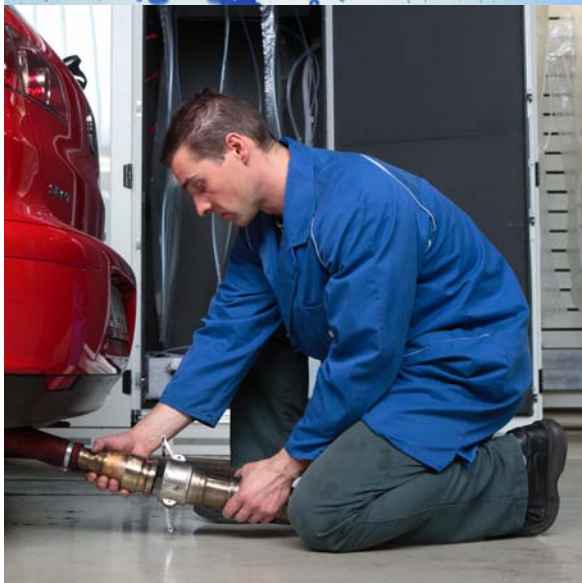
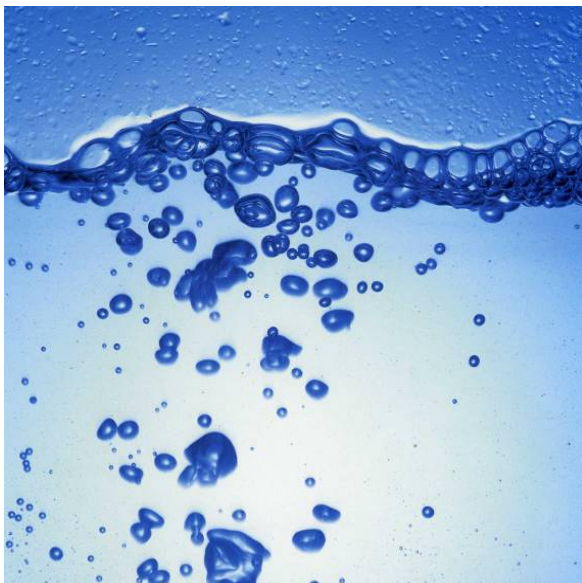




Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen



Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen

Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes
Förderkennzahl (UFOPLAN) 206 14 132/04

durchgeführt von:

Roland Berger Strategy Consultants

Dr. Torsten Henzelmann
Stefanie Mehner
Thilo Zelt

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:	Corinna Gather Umweltbundesamt (UBA) Peter Franz Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Autoren:	Roland Berger Strategy Consultants Dr. Torsten Henzelmann Stefanie Mehner Thilo Zelt
Titelfotos:	Q-Cells AG, BMU / Rupert Oberhäuser, ccvision GmbH
Stand:	November 2007

INHALT

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenübersicht	VIII
Zusammenfassung	1
A. Einleitung	12
B. Methodik und vorbereitende Analysen	14
1. Vorgehen zur Schätzung der Marktpotenziale	14
2. Vorgehen zur Unternehmensbefragung	14
C. Überblick über Marktvolumina und die Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands in den Zukunftsmärkten	18
D. Zusammengefasste Ergebnisse der Unternehmensbefragung in den zehn Techniklinien	23
E. Vertiefende Analyse der ausgewählten Techniklinien der Umweltwirtschaft	29
1. Solarthermische Kraftwerke – Concentrating Solar Power (CSP)/Solar Thermal Power Systems	29
2. Hybridfahrzeuge	47
3. Solare Kühlung	63
4. Automatische Stofftrennverfahren	79
5. CO ₂ -arme Kraftwerke: Carbon Capture and Storage (CCS)	96
6. Effiziente Speicherung für elektrische Energie aus erneuerbaren Energien mit Wasserstoff- und Druckluftspeichern	113
6.1 Energiespeicherung mit Wasserstoff	113
6.2 Energiespeicherung durch Drucklufttechnologien	127
7. Membrantechnologie in der Wasserwirtschaft	138
8. Biopolymere/Biokunststoffe	155
9. Dezentrales Wassermanagement	174
10. Synthetische Biokraftstoffe	197
F. Beispiele für erfolgreiche Regulierungen und Innovationsförderungen von Umwelttechnologien	208
G. Fazit	214
H. Quellenverzeichnis	219

Anhang	234
1. Erfolgsbeispiele innovativer Unternehmen der Umwelttechnologien	234
2. Fragebogen für die Unternehmensbefragung	238

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der befragten Unternehmen auf Länder [%]	15
Abbildung 2: Weltmarktvolumen der Leitmärkte der Umwelttechnologien, 2005 [Mrd. EUR]	18
Abbildung 3: Weltmärkte der Umwelttechnologie, Wachstum 2005 bis 2020 [Mrd. EUR]	19
Abbildung 4: Wachstum des Marktvolumens in Leitmärkten 2005 bis 2020 [Mrd. EUR]	20
Abbildung 5: Wachstumsraten einzelner Umwelttechnologien [2005-2020, %]	20
Abbildung 6: Marktanteile europäischer Unternehmen in den Leitmärkten 2005 [in %]	21
Abbildung 7: Marktanteile europäischer Unternehmen in einzelnen Technologielinien [in %]	22
Abbildung 8: Marktanteile deutscher Unternehmen in den Leitmärkten [2005]	22
Abbildung 9: Übersicht über die ausgewählten Umwelttechnologien	23
Abbildung 10: Techniklinien, Marktvolumen 2005 und Projektion bis 2020 [Mrd. EUR]	24
Abbildung 11: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020	25
Abbildung 12: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	26
Abbildung 13: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	27
Abbildung 14: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen	28
Abbildung 15: Projektion der weltweit installierten Leistung bis 2020 [in MW]	33
Abbildung 16: Bedeutung regionaler Märkte für Solarthermische Kraftwerke 2007 und 2020	34
Abbildung 17: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020	36
Abbildung 18: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]	37
Abbildung 19: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	39
Abbildung 20: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	40

Abbildung 21: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen	42
Abbildung 22: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [in Tausend Stück]	50
Abbildung 23: Bedeutung regionaler Märkte für Hybridfahrzeuge 2007 und 2020	51
Abbildung 24: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020.....	53
Abbildung 25: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen.....	55
Abbildung 26: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	57
Abbildung 27: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen	58
Abbildung 28: Fördermaßnahmen für Hybridfahrzeuge innerhalb der EU	60
Abbildung 29: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR].....	67
Abbildung 30: Bedeutung regionaler Märkte für solare Kühlung 2007 und 2020	68
Abbildung 31: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020.....	70
Abbildung 32: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen.....	73
Abbildung 33: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umwelt-innovationen	74
Abbildung 34: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente	76
Abbildung 35: Wertschöpfungskette für Technologien zur automatischen Stofftrennung	80
Abbildung 36: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR].....	83
Abbildung 37: Bedeutung regionaler Märkte für automatische Sortiertechnologien 2007 und 2020	84
Abbildung 38: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020.....	86
Abbildung 39: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]	86
Abbildung 40: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen.....	88
Abbildung 41: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	89

Abbildung 42: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente	90
Abbildung 43: Schematische Darstellung Verfahren der CO ₂ Abscheidung im Kraftwerk.....	98
Abbildung 44: Forschungsaktivitäten europäischer Unternehmen im Bereich CCS	101
Abbildung 45: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mrd. EUR]	103
Abbildung 46: Bedeutung regionaler Märkte für CCS-Technologien 2007 und 2020	104
Abbildung 47: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020.....	105
Abbildung 48: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]	106
Abbildung 49: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen.....	108
Abbildung 50: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	109
Abbildung 51: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Instrumenten	110
Abbildung 52: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR].....	117
Abbildung 53: Bedeutung regionaler Märkte für Wasserstoff als Energiespeicher 2007 und 2020	118
Abbildung 54: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020.....	119
Abbildung 55: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen.....	121
Abbildung 56: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	122
Abbildung 57: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente	124
Abbildung 58: Europäische Wasserstoff-Roadmap	126
Abbildung 59: Bedeutung regionaler Märkte für Druckluftspeicherung 2007 und 2020	131
Abbildung 60: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020.....	132
Abbildung 61: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen.....	134
Abbildung 62: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	135

Abbildung 63: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen	136
Abbildung 64: Funktionsprinzip und Anwendung verschiedener Membranen	139
Abbildung 65: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR]	141
Abbildung 66: Bedeutung regionaler Absatzmärkte für Membrantechnologie 2007 und 2020	143
Abbildung 67: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020	145
Abbildung 68: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]	145
Abbildung 69: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	148
Abbildung 70: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	149
Abbildung 71: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente	151
Abbildung 72: Nomenklatur der Biokunststoffe	156
Abbildung 73: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR]	160
Abbildung 74: Bedeutung regionaler Absatzmärkte für Biokunststoffe 2007 und 2020	161
Abbildung 75: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020	162
Abbildung 76: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]	163
Abbildung 77: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	166
Abbildung 78: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	168
Abbildung 79: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente	170
Abbildung 80: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mrd. EUR]	180
Abbildung 81: Bedeutung regionaler Märkte für dezentrales Wassermanagement 2007 und 2020	181
Abbildung 82: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020	184
Abbildung 83: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]	185

Abbildung 84: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen.....	187
Abbildung 85: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	188
Abbildung 86: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Instrumenten	189
Abbildung 87: Projektion des weltweiten Marktvolumens für BTL-Anlagentechnologie bis 2020 [Mio. EUR].....	199
Abbildung 88: Bedeutung regionaler Märkte für Anlagen zur Erzeugung synthetische Biokraftstoffe heute und 2020	200
Abbildung 89: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020.....	201
Abbildung 90: Bedeutung und Erfüllung externe Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen.....	203
Abbildung 91: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen	204
Abbildung 92: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen	205
Abbildung 93: Stellung einzelner europäischer Länder in den betrachteten Technologielinien	214
Abbildung 94: Weltmarktanteile europäischer Unternehmen an den betrachteten Technologielinien 2005 in %	215
Abbildung 95: Weltmarktanteile europäischer und deutscher Unternehmen an den betrachteten Technologielinien [2005] in %	216

Tabellenübersicht

Tabelle 1: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken von solarthermischen Kraftwerken in Europa	38
Tabelle 2: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken für Hybridfahrzeuge in Europa	54
Tabelle 3: CO ₂ -Vermeidungskosten bei Mikrohybrid und Vollhybrid im Vergleich...	62
Tabelle 4: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken für solare Kühlung in Europa	72
Tabelle 5: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu automatischen Stofftrennverfahren in Europa.....	87
Tabelle 6: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu CCS-Technologien in Europa	107
Tabelle 7: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zur Energiespeicherung durch Wasserstoff in Europa.....	120
Tabelle 8: Übersicht mit Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der CAES-Technologie in Europa	133
Tabelle 9: Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zur Membrantechnologie in Europa.....	147
Tabelle 10: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu Biokunststoffen in Europa	165
Tabelle 11: Übersicht zu Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu dezentralem Wassermanagement in Europa.....	186
Tabelle 12: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu BTL-Technologien in Europa	202

Zusammenfassung

Umwelttechnologien sind weltweit eine stark wachsende Branche. In dem Maße, wie Umwelttechnologien zu einem immer wichtigeren Wirtschaftsfaktor werden, steht die Umweltpolitik vor der Herausforderung, sich zunehmend innovations- und industriepolitisch auszurichten. Dazu soll die vorliegende Studie einen Beitrag leisten.

Sie analysiert die europäische Umweltindustrie in zwei Schritten: Zunächst werden die heutigen Marktvolumina und die Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands in den Leitmärkten der Umwelttechnologien untersucht. Darauf aufbauend werden die Wachstumsentwicklungen der Umwelttechnologiebranche projiziert. Bei den bereits für die Vorläuferstudie¹ ermittelten Leitmärkten handelt es sich um:

- Energieerzeugung und -speicherung
- Energieeffizienz
- Rohstoff- und Materialeffizienz
- Nachhaltige Mobilität
- Kreislaufwirtschaft
- Nachhaltige Wasserwirtschaft

In einem zweiten Schritt werden zehn in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Umweltbundesamt ausgewählte Techniklinien detailliert aus der Perspektive der Unternehmen beleuchtet. Rund 90 führende Unternehmen aus über 13 europäischen Ländern wurden zur Markt- und Wettbewerbssituation befragt. Außerdem sollten sie zu Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen sowie zu politischen Instrumenten der Innovationsförderung Stellung nehmen. Ausgehend von den Ergebnissen der Befragung leitet die Studie Handlungsempfehlungen für die politische Innovationsförderung ab und stellt dar, wie erfolgreiche umweltpolitische Regulierungen in Europa und weltweit aussehen können.

Marktvolumina und Marktpotenziale

Kernergebnis der Marktanalyse auf Ebene der Leitmärkte ist, dass schon heute die Umwelttechnologien mit einem Weltmarktvolumen von ca. 1.000 Mrd. Euro einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor darstellen. Dabei weist der Markt für technologische Lösungen im Bereich der Energieeffizienz mit rund 450 Mrd. Euro derzeit das absolut höchste Volumen auf. Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von weltweit insgesamt 5,4 Prozent bis zum Jahr 2020 leisten die Umwelttechnologien außerdem einen erheblichen Beitrag zu Wirtschaftswachstum und Beschäftigung. Sämtliche betrachteten Leitmärkte entwickeln sich nach den Ergebnissen der Analysen und Unternehmensgespräche sehr positiv. Die Marktvolumina erreichen bis zum Jahr 2020 zusammengefasst 2.200 Mrd. Euro. (vgl. Abbildung Z 1).

