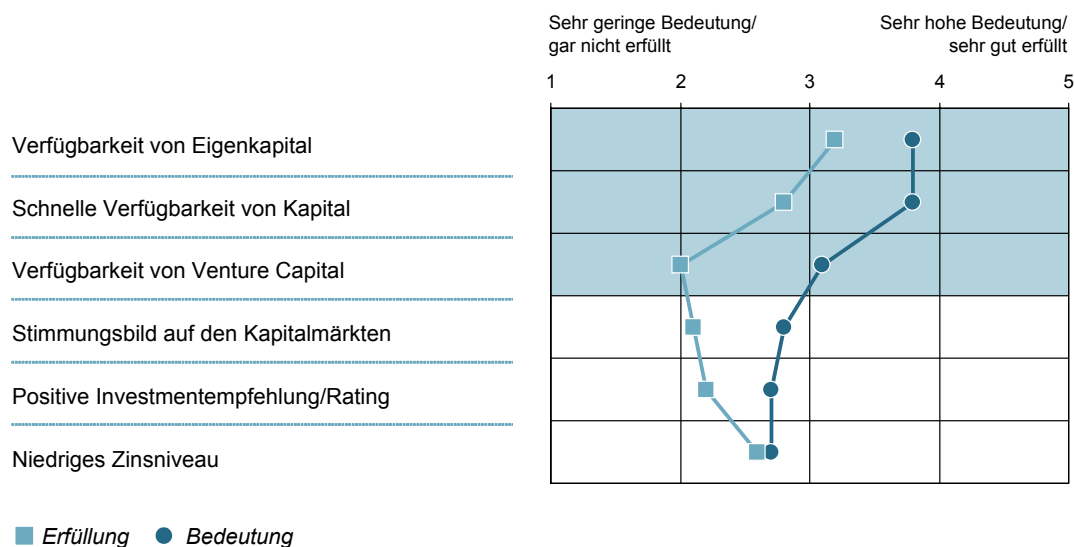
Da im Rahmen der Schlammbehandlung zumeist ausgereifte Technologien und Verfahren eingesetzt werden, ist die Bedeutung der Forschung und Technologie als Innovationstreiber nach Einschätzung der Befragten gering. Einzig die Grundlagenforschung wird hier als bedeutender Faktor angesehen.

Kapitalmarkt

Im Bereich des Kapitalmarktes sind die Verfügbarkeit von Eigenkapital sowie die schnelle Verfügbarkeit von Kapital die wichtigsten Treiber für Innovationen. Allerdings werden beide Punkte nicht als sehr gut erfüllt erachtet. Insbesondere die Verfügbarkeit von Venture Capital

und das Stimmungsbild auf den Kapitalmärkten werden aus Unternehmenssicht als schlecht beurteilt (vgl. Abbildung 9-11).

Abbildung 9-11:
Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Kapitalmarkt



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

Im Bereich der Wasserversorgung, des Regenwassermanagements und der Techniken zur Reduktion von Verbrauch und Stoffeintrag ist die Bedeutung der Verfügbarkeit von Venture Capital für die Innovationskraft überdurchschnittlich hoch – hier besteht aus Unternehmenssicht auch deutlicher Verbesserungsbedarf. In den übrigen Produktfeldern beurteilen die Unternehmen den Zugang zu Venture Capital als zufriedenstellend.

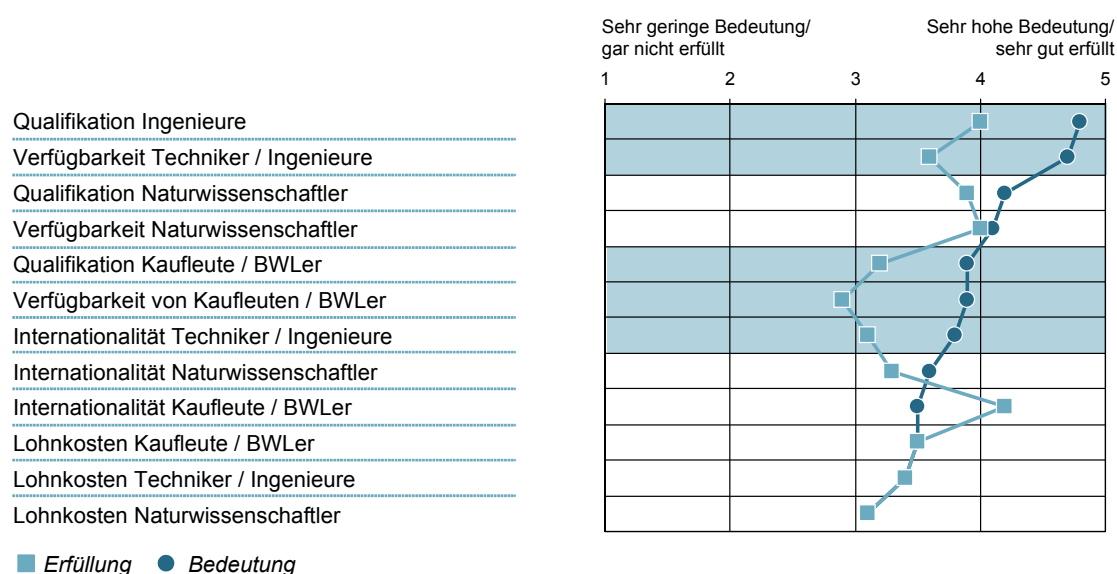
Unternehmen aus dem Bereich Regenwassermanagement äußerten, dass die Ausstattung mit Eigenkapital sowie die schnelle Verfügbarkeit von Kapital von hoher Bedeutung ist. Hier sehen die Unternehmen noch Verbesserungspotential. Die hohen Investitionen in Forschung und Entwicklung werden oft selbst finanziert, da bedingt durch Eigenkapitalschwäche und einem schlechten Rating der Zugang zu Fremdkapital begrenzt ist.

Von kleinen Unternehmen der Wasserversorgung wird dem Kapitalmarkt eine sehr hohe Bedeutung beigemessen. Sie sind bezüglich der Erfüllung sämtlicher Faktoren sehr unzufrieden. So fehlt es nach Aussage der befragten Unternehmen oft an der nötigen Eigenkapitalstärke und an Sicherheiten zur Aufnahme von Fremdkapital, das für die Entwicklung von Innovationen benötigt wird. Zudem wirken sich die langen Bearbeitungszeiten bei der Mittelbewilligung durch Banken oder Förderinstitutionen bremsend auf die dynamischen und zeitkritischen Innovationsprozesse aus.

Arbeitsmarkt

Die Verfügbarkeit von Ingenieuren sowie die Qualifikation der Mitarbeiter sind die wichtigsten Treiber für Innovationen im Bereich des Arbeitsmarktes. Besonders bei der Verfügbarkeit und Qualifikation von Ingenieuren und der Verfügbarkeit von Naturwissenschaftlern sowie bei der Internationalität der Ingenieure sehen die Unternehmen Handlungsbedarf (vgl. Abbildung 9-12).

Abbildung 9-12:
Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Arbeitsmarkt



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

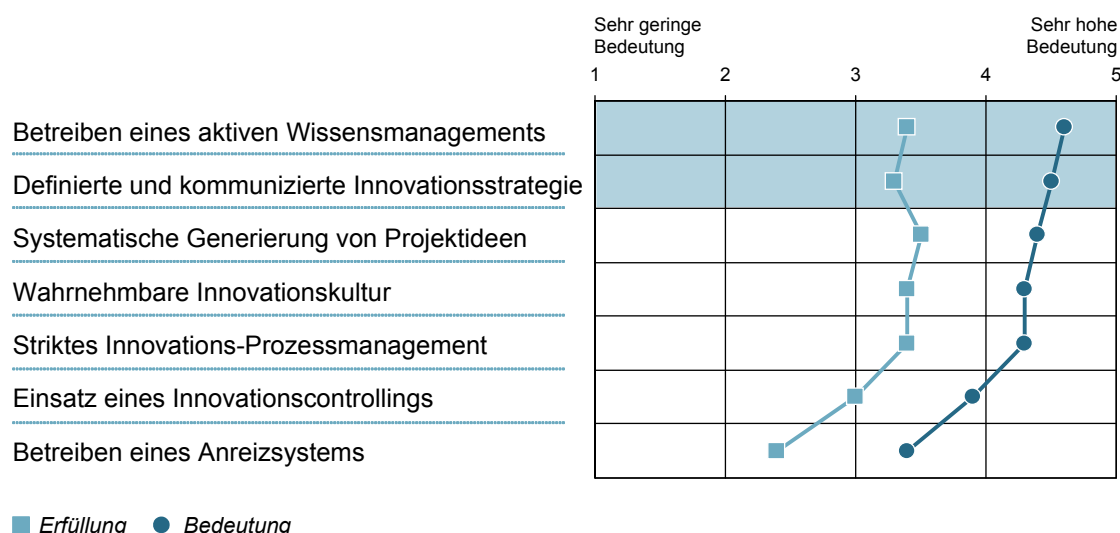
Besonders unzufrieden sind Unternehmen aus dem Bereich der Wasserversorgung mit der Verfügbarkeit von Ingenieuren, den Lohnkosten der Kaufleute sowie insgesamt mit der Internationalität der verfügbaren Kräfte. Einzig die Qualifikation der Mitarbeiter wird in allen Bereichen als gut bis sehr gut erfüllt eingeschätzt.

Innovationsmanagement

Das Innovationsmanagement wird von den Unternehmen als der absolut wichtigste Innovationstreiber betrachtet. Besonders einer klaren Innovationsstrategie und dem Wissensmanagement kommen große Bedeutung zu, hier besteht auch der größte Handlungsbedarf (vgl. Abbildung 9-13).

Abbildung 9-13:

Nachhaltige Wasserwirtschaft – Innovationstreiber Innovationsmanagement



Frage: Welche Bedeutung messen Sie dem jeweiligen Aspekt für die Innovationstätigkeit in Ihrem Unternehmen zu, und inwiefern sehen Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen als erfüllt an?

Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

Im Bereich Abwasser sind die Innovationsstrategie, das Innovationscontrolling sowie das Wissensmanagement von hoher Relevanz. Verbesserungsbedarf sehen die Unternehmen insbesondere im Bereich der Innovationsstrategie und des Innovationscontrollings. Hier werden Förder- und Aufklärungsprogramme zum Thema Innovationsmanagement als geeigneter Hebel zur Steigerung der Innovationskraft gesehen. Grundsätzlich besteht bei allen Faktoren des Treibers Innovationsmanagement nach Meinung der befragten Unternehmen Verbesserungsbedarf. Innovationsmanagement im Unternehmen zu fördern ist nach Aussage der Befragten jedoch nicht das Aufgabengebiet der Politik.

9.5.2 Einfluss der existierenden politischen Rahmenbedingungen auf die Innovationstätigkeit der Unternehmen

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, die Trinkwasserverordnung und das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz sind nach Aussage der Unternehmen die wichtigsten Gesetze für die Branche. Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz sowie das Elektro- und Elektronikgerätegesetz haben den mit Abstand geringsten Einfluss. Die befragten Unternehmen betonen, dass für die Innovationstätigkeit der Unternehmen eine schnelle Harmonisierung von Gesetzen und technischen Regelwerken auf EU-Ebene wichtig ist.

In den Bereichen Schlammbehandlung weist das EEG eine überdurchschnittlich hohe Bedeutung auf, was sich durch die zunehmende energetische Verwertung von Klär- und Industrieschlämmen aus Biomasse erklären lässt.

Im Bereich der Abwasserentsorgung setzen die Trinkwasserverordnung, das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz und das Bundesemissionsschutzgesetz die wichtigsten gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Unternehmen. Sie stellen das Regelwerk, nach dessen Voraussetzungen Abwasser in Deutschland behandelt wird. Ihnen kommt somit großer Einfluss auf die Innovationstätigkeit der Unternehmen zu. So werden im Rahmen der oben genannten Gesetze wichtige Richtwerte für die zulässige Belastung aufbereiteter Abwasser und Klärschlämme gesetzt. Im Bereich der industriellen Großkläranlagen sind zudem – bedingt durch die derzeitige Wettbewerbsposition – noch das EU-Recht sowie Fördermittelrichtlinien für Osteuropa von hoher Relevanz. Ihnen kommt ebenfalls ein nicht unbedeutender Einfluss auf die Innovationstätigkeit zu, da in den wachsenden Märkten Osteuropas die Nachfrage nach innovativen Lösungen steigt.

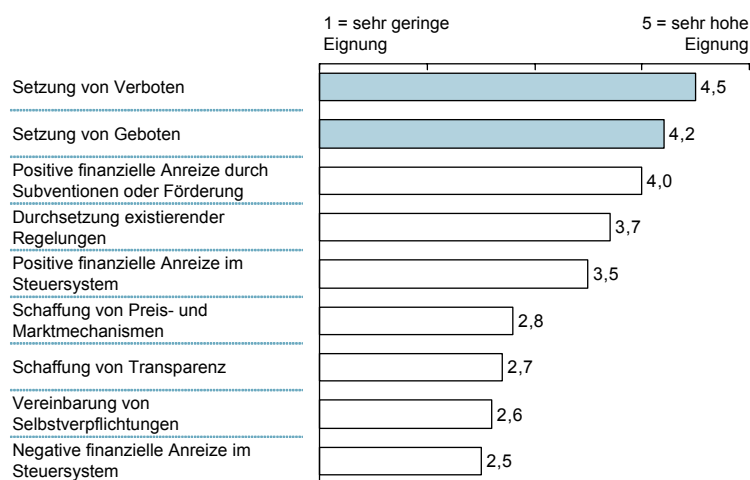
Im Bereich der Wasserversorgung setzen die Trinkwasserverordnung und das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz die wichtigsten gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Unternehmen, da sie die Nachfrage nach entsprechenden Produkten fördern. Die Branche ist stark von diesen gesetzlichen Regelungen abhängig, da z. B. Grenzwerte für Schadstoffe vorgegeben werden. In Deutschland fördert die Trinkwasserverordnung die Entwicklungen von Technologien, die noch Verbesserungspotential aufweisen, wie z. B. bei Membranfiltertechnologien.

9.5.3 Maßnahmen der Umweltpolitik zur Steigerung der Innovationstätigkeit und der Wettbewerbsfähigkeit aus Unternehmenssicht

Geeignete Wirkmechanismen

Das Setzen von Ge- und Verboten sowie eine direkte finanzielle Förderung von Innovationen sind aus Unternehmenssicht die effektivsten Wirkmechanismen zur Steigerung der Innovationskraft. Aber auch das Durchsetzen bereits existierender Regelungen sowie positive finanzielle Anreize im Steuersystem werden als wirksam erachtet. Negative finanzielle Anreize sind aus Unternehmenssicht dagegen kaum zur Förderung von Innovationen geeignet (vgl. Abbildung 9-14).

Abbildung 9-14:
Nachhaltige Wasserwirtschaft – Bewertung der Eignung politischer Wirkmechanismen



Frage: Für wie geeignet halten Sie die folgenden Arten von Wirkmechanismen für die Förderung der Innovationstätigkeit in Unternehmen der Umweltwirtschaft?

Quelle: Interviews Unternehmen, Roland Berger 2006

Besonders hohe Bedeutung kommt der strikteren Durchsetzung von existierenden Regeln im Bereich des Hochwasserschutzes, der Abwasserentsorgung und den Techniken zur Reduktion von Verbrauch und Stoffeintrag zu. Darüber hinaus schreiben Unternehmen aus den Bereichen Wasserversorgung und Abwasserbehandlung den positiven finanziellen Anreizen durch Subvention oder Förderung einen sehr hohen Einfluss zu.

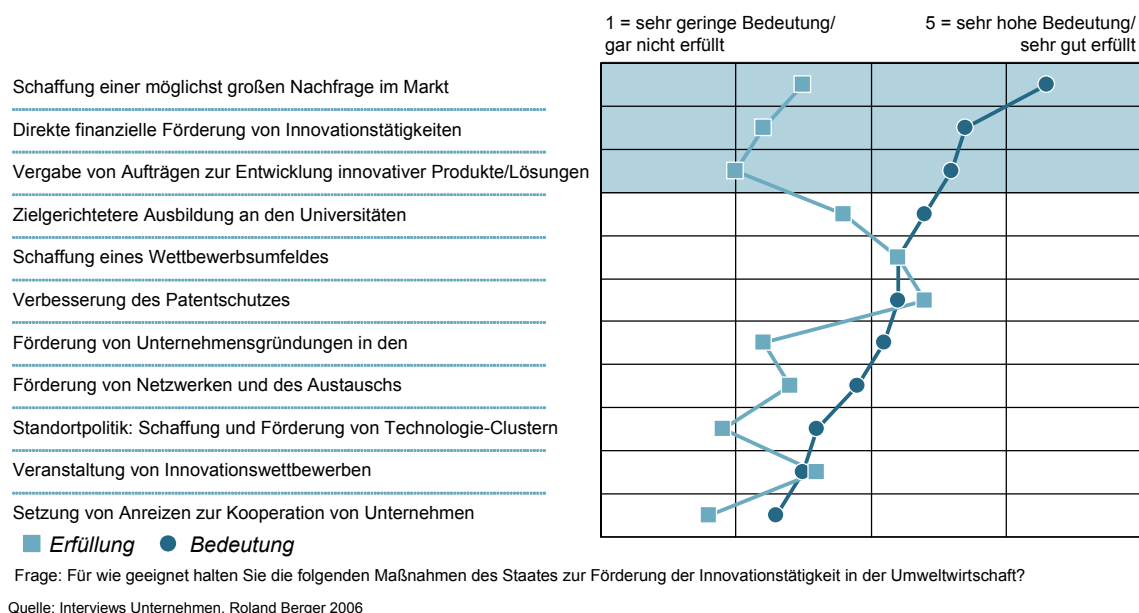
Übergreifende politische Maßnahmen

Nach Aussage der Unternehmen sollte sich der Staat bei der Ausgestaltung politischer Maßnahmen zur Innovationsförderung insbesondere auf die folgenden Themenbereiche konzentrieren (vgl. Abbildung 9-15):

- Schaffung einer möglichst großen Nachfrage am Markt nach Innovationen und innovativen Produkten,
- Direkte finanzielle Förderung von ausgewählten Innovationsfeldern,
- Gezielte Vergabe von Aufträgen zur Entwicklung innovativer Produkte.

Auffällig ist, dass diese drei von den Unternehmen als am wichtigsten wahrgenommenen Maßnahmen mit am geringsten umgesetzt sind.

Abbildung 9-15:
Nachhaltige Wasserwirtschaft – Bewertung politischer Maßnahmen zur Förderung von Innovationen



Im Marktumfeld der Unternehmen besteht Handlungsbedarf bei der Verbesserung der Unterstützung innovativer Produkte über Steuererleichterungen und direkte Subventionen. Des weiteren wäre nach Meinung der befragten Unternehmen auch eine grundsätzliche Förderung der Verwendung neuer, innovativer Technologien in öffentlichen Bereichen (z. B. bei Kommunen, Stadtverwaltungen und Ämtern) hilfreich, um deren Entwicklung durch Referenzprojekte zu unterstützen.

Die Unternehmen wünschen sich zudem finanzielle Unterstützung bei Forschung und Entwicklung. Bürgengemeinschaften aus Kommunen und öffentlichen Institutionen könnten ein sinnvolles Mittel sein, um kleinen und mittleren Unternehmen einen Zugang zu Bankkrediten zu ermöglichen. Die befragten Unternehmen sprechen sich auch für eine Beseitigung bürokratischer Hürden und für eine mehr praxis- und anwendungsorientierte Forschung aus. So sollten nach Aussage der Unternehmen mehr Mittel in Testanlagen und Pilotprojekte investiert werden.

Stärkere finanzielle Unterstützung sowohl bei der Unternehmensgründung als auch bei Forschung und Entwicklung wäre aus Sicht der Unternehmen auf der Kapitalmarktseite wünschenswert. KfW-Fördergelder sollten vorrangig an deutsche Unternehmen verteilt werden, so wie es die Förderbanken anderer Länder auch praktizieren. Die Verteilung von Fördergeldern sollte vereinfacht, entbürokratisiert und transparenter gestaltet werden. Innovative kleine

und mittlere Unternehmen sind großen Konzernen bei der Akquisition von Forschungsgeldern oft unterlegen, weil sie keine hinreichenden Ressourcen haben, die sich speziell um die Beantragung dieser Gelder kümmern. Gerade für innovative Start-ups ist es oft schwierig, das richtige Förderprogramm für die aktuelle Unternehmenssituation zu finden. In asiatischen Ländern wie z. B. in Malaysia oder in osteuropäischen Ländern ist es nach Aussage der Unternehmen wesentlich einfacher, an Fördergelder zu kommen.

Im Bereich des Arbeitsmarktes wünschen sich die Befragten mehr qualifizierte Ingenieure, eine zielgerichtete Ausbildung sowie mehr Praxisnähe in den naturwissenschaftlichen Bereichen. Beim Innovationsmanagement sehen die befragten Unternehmen keinen Handlungsbedarf für die Politik.

Spezifische Maßnahmen auf der Ebene der Produktbereiche

Über die allgemeinen Vorschläge hinaus wurden von den Unternehmen aus den jeweiligen Produktbereichen spezifische Handlungsansätze formuliert. So kommt in fast allen Produktbereichen der direkten finanziellen Förderung eine sehr hohe Bedeutung für Innovationen zu. Dort besteht in praktisch allen Produktfeldern (außer in der Abwasserentsorgung) noch großer Handlungsbedarf. Die konkreten Vorschläge zu Handlungsansätzen seitens der Unternehmen der einzelnen Produktbereiche sind im Folgenden aufgeführt.

Wasserversorgung

- Um innovative Produkte im Bereich der Wasserdesinfektion zu fördern, könnte der Staat durch Gesetze oder Verordnungen den Einsatz von Chlor zur Desinfektion limitieren, um alternative und umweltverträglichere Verfahren stärker in den Markt zu bringen.
- Insbesondere die kleinen und mittelständischen Unternehmen wünschen sich eine aktive Unterstützung bei der Erschließung internationaler Märkte, z. B. durch Finanzierung von Messeauftritten im Ausland.
- Von Seiten der Befragten wird eine bessere Verfügbarkeit von Venture Capital gefordert. Bürgschaften durch staatliche Einrichtungen könnten den Unternehmen zudem die Aufnahme von Bankkrediten erleichtern.
- Die Verfügbarkeit von Fachkräften könnte in der Zukunft problematisch werden und sollte durch politische Maßnahmen (z. B. Arbeitserlaubnis für ausländische Spezialisten) sichergestellt werden.

- Universitäten müssen nach Meinung der Experten besser mit der Industrie kooperieren. Die Lehrinhalte sollten besser auf die Anforderungen der Unternehmen abgestimmt werden.
- Um innovativen Techniken der Wasseraufbereitung zur Marktreife zu verhelfen, wünschen sich die befragten Unternehmen direkte finanzielle Förderungen solcher Techniken.

Regenwassermanagement

- Eine gesetzliche Förderung könnte nach Ansicht der Unternehmen auch im Bereich der Wasserwirtschaft zur Förderung der Regenwassernutzung eingesetzt werden. So könnten Wasserversorger, Großverbraucher (wie z. B. Flughäfen), Bauherren und Kommunen im Rahmen eines Regennutzungsgesetzes verpflichtet werden, Regenwasseraufbereitungsanlagen einzusetzen.
- Eine Erhöhung der Wasserpreise wäre nach Meinung der befragten Unternehmen nicht nur ressourcen- und umweltschonend, sondern würde zugleich die Entwicklung von innovativen Anlagen zur Regenwassernutzung durch eine Erhöhung der Nachfrage stärken.
- Staatliche Beteiligungsgesellschaften könnten als Kapitalgeber für junge Unternehmen auftreten. Bürgengemeinschaften aus Kommunen und öffentlichen Institutionen sind ein weiteres Mittel, um kleinen und mittleren Unternehmen einen Zugang zu Bankkrediten zu ermöglichen.
- Der Zugang zu öffentlicher Förderung wird häufig als äußerst kompliziert und langwierig beschrieben. Diesbezüglich wünschen sich Unternehmen eine Verringerung der Anforderungen bei der Antragstellung.
- Botschaften und Außenhandelskammern sollten stärker aktiv werden, um hilfreiche Kontakte an die Unternehmen zu vermitteln und bessere staatliche Unterstützung im Rahmen der Internationalisierung zu gewährleisten.

Reduktion von Verbrauch und Stoffeintrag

- Kleinere und mittlere Unternehmen wünschen sich eine stärkere Förderung bei der Unternehmensgründung für Unternehmen in den Umweltindustrien. Die Unternehmen sollten beispielsweise durch Beratungsdienstleistungen begleitet werden. Vor allem Ingenieure und Techniker haben oft nicht das erforderliche betriebswirtschaftliche Know-how, um ih-

re innovativen Ideen zu vermarkten. Diese Potentiale sollten mit Hilfe politischer Unterstützung gehoben werden.

- Um die Nachfrage nach entsprechenden Geräten zu steigern, wäre die Förderung der Verwendung von wassersparenden Geräten im öffentlichen Bereich hilfreich.
- Im Bereich des Marktumfeldes sollte nach Meinung der befragten Unternehmen das Ausschreibungssystem für Umweltprojekte verändert werden. Derzeit werden jeweils die günstigsten Lösungen ausgewählt, nicht jedoch die wirtschaftlichsten oder die technologisch besten. Funktional ausgerichtete Ausschreibungen bei öffentlichen Anlagen wären daher wünschenswert. Die Wahl der eingesetzten Technologie würde dann dem Bieter überlassen bleiben. Dies könnte innovativen Technologien und Unternehmen ein großes Marktpotential eröffnen, da konventionelle Verfahren mit neuen und oft hinsichtlich Effizienz, Effektivität und Betriebskosten überlegenen Verfahren konkurrieren müssten.

Abwasserversorgung

- Im Bereich der Sanierung der Infrastruktur ist der wichtigste Faktor für die Förderung der Innovationstätigkeit die Bereitschaft der Kommunen zur Sanierung der Abwasserkanäle. Hier wäre die Initiierung von innovativen Kooperationsmodellen (z. B. PPP) zur Auflösung des Instandsetzungsstaus bei der Wasserinfrastruktur (z. B. Kanalnetze) sinnvoll.
- Die stärkere Unterstützung der Grundlagenforschung im Bereich der biotechnologischen Verfahren oder der Nanotechnologie (Nanofiltration) könnte wichtige Erkenntnisse für die Abwasserbehandlung liefern und die Innovationskraft deutscher Unternehmen stärken.
- Eine Verbesserung des Innovationsmanagements könnte durch stärkere Förderung und Aufklärungsarbeit zum Thema Innovations- und Wissensmanagement (z. B. durch öffentliche Seminare und Fortbildungen) erreicht werden.
- Es sollte mehr Transparenz und ein klareres Regelwerk geschaffen werden, welches gesetzte Vorgaben und Richtwerte klar kommuniziert und der abwasserproduzierenden Industrie weniger Ausweichmöglichkeit bietet. Dieses würde es den Unternehmen zudem erlauben, das Marktumfeld und zukünftige Entwicklungen besser einzuschätzen.
- Die Privatisierung von Wasserversorgern und Klärwerken könnte zu einer Steigerung des Wettbewerbs und zur Förderung des Einsatzes innovativer Filtersysteme führen.

Schlammbehandlung

- Die befragten Unternehmen wünschen sich eine angepasste Verordnung zur Verschärfung der Anforderung an die industrielle Schlammbehandlung, um so die Nachfrage zu steigern.
- Als besonders wichtig betrachten die Befragten die Schaffung von langfristigen Regelungen zur Erhöhung der Planungssicherheit. Oft werden Investitionen zur Erfüllung neuer Verordnungen aufgeschoben, da es als wahrscheinlich betrachtet wird, dass diese mit einem politischen Wechsel wieder aufgehoben werden. Dieser Umstand verringert die Investitionsdynamik und hemmt Nachfrage und Innovation.
- Im Bereich von Forschung und Technologie sprechen sich die befragten Unternehmen für eine Beseitigung bürokratischer Hürden und für eine mehr praxis- und anwendungsorientierte Forschung aus.
- Eine Erhöhung der Mittel für Pilotanlagen zwecks Erforschung, Test und Präsentation innovativer Techniken zur Schlammbehandlung wäre sinnvoll für die Technologieentwicklung.

Hochwasserschutz

- Eine kontinuierliche und nachhaltige Erneuerung der Deich- und Hochwasserschutzsysteme erfolgt nach Aussage der befragten Unternehmen heute noch nicht in hinreichendem Maße. Eine Erhöhung der Transparenz im Bereich der öffentlichen Investitionspolitik im Deichbau und bei der Deichsanierung würde die Planbarkeit bei den beteiligten Unternehmen verbessern.
- Zuschüsse nach Katastrophen sollten kontrollierter und effektiver verteilt werden. Insbesondere ist hier eine zielgerichtete Investition in innovative Baustoffe bei der Deichsanierung (z. B. Geokunststoffe) zu nennen.
- Im Bereich der Fördermittel für Forschung und Entwicklung sollten Forschungsarbeiten im Mittelstand stärker und unbürokratischer gefördert werden. Die Anforderungen bei der Beantragung von Fördermitteln sollten für den Mittelstand in ihrem Umfang realisierbar gestaltet werden.
- Für den Arbeitsmarkt schlagen die Unternehmen grundsätzlich eine praxisnähere Ausbildung und die Vermittlung von branchenspezifischem Spezialwissen (z. B. Studium im Bereich Wasserbau) vor.

9.6 Fazit

Eine zusammenfassende schematische Einschätzung der Innovationsdynamik, des Marktpotentials sowie der Wettbewerbsfähigkeit im Bereich der nachhaltigen Wasserwirtschaft ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

Tabelle 9-3

Innovationsdynamik, Marktpotentiale und Wettbewerbsfähigkeit im Handlungsfeld nachhaltige Wasserwirtschaft

Technologielinie	Innovationsdynamik	Marktpotential	Wettbewerbsfähigkeit
Wasserversorgung	hoch	sehr hoch	gut
Abwasserentsorgung u. Schlammbehandlung	mittel	sehr hoch	gut
Semizentrale / dezentrale Konzepte	sehr hoch	mittel, stark steigend	gut
Wassernutzungseffizienz	hoch	hoch	sehr gut
Hochwasserschutz	hoch	hoch	gut

Der parallele methodische Ansatz von statistik- und literaturgestützter Analyse einerseits sowie Unternehmensbefragung andererseits erlaubt Erkenntnisse auf verschiedenen Aggregationsniveaus (Einzeltechnologien, Technologielinien, Märkte etc.). Diese Erkenntnisse sind grundsätzlich als komplementär zueinander zu sehen. Bezüglich einiger Aspekte werden jedoch widersprüchliche Einschätzungen deutlich. So hat Deutschland im Bereich der Filtertechnologie nach Einschätzung der befragten Unternehmen einen deutlichen Technologievorsprung. Dagegen ist die am RPA gemessene Innovationsstärke Deutschlands im Bereich Abwasserbehandlung und Membrantechnik eher schwach. Möglicherweise ist die Einschätzung der Unternehmen hier durch die außenwirtschaftlichen Erfolge, wie sie sich auch im RCA zeigen, geprägt ohne die globale Technikentwicklung genügend zu berücksichtigen. Eine vertiefte Analyse der internationalen Wettbewerbsfähigkeit anhand internationaler Vergleiche mit Spezialisierungsmustern anderer Länder könnte die Ursache solcher Widersprüche näher beleuchten und sie ggf. aufklären.

Zusammenfassend lassen sich aus der vorangegangenen Analyse für das Handlungsfeld "Nachhaltige Wasserwirtschaft" die in Tabelle 9-4 dargestellten Stärken, Schwächen, Chancen und Herausforderungen für die nachhaltige Wasserwirtschaft in Deutschland ableiten.