¹ Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation, Dessau 2007

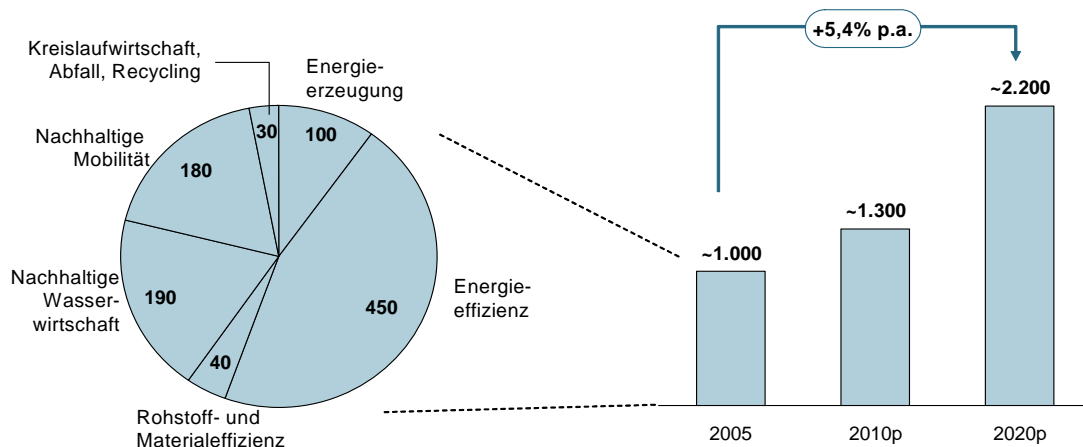


Abbildung Z 1: Weltmarktvolumenta und projiziertes Wachstum der Umwelttechnologien bis 2020 [Mrd. EUR]

Die europäische Umweltindustrie ist in allen Leitmärkten und in den vertiefend analysierten Techniklinien sehr erfolgreich: Durchschnittlich erzielen die europäischen Unternehmen einen Anteil von über 30 Prozent auf den Weltmärkten. Ausnahme ist der Leitmarkt für Rohstoff- und Materialeffizienz, wo Europa bisher nur einen Marktanteil von 10 Prozent erreicht, obwohl dieser Markt um bis zu 8 Prozent jährlich überdurchschnittlich stark wächst. Anders sieht es im Markt für Kreislaufwirtschaft, Abfall und Recycling aus. Europas Marktanteil liegt hier bei 50 Prozent; allerdings wächst dieser Markt jährlich nur um etwa 3 Prozent. Er ist bereits weiter entwickelt und damit weniger dynamisch als die anderen Leitmärkte (vgl. Abbildung Z 2).

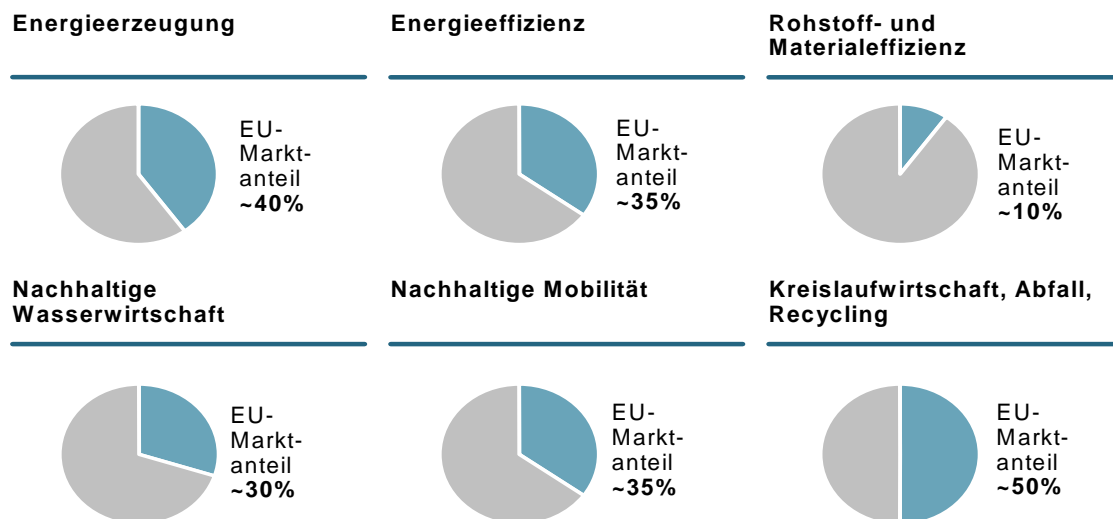


Abbildung Z 2: Weltmarktanteile europäischer Unternehmen in den Leitmärkten für Umwelttechnologien [2005]

Für die weiteren Vertiefungsstudien wurden anhand von Kriterien wie Wachstumspotenzial, Marktgröße, Innovationsdynamik und Umweltentlastungspotenzial die folgenden zehn Techniklinien ausgewählt:

- Solarthermische Kraftwerke
- Hybridfahrzeuge
- Solare Kühlung
- Automatische Stofftrennverfahren
- CO₂-arme Kraftwerke (Carbon-Capture-and-Storage-Technologien)
- Effiziente Speicherung elektrischer Energie über Druckluft und Wasserstoff
- Membrantechnologie in der Wasserwirtschaft
- Biokunststoffe und Biopolymere
- Dezentrale Wasseraufbereitung und Regenwassermanagement
- Synthetische Biokraftstoffe

Es zeigte sich, dass die Marktvolumina der analysierten Technologiebereiche heute noch sehr unterschiedlich und im Vergleich zu einigen der auf Ebene der Leitmärkte untersuchten Technologiebereiche noch sehr klein sind, aber hohes Wachstumspotenzial haben: So stecken etwa die Märkte für solare Kühlung, für Energiespeicherung oder Anlagen zur Herstellung synthetischer Biokraftstoffe noch in den Kinderschuhen, der Weltmarkt für Lösungen zum dezentralen Wassermanagement dagegen macht bereits rund 7 Mrd. Euro aus. Für das Jahr 2020 erwarten die befragten Unternehmen hier mit rund 35 Mrd. Euro das größte Marktvolumen. Insbesondere die jungen Technologien wie Hybridfahrzeuge, Biokunststoffe oder solarthermische Kraftwerke werden mit über 20-prozentigen jährlichen Raten am schnellsten wachsen (vgl. Abbildung Z 3).

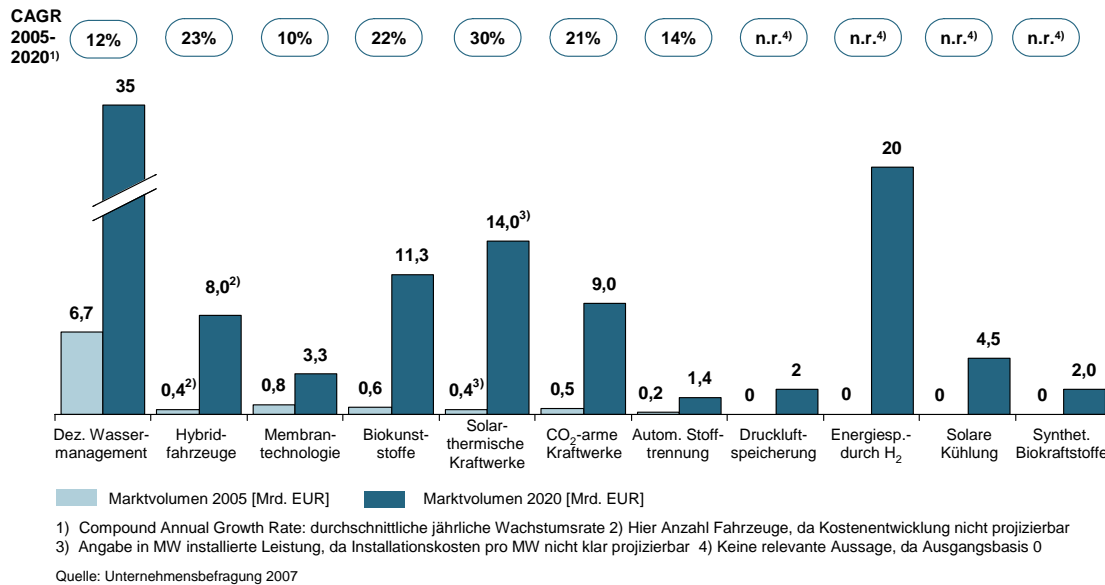
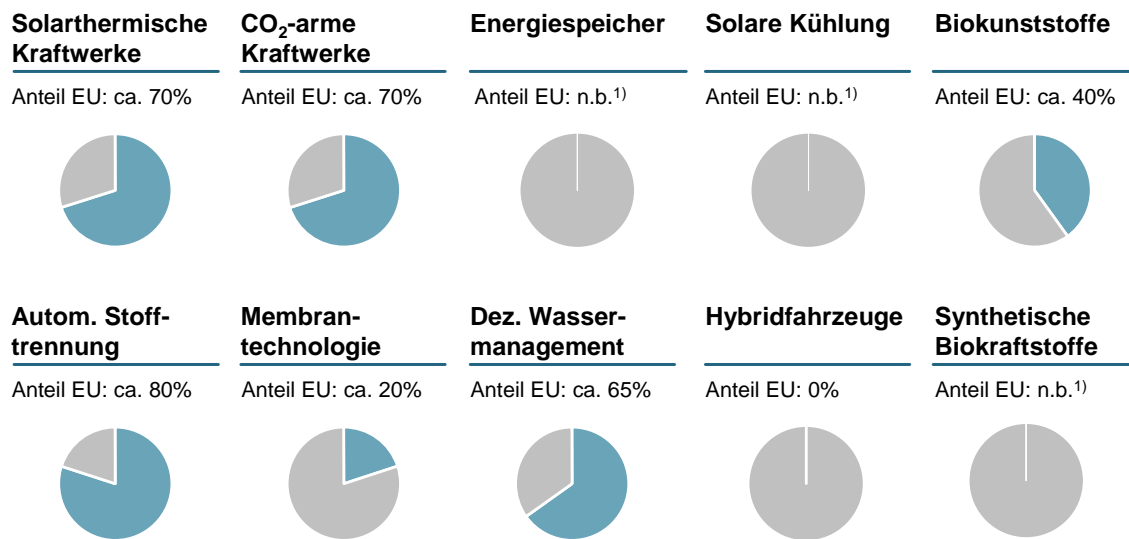


Abbildung Z 3: Weltmarktvolumina und projiziertes Wachstum in den zehn untersuchten Technologiefeldern bis 2020

Die Weltmarktanteile der europäischen Unternehmen in den untersuchten Techniklinien variieren stark: Bei automatischen Stofftrennverfahren oder solarthermischen Kraftwerken liegt der Anteil jeweils über 70 Prozent, während europäische Unternehmen im Markt für Hybridfahrzeuge gegenwärtig keine Produkte auf dem Markt haben. In den übrigen Märkten schwanken die Anteile der europäischen Unternehmen zwischen 20 und 80 Prozent. Bei synthetischen Biokraftstoffen, solarer Kühlung oder Energiespeichertechnologien verfügen europäische Unternehmen zwar über eine Vorreiterrolle in der Forschung, aufgrund des kaum entwickelten Marktes kann man allerdings noch nicht sinnvoll von realisierten Marktanteilen sprechen (vgl. Abbildung Z 4).



1) Aufgrund noch nicht etablierter Märkte kann nicht sinnvoll von Marktanteilen gesprochen werden

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung Z 4: Marktanteile europäischer Unternehmen in den ausgewählten Umwelttechnologiefeldern [2005]

Auch die deutschen Unternehmen haben insgesamt eine sehr gute Marktposition und verbuchen in den betrachteten Techniklinien durchschnittlich Marktanteile von etwa 20 Prozent, wobei sie in einigen Märkten (Membrantechnologie) nur 5 Prozent, in anderen Märkten (automatische Stofftrennverfahren) hingegen bis zu 65 Prozent erreichen.

In diesen ausgewählten Umwelttechnologien sind die einzelnen europäischen Länder unterschiedlich stark aufgestellt. Abbildung Z 5 zeigt, dass in diesen Feldern vor allem Unternehmen aus Deutschland, Spanien, Skandinavien, den Niederlanden, Großbritannien, Frankreich, Italien und der Schweiz zu den Markt- und Innovationsführern gehören.

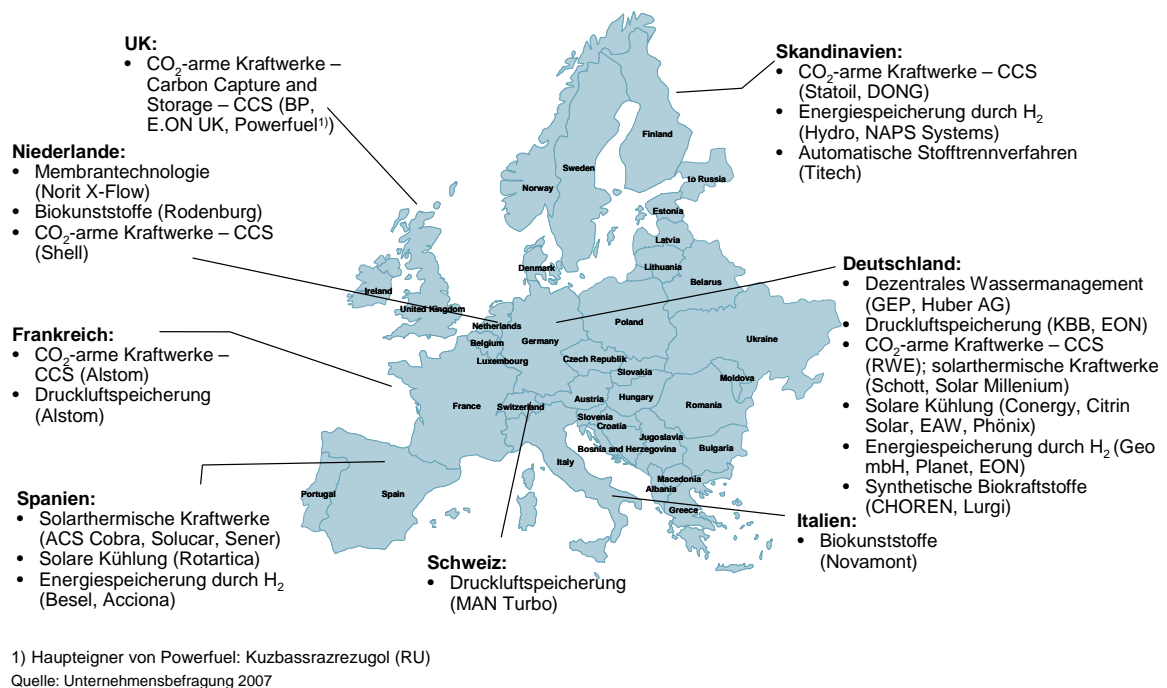


Abbildung Z 5: Positionierung einzelner europäischer Länder in den ausgewählten Technologielinien

Erfolgsfaktoren und Hemmnisse für Innovationen

Um politische Handlungsoptionen für die Innovationsförderung ableiten zu können, wurden die Unternehmen auch zu Erfolgsfaktoren und Hemmnissen für Umweltinnovationen sowie zu umweltpolitischer Regulierung befragt. Es wurden dabei sowohl unternehmensexterne wie -interne Faktoren angesprochen.

Als wichtigste externe Unterstützung konnten über alle betrachteten Techniklinien hinweg die Regierungspolitik sowie die Markt-/Kundennachfrage nach innovativen Lösungen identifiziert werden. Im Bereich der Regierungspolitik besteht nach Ansicht der Unternehmen der größte Handlungs- und Nachholbedarf, da praktisch alle betrachteten Umwelttechnologien weiter die Unterstützung der Politik benötigen, um die Markterschließung zu fördern. Markt- und Kundennachfrage sind ebenfalls für die Unternehmen aller Vertiefungsbereiche ein wichtiger Erfolgsfaktor: auch diese sollte ihrer Ansicht nach verstärkt durch die Politik gefördert werden (vgl. Abbildung Z 6).