Tabelle 9-4

Ergebnisse der SWOT-Analyse im Handlungsfeld nachhaltige Wasserwirtschaft

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Hervorragende technologische Stellung bei zentralen Komponenten • Erhebliche internationale Wettbewerbserfolge der Technologiehersteller • Innovation und Diffusion durch Umweltpolitik getrieben 	<ul style="list-style-type: none"> • Massiv expandierender Weltmarkt • Massiven Reinvestitionsbedarf für Einsatz innovativer (dezentraler) Lösungen nutzen • Angestoßene Veränderungen in der Umweltregulierung für Generierung von Nachfrage und Ausrichtung auf dezentralere Technologieinnovationen nutzen • Konvergenz der Technologiebereiche frühzeitig herbeiführen
Schwächen	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none"> • Unbefriedigende Nachfrage nach neuen Entwicklungen, insbesondere bei nicht-konventionellen Lösungen • Unternehmen der Wasserwirtschaft kaum international ausgerichtet • Einbettung der zahlreichen (kleineren, öffentlichen) wasserwirtschaftlichen Betriebe in das Innovationssystem • Uneinheitliche Handhabung von Vorschriften 	<ul style="list-style-type: none"> • Umlenkung der Exporterfolge auf schnell expandierende Märkte • Wiedererlangung des früheren Spezialisierungsvorteils bei der Wissensbasis, bei gleichzeitiger Orientierung auf nicht-traditionelle Bereiche • Ausrichtung des Regulationsregimes für Offenheit gegenüber neuen Lösungen • Herausbildung von international schlagkräftigen wasserwirtschaftlichen Unternehmen

10 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die in dieser Studie durchgeführte Bestandsaufnahme und Auswertung wichtiger Dokumente belegt, dass trotz der Unterschiede in der Einschätzung einzelner Bereiche ein internationaler Konsens über einen Kern zentraler ökologischer Herausforderungen auf globaler Ebene besteht. Der Konsens umfasst als Zielbereiche den Klimaschutz, den Erhalt der biologischen Vielfalt, die Wasserversorgung einschließlich Abwasserentsorgung und Gewässerschutz sowie den Gesundheitsschutz. Es ist zu erwarten, dass dieser Kern an ökologischen Herausforderungen in den nächsten Jahrzehnten seine Gültigkeit behalten wird, auch wenn es in Einzelbereichen zu Entschärfungen oder zum Auftreten neuer Umweltprobleme kommen kann. Zu erwarten ist auch, dass sich angesichts der weltwirtschaftlichen Entwicklungstendenzen einige Schwerpunkte wichtiger ökologischer Herausforderungen allmählich hin zu Schwellen- und Entwicklungsländern, insbesondere auch hin zu China und Indien, verlagern werden.

Die globale Dimension und die Persistenz der ökologischen Herausforderungen konstituieren aus ökonomischer Perspektive sich dynamisch entwickelnde und mittel- und langfristig bedeutende Märkte für umweltfreundliche Innovationen und für neue, umweltentlastende Technologien. Ein notwendiges Kennzeichen dieser neuen Technologien besteht darin, dass sie einen Beitrag zur Bewältigung der ökologischen Herausforderungen leisten können. Damit bieten sich in den grünen Zukunftsmärkten für ein technologisch führendes und exportorientiertes Industrieland wie Deutschland außergewöhnliche Chancen und ökonomische Wachstumspotentiale.

Ausführlich untersucht wurden die Handlungsfelder Energie- und Rohstoffeffizienz, erneuerbare Energien, nachhaltige Mobilität und nachhaltige Wasserwirtschaft, die jeweils einen spezifischen Beitrag zur Lösung der globalen ökologischen Herausforderungen leisten.

Eine Grundvoraussetzung von erfolgreicher Industriepolitik ist die Identifikation der erfolgversprechendsten Technologiebereiche. Hier sind unterschiedliche Faktoren zu berücksichtigen, die sowohl an den Eigenschaften der Technologien anknüpfen als auch die Ausgangssituation im Land berücksichtigen. Neben einem hohen Marktpotential ist für ein Land, das wie Deutschland auf den Qualitätswettbewerb setzt, eine hohe Wissensintensität und ein hohes technologisches Entwicklungspotential von Bedeutung, um durch kontinuierliche Technolo-

gieverbesserungen einem Verlagerungsdruck in Länder mit komparativen Kostenvorteilen auch dauerhaft widerstehen zu können.

Die Analysen zur Innovationsdynamik und zum Marktpotential haben ein insgesamt sehr günstiges Bild für die betrachteten Technologiebereiche aufgezeigt. Folgende Aspekte sind hervorzuheben:

- Die vorliegenden Untersuchungen zur Bedeutung der Energie- und Rohstoffeffizienz zeigen ein klares Bild auf: In Zukunft werden diese Technologien ganz erheblich an Bedeutung gewinnen, das Marktpotential ist als sehr hoch einzustufen. Das technologische Entwicklungspotential wird als dynamisch eingestuft. Diese Einschätzung wird durch eine insgesamt durchschnittlich ansteigende Patentaktivität unterstützt, wobei es jeweils auch Teilbereiche gibt, die nach unten oder oben abweichen.
- In den letzten Jahren war ein Take-off bei den erneuerbaren Energien zu verzeichnen. Aussagen zur Marktentwicklung verdeutlichen eine Fortsetzung dieses Trends. Das technologische Entwicklungspotential bei den erneuerbaren Energien wird insgesamt als sehr hoch eingeschätzt. Mittel- bis langfristig sind erhebliche technologische Durchbrüche zu erwarten. Diese Sichtweise wird auch durch Abschätzungen zu den kurz- bis mittelfristig erwartbaren Kostendegressionen sowie durch eine stark ansteigende Patentaktivität unterstützt. Allerdings sind hierbei erhebliche Unterschiede zu beachten zwischen sehr dynamischen Sektoren (z. B. Wind) und weniger dynamischen (z. B. Biomasse).
- Der gesellschaftliche Stellenwert der Mobilitätsbedürfnisse und der parallel zunehmende Handlungsdruck zum Schutz der Umwelt stellen sicher, dass umweltfreundliche Mobilitätstechnologien ein außerordentlich hohes Marktpotential aufweisen. Das technologische Entwicklungspotential bei den verkehrsrelevanten Technologien wird insgesamt als hoch eingeschätzt. Die Patentdynamik variiert zwischen den einzelnen untersuchten Bereichen, ist aber insbesondere bei den Antrieben und Technologien zur Emissionsminderung überdurchschnittlich hoch.
- Die wirtschaftliche Bedeutung und das Marktpotential im Wasserbereich sind enorm. Neben einem sich zunehmend in kaufkräftiger Nachfrage niederschlagenden Bedarf gerade in den sich schnell entwickelnden Aufholländern trägt hierzu auch der Reinvestitionsbedarf in den Industrieländern bei. Das technologische Entwicklungspotential bei den wasserrelevanten Technologien wird insgesamt als hoch eingeschätzt. Besonders hervorzuheben ist

die Konvergenz verschiedener Technologiebereiche bei den integrierten (semi-)dezentralen Wassertechnologien, bei denen in der jüngsten Vergangenheit ein ganz außerordentlicher Anstieg der Patentaktivitäten zu verzeichnen ist.

Für eine erfolgreiche Industriepolitik ist es auch zentral, die jeweilige Ausgangssituation eines Landes hinsichtlich der Wettbewerbsfähigkeit realistisch einzuschätzen. Hierzu wurden in diesem Bericht Innovationsindikatoren gebildet und analysiert, die an der Spezialisierung der Länder bei ihren Patentaktivitäten und ihrem Außenhandel ansetzen. Folgende Aspekte sind hervorzuheben:

- In den Bereichen der Energie- und Materialeffizienz weist Deutschland überwiegend sowohl eine positive Patent- als auch Außenhandelsspezialisierung auf. Deutschland hat hier also überdurchschnittliche Erfolge sowohl bei Patentaktivitäten als auch im Außenhandel erzielen können. Diese Bereiche gehören damit zu den wettbewerbsfähigsten Segmenten der deutschen Wirtschaft.
- Die Patentspezialisierung bei den erneuerbaren Energien hängt stark vom betrachteten Feld ab. Neben Bereichen mit überdurchschnittlich hohen Patenterfolgen (Windenergie, Solarthermie) gibt es auch welche mit unterdurchschnittlicher Spezialisierung (Photovoltaik, Wasserkraft). Die Situation beim Außenhandel muss vorsichtig interpretiert werden: Zwar weist der Indikator bisher eine unterdurchschnittliche Spezialisierung auf, dies muss aber vor dem Hintergrund der Expansion der Inlandsnachfrage gesehen werden, die sowohl die Produktion der deutschen Unternehmen stärker ins Inland lenkte als auch zusätzliche Importe von außen nach sich zog. Am aktuellen Rand mehrten sich aber deutlich die Zeichen, dass eine verstärkte Auslandsorientierung einsetzt. Insgesamt ist die Perspektive der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Anbieter im Bereich erneuerbaren Energien als gut zu bezeichnen.
- Im Bereich der Mobilität ist die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Hersteller in den meisten Bereichen als sehr gut zu bezeichnen. Mit einzelnen Ausnahmen ist eine überdurchschnittliche Spezialisierung festzuhalten, die am stärksten im Bereich der Verbrennungsmotoren sowie der Eisenbahnen und zugehöriger Infrastruktur ausfällt.
- Bei den untersuchten Technologien im Wasserbereich weist Deutschland überwiegend überdurchschnittliche Spezialisierungen auf. Dies gilt für die Patentaktivitäten als auch insbesondere die Außenhandelserfolge. Besonders hervorzuheben ist die durchweg sehr

starke Stellung beim Außenhandel: Hier ist die Wettbewerbsposition der deutschen Technologien als insgesamt sehr gut zu bezeichnen.

Insgesamt bestehen bei den betrachteten Handlungsfeldern eine Reihe gemeinsamer Stärken Deutschlands. Hierzu zählt vor allem eine gute Wettbewerbsposition bei den meisten der untersuchten Technologielinien. Sie wurde durch die Umweltpolitik begünstigt, die mit dafür sorgte, dass es in Deutschland frühzeitig zu einer Hinwendung zu diesen umweltfreundlichen Technologielinien gekommen ist. Für Deutschland bestehen im Bereich der Umweltinnovationen auch deswegen große Chancen, da der weltweite Bedarf zunimmt und das Marktpotential sehr stark wächst. Dabei ist zu berücksichtigen, dass jedes einzelne Handlungsfeld keinen monolithischen Block darstellt, sondern aus unterschiedlichen Technologielinien besteht, bei denen die spezifischen Stärken aber auch Schwächen jeweils unterschiedlich ausgeprägt sein können. Hier kann in Zukunft ein detailliertes Monitoring wichtige Anhaltspunkte für die Stärkung und Fokussierung der einheimischen Anbieter liefern.

Allerdings müssen auch die Schwächen und Herausforderungen beachtet werden, denen sich Deutschland stellen muss. In einigen Bereichen ist die Unternehmensstruktur und –ausrichtung noch nicht genügend auf die Internationalisierung ausgerichtet. Hierzu gehören vor allem die Wasserwirtschaft als möglicher Träger der zunehmend wichtiger werdenden Systemkompetenz, aber z. T. auch Unternehmen aus dem Bereich der erneuerbaren Energien. Hinzu kommt die Koordination zwischen den unterschiedlichen Akteuren im Innovationssystem, die insbesondere im Mobilitätsbereich hinsichtlich der Intermodalität und Interoperabilität deutlich verbesserungswürdig ist. Des Weiteren muss die nachfrageorientierte Innovationspolitik den künftigen Anforderungen gerecht werden. Hier wird zusätzlicher Handlungsbedarf sowohl bei der Energieeffizienz, bei der Lenkung der Nachfrage auf umweltfreundliche (verbrauchsarme) Fahrzeuge im Mobilitätsbereich als auch hinsichtlich dezentraler Lösungen im Wasserbereich gesehen.

Zu den Herausforderungen zählt auch eine Verzahnung der unterschiedlichen Politikbereiche, die auf die Innovationstätigkeit und –fähigkeit einwirken. Von Bedeutung ist die Abstimmung zwischen nachfrageorientierter Innovationspolitik, die sich insbesondere in umweltpolitischen Maßnahmen manifestiert, mit einer stärker angebotsorientierten F&E-Politik. Hinzu kommen die Besonderheiten der betroffenen Infrastruktursektoren Elektrizität, Verkehr und Wasser, die u. a. wegen ihrer Leitungsgebundenheit in besonders hohem Ausmaß durch die Notwendigkeit einer sektorspezifischen ökonomischen Regulierung geprägt sind. Da auch die Aus-

gestaltung dieser Regulierung auf den Innovationsprozess und damit die Wettbewerbsfähigkeit der betroffenen Technologien einwirkt, steht die Politik vor der Aufgabe, diese drei Politikbereiche miteinander zu verzahnen.

Schließlich ist auch zu bedenken, dass nicht nur Deutschland auf Umweltinnovationen setzt. Vielmehr ist – wie in anderen Technologiebereichen auch – mit intensiven Anstrengungen der Wettbewerber zu rechnen. Zugleich muss bedacht werden, dass auch zunehmend die emerging economies zu Wettbewerbern bei höherwertigen Technologiebereichen werden, so dass die internationale Konkurrenz in Zukunft eher noch vielfältiger werden wird. Damit wird zugleich deutlich, dass es einer koordinierten und erfolgreichen ökologischen Industriepolitik bedarf, wenn Deutschland auch in Zukunft von den Potentialen im Bereich der Umweltinnovationen profitieren will.

Dabei kann durchaus auf Forschungsergebnisse und Erfahrungen zurückgegriffen werden, die sich aus der Debatte um eine innovationsorientierte Umweltpolitik heraus kristallisiert haben. Auf nationaler Ebene werden die Kalkulierbarkeit und die Orientierung an anspruchsvollen strategischen Zielen als wichtige Elemente einer innovationsorientierten Umweltpolitik angesehen. Der Zielbildungs- und Umsetzungsprozess sollten dabei unter Einbeziehung der relevanten Akteursnetzwerke und lernoffen erfolgen. Ein besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Interdependenzen innerhalb des technisch-ökonomisch-sozialen Regimes gerichtet werden, insbesondere ist auch die Entstehung von Innovationen mit in Betracht ziehen.

Eine auf internationale wirtschaftliche Erfolge und damit industriepolitisch ausgerichtete Umweltpolitik ist durch eine proaktive Orientierung auf internationale ökologische Herausforderungen gekennzeichnet und erfordert eine enge Fühlung mit internationalen Entwicklungen auf den Märkten für Umwelttechnologien. Eine wesentliche Aufgabe einer solchen Politik besteht auch darin, innovative (umwelt-) politische Ansätze zu entwickeln und vor allem die Bedingungen für eine rasche internationale Politikdiffusion zu fördern, weil auf diesem Wege die Voraussetzungen für eine Technologiediffusion nachhaltig verbessert werden.