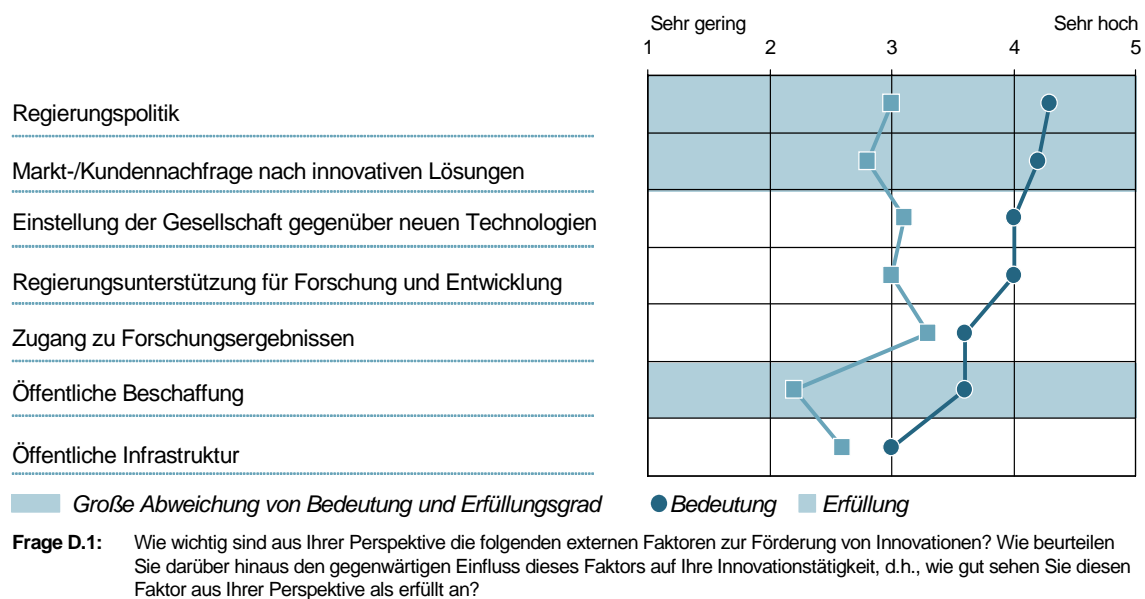


Abbildung Z 6: Externe Erfolgsfaktoren für Umwelttechnologie-Unternehmen

Aus Sicht der befragten Unternehmen haben sich klassische regulatorische Maßnahmen wie Grenzwerte, Quoten etc. als wirkungsvolle Instrumente zur Förderung von Umweltinnovationen erwiesen. Insbesondere durch ehrgeizige umweltpolitische Ziele kann der Staat bei Unternehmen erfolgreich Innovationen induzieren. Daneben werden die Nachfrage stimulierende Instrumente als sinnvoll erachtet. Darunter fällt aufgrund ihres hohen Volumens und der breiten Signalwirkung auch die öffentliche Beschaffung. Schließlich kann der von Unternehmen erreichte Innovationsgrad für die gesamte Branche zum neuen Standard erhoben werden, wie es etwa die japanische Top-Runner-Regulierung vormacht.

Die wichtigsten internen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen sind aus Sicht der europäischen Unternehmen qualifiziertes Personal, Unternehmensinvestitionen in Forschung und Entwicklung sowie der Zugang zu finanziellen Ressourcen (vgl. Abbildung Z 7).

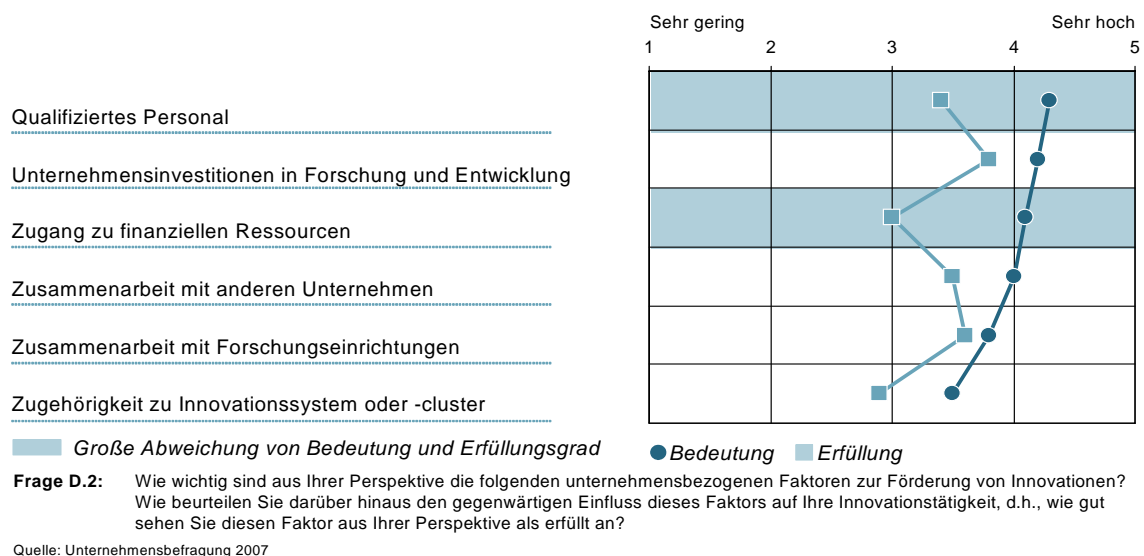
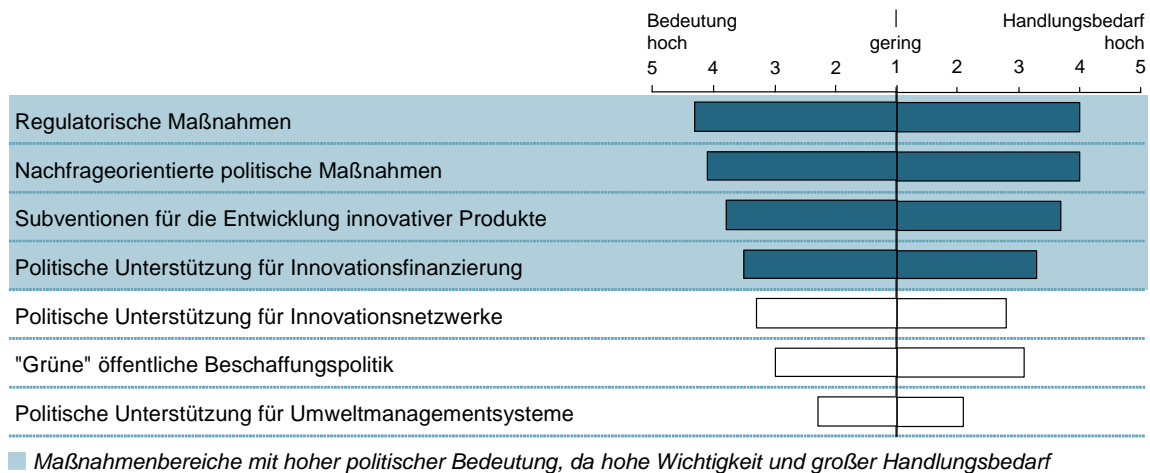


Abbildung Z 7: Interne Erfolgsfaktoren für Umwelttechnologie-Unternehmen

Insbesondere in Bezug auf den letztgenannten Punkt sind nach Ansicht der Unternehmen Verbesserungen nötig. Sie wünschen sich deshalb mehr und zielgerichtete Förderprogramme sowie weniger bürokratische Bewerbungsverfahren für Fördermittel. Daneben wird die stärkere Harmonisierung europaweit uneinheitlicher Regulierungen im Umweltbereich betont. Insbesondere auf sich stärker internationalisierenden Märkten haben europäische Unternehmen im Wettbewerb mit anderen Weltregionen Nachteile, da ihnen als Basis zwar ein großer Binnenmarkt zur Verfügung steht, allerdings mit von Land zu Land sehr stark variierenden Rahmenbedingungen.

Innovationen werden heute als das Produkt komplexer Netzwerke und Systeme gesehen, die durch verschiedene Akteure, d.h. Wirtschaft, Politik und Gesellschaft, beeinflusst werden. Die Forschung betont, wie wichtig die Förderung von Netzwerken und Innovationsclustern ist. Diese Ansicht teilen die in dieser Studie befragten Unternehmen. Sie legen allerdings auch dar, dass nicht Netzwerke, sondern die Regierungspolitik der wichtigste externe Erfolgsfaktor für die Unternehmen ist. Außerdem zeigt die Befragung, dass Umweltinnovationen vor allem auch durch ein wachsendes Umweltbewusstsein in der Gesellschaft erfolgreich werden.

Ein Hinweis für die künftige Gestaltung der Umweltpolitik ist die Einschätzung der befragten Unternehmen zur Bedeutung der verschiedenen Instrumente der Politik. Insgesamt ergibt sich folgendes Bild (vgl. Abbildung Z 8):



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung Z 8: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen

Die für die Unternehmen wichtigsten politischen Instrumente, um Innovationen in den betrachteten Umwelttechnologien zu fördern, sind:

- Regulatorische Maßnahmen
- Nachfrageorientierte politische Maßnahmen
- Subventionen für die Entwicklung innovativer Produkte

Bei diesen drei wichtigsten Maßnahmen wie auch bei der "grünen" öffentlichen Beschaffungspolitik sehen die Unternehmen heute den größten Handlungsbedarf für die Politik. Diese Einschätzung der politischen Instrumente deckt sich mit den Ergebnissen vorheriger Studien. Es bestätigt sich, dass politische Instrumente notwendig sind, um Umweltinnovationen voranzutreiben und zu fördern. Das kann durch verschiedene dem jeweiligen Ziel angepasste Maßnahmen geschehen.

Bei der Gesamtbetrachtung der Gespräche mit den Unternehmen im Rahmen dieser Studie lässt sich zusammenfassend sagen, dass eine politische Strategie zur Förderung von Umweltinnovationen aus Sicht der Unternehmen folgende Punkte umfassen sollte:

- **Durch Regulierung klare rechtliche Rahmenbedingungen schaffen**

Die befragten Unternehmen wünschen sich klare und ambitionierte rechtliche Vorgaben, die die Weiterentwicklung von Umwelttechnologien einfordern oder ihren Einsatz vorschreiben. Europa sollte dazu rechtliche Rahmenbedingungen und Vorschriften EU-weit harmonisieren.

- **Marktnachfrage fördern**

Aus Unternehmenssicht sollten zur Unterstützung der Markteinführung und zur Beschleunigung der Marktdurchdringung von Innovationen in Europa nachfragefördernde Maßnahmen eingesetzt werden. Hierzu ist der Einsatz verschiedener Instrumente möglich. Beispielsweise gewähren Frankreich und Italien schon heute Steuervergünstigungen für den Erwerb eines Hybridfahrzeuges.

- **Weiterentwicklung von ausgewählten Technologien fördern, indem Forschung und Entwicklung zielgebunden unterstützt werden**

Europäische und nationale Forschungs- und Förderprogramme sollten konkrete Ziele und Meilensteine beinhalten. Nur so können Förderinstitutionen den Erfolg ihrer Programme überprüfen und sicherstellen, dass die vergebenen Mittel effizient eingesetzt werden.

- **Markteinführung der Technologien durch öffentliche Beschaffung, Anreiz- und Kommerzialisierungsprogramme unterstützen**

Europa sollte die Nachfrage nach Umwelttechnologien erhöhen, indem es die öffentliche Beschaffung von Umweltprodukten verstärkt und Markteinführungsprogramme lanciert. Vorbildlich ist hier zum Beispiel das "Biobased Products Public Procurement Program" in den USA, das die öffentliche Hand dazu verpflichtet, bei ihren Kaufentscheidungen biobasierte Produkte zu bevorzugen.

- **Bevölkerung durch Informationskampagnen informieren und Umweltbewusstsein steigern**

Die Politik sollte den Konsumenten bewusster machen, dass es in ihrer Verantwortung steht, die Umwelt zu schützen, damit sie verstärkt Umweltprodukte kaufen und Umwelttechnologien einsetzen. Kampagnen wie Al Gores Film über die Erderwärmung können wirksame Instrumente sein, um sowohl die Bevölkerung als auch die Entscheidungsträger in der Wirtschaft umdenken zu lassen.

- **Zugang zu Forschungs- und Entwicklungsgeldern vereinfachen und KMU gezielt fördern**

Langwierige Bewilligungsverfahren und umfangreiche Anträge bei verschiedenen Behörden erschweren den Zugang zu Geldmitteln aus Förderprogrammen. Ein Bürokratieabbau erleichtert vor allem kleineren Unternehmen, die keine eigene Abteilung zur Akquisition von Fördergeldern haben, den Zugang zu Forschungsgeldern.

- **Bessere Finanzierungsmöglichkeiten schaffen und Zugang zu günstigen Krediten erleichtern**

Leichter Zugang zu Kapital und günstige Finanzierungsmöglichkeiten erlauben Unternehmen, in ihre Forschung zu investieren. Doch oft mangelt es noch am notwendigen Kapital für innovative Produktentwicklungen. Venture Capital, zinsgünstige Darlehen (beispielsweise durch die KfW) oder Bürgschaften von staatlichen Einrichtungen für Bankkredite können hier Abhilfe schaffen.

- **Planungssicherheit durch langfristige Fördermaßnahmen über 10 bis 20 Jahre schaffen**

Bei Technologien wie solarthermischen Kraftwerken, Druckluftspeicherung, CO₂-armen Kraftwerken oder Anlagen zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe müssen Unternehmen hohe Investitionen für den Bau der Anlagen tätigen. Damit sie Gewissheit haben, dass die Investitionen in der Zukunft profitabel werden, brauchen sie Planungssicherheit durch langfristige, also auf 10 bis 20 Jahre angelegte Förderprogramme. Neben der Förderdauer sollten die rechtlichen Rahmenbedingungen (beispielsweise die Zielwerte zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes) für denselben Zeitraum fixiert werden, um zusätzliche Sicherheit zu schaffen.

In Deutschland wurden im Umweltbereich bereits 1,5 Mio. Arbeitsplätze geschaffen. Eine Verdoppelung dieser Zahl ist möglich, wenn jetzt die entsprechenden Entscheidungen getroffen werden². Umwelttechnologien sind einer der Wirtschaftsmotoren der Zukunft. Dies gilt aber nur, wenn Europa und Deutschland sich nicht auf der erreichten Position ausruhen und abwarten, bis andere Staaten ebenfalls die ihnen gesetzten Umweltschutzziele erreicht haben. Vielmehr muss die Politik noch klarer innovations- und industriepolitisch ausgerichtet werden, um so die momentanen Wettbewerbsvorsprünge auszubauen und langfristig zu sichern.

² BUND (Hrsg.): Umwelt und Beschäftigung 2006: Arbeitsplatz-Potenziale durch ökologischen Strukturwandel in den Sektoren Energie, Energieeffizienztechnologien, Umwelttechnik, Mobilität, Lebensmittelwirtschaft, Tourismus und Naturschutz, 2006.