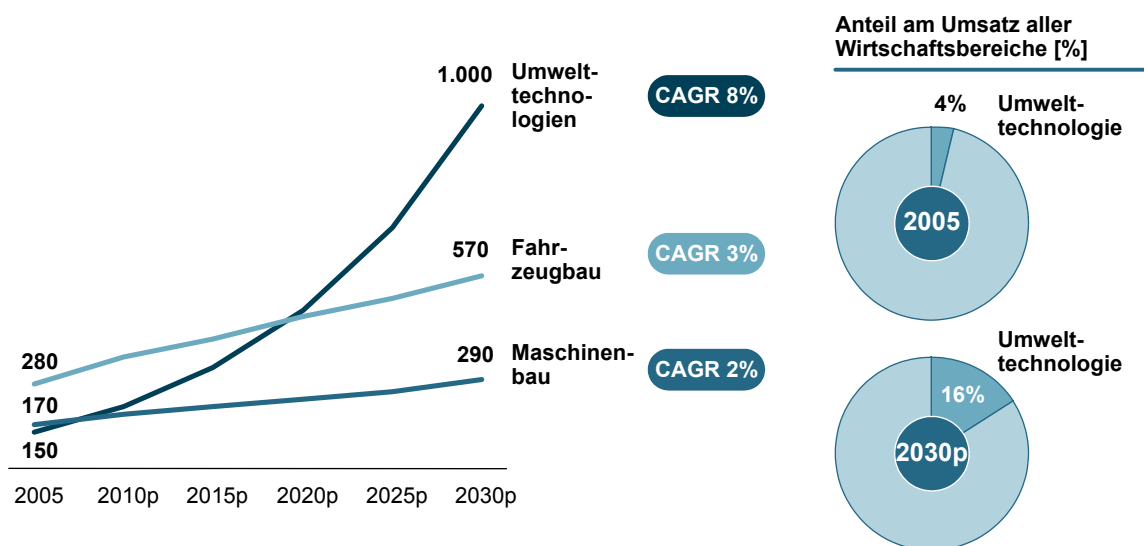
Die Perspektive der Unternehmen

Insgesamt ist das Fazit der ausführlichen Unternehmensgespräche, dass sich die im Bereich der Umwelttechnologien aktiven Unternehmen in Deutschland sehr gut aufgestellt sehen. Im Vergleich zu vielen anderen Industriezweigen wird bei Umwelttechnologien ein im Vergleich

zu anderen Technologiezweigen überproportionales Wachstum erwartet. Aggregiert man die Wachstumsprojektionen der Unternehmen, steht zu erwarten, dass Umwelttechnologien das Potential haben, klassische Industriezweige wie etwa den Fahrzeugbau in einer längerfristigen Perspektive beim Branchenumsatz zu überholen. Analog zur Wachstumsentwicklung werden die Umwelttechnologien auch einen immer höheren Anteil an der volkswirtschaftlichen Wertschöpfung in Deutschland erreichen (vgl. Abbildung 10-1).

Abbildung 10-1:

Umsatzprognose Umwelttechnologien in Deutschland [Mrd. €]



Quelle: Prognos 2006, BMU Unternehmensbefragung 2006, durchgeführt von Roland Berger Strategy Consultants

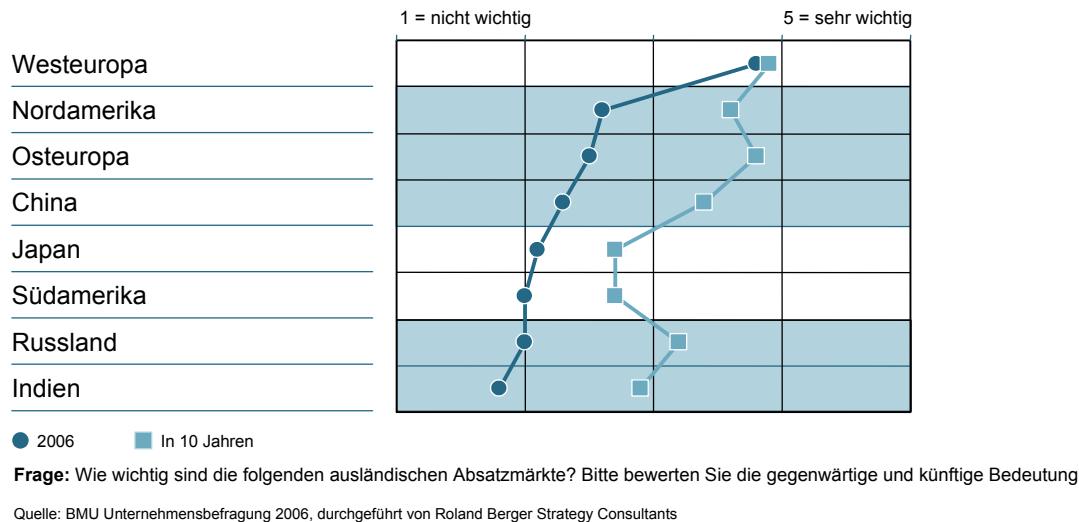
Mit diesen Wachstumsperspektiven wird ein starkes Wachstum der Beschäftigung im Bereich der Umwelttechnologien einher gehen. Allein für den Teilbereich der erneuerbaren Energien wird bis 2020 mit einer Verdopplung der Beschäftigtenzahl auf ca. 400.000 Personen gerechnet.

Das Wachstum der Absatzmärkte verlagert sich dabei aber zunehmend von den in Deutschland aufgebauten Leitmärkten ins nähere und fernere Ausland. Die Gesamtbetrachtung aller befragten Unternehmen in den vier Handlungsfeldern deutet darauf hin, dass Westeuropa zwar auch in einer längerfristigen Perspektive bis 2020 der wichtigste Absatzmarkt für die Unternehmen bleiben wird, dass aber internationale Märkte wie Osteuropa und Nordamerika

sehr stark an Bedeutung gewinnen werden, ebenso wie die asiatischen Märkte in Russland, Indien und China (vgl. Abbildung 10-2).

Abbildung 10-2:




Wichtigste regionale Märkte für Umwelttechnologien 2006 und 2016



Die deutschen Unternehmen geben dabei insgesamt an, bzgl. Auslandsaktivitäten gut aufgestellt zu sein. Insbesondere für die noch stark mittelständisch geprägten Unternehmen in jüngeren Technologien stellen Exporte und Internationalisierung aber noch eine große Herausforderung dar. Die aktuelle internationale Diskussion um Klimaschutz und Umwelttechnologien zeigt außerdem, dass auch andere Länder zunehmend ihre nationalen Märkte und daran anknüpfend die jeweiligen nationalen Industrien stark entwickeln wollen. Relevante Beispiele dafür finden sich in der Übersicht in Abbildung 10-3.

Abbildung 10-3:

Internationale Politikinitiativen zur Förderung von Umwelttechnologien

 USA	 AUSTRALIEN
<ul style="list-style-type: none">• 3,2 Mrd. USD für den Ausbau von Photovoltaik-Anlagen in Kalifornien (Million Solar Roofs Bill 2006)• 3 Mrd. USD für Technologien zur Reduktion von Treibhausgasen (Climate Change Technology, 2006)	<ul style="list-style-type: none">• Verpflichtende "Energy Assessments" für Großverbraucher in der Industrie (2006)• Förderung von Biokraftstoffen mit Hilfe von Produktionszielen, Steuererleichterungen und Investitionsunterstützung
 JAPAN	 INDIEN
<ul style="list-style-type: none">• Massive Investitionen in Brennstoffzellentechnologie und -anwendungen durch japanische Regierung und Industrie• Starkes Vorantreiben der Entwicklung von Hybridfahrzeugen	<ul style="list-style-type: none">• Plan zur Elektrifizierung von 25.000 Dörfern mit erneuerbaren Energien• Plan zur Deckung von 10% der Energieerzeugung durch erneuerbare Energien

Quelle: Marktstudien, Fachartikel, Experteninterviews, Roland Berger 2006

Um mit dieser Entwicklung Schritt zu halten und die Führungsrolle Deutschlands in vielen Technologiefeldern zu erhalten, sind aus Sicht der Unternehmen weiter gehende Unterstützungsmaßnahmen der Politik notwendig. Allgemein wird in den betrachteten Handlungsfeldern anerkannt, dass durch vorausweisende Regulierungen in Deutschland in vielen Bereichen in den vergangenen Jahren eine technologische Basis entstanden ist, die positive Effekte für deutsche Unternehmen auf den Weltmärkten hat. Es ist jedoch darauf zu achten, dass diese gewonnene Stärke für die Unternehmen auch international nutzbar wird. In diesem Kontext werden politischen Maßnahmen zur Unterstützung internationaler Aktivitäten – etwa durch Hinwirken auf eine der deutschen analogen Normensetzung in anderen Ländern – hohes Gewicht beigemessen. Daneben kann als übergreifendes Ergebnis fest gehalten werden, dass nach wie vor eine Unterstützung von Innovationstätigkeiten insbesondere entlang der frühen Phasen des Marktlebenszyklusses von Umwelttechnologieerzeugnissen notwendig ist. Dies beginnt mit einer möglichst klaren und langfristigen Setzung von Zielvorgaben (etwa zum Thema CO₂), an die sich Unternehmen mit ihrer Innovationstätigkeit ausrichten können. Für die Produktentwicklung ist es dann hilfreich, wenn Förderprozesse in der Administration einfach und damit auch für mittelständische Unternehmen eher zugänglich gehalten werden. Die befragten Unternehmen beklagen in diesem Zusammenhang häufiger den hohen administrativen Aufwand für Forschungsförderung als das Fehlen von konkreten Fördermöglichkeiten.

Ein weiterer Engpass stellt für viele Unternehmen die Markteinführung von Produkten dar. In vielen Fällen sind schon Demonstrationsprojekte und Feldversuche finanziell sehr aufwändig

und ökonomisch riskant. Auf dieser Stufe fehlt es aber häufig noch an geeigneten Instrumenten zur Finanzierung und Risikostreuung. Schließlich merken Unternehmen an, dass der Staat in seiner eigenen Beschaffung den Aspekt innovativer Umwelttechnologien noch zu wenig berücksichtigt, während gerade von solchen öffentlichen Anwendungen eine hohe Leitwirkung für eine Markt- und Innovationsentwicklung erwartet wird. Schließlich wünschen sich Unternehmen, dass die Komplexität der Regulierungsinstanzen etwas reduziert wird, in dem eine verbesserte interne Abstimmung der öffentlichen Hand, d.h. zum Beispiel zwischen den Bundesministerien, als auch zwischen der nationalen und der EU-Ebene statt findet (vgl. die Übersicht in Abbildung 10-4).

Abbildung 10-4:

Forderungen an die Politik aus Unternehmenssicht (Auszüge)

FORMULIERUNG VON ZIELVORGABEN		DER STAAT ALS NACHFRAGER
Klare umweltpolitische Zielvorgaben setzen (z.B. für CO ₂ -Ausstoß) – Eigen- und Innovationsdynamik der Industrie unterstützen	ÜBER- GREIFENDE FORDE- RUNGEN AUS UNTER- NEHMENS- SICHT	Öffentlichen Vergabeprozess innovations- freundlicher gestalten – und umweltpolitisch ausrichten
FÖRDERUNG V. FORSCHUNG & INNOVATION		FÖRDERUNG DES AUSLANDSGESCHÄFTS
Förderprozesse vereinfachen – Fördermaßnahmen stärker an der Marktfähigkeit der Produkte ausrichten		Umweltpolitik systematisch exportieren – begleitende Exportförderung für deutsche Umwelttechnologien sicherstellen
UNTERSTÜTZUNG DER MARKTEINFÜHRUNG		INTENSIVIERUNG DER KOORDINATION
Realisierung von Referenzprojekten mit Leitwirkung (Leuchttürme) finanzieren – Markteinführung innovativer Technologien systematisch unterstützen		Abstimmung zwischen den Ministerien sowie auf europäischer Ebene verbessern

Quelle: Unternehmensbefragung, Roland Berger 2006

Literaturverzeichnis

Literatur Kapitel 3

- Beise, Marian, Lead Markets: Country-Specific Success Factors of the Global Diffusion of Innovations, ZEW Economic Studies, Vol 14, Heidelberg. 2001.
- Beise, Marian, Rennings, Klaus, Lead markets and regulation: A framework for analyzing the international diffusion of environmental innovation, *Ecological Economics*, Vol. 52, No. 1, 2005, pp. 5-17.
- Blazejczak, J., Die Kosten unterlassenen Umweltschutzes, unveröffentlichtes Manuskript, Berlin 2006.
- Blazejczak, Jürgen, Edler, Dietmar, Hemmelskamp, Jens, Jänicke, Martin, Umweltpolitik und Innovation: Politikmuster und Innovationswirkungen im internationalen Vergleich. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 1/1999, S. 1-32.
- Blazejczak, Jürgen, Dietmar Edler, Could Too Little and Too Much Turn Out to be Just Right? - On The Relevance of Pioneering Environmental Policy. In: Klaus Jacob, Manfred Binder, Anna Wiczorek (eds.). 2004. Governance for Industrial Transformation. *Proceedings of the 2003 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change*, Environmental Policy Research Centre: Berlin. pp. 67 – 78
- Busch, Per-Olof, Helge Jörgens, Globale Ausbreitungsmuster umweltpolitischer Innovationen. FFU-report 02-05, Berlin 2005.
- Edquist, Charles, Systems of Innovation: Perspectives and Challenges. In: Jan Fagerberg et al. (eds.) *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford 2005, S. 181-208.
- Jacob, Klaus, Marian Beise, Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler, Rüdiger Haum, Martin Jänicke, Thomas Löw, Ulrich Petschow, Klaus Rennings, Lead Markets for Environmental Innovations. ZEW Economic Studies, vol 27, Heidelberg, New York 2005.
- Jänicke, Martin, Ecological Modernization. Innovation and Diffusion of Policy and Technology. FFU-report 00-8, Berlin, Berlin 2000.
- Jänicke, Martin, Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler, Jens Hemmelskamp, Environmental Policy and Innovation: an International Comparison of Policy Frameworks and Innovation Effects. In: Jens Hemmelskamp, Klaus Rennings, Fabio Leone (eds.), *Innovation Oriented Environmental Regulation*. Heidelberg (Physika) 2000, pp. 125-152.
- Jörgens, Helge, Governance by Diffusion – Implementing Global Norms Through Cross-National Imitation and Learning. FFU-report 07-03, Berlin 2003.
- Kemp, René, Jan Rotmans, The Management of the Co-Evolution of Technical, Environmental and Social Systems. In: Matthias Weber, Jens Hemmelskamp (eds.), *Towards Environmental Innovation Systems*, Berlin, Heidelberg, New York (Springer) 2005, pp.33-55.
- Kern, Kristine, Helge Jörgens, Martin Jänicke, The Diffusion of Environmental Policy Innovations: A Contribution to the Globalisation of Environmental Policy, WZB discussion paper FS II 01-302, Berlin 2001.
- Porter, M.E., van der Linde, C., Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9 (4), 1995, S. 97-118.

Literaturverzeichnis

- Smith, Adrian, Andy Stirling, Frans Berkhout, Governing Sustainable Industrial Transformation Under Different Transition Contexts. In: Jacob, Klaus, Manfred Binder, Anna Wieczorek (eds.), Governance for Industrial Transformation, Berlin 2004, pp. 113-132.
- Tews, Kerstin, Per-Olof Busch, Helge Jörgens, The diffusion of new environmental policy instruments. In: European Journal of Political Research, 42 (2003), 569-600.
- Worldwatch Institute, Vital Signs 2005 The trends that shape our future, New York London 2005.
- Zundel, Stefan, Time Strategies for an Innovation Oriented Environmental Policy. In: Jacob, Klaus, Manfred Binder, Anna Wieczorek (eds.), Governance for Industrial Transformation. Berlin 2004, pp. 133-145.

Literatur Kapitel 4

- Edler, Dietmar, Blazejczak, Jürgen. Aktualisierung der Beschäftigungszahlen im Umweltschutz in Deutschland für das Jahr 2004, Texte der Umweltbundesamtes 17/06, Berlin 2006.
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3032.pdf>
- Statistisches Bundesamt, Umsatz mit Waren, Bau-, Dienstleistungen die ausschließlich dem Umweltschutz dienen - Fachserie 19 Reihe 3.3, verschiedenen Jahrgänge.
- Legler, H.; Krawczyk, O.; Walz, R.; Eichhammer, W.; Frietsch, R., Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich, Texte der Umweltbundesamtes 16/06, Berlin 2006.
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3031.pdf>
- Prognos, Prognos World Reports 2005, Industrial Countries 2003 – 2015, Basel 2005.
- Roland Berger Strategy Consultants: Unternehmensbefragung „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ im Auftrag des BMU 2006.

Literatur Kapitel 5

- Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik., Springer-Lehrbuch, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Grupp, H.; Schmoch, U. (1992): Wissenschaftsbindung der Technik - Panorama der internationalen Entwicklung und sektorales Tableau für Deutschland, Wirtschaftswissenschaftliche Beiträge, Heidelberg: Physica.
- Legler, H.; Krawczyk, O.; Walz, R.; Eichhammer, W.; Frietsch, R. (2006): Wirtschaftsfaktor Umwelt - Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich, Dessau: Umweltbundesamt (Texte 16/06).
- NISTEP (Hrsg.) (2005): Science and Technology Foresight Survey: Delphi analysis (NISTEP Report No. 97), Tokyo: NISTEP.

Literaturverzeichnis

Literatur Kapitel 6

- Dehoust, G.; Buchert, M.; Ferenz, J.; Hermann, A.; Jenseit, W.; Schulz, F.; Giegrich, J.; Fehrenbach, H.; Vogt, R. (2006): Nachhaltiges Materialmanagement – Wichtige Potenziale in Deutschland - Fortentwicklung der Kreislaufwirtschaft zu einer nachhaltigen Stoffstrom- und Ressourcenpolitik. Teilvorhaben „Ermittlung von relevanten Stoffen bzw. Materialien für eine stoffstromorientierte Ressourcenschonende Abfallwirtschaft" (Endbericht FKZ 90531411), Darmstadt, Heidelberg: Öko-Institut e.V., ifeu.
- demea 2006.1: VDE dialog, Juli/August 2006, Seite 12
- demea 2006.2: Was bedeute Materialeffizienz? Internetauftritt der Deutschen Materialeffizienz Agentur. 30.06.2006
- destatis 2006.2: FS 7, Reihe 2 - Außenhandel nach Waren und Ländern 2005 (vorläufige Ergebnisse), 2001 und 1996. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden div. Jhg.
- destatis 2006.1: Kostenstruktur der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden 2004. Fachserie 4, Reihe 4.3. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2006
- EC 2004: Stimulation von Technologien für nachhaltige Entwicklung: Ein Aktionsplan für Umwelttechnologie in der Europäischen Union. KOM(2004) 38 endgültig vom 28.01.2004
- EC 2005: Thematische Strategie für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen. KOM(2005) 670 endgültig vom 21.12.2005
- espace 2006: DVD ESPACE ACCESS Vol. 2006/001 (MAAD2006001). EPA Patente im Zeitraum 20.12.1978 – 28.12.2005. Europäisches Patentamt, München 2006
- Frost & Sullivan 2003: U.S. Powder Coating Markets. Report A390-39. San Jose, CA 2003
- IEA 2003: World Energy Technology Investment Outlook. International Energy Agency, Paris 2003
- IEA 2004: World Energy Outlook 2004. International Energy Agency, Paris 2004
- IEA 2005: World Energy Outlook 2005. International Energy Agency, Paris 2005
- IEA 2006.1: Energy Technology Perspectives – Scenarios and strategies to 2050. International Energy Agency, Paris 2006
- IEA 2006.2: World Energy Outlook 2005. International Energy Agency, Paris 2006
- Roland Berger Strategy Consultants: Unternehmensbefragung „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ im Auftrag des BMU 2006.

Literatur Kapitel 7

- BMU (Hrsg.), Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung, Stand: Mai 2006, Berlin 2006.
- BMU (Hrsg.), Erneuerbare Energien Innovationen für die Zukunft Stand: April 2006, Berlin 2006.
<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36983/35338/>
- BMU-(Hrsg.) Forschung für erneuerbare Energien - Spitzentechnologie aus Deutschland Stand: April 2006, Berlin 2006.
<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/37264/35338/>

Literaturverzeichnis

- BMU (Hrsg.), Entwicklung der erneuerbaren Energien im Jahr 2006 in Deutschland, Berlin 2007
http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_zahlen2006.pdf
- Bundesverband WindEnergie e.V., Exportschlager Windkraft, Hintergrundpapier, Berlin 2007.
http://www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/Presse_Hintergrund/HG_Export.pdf
- European Renewable Energy Council: Renewable Energy Scenario to 2040. Half of the global energy supply from renewables in 2040, 2004.
- EWI/Prognos Energiereport IV – Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030“. Energie-wirtschaftliche Referenzprognose im Auftrag des BMWA. Schlussbericht, Köln, Basel 2005
- Fachverband Biogas e.V.: Biogas – das Multitalent für die Energiewende: Fakten im Kontext der E-nergiapolitik-Debatte, Ausgabe März 2006.
- Graßl, H., J. Kokott, M. E. Kulessa, J. Luther, F. Nuscheler, R. Sauerborn, H.-J. Schellnhuber, R. Schubert, E.-D. Schulze, et al.: Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit, Springer 2003.
- IEA, : World Energy Outlook 2004. International Energy Agency, Paris 2004.
- Krewitt, W., Schlomann, B., Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Ver- gleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern, Stuttgart und Karlsruhe 2006.
http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/ee_kosten_stromerzeugung.pdf
- Legler, H.; Krawczyk, O.; Walz, R.; Eichhammer, W.; Frietsch, R. (2006): Wirtschaftsfaktor Umwelt - Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Ver- gleich, Dessau: Umweltbundesamt (Texte 16/06).
- NISTEP (Hrsg.) Science and Technology Foresight Survey: Delphi analysis (NISTEP Report No. 97), Tokyo:NISTEP 2005
- REN21 (Ed.), Renewables Global Staus Report – Update 2006, Berlin 2006.
http://www.bmu.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/statusbericht_ee_en.pdf
- Roland Berger Strategy Consultants: Unternehmensbefragung „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ im Auftrag des BMU 2006.
- World Energy Council: 2004 survey of energy resources, Elsevier Ltd., 2004.
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW), Deutsches Institut für Wirtschafts- forschung (DIW Berlin), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR – Institut für Techni- sche Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung), Gesellschaft für wirtschaftli- che Strukturforschung (GWS): Wirkungen des Ausbaus der Erneuerbaren Energien auf den deut- schen Arbeitsmarkt unter besonderer Berücksichtigung des Außenhandel, Untersuchung im Auf- trag des Bundesumweltministeriums, Berlin 2006.
http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/arbeitsmarkt_ee_lang.pdf

Literatur Kapitel 8

Allgemein

- FIS (2006): Forschungs-Informations-System Mobilität, Verkehr und Stadtentwicklung. Gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Koordination: Fraunhofer- Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). Karlsruhe,. Internet:
www.forschungsinformationssystem.de
- ifmo (2005): Zukunft der Mobilität. Szenarien für das Jahr 2025. Erste Fortschreibung. Institut für Mobilitätsforschung. München.

Literaturverzeichnis

- Maibach, Markus, Werner Rothengatter, Christoph Schreyer, Claus Doll, David Schmedding (2004): External Costs of Transport. Update Study. Studie im Auftrag des Internationalen Eisenbahnverbandes (UIC), Paris. Infras (Zürich), IWW (Uni Karlsruhe).
- Mantzor, L and P. Capros (2006): European Energy and Transport: Trends to 2030 – Update 2005. Europäische Kommission, Direktorat Verkehr und Energie. Amt für offizielle Publikationen der Europäischen Kommission, Luxemburg.
- Roland Berger Strategy Consultants: Unternehmensbefragung „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ im Auftrag des BMU 2006.
- Schade, Wolfgang, Claus Doll, Markus Maibach, Martin Peter, Fernando Crespo, Daniela Carvalho, Goncalo Caiado, Maurizio Conti, Andrew Lilico, Nazish Afras (2006): COMPETE – Analysis of the Contribution of Transport Policies to the Competitiveness of the EU Economy and Comparison with the United States. Studie im Auftrag der Europäischen Kommission Nr. TREN /05/MD/S07.5358.5. Koordination: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). Karlsruhe.
- Shell (2001): Shell Pkw-Szenarien bis 2030: Flexibilität bestimmt Motorisierung. Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2030. Shell Deutschland Oil, External Affairs Central Europe. Hamburg.

Marktstudien Kraftfahrzeuge und traditionelle Antriebe und Emissionsminderungstechnologien

- Frost & Sullivan (2001a): European Engineering and High Performance Plastics in Automotive Applications. Bericht 3872-39. London.
- Frost & Sullivan (2003a): Transportation Industry Information Service: Assessment of Emerging Automotive Technologies. Bericht D251. London.
- Frost & Sullivan (2003b): European Integral Horsepower Motors Markets. Bericht B128-17. London.
- Frost & Sullivan (2003c): Strategic Analysis of the European Automotive Sensors Markets. Bericht B158-18. London.
- Frost & Sullivan (2003d): European Pneumatic Motion Control Components. Bericht B209-17. London.
- Frost & Sullivan (2004a): European Market for Next Generation Diesel Engine Technologies. Bericht B389-18. London.
- Frost & Sullivan (2004b): Country Industry Forecast - European Union Automotive Industry. Bericht 4528-90. London.
- Frost & Sullivan (2004c): Chassis Systems Market. Bericht B299-18. London.
- Frost & Sullivan (2005a): Strategic Analysis of the European Commercial Vehicle Safety Systems Markets. Bericht B485-18. London.
- Frost & Sullivan (2006a): Strategic Analysis of the European Market for Advanced Braking and Stability Control Systems. Bericht B770-18. London
- OICA (2005): Vehicle Production Statistics by Country and Type. Internationaler Verband der Automobilindustrie. Paris.
- OICA (2006): Key Figures. Presentation. Internationaler Verband der Automobilindustrie. Paris.
- VDA (2006): Auto Jahresbericht 2006. Verband der Automobilindustrie. Frankfurt am Main.

Marktstudien Luftfahrzeuge und -infrastrukturen

Literaturverzeichnis

- Airbus (2006): The Airbus Way. Blagnac.
- Boeing (2006) Current Market Outlook 2006.
- Frost & Sullivan (2001b): World Air Traffic Control Equipment Markets. Bericht 7559-22. London.
- Frost & Sullivan (2003e): World Commercial Avionics Markets. Bericht A081-22. London.
- Frost & Sullivan (2003f): European Military Airborne Radar Markets. Bericht B337-16. London.
- Frost & Sullivan (2003g): World Airborne Surveillance and Reconnaissance Systems Markets. Bericht A371-13. London.
- Frost & Sullivan (2004d): World Avionics ATE Markets. Bericht A718-30. London.
- Frost & Sullivan (2004e): World Military Avionics Market - Military Air Transport and Special Mission Aircraft M. Bericht A564-22. London.
- Frost & Sullivan (2005b): Advanced Sensors for Aerospace Applications. Bericht D393. London.
- Frost & Sullivan (2005c): World Aircraft Leasing Industry – Investment Analysis and Growth Opportunities. Bericht A873-F1. London.
- Frost & Sullivan (2006b): World Commercial Aircraft Capacity and Growth. Bericht B801-22. London.
- Frost & Sullivan (2006c): World Air Freight Markets – Value Chain Opportunities. Bericht B929-22. London.
- Frost & Sullivan (2006d): World Airports – Financial Evolution and Market Dynamics. Bericht B952-22. London.
- Frost & Sullivan (2006e): European Airborne ISTAR Markets - EO/IR. Bericht B374-16. London.
- Frost & Sullivan (2006f): World Airline Cabin Interiors Markets. Bericht B927-22. London.

Marktstudien Schienenfahrzeuge und -infrastrukturen

- CER (2005): European Rail Market Development in First Half 2005. CER/UIC European Rail Bulletin. Gemeinschaft der Europäischen Bahnen und Infrastrukturbetreiber (CER), Brüssel und Internationaler Eisenbahnverband (UIC), Paris
- Leenen, Maria, Mark Doining, Karl Strang, Nicolas Wille (2003): Der Weltmarkt für Bahntechnik. Studie im Auftrag der Vossloh AG. SCI Verkehr GmbH, Köln.
- Leenen, Maria, Mark Doining, Nicolas Wille, Karl Strang, Lars Neumann (2004): Markt- und Investitionsvolumen in der Bahntechnik in Mittel- und Osteuropa. Studie im Auftrag der Vossloh AG. SCI Verkehr GmbH, Köln.
- Leenen, Maria, Nicolas Wille, Karl Strang, Andreas Wolf, Alexander Schaeffer, Christine Große und Heiko Petzers (2005): Entwicklung des Bahntechnikmarktes in Asien. Studie im Auftrag der Vossloh AG. SCI Verkehr GmbH, Köln.
- Railway Industry (2006): The Website for the Railway Industry. Internet-Ressource: <http://www.railway-technology.com/>
- UNIFE (2003): The European Rail Supply Industry in the 21st Century. Europäischer Verband der Bahnindustrie. Brüssel.
- UNIFE (2006): Annual Report 2005. Europäischer Verband der Bahnindustrie. Brüssel.
- VDB (2005): Zahlen Bahnindustrie & Bahnen 2005. Verband der Bahnindustrie e. V., Berlin.

Literaturverzeichnis

Marktstudien Schiffe

- CESA (2004): Global Shipbuilding Requirement and Capacity. www.cesa-shipbuilding.org
- CESA (2005): Vision 2020: Waterborne Transport & Operations, A Key Asset for Europe's Development and Future. Community of European Shipyards Associations.
- ECSA (2003): Annual Report 2003-2004. European Community Shipowners' Associations.
- Frost and Sullivan (2005d) World Marine Generator Set Markets. Bericht F099-14. London.
- Platou (2006): Trends and Prospects for the Tanker Market. INTERTANKO Annual Meeting. RS Platou Economic Research. Singapur.
- Prinz, Alexander, Peter M. Schulze (2004): Zur Entwicklung von Containerschiffsflotten – Eine Panneldatenanalyse. Arbeitspapier Nr. 26 (Mai 2004), Institut für Statistik und Ökonometrie, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz.
- Statistisches Bundesamt (2005): Seegüterumschlag deutscher Häfen. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt (2006): Güterverkehrsstatistik der Binnenschifffahrt. Fachserie 8, Reihe 4: Verkehr. Wiesbaden.
- Stockmann, Dieter und Arnulf Hader (2005): World Passenger and Passenger Cargo Fleet Development. The ISL Cruise Fleet Register. ISL Market Analyses 2005. Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik. Bremen.

Marktstudien Alternative Antriebe und Biokraftstoffe

- Adamson Kerry-Ann (2006): Fuel Cell Today. Opening Doors to Fuel Cell Commercialisation. Fuel Cell Today Market Survey 2006: Light Duty Vehicles. www.fuelcelltoday.com (verschiedene Jahrgänge)
- Frost & Sullivan (2002a): Biofuels: Emerging Developments and Existing Opportunities. Bericht D245. London. ^
- Frost & Sullivan (2003h): Fuel Cells – Power Source for Future Generations of Industrial Health Care and Transportation Applications. Bericht D261. London.
- Frost & Sullivan (2003i): European Emerging Energy Storage Technology Markets. Bericht 125-14. London.
- Frost & Sullivan (2006g): World Ultracapacitor Markets. Bericht F753-27. London.
- WEC (2000): Energy for Tomorrow's World - Acting Now!. World Energy Council, Atalink, London.

Marktstudien Verkehrssysteme und Telematik

- Frost & Sullivan (2002b): European Intelligent Transportation Systems Markets. Bericht B026-18. London.
- Frost & Sullivan (2003j): World Discrete Power Semiconductor Markets. Bericht A596-26. London.
- Frost & Sullivan (2005e): European Markets for Pedestrian Safety Systems. Bericht B660-18. London.
- Frost & Sullivan (2005f): Analysis of the European Rail Intelligent Transportation Systems Market. Bericht B440-18. London.
- Frost & Sullivan (2005g): European Market for Next Generation Transmission Technologies. Bericht B569-18. London.

Literaturverzeichnis

Halbritter, Günther, Torsten Fleischer, Christel Kupsch (2006): Telematik – Strategien zur Erreichung einer „nachhaltigen Entwicklung“. Internationales Verkehrswesen (58) 10/2006. Frankfurt.

Zackor, Heinz und Roland Groke (2003): Stand der Verkehrstelematik im europäischen Vergleich. Schlussbericht des Forschungsvorhabens Nr. 96.0703/2001 des Bundesministers für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin.

andere

Jochem, E.; Schön, M.; Angerer, G.; Ball, M.; Bradke, H.; Wietschel, M.; Eichhammer, W.; Manns-bart, W.; Marscheider-Weidemann, F.; Nathani, C.; Walz, R.; Celik, B. (2004): Werkstoffeffizienz - Einsparpotenziale bei Herstellung und Verwendung energieintensiver Grundstoffe, ISI-Schriftenreihe Innovationspotenziale, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.