A. Einleitung

Umwelttechnologien schützen nicht nur unsere Umwelt, sondern können Unternehmen wettbewerbsfähiger machen. Denn Umwelttechnologien sind eines der wichtigsten ökonomischen Wachstumsfelder im 21. Jahrhundert. Das unterscheidet sie von vielen traditionellen Branchen, die häufig stagnierende, gesättigte Märkte aufweisen. Das Spektrum der Umwelttechnologien reicht von Recyclingsystemen für industrielle Abwässer über energiesparende Fahrzeugmotoren bis zu Anlagen zur solaren Kühlung.

Schon heute sind Umwelttechnologien ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Die Analysen für diese Studie haben ergeben, dass der Markt für Umwelttechnologien zwischen 2005 und 2020 weltweit jährlich im Schnitt um ca. 5,4 Prozent wachsen wird. Das bedeutet einen Anstieg des globalen Marktvolumens für Umwelttechnologien von heute rund 1.000 Mrd. Euro auf dann über 2.200 Mrd. Euro. Damit lassen die Umwelttechnologien in zahlreichen Ländern die klassischen Industrien hinter sich: Deutschland beispielsweise rechnet allein zwischen 2007 und 2009 mit einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum der Umweltbranche von 18 Prozent.³ Dagegen geht die Fahrzeugindustrie von einem voraussichtlichen Wachstum von rund 3 Prozent pro Jahr aus. Die Beschäftigung profitiert dementsprechend: In Deutschland arbeiten bereits heute rund 1,5 Millionen Menschen in der Umweltbranche, und von 2005 bis 2030 wird das Marktvolumen für Umwelttechnologien in Deutschland nach Einschätzung von Unternehmen voraussichtlich von 280 Mrd. Euro auf über 1.000 Mrd. Euro wachsen.⁴ Um dieses Wachstum zu realisieren, werden weitere Arbeitsplätze geschaffen werden – eine Studie des BUND⁵ geht dabei von einer Verdoppelung des heutigen Arbeitsplatzvolumens aus.

Die Studie "Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen" soll Informationen und Empfehlungen für eine innovations- und industriepolitisch orientierte Umweltpolitik auf europäischer Ebene bereitstellen. Schwerpunkte der Analyse sind die Markt- und Wettbewerbssituation europäischer Unternehmen sowie die jeweils relevanten politischen Rahmenbedingungen. Die vorliegende Studie baut auf der Studie "Wirtschaftsfaktor Umweltschutz"⁶ auf, die das DIW, Roland Berger und das Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung zusammen erarbeitet haben. Diese Untersuchung konzentriert sich auf ökonomisch bedeutsame und innovative Umwelttechnologien der Zukunft. Dabei werden folgende Fragen beantwortet: Welche innovativen Umwelttechniken sind auch ökonomisch bedeutsam, wo liegen die Zukunftsmärkte? Gibt es Leuchtturmprojekte und welche Markt- und Wachstumspotenziale existieren?

³ Vgl. Bundesministerium für Umwelt (Hrsg.): GreenTech made in Germany. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland, München, 2007.

⁴ Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation, Dessau, 2007

⁵ BUND (Hrsg.): Umwelt und Beschäftigung 2006: Arbeitsplatz-Potenziale durch ökologischen Strukturwandel in den Sektoren Energie, Energieeffizienztechnologien, Umwelttechnik, Mobilität, Lebensmittelwirtschaft, Tourismus und Naturschutz, 2006.

⁶ Siehe Fußnote 1.

Nach einer übergreifenden Einschätzung der Marktvolumina, der Marktentwicklungen und der Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands werden insgesamt zehn Techniklinien in der vorliegenden Untersuchung vertieft untersucht. Die empirische Basis für diese Analysen bildeten Interviews mit europäischen Unternehmen, die zu folgenden Themen befragt wurden:

- Aktuelle Marktsituation und technologische Herausforderungen
- Internationale Wettbewerbsfähigkeit der EU und der europäischen Unternehmen in wichtigen Zukunftsmärkten der Umwelttechnologien
- Hemmnisse und Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen
- Politische Rahmenbedingungen für Innovationen und nationale wie auch europäische Förderinstrumente (einschließlich Praxiserfahrungen und Vorschlägen, wie diese Instrumente verbessert werden können)

Neben der detaillierten Auswertung der Unternehmensbefragung stellt die Studie erfolgreiche europäische Unternehmen und geeignete politische Regulierungen aus Sicht der Unternehmen vor. Damit bietet sie Ansatzpunkte für den Dialog zwischen Wirtschaft und Politik und gibt Hinweise, wie eine innovations- und industriepolitisch orientierte Umweltpolitik aussehen kann.

Gliederung der vorliegenden Studie

Um die Ergebnisse der Unternehmensbefragung sowie die weiteren Themen übersichtlich darzustellen, gliedert sich der Bericht in folgende Abschnitte: Teil B stellt die Methodik und das Vorgehen vor und es wird die Konzeption und der Aufbau des für die Unternehmensbefragung verwendeten Fragebogens erläutert. Teil C fasst die Ergebnisse der Marktanalyse auf aggregierter Ebene zusammen und bildet die Marktvolumina der untersuchten Leitmärkte ab. In Teil D werden die Ergebnisse der Unternehmensbefragung insgesamt dargestellt und in Teil E folgen Ergebnisberichte jeweils für die einzelnen Techniklinien. Teil F schließlich stellt einige besonders erfolgreiche internationale Regulierungen für Umwelttechnologien vor. Im Anhang finden sich öffentlichkeitswirksame Erfolgsgeschichten von Unternehmen (Leuchtturmprojekte), die zeigen, wie vielfältig und erfolgreich sich die Branche bereits jetzt in Europa aufgestellt hat.

B. Methodik und vorbereitende Analysen

1. Vorgehen zur Schätzung der Marktpotenziale

In der Vorläuferstudie "Wirtschaftsfaktor Umweltschutz"⁷ wurden von Roland Berger Strategy Consultants gemeinsam mit dem DIW, dem ISI FhG, dem BMU und dem UBA die folgenden sechs Leitmärkte für Umwelttechnologien definiert:

- Energieerzeugung und -speicherung
- Energieeffizienz
- Rohstoff- und Materialeffizienz
- Nachhaltige Mobilität
- Kreislaufwirtschaft
- Nachhaltige Wasserwirtschaft

Eine Analyse des Marktvolumens der Leitmärkte und die Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands erfolgten in der ersten Phase der Studie. Dazu wurde eine Vielzahl von Marktstudien, Kapitalmarktberichten, Branchenreports, Berichten volkswirtschaftlicher Rechercheabteilungen und Statistiken ausgewertet. Außerdem führten Mitarbeiter von Roland Berger Strategy Consultants Expertengespräche mit Verbänden und Instituten auf nationaler und europäischer Ebene geführt. Auf dieser Basis wurde abgeleitet, welches Volumen die einzelnen Märkte 2005 haben, welches Marktpotenzial bis 2020 erreicht werden kann, wie hoch die erwarteten jährlichen Wachstumsraten sind und welche Marktanteile europäische und deutsche Unternehmen heute haben.

2. Vorgehen zur Unternehmensbefragung

Vertiefungsbereiche und ausgewählte Unternehmen

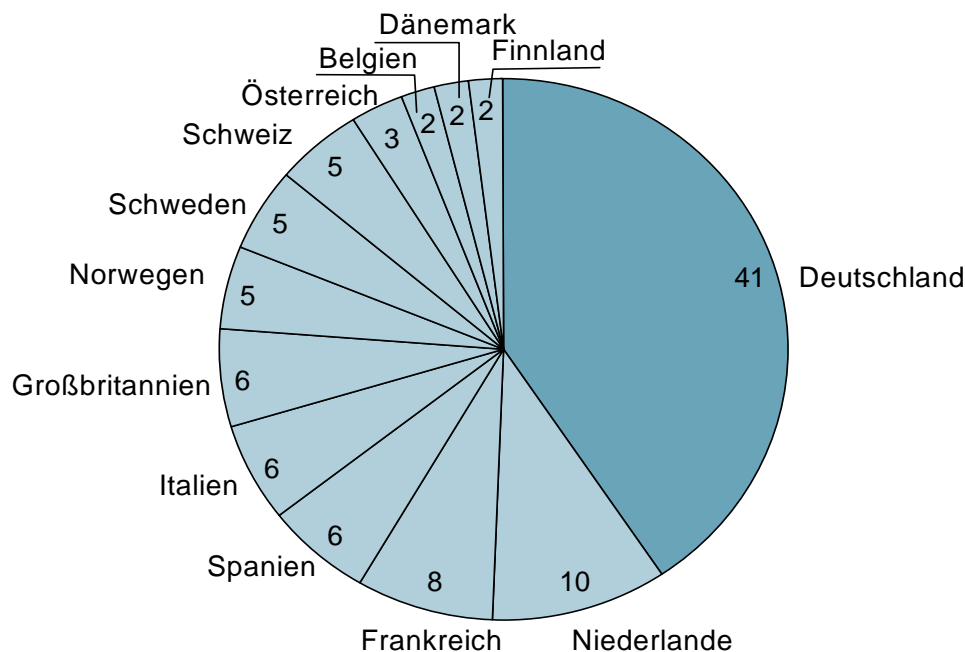
Zusammen mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und dem Umweltbundesamt (UBA) wählten die Autoren aus den genannten Leitmärkten anhand von Kriterien wie Zukunftsrelevanz, Marktpotenzial und Forschungsbedarf zehn Techniklinien für die detaillierte Untersuchung aus. Im Rahmen der Vertiefungsstudien erfolgte europaweit eine Befragung der in diesen Technologien markt- und innovationsführenden Unternehmen.

Die Auswahl der Unternehmen basierte dabei auf vorhandenen Branchenübersichten und Verbandsangaben. Aus einer ersten Gesamtauswahl von in den einzelnen Technologie-linien aktiven Unternehmen erfolgte nach den Kriterien Umsatzvolumen, Wachstum und

⁷ Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation, Dessau, 2007

Innovationsaktivitäten die weitere Eingrenzung derjenigen Unternehmen, die für die Befragung angesprochen wurden. Dabei wurden bewusst auch kleine und mittelständische Unternehmen in die Befragung eingebunden. Um ein möglichst umfassendes Bild zu erhalten, wurden zudem Unternehmen auf verschiedenen Stufen der jeweiligen Wertschöpfungskette befragt. Die Auswahl der Unternehmen für die Befragung wurde mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Umweltbundesamt abgestimmt.

Insgesamt wurden im Rahmen der Studie Gespräche mit 90 Unternehmen aus 13 europäischen Ländern geführt. Deutsche Unternehmen waren an gut 40% der Interviews beteiligt, da deutsche Unternehmen über mehrere der betrachteten Techniklinien hinweg starke Positionen einnehmen. Im Gegensatz dazu zeigen andere Länder eine stärkere Konzentration auf einzelne Technologiebereiche und nehmen entsprechend in diesen eine führende Stellung ein wie zum Beispiel Spanien im Bereich solarthermischer Kraftwerke. Untenstehende Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Verteilung der Interviews auf Länder.⁸



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 1: Verteilung der befragten Unternehmen auf Länder [%]

⁸ Weitere im Fragebogen enthaltene statistische Angaben der Unternehmen wurden nicht hinreichend häufig beantwortet, um eine Auswertung durchführen zu können. Da viele insbesondere kleine Unternehmen nicht börsennotiert sind und außerdem sehr viel Wert auf die Vertraulichkeit der Befragung legten, wurden sehr häufig keine Angaben zu Umsatzgrößen, Wachstum, Mitarbeitern oder Forschungsaufwendungen gemacht.

Durchführung der Befragung

Die Ansprechpartner in den ausgewählten Unternehmen wurden in intensiven, strukturierten Telefoninterviews im Zeitraum Ende Januar bis Mitte März 2007 befragt. Der dazu verwendete Fragebogen war – soweit möglich – für alle Techniklinien einheitlich und findet sich im Anhang dieser Studie. Der Fragebogen wurde von Roland Berger Strategy Consultants entworfen und mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und dem Umweltbundesamt abgestimmt. Die Befragung gliederte sich in folgende vier Bereiche:

- Einschätzungen zu Marktentwicklungen und Markttrends in der europäischen Umweltindustrie in den zehn ausgewählten Produktlinien
- Einschätzungen zur Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands sowie der europäischen Unternehmen in den ausgewählten Produktbereichen
- Aussagen zu Hemmnissen und Erfolgsfaktoren von Umweltinnovationen aus Perspektive der Unternehmen
- Bewertung bestehender Instrumente der Innovationsförderung auf europäischer Ebene aus Unternehmenssicht

Erstes Thema der Befragung war die derzeitige und künftige Marktsituation der Unternehmen, die die jeweilige Technologielinie entwickeln und/oder produzieren. Es wurde ermittelt, in welcher Phase ihres Lebenszyklus sich die Technologie befindet, welchen Stand die technologische Entwicklung erreicht hat und welche künftigen technologischen Herausforderungen und Markttrends die Ansprechpartner sahen. Darüber hinaus wurden die Unternehmen gebeten, heutige und künftige Marktvolumina einzuschätzen und anzugeben, welche Wachstumsraten und regionalen Schwerpunkte sie künftig erwarten.

Das zweite Thema war die Wettbewerbssituation Europas und der europäischen Unternehmen. Die Unternehmen wurden gebeten, die Struktur, die Anzahl der vertretenen Unternehmen und die Wettbewerbsintensität ihrer Branche zu charakterisieren. Außerdem sollten sie die ihrer Ansicht nach relevanten Erfolgsfaktoren nennen, um international eine marktführende Position zu erreichen. Abschließend sollten die Marktanteile Europas und der europäischen Unternehmen auf der Angebots- sowie Nachfrageseite beurteilt werden. In diesem Kontext wurden auch spezifischen Einschätzungen zur Position Deutschlands und deutscher Unternehmen diskutiert

Der dritte Fragenkomplex betraf die externen und unternehmensbezogenen Erfolgsfaktoren und Hemmnisse von Umweltinnovationen. Hier sollten die Unternehmen die Bedeutung und den aktuellen Erfüllungsgrad von im Vorfeld ermittelten Erfolgsfaktoren einschätzen.

Viertes und letztes Thema des Fragebogens waren die politischen Rahmenbedingungen. Die politischen Instrumente auf verschiedenen Ebenen (lokal, national, europäisch, international) waren zu beurteilen. Dazu sollten die Unternehmen angeben, für wie bedeutend sie diese einschätzen und wo sie Handlungsbedarf sehen. Hier ging es auch darum, mit welchen Politikinstrumenten Exporte und die internationale Marktdurchdringung effizienter

gefördert werden können. Zuletzt sollten die Unternehmen die derzeitigen Regulierungen und Fördermaßnahmen bewerten und einschätzen, wie sich diese auf Innovationen und die Entwicklung der betrachteten Techniklinie auswirken.