Legler, H.; Krawczyk, O.; Walz, R.; Eichhammer, W.; Frietsch, R. (2006): Wirtschaftsfaktor Umwelt - Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich, Dessau: Umweltbundesamt (Texte 16/06).

Literatur Kapitel 9

BCC Research (2006): Membrane Bioreactors in the Changing World Water Market. www.bccresearch.com

Frost & Sullivan (2001): European Water Treatment Equipment Market. www.frost.com.

Frost & Sullivan (2004a): The European Municipal Water and Wastewater Treatment Equipment Market. www.frost.com

Frost & Sullivan (2004b): European Centrifugal and Turbine Pumps Markets. www.frost.com

Frost & Sullivan (2004c): The Desalination Plant Markets in Europe, The Middle East & North Africa. www.frost.com

Frost & Sullivan (2004d): The European Industrial Process Water and Wastewater Treatment Equipment Market.

Frost & Sullivan (2004e): European Sludge Treatment Equipment Markets. www.frost.com

Frost & Sullivan (2005a): European Positive Displacement Pumps Markets. www.frost.com

Frost & Sullivan (2005b): Industrial Water Recycling and Reuse Equipment Markets in Europe and Middle East. www.frost.com

Frost & Sullivan (2005c): Global Competitive Environment for Residential Water Treatment Equipment Markets. www.frost.com

Frost & Sullivan (2005d): Southern European Membrane Separation Systems. www.frost.com

Frost & Sullivan (2005e): European Membrane Bioreactor Market. Strategic Market Analysis. www.frost.com.

Frost & Sullivan (2005f): Advances in Water Treatment Technologies. www.frost.com

Frost & Sullivan (2006a): Forecasts for the German Membrane Separation Systems Market. www.frost.com

Frost & Sullivan (2006b): European Intelligent Pump Systems Markets. www.frost.com

Frost & Sullivan (2006c): World Flow Sensors and Transmitters Markets. www.frost.com

Frost & Sullivan (2006d): European Flow Sensors and Transmitters Markets. www.frost.com

Frost & Sullivan (2006e): Northern Europe Membrane Separation Systems. www.frost.com

Literaturverzeichnis

Roland Berger Strategy Consultants: Unternehmensbefragung „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ im Auftrag des BMU 2006.

SIWI (2005): Making Water a Part of Economic Development. The Economic Benefits of Improved Water Management and Services. Stockholm: Stockholm International Water Institute. www.siw.org

Statistisches Bundesamt (1997): Außenhandel nach Waren und Ländern, FS 7, Reihe 2, Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2002): Außenhandel nach Waren und Ländern, FS 7, Reihe 2, Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2006): Außenhandel nach Waren und Ländern, FS 7, Reihe 2, Wiesbaden

VDMA (2005): Wasser- und Abwassertechnik, 7. Auflage. www.vdma.org

III Anhänge

III ANHÄNGE

Anhang A I:

Informationen zu den nicht weiter vertieft analysierten Handlungsfeldern

Handlungsfeld weiße Biotechnologie

Technologielinien und Innovationsdynamik

In den technologischen Gegenstandsbereich des Handlungsfelds weiße (industrielle) Biotechnologie fallen biotechnologische Verfahren in der industriellen Produktion zum Auf-, Um-, und Abbau von Substanzen. Eingesetzt werden dabei Mikroorganismen (inkl. Hefen und Pilzen), Zellkulturen höherer Organismen (auch pflanzliche), sowie subzelluläre Komponenten, z. B. Enzyme. Pflanzenproduktionssysteme, auch unter Einschluss gentechnisch veränderter Pflanzen ("Prozesse auf dem Acker") zur Herstellung von Erzeugnissen zu industriellen Zwecken werden üblicherweise nicht der weißen Biotechnologie zugerechnet, dürften jedoch erhebliche Synergiepotentiale zur weißen Biotechnologie aufweisen. In vielen Fällen substituieren biotechnische Verfahren andere klassisch-chemische Verfahren.

Relevante Produktgruppen sind dadurch gekennzeichnet, dass bei ihrer Herstellung oder Verarbeitung industrielle Bioprozesse zur Anwendung kommen. Beispiele sind u. a. Bulk-, Fein- und Spezialchemikalien, Werkstoffe und Polymere, Lebensmittel, Getränke und Lebensmittelzusatzstoffe, Futtermitteladditive, Agrarvorprodukte (z. B. Pestizidvorstufen), Pharmavorprodukte (z. B. chirale Vorstufen), Hilfsstoffe für verarbeitende Industrien (z. B. zur Entfettung), Bioanalytik, technische Enzyme und Bioenergieträger Ethanol, Butanol, Wasserstoff und Biogas. Daraus werden bereits einige Überschneidungen mit anderen Handlungsfeldern deutlich, z. B. mit Teilbereichen der Handlungsfelder nachhaltige Mobilität (z. B. Herstellung von Ethanol, Butanol), nachhaltige Wasserwirtschaft (biologische Reinigungsstufe bei der Abwasserbehandlung) und zu Effizienzstrategien (verbesserte Stoffumwandlung).

Der Bereich der weißen Biotechnologie ist im Delphi-Report schwer zu identifizieren und abzugrenzen. Punktuelle Bezüge finden sich in den Delphi-Feldern Life Sciences, Manufactu-

Anhang A I

ring und Agriculture. Es ist nicht auszuschließen, dass die Bewertung dieser Felder von anderen im gleichen Feld abgefragten Technologien (z. B. von grüner Biotechnologie im Feld Life Sciences) dominiert wird. Die Zahlenwerte sind deshalb mit Vorsicht zu interpretieren. Der erwartete Wissenszuwachs im Handlungsfeld Biotechnologie liegt mit 6,1 Punkten mittelfristig leicht unter dem Schnitt aller Delphi-Felder (6,3 Punkte); längerfristig holen die Erwartungen auf dieses Niveau auf, in einzelnen Bereichen sind die Erwartungen auch leicht überdurchschnittlich (z. B. beim Einsatz von Holz als Rohstoff für Fermentationsprozesse u. a. zur Herstellung von Bio-Ethanol oder Bio-Kunststoffen).

Der Zeitbedarf zwischen technischer Realisierung und Markteinführung ist mit durchschnittlich 9,8 Jahren eher lang, was mit der Einschätzung korrespondiert, dass die technologische Realisierung der Hälfte der betrachteten Delphi-Bereiche erst langfristig, d. h. nach 2016 gesehen wird. Für den bereits erwähnten Bereich der Nutzung von Holz in Fermentationsprozessen liegt der erwartete Zeitbedarf aber im normalen Bereich von bis zu 8 Jahren.

Zusätzliche Erkenntnisse aus den Patentrecherchen liegen bisher – u. a. wegen der schwierigen Abgrenzbarkeit der relevanten Technologien – nicht vor.

Markteinschätzung

Nach internationalen Studien beträgt der Anteil biotechnischer Verfahren in der Produktion zurzeit etwa 5 %, in den nächsten Jahren wird eindeutlicher Anstieg auf mittelfristig bis zu 20 % erwartet. Ein wesentliches Charakteristikum dieser Prozesse ist der mit ihrer Anwendung verbundene geringere Rohstoff-, Material- und Energieverbrauch. Bisher sind die spezifischen Investitionskosten teilweise noch so hoch, dass sie die Diffusion der neuen Technologien limitieren.

Für einzelne Produkte kann der weltweite Marktwert abgeschätzt werden, so werden jährlich biotechnologisch Aminosäuren im Wert von 3 bis 5 Mrd. € hergestellt. Nach der Einschätzung der Deutschen Industrievereinigung Biotechnologie (DIB) weisen Produkte der weißen Biotechnologie eine deutlich höhere Wachstumsrate als konventionelle chemische Produkte auf.

Da Produkte der weißen Biotechnologie in großem Umfang in chemischen Produktionsprozessen eingesetzt werden, ist das Volumen der mit Hilfe dieser Prozesse erzeugten Produkte im Vergleich zum Wert der biotechnischen Produkte selbst sehr groß. Nach Schätzungen

könnte der Verkaufswert der in solchen Prozessen erzeugten Produkte sich in den nächsten Jahren verzehnfachen.⁶⁴

Zusammenfassende Charakterisierung des Handlungsfelds weiße Biotechnologie

Mit der weißen Biotechnologie ist ein auch international erfolgreiche Schlüsselsektor Deutschlands - nämlich die Chemie - angesprochen, die vor der Herausforderung steht, ihre bisher bereits erfolgreichen wirtschaftlichen Strategien in Zukunft verstärkt auf die Anforderungen einer ökologischen Nachhaltigkeit auszurichten. Die zusammenfassende Charakterisierung der strategischen Handlungsfelder setzt an der in der Einleitung des Berichts skizzierten Leitvorstellung an, umweltwirksame Zukunftsbereiche zu identifizieren. Gleichzeitig sollen diese Bereiche dadurch gekennzeichnet sein, dass Deutschland gute Chancen hat, international erfolgreich zu sein. Ausgehend von diesen Zielvorstellungen lässt sich das Handlungsfeld wie unten folgt charakterisieren. Allerdings ist die Datenlage - wie sich bereits in den vorigen Abschnitten zeigte - gegenwärtig weniger gut wie in den anderen Handlungsfeldern, was auch daran liegen dürfte, dass die weiße Biotechnologie eine längerfristige Perspektive einnimmt.

- **Wirtschaftliche Bedeutung:** Für die Abschätzung der wirtschaftlichen Bedeutung des weißen Biotechnologiebereichs wurden im Sinne einer Obergrenze weltweit 10-20 Mrd. Euro genannt, die auf mit weißen Biotechnologieprozessen erstellte Produkte entfallen könnten. Deutsche Chemieunternehmen als potentielle Anwender von weißer Biotechnologie gehören zu den internationalen Schlüsselakteuren in ihrem Bereich.
- **Technologisches Entwicklungspotential:** Das Technologische Entwicklungspotential wird kurzfristig als eher unterdurchschnittlich eingestuft, langfristig kommen etwas optimistischere Einschätzungen zum Tragen. Bisher liegen keine verwertbaren Aussagen zur Patentdynamik vor.
- **Beitrag zu moderner Umweltpolitik:** Mit dem Einsatz von weißer Biotechnologie wird eine Verbesserung der Stoffausbeute von Umwandlungsprozessen, insbesondere bei chiralen Produkten, bis hin zur Entwicklung komplett neuer Verfahren angestrebt. Damit würden –

⁶⁴ DECHEMA, Weiße Biotechnologie – Chancen für die chemische Industrie, Trendbericht Nr. 16, Presse Information Januar 2006 und Zinke, H., Weiße Biotechnologie: Neue Produkte, gesellschaftlicher Nutzen und Wertschöpfungspotentiale, Zeitschrift für Biopolitik, 3.Jg., Nr. 2, 2004, S. 31-41.

Anhang A I

ähnlich wie bei Ressourcenstrategien – Umweltentlastungen entlang der Wertschöpfungskette erreicht werden, darunter auch bei hoch prioritären Problemen wie dem Treibhauseffekt.

- politisch-institutionelle Faktoren: Die Entwicklung in diesem Bereich wird stark durch internationale strategische Überlegungen der Unternehmen sowie die allgemeine Technologiepolitik (Aktivitäten z. B. des BMBF bzw. von SusChem) bestimmt. Ansatzpunkte einer nachfrageorientierten Innovationspolitik treten weniger hervor.

Aus Kapazitätsgründen wurde die Vertiefung dieses Handlungsfelds auf ein Folgevorhaben verschoben.

Handlungsfeld Abfall und Entsorgungstechniken

Technologielinien und Innovationsdynamik

Im Handlungsfeld Abfall finden sich auf die Entsorgung von Abfällen zielende Technologien wieder. In der japanischen Delphi-Studie wird Entsorgungstechnik explizit nur für Atommüll thematisiert. Ansonsten liegt hier der Fokus eher auf der Wiederverwendung von Abfällen als Rohstoff, z. B. zur energetischen Nutzung oder zur Kunststoffherstellung. Solche Recycling-Ansätze wurden im vorliegenden Bericht als Bestandteil von Kreislaufwirtschaftsstrategien dem Handlungsfeld Energie- und Rohstoffeffizienz zugeordnet.

Aus der schwachen Thematisierung dieses Technikfeldes im Delphi-Foresight-Prozess lässt sich schließen, dass sich die integrierte Sicht auf das Thema durchsetzt. Eine Annäherung an die Problematik aus der Perspektive der Kreislaufwirtschaft erscheint daher als gerechtfertigt. Aus den Patentrecherchen deuten sich nachlassende Patentaktivitäten an.

Markteinschätzung

Die Umsätze in der Entsorgungswirtschaft in Deutschland belaufen sich im Jahr 2003 auf 13,5 Mrd. € (ohne Abwasserbeseitigung, ohne Recycling).⁶⁵ Das Umsatzvolumen in Deutschland ist in den letzten Jahren nahezu konstant geblieben, die Abfallmengen sind vor allem wegen der sinkenden Bautätigkeit eher rückläufig. Erhebliche Investitionsimpulse könnten von der seit dem 1.6.2005 in Kraft getretenen TA Siedlungsabfall ausgehen, nach der kein unvorbehandelter Restmüll auf Deponien entsorgt werden darf. Bisher haben Vorbehandlungseingpässe zu spürbaren Preiseffekten geführt. Eine im Jahr 2005 vorgelegte Studie⁶⁶ erwartet in den nächsten Jahren in Deutschland Investitionen in Höhe von rund 20 Mrd. €, davon u. a. gut 5 Mrd. € in Müllverbrennungsanlagen, 1,6 Mrd. € in mechanisch-biologische Behandlungsanlagen, gut 3 Mrd. in Anlagen zur Behandlung von Bioabfällen sowie zur Auf-

⁶⁵ Vgl. Wackerbauer, J. Entsorgungswirtschaft: Neue Zuversicht zum Jahresbeginn 2006, ifo Schnelldienst 6/2006, S. 34-37.

⁶⁶ Alwast, H. u. a. Analyse und Darstellung der durch die TA Siedlungsabfall und die Ablagerungsverordnung ausgelösten Investitionen sowie Arbeitsplätze, Texte des Umweltbundesamtes 18/05, Dessau 2005.

Anhang A I

bereitung und energetischen Verwertung von Ersatzbrennstoffen und 9 Mrd. € in die Nachrüstung und in Abschlussmaßnahmen bei Hausmülldeponien.

Im Jahr 2003 wurden potentiell dem Umweltschutz dienende Güter aus der Sparte Abfalltechnologien in Höhe von 3,2 Mrd. € exportiert,⁶⁷ so dass bei einem Weltmarktanteil von 18,1 % sich ein rechnerisches Welthandelsvolumen von rund 18 Mrd. € ergibt. Betrachtet man die Außenhandelsspezialisierung Deutschlands im Bereich der Umweltschutzgüter, so weist die Sparte Abfalltechnologien von allen Sparten die beste Position (höchster RCA-Wert⁶⁸) aus.

Zusammenfassende Charakterisierung des Handlungsfelds Abfall

Die zusammenfassende Charakterisierung der strategischen Handlungsfelder setzt an der in der Einleitung des Berichts skizzierten Leitvorstellung an, umweltwirksame Zukunftsbereiche zu identifizieren. Gleichzeitig sollen diese Bereiche dadurch gekennzeichnet sein, dass Deutschland gute Chancen hat, international erfolgreich zu sein. Ausgehend von diesen Zielvorstellungen lässt sich das Handlungsfeld wie unten folgt charakterisieren. Z. T. kann bei der Charakterisierung auf Daten zurückgegriffen werden, bei denen der Abfall als traditioneller Teil der Umweltpolitik miterfasst wurde.

- **Wirtschaftliche Bedeutung:** Für die Abschätzung der wirtschaftlichen Bedeutung des Abfallbereichs wurden herausgearbeitet, dass das Umsatzvolumen in der Abfallentsorgung in den letzten Jahren vergleichsweise konstant geblieben ist. Deutsche Hersteller von Abfalltechnologien haben sich bereits in der Vergangenheit auf dem Weltmarkt behauptet und einen Spezialisierungsvorteil im Außenhandel erwirtschaftet.
- **Technologisches Entwicklungspotential:** Die Patentdynamik im Bereich des Abfalls weist eine nachlassende Tendenz auf. Gegenüber Mitte der neunziger Jahre ist die Anzahl der Patente sogar gesunken. Trotz fehlender Aussagen aus den Technology Foresightstudien wird der Abfallentsorgung daher eine insgesamt weniger dynamische Wissensentwicklung zugeordnet.

⁶⁷ Legler, H.; Krawczyk, O.; Walz, R.; Eichhammer, W.; Frietsch, R. Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich, Texte der Umweltbundesamtes 16/06, Berlin 2006. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3031.pdf>

⁶⁸ RCA: revealed comparative advantage

Anhang A I

- Beitrag zu moderner Umweltpolitik: Abfallentsorgung (ohne Recycling, s. o.) gehört zu den traditionellen Bereichen der Umweltpolitik. Ein erheblicher Teil der Technologien kann end-of-pipe Strategien zugeordnet werden, die in den Umweltstrategien der 1980er und 1990er Jahren im Vordergrund standen.
- politisch-institutionelle Faktoren: Die Entwicklung in der Abfallentsorgung wurde – durchaus im Sinne einer nachfrageorientierten Innovationspolitik - maßgeblich durch gesetzliche Anforderungen geprägt. Allerdings liegt die Formulierung der bedeutenden Anforderungen (z. B. TA Siedlungsabfall) schon einige Zeit zurück, so dass in jüngster Zeit die Impulse weniger deutlich wurden.

Unter den betrachteten Handlungsfeldern weist der Abfallentsorgungsbereich die geringste Dynamik auf und adressiert auch Umweltproblembereiche, die gegenwärtig weniger im Zentrum der Aktivitäten stehen. Daher wird vorgeschlagen, dieses Handlungsfeld nicht weiter zu vertiefen.

Anhang A II:

**Gesprächsleitfaden Unternehmensbefragung
Roland Berger Strategy Consultants für Kapitalgeber und für
Unternehmen**



Roland Berger
Strategy Consultants

Unternehmen:

Name Interviewpartner:

Datum:

Interviewer:

Wir führen derzeit zusammen mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eine Studie zum Wirtschaftsfaktor Umweltschutz in Deutschland durch.

Für verschiedene Branchen im Bereich der Umwelttechnologien soll dabei untersucht werden, welche Zukunftsmärkte besonders relevant sind, welche Treiber für Innovationen in diesen Bereichen existieren und welche strategischen Handlungsfelder für eine innovationsorientierte Umweltpolitik bestehen.

In diesem Zusammenhang würden wir Sie gerne zu Ihrer Einschätzung über mögliche Potenziale, Innovationstreiber und zukünftig notwendige umweltpolitische Rahmenbedingungen aus Finanzierungs- und Kapitalgebersicht befragen.

Wir können Ihnen versichern, dass alle Bedingungen zum Datenschutz strengstens eingehalten und alle ihre Angaben nur statistisch neutral ausgewertet werden.

Gesprächsleitfaden Wirtschaftsfaktor Umweltschutz

1 Warm-up – Unternehmen allgemein

- 1.1 In welchen **Bereichen** (z.B. Solarpanel, Blockheizkraftwerke, Beratung) ist Ihr Unternehmen bei der Finanzierung tätig?

2 Branchenpotenziale

- 2.1 Wie beurteilen Sie **Entwicklung und Ertragspotenziale** der folgenden Bereiche heute und in 10 Jahren (1 = sehr negativ, 5 = sehr positiv)?

	heute	in 10 Jahren
• Energie-/Rohstoffeffizienz	—	—
• Abfall-/Entsorgungstechnologien	—	—
• Erneuerbare Energien	—	—
• Nachhaltiger Verkehr	—	—
• Nanotechnologie	—	—
• Wasserwirtschaft	—	—
• Weiße Biotechnologie	—	—

- 2.2 Wie würden Sie Ihre Einschätzungen begründen?

2.3 Wie beurteilen Sie die **Entwicklung und die Ertragspotenziale** der folgenden Produktbereiche heute und in 10 Jahren (1 = sehr negativ, 5 = sehr positiv)?

	heute	in 10 Jahren
• Energie-/Rohstoffeffizienz		
– Recycling	—	—
– Mess-, Steuer und Regeltechnik	—	—
– Wärmedämmung	—	—
– Kraftwerkstechnologie	—	—
• Abfall-/Entsorgungstechnologien	—	—
• Erneuerbare Energien		
– Biokraftstoffe (Biodiesel, Ethanol, synthetische Kraftstoffe)	—	—
– Biogas	—	—
– Wasserkraft	—	—
– Windenergie	—	—
– Solarenergie	—	—
– Geothermie	—	—
– Brennstoffzelle	—	—
• Nachhaltiger Verkehr		
– Antriebskonzepte	—	—
– Verkehrssteuerung/-führung	—	—
– Verkehrskonzepte	—	—
– Lärm- und Klimaschutz	—	—
• Nanotechnologie		
– Nano-Materialien	—	—
– Nano-Optik/ Elektronik	—	—
– Nano-Messtechnik	—	—
– Nano-Prozesstechnik	—	—
• Nachhaltige Wasserwirtschaft		
– Gewinnung	—	—
– Transport	—	—
– Aufbereitung	—	—
• Weiße Biotechnologie		
– Bioprozesse	—	—
– Bioprodukte	—	—
– Biorohstoffe	—	—

2.4 Wie würden Sie Ihre Einschätzungen begründen?

- 2.5 Welche Bedeutung haben aus Ihrer Sicht **Innovationen zur Realisierung von Wettbewerbsvorteilen** für Unternehmen in der Umweltwirtschaft? Wie sehen Sie dies 10 Jahre in die Zukunft gedacht? Bitte begründen Sie Ihre Antwort (Skala von 1 = gering bis 5 = sehr hoch)!

Bedeutung heute: _____

Bedeutung in 10 Jahren: _____

- 2.6 Welches sind aus Ihrer Sicht die **wesentlichen Voraussetzungen für Innovationen** in der Umweltwirtschaft? Bitte bewerten Sie die Bedeutung auf einer Skala von 1 = sehr geringe Bedeutung bis 5 = sehr hohe Bedeutung:

Bedeutung

- Positives Marktumfeld
 - Hohes Nachfragevolumen _____
 - Starkes Wachstum der Nachfrage _____
 - Hohe Profitabilität _____
 - Hohe Wettbewerbsintensität _____
 - Starke Substitutionstendenzen _____
 - Sonstige: _____
- Forschung und Technologie
 - Intensive Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen _____
 - Intensive Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen bei F&E _____
 - Viele verwertbare Ergebnisse der Grundlagenforschung _____
 - Viele verwertbare Ergebnisse der angewandten Forschung _____
 - Viele verwertbare Ergebnisse der branchenspezifischen Forschung _____
 - Sonstige: _____
- Günstige Kapitalmarktbedingungen
 - Zugang zu / Verfügbarkeit von Eigenkapital _____
 - Zugang zu / Verfügbarkeit von Venture Capital _____
 - Niedriges Zinsniveau _____
 - Gute Bonitätsprüfung/Rating des Unternehmens _____
 - Schnelle Verfügbarkeit von Kapital _____
 - Positive Investmentempfehlung _____
 - Positives Stimmungsbild auf den Kapitalmärkten _____
 - Sonstige: _____
- Günstiges Arbeitsmarktumfeld
 - Verfügbarkeit von Personal _____
 - Qualifikation des Personals _____
 - Lohnkosten _____
 - Internationalität _____
 - Sonstige: _____
- Innovationsmanagement im Unternehmen
 - Definierte und kommunizierte Innovationsstrategie _____
 - Verknüpfung der Innovationsstrategie mit Unternehmensstrategie _____

- | | | |
|--|-------|-------|
| - Definition von Effektivitätszielen für Innovationen | _____ | |
| - Einsatz eines Innovationscontrollings | _____ | |
| - Systematische Generierung von Projektideen | | _____ |
| - Klar definierter und gelebter Prozess von der Ideengenerierung bis zur Produkt-Markteinführung | _____ | |
| - Striktes Innovations-Prozessmanagement mit klaren Verantwortlichkeiten | _____ | |
| - Kennzahlenbasierung des Innovationsprozesses | _____ | |
| - Betreiben eines aktiven Wissensmanagements | _____ | |
| - Betreiben eines Anreizsystems zur Verbesserung der Innovationstätigkeit | _____ | |
| - Definierte Maßnahmen zur Schaffung eines innovationsfreundlichen Klimas im Unternehmen | _____ | |
| - Wahrnehmbare Innovationskultur im Unternehmen | _____ | |
| - Sonstige: _____ | _____ | |

2.7 In welchen Produktbereichen sehen Sie **notwendigen Innovationsbedarf in der Zukunft** und für wie wichtig halten Sie Innovationen in diesen Bereichen für den Erfolg von Unternehmen? (Skala von 1 = gering bis 5 = sehr hoch)

Bedeutung von Innovationen

- | | |
|---|-------|
| • Energie-/Rohstoffeffizienz | |
| - Recycling | _____ |
| - Mess-, Steuer und Regeltechnik | _____ |
| - Wärmedämmung | _____ |
| - Kraftwerkstechnologie | _____ |
| • Abfall-/Entsorgungstechnologien | _____ |
| • Erneuerbare Energien | |
| - Biokraftstoffe (Biodiesel, Ethanol, synthetische Kraftstoffe) | _____ |
| - Biogas | _____ |
| - Wasserkraft | _____ |
| - Windenergie | _____ |
| - Solarenergie | _____ |
| - Geothermie | _____ |
| - Brennstoffzelle | _____ |
| • Nachhaltiger Verkehr | |
| - Antriebskonzepte | _____ |
| - Verkehrssteuerung/-führung | _____ |
| - Verkehrskonzepte | _____ |
| - Lärm- und Klimaschutz | _____ |
| • Nanotechnologie | |
| - Nano-Materialien | _____ |
| - Nano-Optik/ Elektronik | _____ |
| - Nano-Messtechnik | _____ |
| - Nano-Prozesstechnik | _____ |
| • Wasser | |
| - Gewinnung | _____ |
| - Transport | _____ |
| - Aufbereitung | _____ |
| • Weiße Biotechnologie | |
| - Bioprozesse | _____ |
| - Bioprodukte | _____ |
| - Biorohstoffe | _____ |

– Sonstige: _____

- 2.8 Bei den Produktbereichen, bei denen Sie unter 2.3 ein hohes Potenzial gesehen haben, welches sind aus Ihrer Sicht **wesentliche Trends in den Märkten und insbesondere in der Nachfrage** nach diesen Produkten?

3 Herausforderungen und Erfolgsfaktoren für Unternehmen

- 3.1 Welche wesentlichen **Herausforderungen bzw. Erfolgsfaktoren** sehen Sie für die Unternehmen in den ausgewählten (Produkt-) Bereichen? Bitte beurteilen Sie die Bedeutung heute und in 10 Jahren (Skala von 1 = gering bis 5 = sehr hoch)

	heute	in 10 Jahren
• Größe und Marktanteil	_____	_____
• Hoher Leistungs-/Serviceumfang	_____	_____
• Erreichen der Preisführerschaft	_____	_____
• Erreichen der Technologieführerschaft	_____	_____
• Entwicklungspartnerschaften mit anderen Unternehmen	_____	_____
• Aufbau innovativer Geschäftsmodelle	_____	_____
• Entwicklung des Auslandsgeschäfts	_____	_____
• Standortverlagerung ins Ausland	_____	_____
• Sonstige: _____	_____	_____

- 3.2 Von welchen **Unternehmen** in den diskutierten Bereichen denken Sie, dass sie erfolgreich und für die Zukunft gut gerüstet sind? Bitte begründen Sie Ihre Auswahl kurz! (Hintergrund der Frage: weitere Ansprechpartner in den Industrien für Fokusinterviews)

Unternehmen	Begründung
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

- 3.3 Welche Rolle spielen aus Ihrer Sicht **ausländische Absatzmärkte**? Bitte bewerten Sie das heutige Volumen sowie das Potenzial in der Zukunft (Bewertung von 1 = sehr gering bis 5 = sehr hoch)

	heute	in 10 Jahren
• Westeuropa	_____	_____
• Mittel- und Osteuropa	_____	_____
• Nordamerika	_____	_____
• Japan	_____	_____
• China	_____	_____
• Indien	_____	_____
• Asien ohne Japan/China/Indien	_____	_____
• Rest der Welt	_____	_____

- 3.4 a) Welche Rolle spielen aus Ihrer Sicht **ausländische Unternehmen** im Markt und welche Bedeutung werden Sie nach Ihrer Einschätzung in der Zukunft haben?

b) Bitte nennen Sie Ihnen bekannte **ausländische Technologieführer**!

4 Einschätzung der Rahmenbedingungen und Handlungsbedarfe seitens der Politik und Verwaltung

4.1 a) Welche **Maßnahmen von Politik und Verwaltung** sind Ihnen bekannt und haben aus Ihrer Sicht einen positiven Einfluss auf die Innovationstätigkeit von Unternehmen in den besprochenen Bereichen? Bitte bewerten Sie den Einfluss auf einer Skala von 1 = sehr gering bis 5 = sehr hoch.

	Bekannt (ja/nein)	Einfluss auf Innovationstätigkeit
• Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	_____	_____
• Erneuerbare-Energien-Gesetz	_____	_____
• Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz	_____	_____
• Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz	_____	_____
• Elektro- und Elektronikgerätegesetz	_____	_____
• Energieeinsparverordnung	_____	_____
• Bundes-Immissionsschutzgesetz	_____	_____
• Trinkwasserverordnung	_____	_____
• Verpackungsverordnung	_____	_____
• Weitere: _____	_____	_____
• Weitere: _____	_____	_____
• Weitere: _____	_____	_____

b) Bitte **begründen Sie Ihre Einschätzung** insbesondere bei den Maßnahmen, bei denen Sie unter a) einen geringen Einfluss angegeben haben. Welche **Änderungen in der Regulierung** sollten aus Ihrer Sicht in diesen Feldern zukünftig vorgenommen werden, um die Innovationsfähigkeit der Industrie zu steigern?

- 4.2 Für wie geeignet halten Sie die folgenden **Maßnahmen des Staates zur Förderung der Innovationstätigkeit** in der Umweltwirtschaft? (Skala von 1 = sehr wenig geeignet bis 5 = sehr geeignet)

Bewertung

- Schaffung eines Wettbewerbsumfeldes in den Märkten
(Innovationen als Folge des natürlichen Wettbewerbs in einer Branche) _____
- Schaffung einer möglichst großen Nachfrage im Markt _____
- Direkte finanzielle Förderung von Innovationstätigkeiten _____
- Setzung von Anreizen zur Kooperation von Unternehmen bei Innovationen _____
- Standortpolitik: Schaffung und Förderung von Technologie-Clustern _____
- Förderung von Netzwerken und des Austauschs von Unternehmen
und Wissenschaft/Forschung _____
- Förderung von Unternehmensgründungen in den Umweltindustrien _____
- Veranstaltung von Innovationswettbewerben _____
- Verbesserung des Patentschutzes _____
- Zielgerichtete Ausbildung an den Universitäten _____
- Vergabe von Aufträgen zur Entwicklung innovativer Produkte/Lösungen _____
- Sonstige: _____

- 4.3 Welche **wesentlichen zukünftigen Handlungsfelder** und notwendigen Maßnahmen sehen Sie im Bereich der Politik und Verwaltung **zur Förderung von Innovationen** in den genannten Bereichen?