Alle in diesem Bericht dargelegten Positionen stellen – sofern aus Einfachheitsgründen nicht explizit vermerkt – die Sicht der befragten Unternehmen auf die jeweils diskutierte Fragestellung dar. Zum Teil wurden die Aussagen allerdings zusammengefasst und konsolidiert.

C. Überblick über Marktvolumina und die Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands in den Zukunftsmärkten

Die Zukunftsmärkte für Umwelttechnologien haben heute schon ein hohes weltweites Marktpotenzial und wachsen dynamisch.

Um die Gesamtpotenziale der sechs Leitmärkte für Umwelttechnologien zu ermitteln, wurden die einzelnen Produktgruppen aller Leitmärkte untersucht. Für jedes Handlungsfeld wurde auf Basis von verfügbaren Studien und ergänzenden Expertengesprächen das Marktvolumen im Basisjahr 2005 abgeschätzt und das Wachstum zwischen 2005 und 2020 projiziert. Für alle Technologien wurden zudem die Marktposition und der erreichte Marktanteil der europäischen Unternehmen sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite ermittelt.

Betrachtet man die sechs Leitmärkte aggregiert, so hat der Weltmarkt für Umwelttechnologie 2005 bereits ein Gesamtvolumen von etwa 1.000 Mrd. Euro (vgl. Abbildung 2).



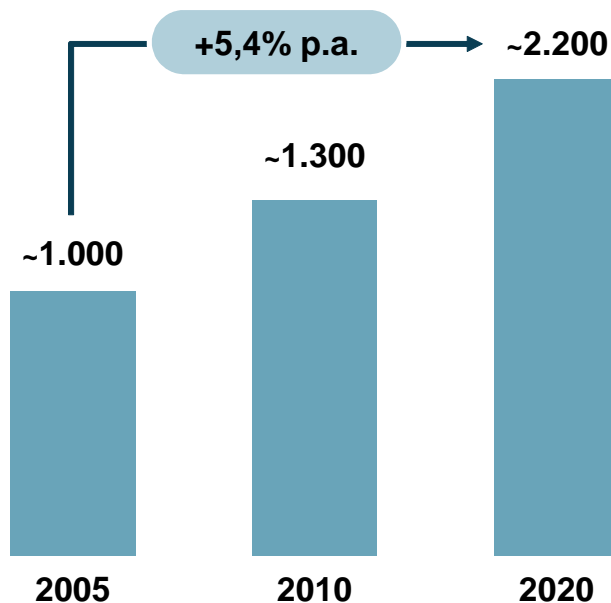
Quelle: Marktstudien, Expertengespräche, eigene Berechnungen

Abbildung 2: Weltmarktvolumen der Leitmärkte der Umwelttechnologien, 2005 [Mrd. EUR]

Den größten Anteil haben dabei heute Technologien im Bereich der Energieeffizienz, wo bereits etablierte Märkte z.B. bei effizienten Elektromotoren oder der Mess-, Steuer- und Regeltechnik existieren, deren Fortschritt für die Entwicklung des weltweiten Energieverbrauchs von entscheidender Bedeutung sein wird. Bei der nachhaltigen Energieerzeugung stellen derzeit schon die erneuerbaren Energien einen signifikanten Anteil, der weiter wachsen wird. Dort existieren große Märkte wie etwa die Gas- und Dampftechnologie oder Rauchgasreinigungsanlagen im Kraftwerksbereich, die bereits entwickelten Märkten zuzurechnen sind.

C. Überblick über Marktvolumina und die Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands in den Zukunftsmärkten

In der Zukunftsperspektive ergibt sich aus den analysierten Quellen und den Gesprächen, dass die Leitmärkte der Umwelttechnologie 2010 ein Volumen von rund 1.300 Mrd. Euro erreichen und bis 2020 auf ca. 2.200 Mrd. Euro wachsen werden. Das entspricht einer jährlichen Wachstumsrate von 5,4 Prozent (vgl. Abbildung 3).



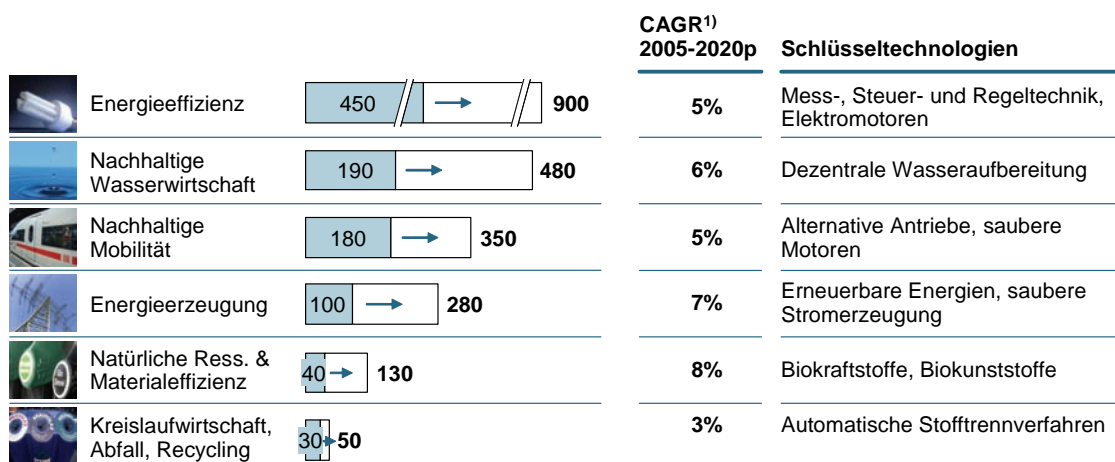
Quelle: Marktstudien, Expertengespräche, eigene Berechnungen

Abbildung 3: Weltmärkte der Umwelttechnologie, Wachstum 2005 bis 2020 [Mrd. EUR]

Die Wachstumsrate des Gesamtmarktes mag auf den ersten Blick geringer ausfallen als erwartet, da sich insbesondere die innovativen Umwelttechnologien heute sehr dynamisch entwickeln und oft mit zweistelligen jährlichen Raten wachsen. Dies wird auch für einzelne Technologien bis 2020 der Fall sein (vgl. unten, Abbildung 5). Für den Gesamtmarkt, der auch heute schon große und etablierte Märkte umfasst, ist aber auch ein Wachstum von jährlich über 5 Prozent auf eine lange Zeitspanne bis 2020 eine sehr dynamische Entwicklung, die zu mehr als einer Verdopplung des Gesamtvolumens bis 2020 führen wird.

Für die Leitmärkte Energieeffizienz und nachhaltige Wasserwirtschaft wird die größte absolute Zunahme der Marktvolumina, d.h. die größte Wirkung auf Sozialprodukte und Beschäftigung erwartet (vgl. Abbildung 4).

C. Überblick über Marktvolumina und die Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands in den Zukunftsmärkten



1) CAGR = Cumulated average growth rate = durchschnittliches jährliches Wachstum

2005 → Wachstum bis 2020p

Quelle: Marktstudien, Expertengespräche, eigene Berechnungen

Abbildung 4: Wachstum des Marktvolumens in Leitmärkten 2005 bis 2020 [Mrd. EUR]

Betrachtet man die durchschnittliche Entwicklung der einzelnen Märkte, ist im Markt für Rohstoff- und Materialeffizienz mit 8 Prozent das größte jährliche Wachstum zu erwarten. Treiber sind hier vor allem die biobasierte Wirtschaft wie zum Beispiel die Biokunststoffe. An zweiter Stelle steht die Energieerzeugung mit 7 Prozent, wo vor allem die erneuerbaren Energien zu einer überdurchschnittlichen Wachstumsdynamik führen werden.

Untersucht man die Wachstumserwartungen auf der Ebene einzelner Techniklinien, so zeigt sich, dass insbesondere junge Technologien wie Hybridfahrzeuge, Biokunststoffe, Brennstoffzellen und Biogasanlagen die höchsten Potenziale aufweisen (vgl. Abbildung 5).



1) CAGR = Cumulated average growth rate = durchschnittliches jährliches Wachstum

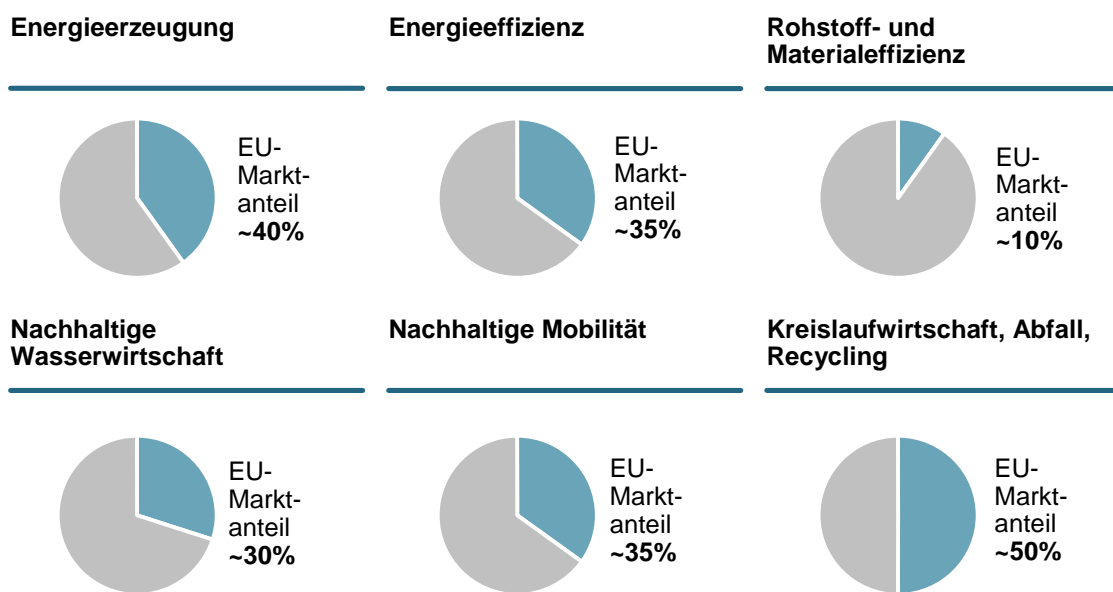
Quelle: Marktstudien, Experteninterviews

Abbildung 5: Wachstumsraten einzelner Umwelttechnologien [2005-2020, %]

C. Überblick über Marktvolumina und die Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands in den Zukunftsmärkten

Für Hybridfahrzeuge wird beispielsweise bis 2020 ein jährlicher Zuwachs von über 20 Prozent angenommen. Solarthermische Anlagen und Biodiesel folgen mit einem erwarteten Wachstum von mehr als 15 Prozent pro Jahr.

Bzgl. der Wettbewerbsposition Europas zeigt die Untersuchung auf aggregierter Ebene der Leitmärkte die starke Stellung der europäischen Unternehmen, die mit ihrer Situation zufrieden sein können. Der erreichte Marktanteil liegt in fünf der sechs betrachteten Leitmärkte bei mindestens 30 Prozent. So werden im Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz zwar nur Marktanteile von 10 Prozent, im Leitmarkt Kreislaufwirtschaft jedoch Marktanteile von bis zu 50 Prozent erreicht (vgl. Abbildung 6).

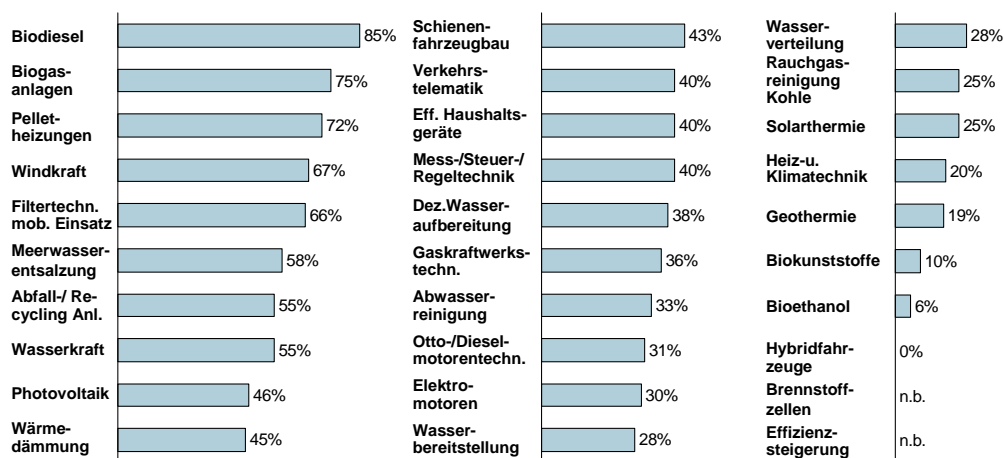


Quelle: Marktstudien, Experteninterviews

Abbildung 6: Marktanteile europäischer Unternehmen in den Leitmärkten 2005 [in %]

Werden die Marktanteile der europäischen Unternehmen auf Ebene der einzelnen ausgewählten Techniken untersucht, erreicht Europa vor allem bei Biodiesel (85 Prozent), Biogasanlagen (75 Prozent) und Pelletheizungen (über 70 Prozent) sehr hohe Marktanteile (vgl. Abbildung 7):

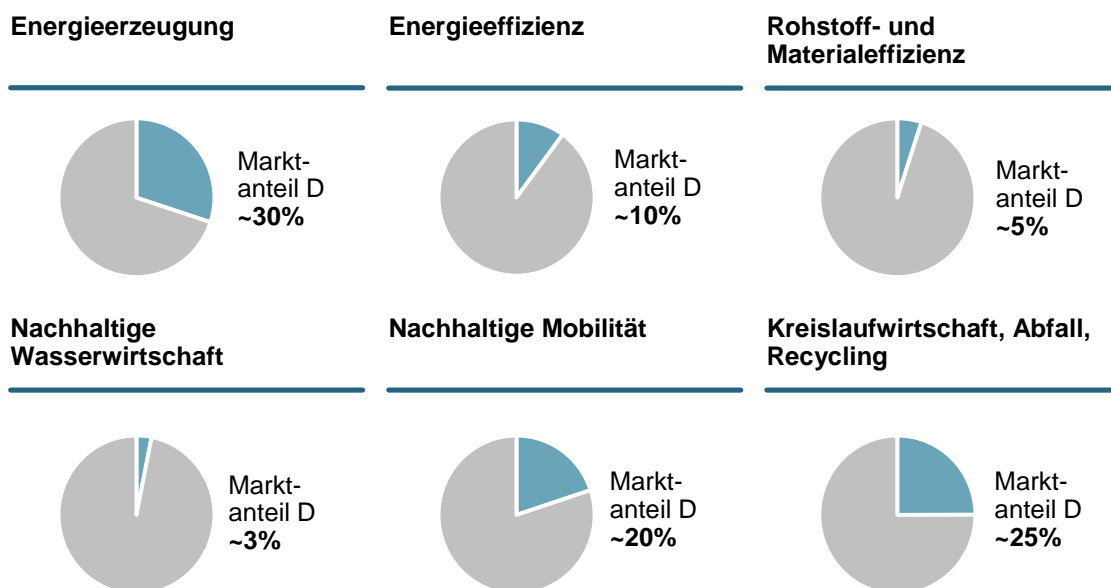
C. Überblick über Marktvolumina und die Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands in den Zukunftsmärkten



Quelle: Marktstudien, Experteninterviews

Abbildung 7: Marktanteile europäischer Unternehmen in einzelnen Technologielinien [in %]

Innerhalb Europas nimmt Deutschland in vielen Umwelttechnologie-Leitmärkten eine Vorreiterfunktion ein. Der aktuelle Weltmarktanteil Deutschlands in den einzelnen Zukunftsmärkten ist in Abbildung 8 dargestellt.



Quelle: Marktstudien, Experteninterviews

Abbildung 8: Marktanteile deutscher Unternehmen in den Leitmärkten [2005]

Bei der Energieerzeugung und Kreislaufwirtschaft, Abfall und Recycling spielt Deutschland eine sehr wichtige Rolle. Der aktuelle Marktanteil von rund 5 Prozent in den Leitmärkten Wassertechnologie und Rohstoff- und Materialeffizienz kann noch verbessert werden.

D. Zusammengefasste Ergebnisse der Unternehmensbefragung in den zehn Techniklinien

Ziel der durchgeführten Unternehmensbefragung war es, herauszufinden, welche aktuellen und künftigen Möglichkeiten und Potenziale die vertiefend analysierten Techniklinien für Europa und Deutschland eröffnen. Daraus sollten Handlungsstrategien für die europäischen Unternehmen und geeignete politische Regulierungsmaßnahmen für die europäischen Staaten abgeleitet werden. Je besser diese aufeinander abgestimmt sind, desto besser können die europäischen Unternehmen ihre führende Stellung am Weltmarkt für Umwelttechnologien sichern und ausbauen.

Folgende zehn Vertiefungsfelder wurden ausgewählt:

- Solarthermische Kraftwerke
- Hybridfahrzeuge
- Solare Kühlung
- Automatische Stofftrennverfahren
- CO₂-arme Kraftwerke, Carbon-Capture-and-Storage-Technologien
- Effiziente Speicherung elektrischer Energie:
 - Wasserstoff als Energiespeicher
 - Druckluftspeicherung
- Membrantechnologie
- Biokunststoffe
- Dezentrale Wasseraufbereitung und Regenwassermanagement
- Synthetische Biokraftstoffe

Diese Vertiefungsfelder decken sämtliche Leitmärkte ab (vgl. Abbildung 9):

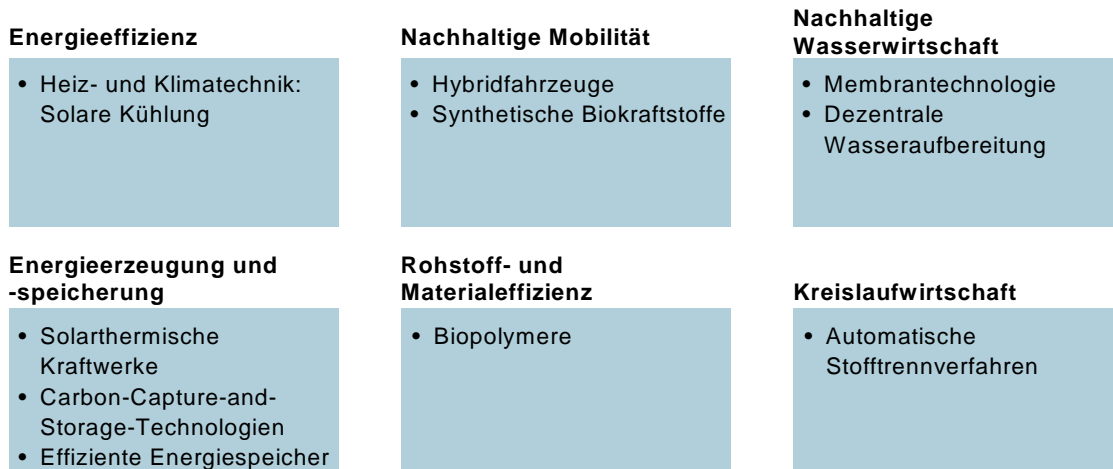


Abbildung 9: Übersicht über die ausgewählten Umwelttechnologien

D. Zusammengefasste Ergebnisse der Unternehmensbefragung in den zehn Techniklinien

Um eine schnellere Diffusion zu erreichen, sind die Umwelttechnologien auf die Unterstützung der Politik angewiesen. Die Betrachtung der Ausgangssituation und der Anforderungen der Unternehmen geben Anhaltspunkte dafür, wie eine wirksame und zielorientierte Umwelt- und Innovationspolitik zu gestalten ist. Die durchgeführten Unternehmensinterviews bilden hierfür eine erste, wesentliche Grundlage.

In den jeweiligen Techniklinien ergeben sich für das Jahr 2005 sehr unterschiedliche Marktvolumina und erwartete Wachstumsraten bis 2020. Es schlägt sich nieder, auf welcher Entwicklungsstufe sich eine Technologie befindet und welche aktuelle wirtschaftliche Bedeutung sie hat: So hatte der Markt für Dezentrales Wassermanagement 2005 bereits ein Volumen von fast 7 Mrd. Euro, während man bei synthetischen Biokraftstoffen noch nicht von einem existierenden Markt sprechen kann. Die konsolidierten Einschätzungen der Unternehmen zu Marktentwicklungen sind in Abbildung 10 zusammengefasst.

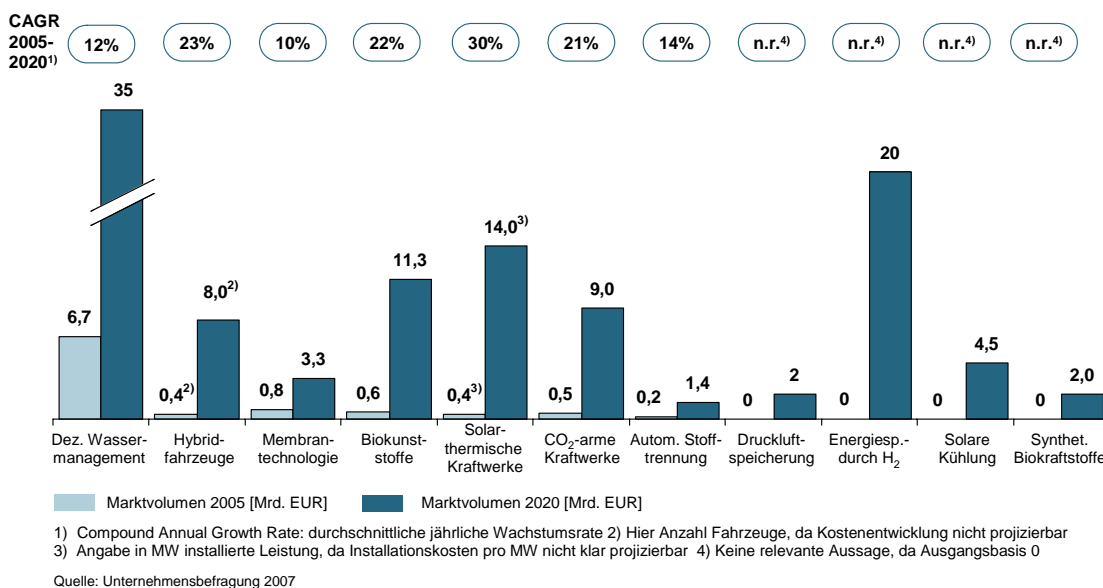


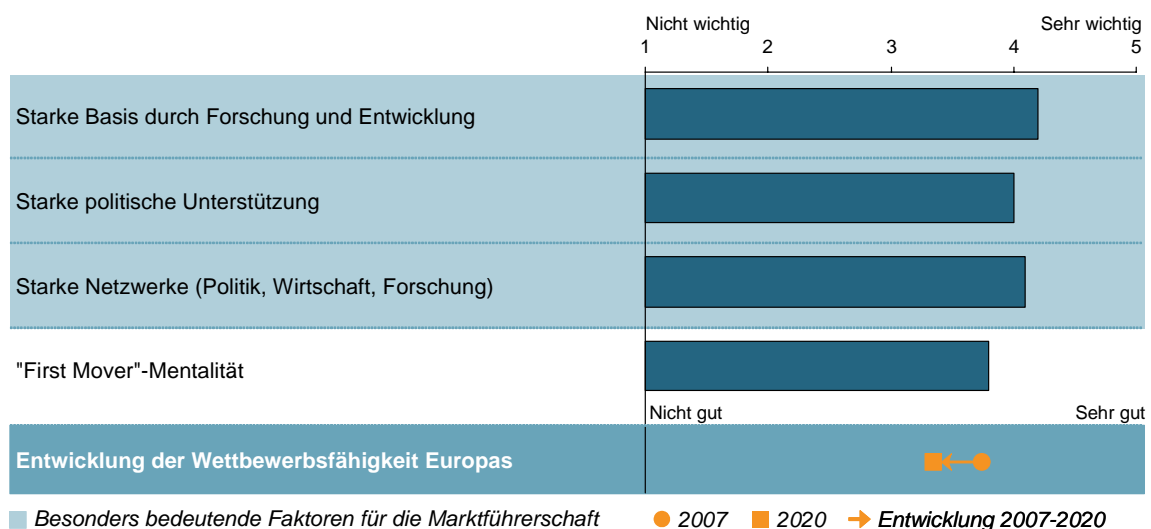
Abbildung 10: Techniklinien, Marktvolumen 2005 und Projektion bis 2020 [Mrd. EUR]

Die Analyse der Wettbewerbsposition der europäischen und deutschen Unternehmen innerhalb der ausgewählten Vertiefungsbereiche zeigt, welche wichtige Rolle Europa und Deutschland in diesen Märkten einnehmen. Europäische Unternehmen erreichen überall – außer im Markt für Hybridfahrzeuge, wo sie gar nicht vertreten sind – Marktanteile von 20 bis zu 80 Prozent. Insgesamt beträgt der Marktanteil Europas in den Techniklinien angebots- als auch nachfrageseitig knapp ein Drittel der jeweiligen Weltmärkte, sofern sie sich schon als solche etabliert haben.

D. Zusammengefasste Ergebnisse der Unternehmensbefragung in den zehn Techniklinien

Deutsche Unternehmen erreichen im Schnitt Marktanteile von 20 Prozent; in einigen Märkten liegen sie bei nur 5 Prozent (Membrantechnologie), in anderen hingegen bei bis zu 65 Prozent (automatische Stofftrennverfahren).⁹

Über alle Bereiche hinweg wird dabei die Wettbewerbsfähigkeit Europas als sehr gut betrachtet (vgl. Abbildung 11). Die befragten Unternehmen rechnen allerdings damit, dass sich die Wettbewerbsposition Europas bis 2020 leicht verringern wird. Dies liegt vor allem an der heute sehr starken Stellung Europas in vielen der diskutierten Bereiche, die sich bei herausbildenden Märkten und einem zunehmenden Wettbewerb nicht halten können, vor allem dann, wenn sich die Märkte und Industrien stark internationalisieren.



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 11: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Als übergreifende und annähernd gleich bedeutende Faktoren für die Erlangung marktführender Positionen in den betrachteten Techniklinien sehen die Unternehmen die Aspekte Forschungs- und Entwicklungsbasis, politische Unterstützung sowie starke Netzwerke und Austausch zwischen den Unternehmen sowie zwischen Unternehmen und relevanten Akteuren in Forschung und Politik (vgl. Abbildung 11). Nur in einem zwischen Forschung, Politik und Unternehmen abgestimmten und koordinierten Vorgehen werden europäische Unternehmen also mittelfristig erfolgreich sein.

Ein zentraler Teil der Vertiefungsanalyse war die Befragung der Unternehmen zu wichtigen Erfolgsfaktoren und Hemmnissen für Umweltinnovationen. Dabei wurde zwischen externen und unternehmensbezogenen Faktoren unterschieden. Übereinstimmend haben die Unternehmen folgende Faktoren als besonders wichtig für den Erfolg von Umweltinnovationen eingestuft (vgl. Abbildung 12):

⁹ Nähere Ausführungen dazu unten im Kapitel E.

D. Zusammengefasste Ergebnisse der Unternehmensbefragung in den zehn Techniklinien

- Regierungspolitik
- Markt-/Kundennachfrage nach innovativen Lösungen

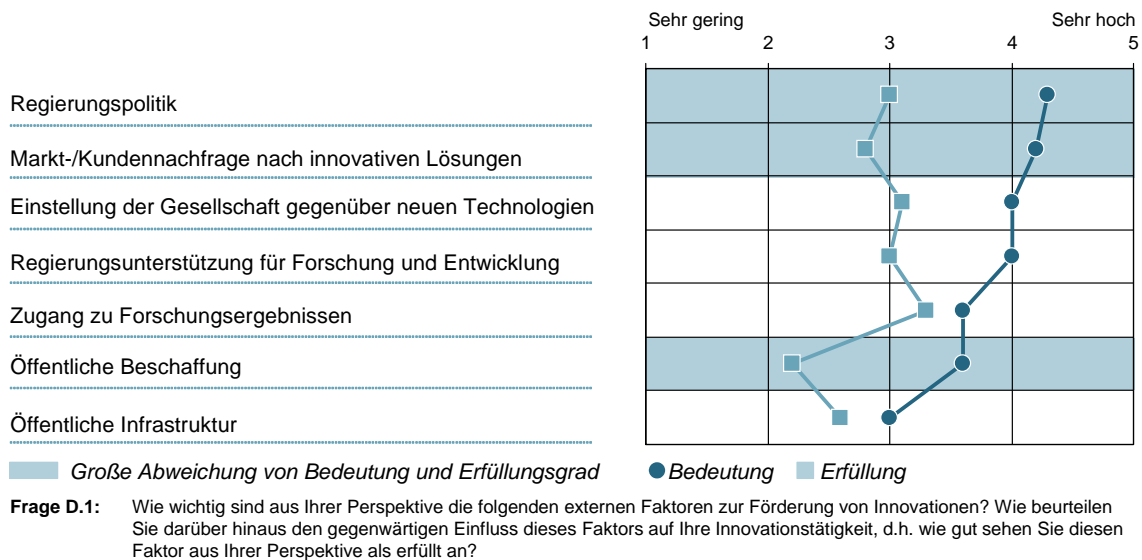


Abbildung 12: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die untersuchten Technologien überwiegend noch deutliche Unterstützung der Politik benötigen. Im Durchschnitt sahen alle befragten Unternehmen die Regierungspolitik als wichtigsten Erfolgsfaktor für die Markterschließung von Umwelttechnologien an. Nach Ansicht der Unternehmen besteht auch hierbei der größte Handlungsbedarf. Markt- und Kundennachfrage sind für die Unternehmen aller Vertiefungsbereiche ein weiterer wichtiger Erfolgsfaktor; auch diese sollte ihrer Ansicht nach noch durch die Politik gefördert werden. Eine marktnahe Förderpolitik und Unterstützung bei der Diffusion sind aus Sicht der Unternehmen geeignet, die jeweilige Technologie zu etablieren.