- 4.4 Wie beurteilen Sie die **Bedeutung der im folgenden genannten Innovationstreiber im Bereich des Kapitalmarktes** für Unternehmen der Umweltwirtschaft (Skala von 1 = sehr gering bis 5 = sehr hoch)? Beurteilen Sie dann bitte die **Notwendigkeit**, dass die **Politik** auf diesen Faktor im Sinne der Förderung von Innovationen **steuernd Einfluss nimmt** (1 = keine Notwendigkeit, 5 = sehr hohe Notwendigkeit)

	Bedeutung des Treibers	Notwendigkeit politischer Steuerung
• Zugang zu / Verfügbarkeit von Eigenkapital:	_____	_____
• Zugang zu / Verfügbarkeit von Venture Capital:	_____	_____
• Niedriges Zinsniveau:	_____	_____
• Gute Bonitätsprüfung/Rating des Unternehmens:	_____	_____
• Schnelle Verfügbarkeit von Kapital:	_____	_____
• Positive Investmentempfehlung:	_____	_____
• Positives Stimmungsbild auf den Kapitalmärkten:	_____	_____
• Sonstige: _____	_____	_____

- 4.5 in Auf welchen **förderalen Ebenen (EU/Bund/Länder/Kommunen)** sehen Sie den größten Handlungsbedarf der Zukunft? Bitte begründen Sie ihre Antwort kurz.

5 Weitere Anmerkungen



Roland Berger

Strategy Consultants

Unternehmen: _____

Name Gesprächspartner: _____

Funktion Gesprächspartner: _____

Datum: _____

Interviewer: _____

Wir führen derzeit im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eine Studie zum Wirtschaftsfaktor Umweltschutz in Deutschland durch.

Für verschiedene Branchen im Bereich der Umwelttechnologien soll dabei untersucht werden, welche Zukunftsmärkte relevant sind, welche Treiber für Innovationen in diesen Bereichen existieren und welche strategischen Handlungsfelder für eine innovationsorientierte Umweltpolitik bestehen.

Wir haben Ihr Unternehmen als innovationsführend in den betrachteten Handlungsfeldern der Umweltwirtschaft identifiziert und würden Sie gerne zu den für Ihr Unternehmen relevanten Innovationstreibern und Ihren Einschätzungen zu zukünftig notwendigen umweltpolitischen Rahmenbedingungen befragen. Darüber hinaus sollen Markt- und Technologietrends im Umweltschutz sowie die Entwicklungen im Ausland diskutiert werden.

Wir können Ihnen versichern, dass alle Bedingungen zum Datenschutz strengstens eingehalten und alle ihre Angaben nur statistisch neutral ausgewertet werden.

Gesprächsleitfaden Wirtschaftsfaktor Umweltschutz

1 Warm-up – Unternehmen allgemein

- 1.1 In welchen **Tätigkeitsfeldern** im Bereich der Umwelttechnologien (z.B. Solarpanel, Blockheizkraftwerke, Beratung) ist Ihr Unternehmen tätig?

- 1.2 Wie schätzen Sie die **Wettbewerbsposition** Ihres Unternehmens national und international ein? Bitte geben Sie eine Einschätzung von 1 = sehr schlecht bis 5 = sehr gut!

- National _____
- International _____

2 Innovationstreiber

Im folgenden möchten wir Sie gerne zu wesentlichen Einflussfaktoren und **Treibern für Innovationen** in Ihrem Unternehmen befragen. Bitte geben Sie jeweils (unter a)) an, welche **Bedeutung** Sie dem jeweiligen Aspekt **für die Innovationstätigkeit** in Ihrem Unternehmen zumessen, und (unter b)) inwiefern Sie diesen Aspekt in Ihrem Unternehmen erfüllt sehen. (Skala von 1 = sehr geringe Bedeutung/gar nicht erfüllt bis 5 = sehr hohe Bedeutung/sehr gut erfüllt):

2.1 Innovationstreiber Marktumfeld

a) Bedeutung b) Erfüllung

- | | | |
|----------------------------------|-------|-------|
| • Hohes Nachfragevolumen | _____ | _____ |
| • Starkes Wachstum der Nachfrage | _____ | _____ |
| • Hohe Profitabilität | _____ | _____ |
| • Hohe Wettbewerbsintensität | _____ | _____ |
| • Starke Substitutionstendenzen | _____ | _____ |
| • Sonstige: _____ | _____ | _____ |

2.2 Innovationstreiber Forschung und Technologie

a) Bedeutung b) Erfüllung

- | | | |
|---|-------|-------|
| • Intensive Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen | _____ | _____ |
| • Intensive Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen bei F&E | _____ | _____ |
| • Viele verwertbare Ergebnisse der Grundlagenforschung | _____ | _____ |
| • Viele verwertbare Ergebnisse der angewandten Forschung | _____ | _____ |
| • Viele verwertbare Ergebnisse der branchenspezifischen Forschung | _____ | _____ |
| • Sonstige: _____ | _____ | _____ |

2.3 Innovationstreiber Kapitalmarkt

a) Bedeutung b) Erfüllung

- Zugang zu / Verfügbarkeit von Eigenkapital
- Zugang zu / Verfügbarkeit von Venture Capital
- Niedriges Zinsniveau
- Schnelle Verfügbarkeit von Kapital
- Positive Investmentempfehlung/Rating
- Positives Stimmungsbild auf den Kapitalmärkten
- Sonstige: _____

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

2.4 Innovationstreiber deutscher Arbeitsmarkt

a) Bitte bewerten Sie hier die **Bedeutung** der Faktoren im Bereich deutscher Arbeitsmarkt für Ihre Innovationstätigkeit von 1 bis 5 (1 = sehr geringe Bedeutung, 5 = sehr hohe Bedeutung):

	Ingenieure/Techniker	Naturwissenschaftler	Kaufleute/BWLer
Verfügbarkeit von Personal			
Qualifikation des Personals			
Lohnkosten			
Internationalität			

b) Bitte bewerten Sie hier die **Erfüllung** der Faktoren im Bereich deutscher Arbeitsmarkt für Ihr Unternehmen von 1 bis 5 (1 = gar nicht erfüllt, 5 = sehr gut erfüllt):

	Ingenieure/Techniker	Naturwissenschaftler	Kaufleute/BWLer
Verfügbarkeit von Personal			
Qualifikation des Personals			
Lohnkosten			
Internationalität			

2.5 Innovationstreiber Innovationsmanagement im Unternehmen

2.5.1 Innovationsstrategie

a) Bedeutung b) Erfüllung

- Definierte und kommunizierte Innovationsstrategie
- Einsatz eines Innovationscontrollings
- Sonstige: _____

_____	_____
_____	_____
_____	_____

2.5.2 Innovationsprozess

a) Bedeutung b) Erfüllung

- Systematische Generierung von Projektideen
- Striktes Innovations-Prozessmanagement mit klaren Verantwortlichkeiten
- Sonstige: _____

2.5.3 Innovationskultur

a) Bedeutung b) Erfüllung

- Betreiben eines aktiven Wissensmanagements
- Betreiben eines Anreizsystems zur Verbesserung der Innovationstätigkeit
- Wahrnehmbare Innovationskultur im Unternehmen
- Sonstige: _____

3 Trends und Entwicklungen in der Branche

3.1 Markttrends in Ihrer Branche

3.1.1 Visionär in die Zukunft gedacht: Wie denken Sie wird **Ihre Industrie im Jahre 2020** aussehen (bzgl. Marktvolumina, Wachstum, Technologiebasis, Internationalität, Wettbewerb). Welche wesentlichen Trends und Entwicklungen zeichnen sich heute schon ab?

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

- 3.1.2 a) Welche Rolle spielen für Sie **ausländische Absatzmärkte**? Bitte bewerten Sie das heutige Volumen sowie das Potenzial in der Zukunft (Bewertung von 1 = sehr gering bis 5 = sehr hoch)

	heute	in 10 Jahren
• Westeuropa	—	—
• Osteuropa	—	—
• Russland	—	—
• Indien	—	—
• China	—	—
• Japan	—	—
• Nordamerika	—	—
• Südamerika	—	—
• Rest der Welt	—	—

- b) Welches ist für Sie heute und in zehn Jahren **der absolut wichtigste ausländische Markt** (lead market)?

- Heute: _____
- In 10 Jahren: _____

3.2 Technologische Tendenzen in Ihrer Branche

- 3.2.1 a) In welchen Bereichen (z.B. Material, Mechanik, Elektronik, Service etc.) hat **Deutschland** aus Ihrer Sicht einen **Technologievorsprung/eine Technologieführerschaft**?

- b) In welchen Bereichen (z.B. Material, Mechanik, Elektronik, Service etc.) hat **Deutschland** aus Ihrer Sicht einen **noch Nachholbedarf**?

- 3.2.2 Welche ausländischen Unternehmen haben aus Ihrer Sicht einen **Technologievorsprung/eine Technologieführerschaft** in Ihrer Branche? In **welchen Bereichen** (z.B. Material, Mechanik, Elektronik, Service etc.) liegt der Technologievorsprung und aus **welchem Land** kommt das Unternehmen?

- Unternehmen: _____
- Bereiche: _____
- Land: _____

- 3.2.3 a) In welchen Bereichen (z.B. Material, Mechanik, Service etc.) erwarten Sie in der **Zukunft** in ihrer Branche insgesamt die **wesentlichen technologischen Innovationen**?

- b) Wie sind Sie aus der Perspektive Ihres Unternehmens darauf vorbereitet?

- 3.2.4 Welche **Markt- und Technologiestudien** kennen und verwenden Sie?

4 Einschätzung der Rahmenbedingungen und Handlungsbedarfe seitens der Politik und Verwaltung

- 4.1 a) Welche **Maßnahmen von Politik und Verwaltung** sind für Sie relevant und haben aus Ihrer Sicht einen positiven Einfluss auf die Innovationstätigkeit Ihres Unternehmens? Bitte bewerten Sie den Einfluss auf einer Skala von 1 = sehr wenig positiv wirksam bis 5 = sehr positiv wirksam!

	Relevant (ja/nein)	Einfluss auf Innovationstätigkeit
• Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	_____	_____
• Erneuerbare-Energien-Gesetz	_____	_____
• Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz	_____	_____
• Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz	_____	_____
• Elektro- und Elektronikgerätegesetz	_____	_____
• Energieeinsparverordnung	_____	_____
• Bundes-Immissionsschutzgesetz	_____	_____
• Trinkwasserverordnung	_____	_____
• Verpackungsverordnung	_____	_____
• Weitere: _____	_____	_____
• Weitere: _____	_____	_____

b) Bitte **begründen Sie Ihre Einschätzung** insbesondere bei den Maßnahmen, bei denen Sie unter a) einen geringen Einfluss angegeben haben. Welche **Änderungen in der Regulierung** sollten aus Ihrer Sicht in diesen Feldern zukünftig vorgenommen werden, um die Innovationsfähigkeit in Ihrem Unternehmen zu steigern?

4.2 Für wie geeignet halten Sie die folgenden **Arten von Maßnahmen für die Förderung der Investitionstätigkeit** in Unternehmen der Umweltwirtschaft? (Skala von 1 = sehr wenig geeignet bis 5 = sehr gut geeignet)

	Eignung
• Positive finanzielle Anreize im Steuersystem (z.B. Steuererleichterungen bei Biokraftstoffen)	_____
• Negative finanzielle Anreize im Steuersystem (z.B. Ökosteuer)	_____
• Positive finanzielle Anreize durch Subventionen oder Förderung (z.B. Forschungsförderung, Förderung von Solaranlagen)	_____
• Schaffung von Preis- und Marktmechanismen (z.B. Emissionshandel, Einspeisevergütungen)	_____
• Setzung von Geboten (z.B. Katalysatorpflicht, Einspeiseverpflichtung)	_____
• Setzung von Verboten (z.B. Grenzwerte für Verschmutzungen)	_____
• Vereinbarung von Selbstverpflichtungen (z.B. Selbstverpflichtung zur Reduktion des CO ₂ -Ausstoß)	_____
• Schaffung von Transparenz(z.B. Umweltkennzeichen)	_____
• Durchsetzung existierender Regelungen (z.B. Durchsetzung der bestehenden Wärmedämmregelungen bei Neubau/Sanierungen)	_____

- 4.3 a) Für wie geeignet halten Sie die folgenden **Maßnahmen des Staates zur Förderung der Innovationstätigkeit** in Ihrem Unternehmen? (Skala von 1 = sehr wenig geeignet bis 5 = sehr gut geeignet)
Für wie gut halten Sie den jeweiligen Aspekt bereits heute erfüllt (Skala von 1 = sehr wenig erfüllt bis 5 = sehr gut erfüllt)

	Eignung	Erfüllung
• Schaffung eines Wettbewerbsumfeldes in den Märkten (Innovationen als Folge des natürlichen Wettbewerbs in einer Branche)	_____	_____
• Schaffung einer möglichst großen Nachfrage im Markt	_____	_____
• Direkte finanzielle Förderung von Innovationstätigkeiten	_____	_____
• Setzung von Anreizen zur Kooperation von Unternehmen bei Innovationen	_____	_____
• Standortpolitik: Schaffung und Förderung von Technologie-Clustern	_____	_____
• Förderung von Netzwerken und des Austauschs von Unternehmen und Wissenschaft/Forschung	_____	_____
• Förderung von Unternehmensgründungen in den Umweltindustrien	_____	_____
• Veranstaltung von Innovationswettbewerben	_____	_____
• Verbesserung des Patentschutzes	_____	_____
• Zielgerichtete Ausbildung an den Universitäten	_____	_____
• Vergabe von Aufträgen zur Entwicklung innovativer Produkte/Lösungen	_____	_____

b) Bitte begründen Sie kurz, was bei den Maßnahmen der Politik, die aus Ihrer Sicht sehr geeignet zur Förderung von Innovationen sind, bisher aber schlecht erfüllt sind, **anders/mehr getan werden müsste**:

- 4.4 **Innovationstreiber Marktumfeld:** Welchen **weitere Handlungsbedarf** der (Umwelt-)Politik sehen Sie in der Zukunft und mit welchen Instrumenten (z.B. Gesetzgebung, Förderung) sollte dieser angegangen werden?

- 4.5 **Innovationstreiber Forschung und Technologie:** Welchen **weitere Handlungsbedarf** der (Umwelt-)Politik sehen Sie in der Zukunft und mit welchen Instrumenten (z.B. Gesetzgebung, Förderung) sollte dieser angegangen werden?

- 4.6 **Innovationstreiber Kapitalmarkt:** Welchen **weitere Handlungsbedarf** der (Umwelt-)Politik sehen Sie in der Zukunft und mit welchen Instrumenten (z.B. Gesetzgebung, Förderung) sollte dieser angegangen werden?

- 4.7 **Innovationstreiber deutscher Arbeitsmarkt:** Welchen **weitere Handlungsbedarf** der (Umwelt-)Politik sehen Sie in der Zukunft und mit welchen Instrumenten (z.B. Gesetzgebung, Förderung) sollte dieser angegangen werden?

- 4.8 **Innovationstreiber Innovationsmanagement im Unternehmen:** Welchen **weitere Handlungsbedarf** der (Umwelt-)Politik sehen Sie in der Zukunft und mit welchen Instrumenten (z.B. Gesetzgebung, Förderung) sollte dieser angegangen werden?

5 Ist-Situation Ihres Unternehmens

Zum Abschluss würden wir uns freuen, wenn Sie uns Auskunft zu einigen wichtigen Kenngrößen Ihres Unternehmens geben könnten. Bitte geben sie uns absolute Werte und eine Einschätzung der zukünftigen Entwicklung an (1 = wird sinken, 2 = bleibt gleich, 3 = wird steigen)

	heute	Entwicklungstrend
• Umsatz 2004 (EUR)	_____	
• Umsatz 2005 (EUR)	_____	____
• Umsatzanteil 2005 mit neuen/innovativen Produkten (%)	_____	____
• Umsatzanteil Export 2005 (%)	_____	____
• EBIT 2005 (EUR)	_____	____
• Anzahl Mitarbeiter 2005	_____	____
• Anzahl Mitarbeiter im Bereich F&E	_____	____
• F&E-Aufwendungen 2005 (EUR)	_____	____

6 Weitere Anmerkungen