Die öffentliche Beschaffung ist ein Faktor, bei dem ein erstaunlich großer Abstand zwischen Bedeutung und Erfüllung festzustellen ist. Zwar wird die öffentliche Beschaffung von den Unternehmen als nicht so relevant eingestuft, auffallend ist aber der hohe Abstand zum Erfüllungsgrad. Ein Bedarf an zusätzlichen öffentlichen Aufträgen zur Unterstützung von innovativen Umwelttechniken ist also vorhanden.

Bei den unternehmensbezogenen Faktoren zeigt sich ein relativ geringer Abstand zwischen der jeweiligen Bedeutung und der Erfüllung. Folgende interne Faktoren erachten die Unternehmen über alle Technologielinien als am wichtigsten (vgl. Abbildung 13):

- Qualifiziertes Personal
- Unternehmensinvestitionen in Forschung und Entwicklung
- Zugang zu finanziellen Ressourcen

D. Zusammengefasste Ergebnisse der Unternehmensbefragung in den zehn Techniklinien

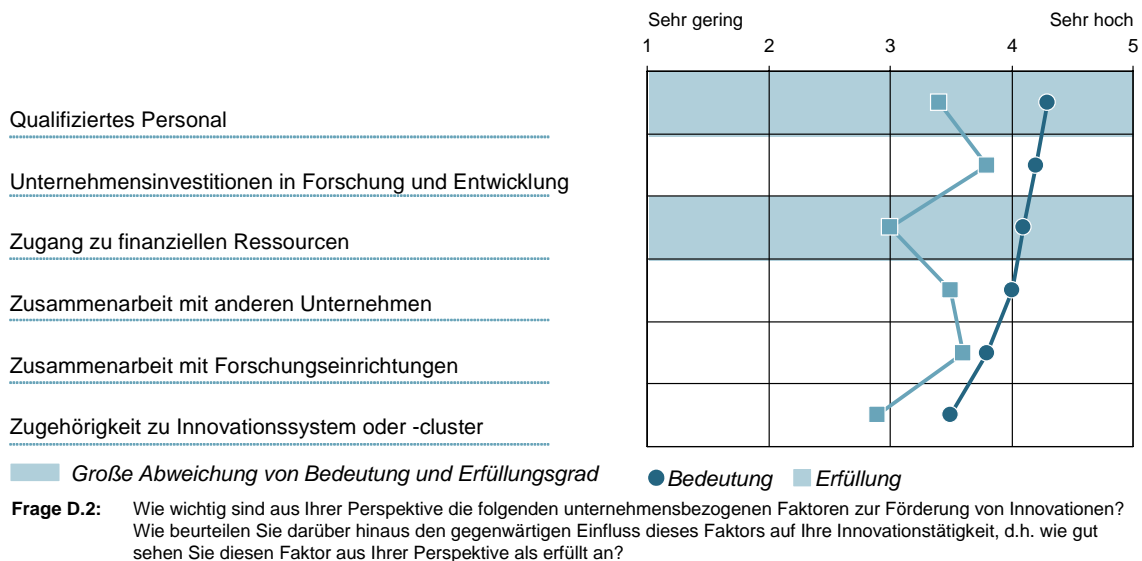


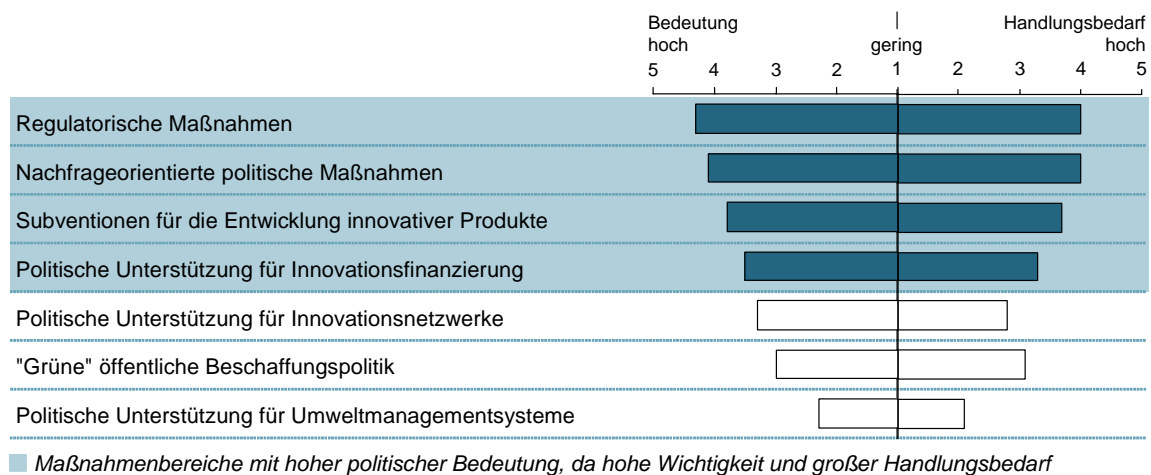
Abbildung 13: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Wie auch in der Studie "Wirtschaftsfaktor Umweltschutz" bereits für deutsche Unternehmen gezeigt wurde, ist auch für europäische Unternehmen qualifiziertes Personal am kritischsten für den Innovationserfolg – hier signalisieren die Unternehmen Handlungsbedarf. Unternehmensinvestitionen in Forschung und Entwicklung sind ebenfalls sehr bedeutend, aber durch die Unternehmen bereits zufriedenstellend erfüllt.

Auffallend ist, dass die Unternehmen den Zugang zu finanziellen Ressourcen in allen Techniklinien als sehr wichtig erachten. Dennoch ist dieser offenbar nur schlecht erfüllt. Der Zugang zu finanziellen Mitteln insbesondere für die Wachstumsfinanzierung könnte europaweit durch ein politisches Handlungsprogramm erleichtert werden.

Ein wichtiger Hinweis für die künftige Umweltpolitik ist die Einschätzung der befragten Unternehmen zur Bedeutung der verschiedenen Instrumente der Politik. Über alle Vertiefungstechnologien ergibt sich folgendes Bild (vgl. Abbildung 14):

D. Zusammengefasste Ergebnisse der Unternehmensbefragung in den zehn Techniklinien



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 14: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen

Die für die Unternehmen bedeutsamsten politischen Instrumente, um Innovationen in den betrachteten Umwelttechnologien zu fördern, sind also:

- Regulatorische Maßnahmen
- Nachfrageorientierte politische Maßnahmen
- Subventionen für die Entwicklung innovativer Produkte

Bei diesen drei wichtigsten Maßnahmen wie auch bei der "grünen" öffentlichen Beschaffungspolitik sehen die Unternehmen heute den größten Handlungsbedarf für die Politik. Diese Einschätzung der politischen Instrumente deckt sich mit den Ergebnissen vorheriger Studien. Erneut hat sich bestätigt, dass politische Instrumente notwendig sind, um Umweltinnovationen voranzutreiben und zu fördern. Das kann durch Regulierungen und Gesetze oder auch durch nachfrageseitige Förderungen und Subventionen geschehen.

In Teil E findet sich die detaillierte Auswertung der Befragung zu den Vertiefungsfeldern, die den Gesamtüberblick über die wichtigsten Tendenzen und Trends in den betrachteten Leitmärkten um eine genaue Potenzialabschätzung der Techniklinien ergänzen.

E. Vertiefende Analyse der ausgewählten Techniklinien der Umweltwirtschaft

1. Solarthermische Kraftwerke – Concentrating Solar Power (CSP)/Solar Thermal Power Systems

1.1 Überblick

Solarthermische Kraftwerke konzentrieren die in der Sonnenenergie enthaltene Wärmeenergie, die dann mit klassischer Kraftwerkstechnologie zur Stromerzeugung genutzt wird. Im Unterschied zu dezentralen Solarthermieanlagen sind solarthermische Kraftwerke in der Regel Großanlagen mit einer Leistung von 30 bis 200 MW und können entweder als reine Solaranlagen oder als Hybridanlagen betrieben werden. Bei Letzteren wird ein bestimmter Anteil der Energie aus traditionellen Energiequellen (etwa Erdgas oder Erdöl) gewonnen.

Bei solarthermischen Kraftwerken unterscheidet man die wesentlichen Technologien Parabolrinnen-, Solarturm-, Dish-Stirling- und Aufwindkraftwerke.

Bei **Parabolrinnenkraftwerken** wird die Sonneneinstrahlung auf mit einem Transfermedium (derzeit meist ein thermisches Öl) gefüllte Absorberrohre konzentriert, die sich im Brennpunkt der Parabolrinnen befinden. Das dadurch auf bis zu 400°C erhitzte Transfermedium gibt über Wärmetauscher thermische Energie ab und produziert Wasserdampf. Der Wasserdampf treibt Turbinen an und erzeugt über einen angeschlossenen Generator Elektrizität. Alternativ zu Parabolrinnen können Fresnelkollektoren – eben angeordnete Spiegelsegmente anstelle von parabolisch geformten – verwendet werden.

Bei **Solarturmkraftwerken** wird die Sonneneinstrahlung über ein Solarfeld aus kreisförmig angeordneten Spiegelsystemen auf einen zentralen Receiver konzentriert, der auf einem Turm angebracht ist. Die erzeugte Temperatur von mehr als 1000°C wird mit Hilfe von Transfermedien wie Luft, Wasserdampf, Flüssigsalz oder flüssigem Natrium durch einen Dampferzeuger und eine Dampfturbine in Energie umgewandelt. Dabei können für diese Technologielinie hohe Wirkungsgrade von 18 bis 23 Prozent erreicht werden.

Dish-Stirling-Systeme bestehen aus Parabolspiegeln mit einigen Metern Durchmesser. Die Spiegel konzentrieren das Sonnenlicht auf einen Receiver, der sich im Brennpunkt der Schüssel befindet. Die absorbierte Wärme wird einem Stirling-Motor als Hochtemperaturwärme von bis zu 750°C zugeführt. Durch die Kopplung mit einem Generator erzeugt das Stirling-System Strom. Über den Zusammenschluss vieler dezentraler Dish-Stirling-Systeme mit einer Leistung von 5 bis 50 KW lässt sich eine zentrale Kraftwerkslösung erreichen.

Aufwindkraftwerke nutzen das sogenannte "Gewächshausprinzip", bei dem die Sonneneinstrahlung Luft unterhalb einer horizontal angeordneten Fläche aus transparenten Kunststoff oder Glas erwärmt. Durch eine in der Mitte angebrachte kaminförmige Konstruktion mit großen Zuluftöffnungen steigt die leichtere wärmere Luft im Kamin auf und erzeugt einen Aufwind. Dieser wird durch Windturbinen im Kamin in mechanische Energie und dann über Generatoren in elektrische Energie umgewandelt.

Wesentliche Elemente der Wertschöpfungskette beim Bau solarthermischer Kraftwerke sind die Projektentwicklung, die Produktion der Kernelemente, der Bau beziehungsweise die Systemintegration durch EPC (Engineering, Procurement, and Construction)-Dienstleister und der Betrieb des Kraftwerks. Als wichtigste Komponenten dieser Kraftwerke gelten die Kernelemente – die Konzentratoren (Solarspiegel), die Wärmeaufnehmer (Receiver) und die Transport- und Speichermedien.

Solarthermische Kraftwerke – vor allem Parabolrinnenkraftwerke – wurden bereits in den achtziger Jahren in den USA errichtet. In den letzten Jahren wurden im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms der Bundesregierung in Deutschland verschiedene Elemente der Parabolrinnen-, Solarturm und Dish-Sterling-System erheblich weiterentwickelt. Neue Kraftwerke dieser Arten befinden sich nach Einschätzung der befragten Unternehmen gegenwärtig in der Markteinführungsphase. Die einzelnen Technologien sind dabei unterschiedlich weit fortgeschritten. Am weitesten entwickelt sind Parabolrinnenkraftwerke, von denen in Kalifornien bis 1991 bereits neun Anlagen fertig gestellt wurden. Bis 2002 wurden weltweit keine neuen Projekte mehr angegangen: In den USA wurde die Förderung der Anlagen ausgesetzt, die Energiepreise fielen und damit ging auch die Wettbewerbsfähigkeit der Technologie zurück. Heute sind vor allem kommerzielle Parabolrinnenkraftwerke im Bau, es werden aber auch Sonnenturmkraftwerke und Aufwindkraftwerke geplant. Zentrale, kommerziell betriebene Dish-Stirling-Projekte sind noch nicht geplant.

1.2 Technologische Entwicklungen

Rund 90 Prozent der derzeit geplanten Projekte sind Parabolrinnenkraftwerke. Sie sind technisch am weitesten ausgereift, am kostengünstigsten und bislang die einzigen kommerziell betriebenen solarthermischen Kraftwerke. Deswegen ist zu erwarten, dass Parabolrinnenkraftwerke auch in Zukunft von industriellen Entwicklern und Investoren bevorzugt werden.

Die ersten kommerziell betriebenen Solarturmkraftwerke befinden sich heute in Spanien im Bau (Solar Tres und PS10/20). In den USA und auf der Plataforma Solar de Almeria in Spanien sind allerdings schon, wie bei den Dish-Stirling-Systemen auch, Demonstrationsanlagen im Einsatz. Seit 2001 werden über das Euro-Dish-Projekt zwei Prototypen der Dish-Stirling-Systeme mit verbesserten Komponenten auf der Plataforma Solar getestet und potenziellen Anlagenbetreibern vorgestellt.

Aufwindkraftwerke werden ebenfalls noch nicht kommerziell betrieben, obwohl ein Prototyp in Manzanares (Spanien) zwischen 1981 und 1989 bereits den hohen Wirkungsgrad und die Zuverlässigkeit der Technologie nachgewiesen hat. Ein momentan in Australien geplantes Aufwindkraftwerk macht das Zukunftspotenzial der Technologie deutlich.

Die betrachteten Technologien sind grundlegend erforscht und einsatzfähig. Im Vergleich zu konventionellen Energiequellen sind die Kosten für alle Technologien allerdings noch hoch. Die Unternehmen beziffern die Stromgestehungskosten der relativ effizienten Parabolrinnenkraftwerke momentan auf 0,12 bis 0,22 Euro/KWh. Während die Kosten in den

USA mit rund 0,12 Euro/KWh relativ niedrig gehalten werden können, belaufen sie sich in Europa wegen der geringeren Sonneneinstrahlung auf rund 0,20 Euro/KWh. Nach Studien der Weltbank lassen sich die Kosten für Parabolrinnenkraftwerke bis 2020 auf rund 0,05 bis 0,09 Euro/KWh verringern. Eine solche Entwicklung würde solarthermische Kraftwerke gegenüber fossiler Stromerzeugung konkurrenzfähig machen.

Die größten Kostenersparnisse erwarten die Unternehmen durch:

- Erhöhung der Volllaststundenzahl durch größere Anlagen und thermische Speicher
- Reduktion der Betriebs- und Wartungskosten
- Senkung der Komponenten- und Systemkosten durch Lernkurven- und Skaleneffekte.

Nimmt die weltweit installierte Leistung zu, werden dadurch die Einzelkomponenten weiter optimiert: Lebensdauer und Effizienz werden steigen, während die Kosten bei Receivern, Antrieben, Spiegeln und Speichermedien zurückgehen.

Zukünftige Receiver werden durch die Verbesserung der Absorptionsfähigkeit und Stabilität zuverlässiger werden und thermische Verluste reduzieren. Bei Antrieben sind vor allem die Positioniergenauigkeit und die Überlastfähigkeit, etwa bei starkem Wind, zu optimieren. Höhere Effizienz ist bei Spiegeln durch die verbesserte Biegegenauigkeit und die Erhöhung der solaren Reflexion möglich. Besonders bei Solarturmkraftwerken ist für die Heliostaten, ihrem größten Kostenfaktor, bis 2020 mit einem Kostenrückgang von rund 40 Prozent zu rechnen.

Immer wichtiger wird es auch, dass solarthermische Kraftwerke kontinuierlich und nicht nur zu sonnenintensiven Tageszeiten Elektrizität bereitstellen. Dies kann entweder durch Hybridanlagen oder aber durch spezielle thermische Speicher wie Flüssigsalz oder in Zukunft auch Beton geschehen. In Betonspeichern lässt sich die Wärme des Wärmeträgers durch Einbringen der Wärme über Rohrbündelregister speichern, die in den Beton eingebettet sind. Diese noch in der Entwicklung befindliche Speicheroption würde die bei Flüssigkeitsspeichern heute üblichen Kosten von 30 bis 40 Euro/KWh auf unter 20 Euro/KWh drücken.

Der gegenwärtig wichtigste technologische Trend bei Parabolrinnenkraftwerken ist nach Aussage mehrerer befragter Unternehmen die Direkte Dampferzeugung (Direct Steam). Sie steigert die Betriebstemperatur auf 500 bis 550°C und lässt dadurch ein höheres Temperatur- und Druckgefälle in der Turbine entstehen. Dadurch kann der Wirkungsgrad der Anlage erheblich gesteigert werden. Momentan sind die Kraftwerke durch das thermische Öl auf Betriebstemperaturen von maximal 400°C limitiert. Bei der Direkten Dampferzeugung wird Wasserdampf direkt in den Parabolrinnenkollektoren erzeugt. Dieser speist anschließend wie in einem Dampfkraftwerk eine konventionelle Turbine, die an einen Generator gekoppelt ist. Obwohl eine entsprechende Anlage auf der Plataforma Solar de Almeria (Spanien) seit 1999 in Betrieb ist, funktioniert die Technologie im Zusammenspiel aller Komponenten bei fertigen Kraftwerken bis jetzt noch nicht.

Vorteile der Direkten Dampferzeugung sind nach Einschätzung der befragten Unternehmen vor allem:

- Kostenersparnisse durch den Wegfall des thermischen Öls
- Effizienzsteigerung durch höhere Temperaturen beim Einsatz von Wasser anstelle von thermischem Öl
- Unbegrenzte und billige Verfügbarkeit von Wasser als Wärmetransfermedium.

Die größten Herausforderungen bei der Entwicklung der Direkten Dampferzeugung zur Marktreife sind nach Meinung der Unternehmen die notwendige hohe Druckresistenz der Komponenten und die Beschränkung der Wärmeverluste, beides eine Folge der höheren Temperaturen. Da die Wärmeverluste bei steigender Temperatur zunehmen, bestehen besondere Anforderungen an die Receiver. Auch die Entwicklung spezieller Wärmespeicher für die direkte Dampferzeugung ist eine vordringliche Aufgabe der Forscher.

Zudem erwarten die Unternehmen eine Vergrößerung der Kraftwerke. Derzeit sind die vornehmlich in Spanien oder durch spanische Unternehmen durchgeführten Projekte meist auf 50 MW ausgelegt, da die spanische Einspeisevergütung solarthermische Kraftwerke nur bis zu dieser Größenordnung fördert.

Aus all diesen Entwicklungstrends lassen sich die Chancen der solarthermischen Technologie ableiten. Im Vergleich mit anderen erneuerbaren – nicht aber mit konventionellen – Energiequellen sind die Stromgestehungskosten solarthermischer Kraftwerke mit 0,14 bis 0,22 Euro/KWh bereits heute relativ gering. Zudem können solarthermische Kraftwerke mit entsprechenden Speichern grundlastfähig gemacht werden und sind somit für die zentrale Stromversorgung einsetzbar. Damit sind sie eine Alternative zu fossilen und nuklearen Kraftwerken.

Auf Technologieebene sind Parabolrinnenkraftwerke am günstigsten, haben die längste kommerzielle Betriebszeit vorzuweisen und bereits hohe Zuverlässigkeit erreicht. Nach Einschätzung der europäischen Unternehmen lassen sich die heute noch relativ hohen Stromgestehungskosten durch Skaleneffekte, höhere Volllastzeiten, Wärmespeicherung und direkte Dampferzeugung innerhalb weniger Jahre auf das Niveau eines konventionellen Kraftwerks reduzieren. Aus diesen Gründen sprechen die Unternehmen der Parabolrinnentechnologie die größten Zukunftschancen zu.

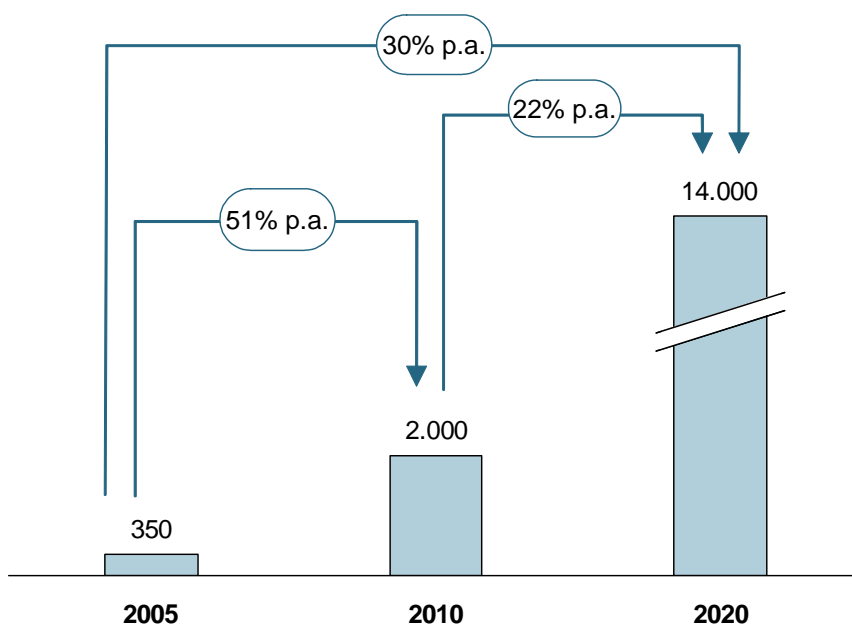
Bei Fresnelkollektoren ist die Produktionskomplexität aufgrund ihrer Modularität gering und es ließen sich Skaleneffekte durch Massenproduktion erzielen. Bei Solarturmkraftwerken besteht angesichts der Temperaturen von bis zu 1.000°C eine sehr hohe Umwandlungseffizienz der Sonnenenergie. Das Kostensenkungspotenzial für Solarturmkraftwerke ist mit dem der Parabolrinnentechnologie vergleichbar. Aufwindkraftwerke sind sehr zuverlässig und wenig störanfällig. Dish-Stirling-Systeme sind auch als dezentrale Lösungen einsetzbar.

Obwohl alle Technologielinien gewisse Vorteile aufweisen, ist die Parabolrinnentechnologie aus Sicht der Unternehmen vom heutigen Standpunkt aus am zukunftsfähigsten

1.3 Marktentwicklungen

Das Gesamtinvestitionsvolumen der neun in Kalifornien zwischen 1984 und 1991 gebauten solarthermischen Kraftwerke betrug 1,2 Mrd. US Dollar.

Nachdem im Jahr 2002 die Planung und der Bau solarthermischer Kraftwerke wieder aufgenommen wurden, ist ein Anstieg der weltweit installierten Leistung von gut 350 MW im Jahr 2005 auf 1.500 bis 2.000 MW im Jahr 2010 zu erwarten. Dies entspräche einer jährlichen Wachstumsrate von über 50 Prozent.



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

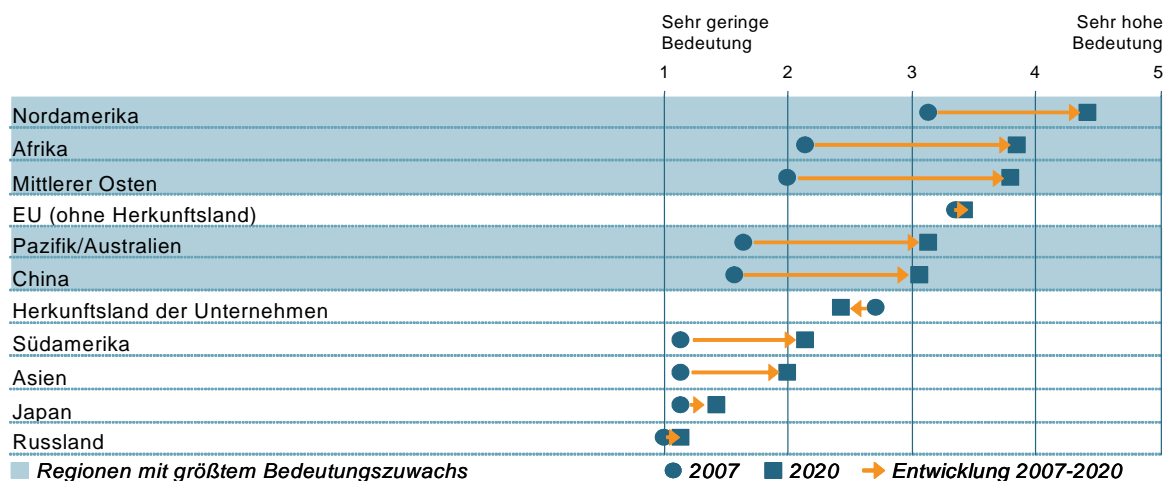
Abbildung 15: Projektion der weltweit installierten Leistung bis 2020 [in MW]

Bis 2015 erwarten relevante Studien bei einem jährlichen Wachstum von etwa 22 Prozent eine weltweit installierte Kapazität von über 5.000 MW. Dieser Anstieg wird mit ersten Projektentwicklungen in der MENA-Region (Mittlerer Osten und Nordafrika), der technologischen Weiterentwicklung und als direkte Folge der Einspeiseregulierung in Griechenland begründet. Im Jahr 2020 wird bei konstanten Wachstumsraten insgesamt mit einer installierten Leistung von 13.000 bis 15.000 MW gerechnet.

Weit weniger einheitlich sind die Schätzungen der Unternehmen hinsichtlich des zu erwartenden wertmäßigen Marktvolumens. Für das Jahr 2010 variieren die Prognosen der Unternehmen zwischen 1 Mrd. und 3 Mrd. Euro. Diese Unterschiede resultieren aus den unsicheren Kosten pro installiertem Kilowatt, die erheblich von der Größe und den Kosten der Speichersysteme in den Kraftwerken abhängen. Ein weiterer Unsicherheitsfaktor sind die Kostenreduktionen je installiertem Kilowatt, die sich durch technologische Verbesserungen erzielen lassen. Deshalb schwanken die Einschätzungen der Unternehmen, was das Marktpotenzial 2020 anbelangt, zwischen 2 Mrd. und 10 Mrd. Euro, mit einem mittleren Wert von 7 Mrd. Euro.

Die Marktpotenzialschätzungen basieren naturgemäß auf den Prognosen von Unternehmen, die die Zukunftsaussichten für die Industrie sehr positiv einschätzen, und setzen voraus, dass die derzeit im Bau befindlichen Projekte erfolgreich abgeschlossen werden. Auch die erhebliche Kostenreduktion ab einer weltweit installierten Leistung von 5.000 MW und die positiven Auswirkungen von Regulierungsmaßnahmen und Forschungsförderung spiegeln sich in der Projektion wider. Entwickelt sich die Direktdampf-Technologie erfolgreich weiter, kann dies die Effizienz der Kraftwerke rapide steigern und als wichtiger Wachstumstreiber dienen. Von der politischen Warte aus gesehen wäre der Wechsel zu einer ökologisch bewussteren Regierung in den USA – der wichtigsten Zukunftsregion für die solarthermische Technologie – ein potenzieller Wachstumstreiber.

Die Länder innerhalb des Sonnengürtels (bis etwa 40 Grad nördlicher und südlicher Breite) bieten für diese Technologie geeignete geografische beziehungsweise klimatische Bedingungen.



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 16: Bedeutung regionaler Märkte für Solarthermische Kraftwerke 2007 und 2020

Die wichtigsten regionalen Absatzmärkte im Jahr 2005 waren nach Einschätzung der befragten europäischen Unternehmen Südeuropa (angeführt von Spanien) und die USA. Gemessen an den im Bau befindlichen und geplanten Projekten ist Spanien schon jetzt weltweit führend. Als Folge der günstigen klimatischen und wirtschaftspolitischen Rahmenbedingungen (vor allem durch das Einspeisegesetz, (vgl. "E 1.6. Bewertung umweltpolitischer Instrumente")), wird für Spanien bis 2010 eine installierte Kraftwerksleistung von über 500 MW erwartet. Dies würde einem jährlichen Wachstum von etwa 70 Prozent entsprechen.

Die Unternehmen gehen davon aus, dass sich bis 2020 die USA, Afrika, der Mittlere Osten und Südeuropa insbesondere Spanien (vgl. Abbildung 18) zu den nachfragestärksten Regionen entwickeln werden. Dabei nennen die meisten Unternehmen die USA als den führenden regionalen Markt des Jahres 2020. Als Begründung geben sie die zu erwartenden Fördermaßnahmen der US-Regierung, das zunehmende Interesse US-

amerikanischer Utility-Unternehmen an der Technologie sowie die hervorragenden klimatischen Bedingungen in den USA an. Einige Unternehmen erachten auch die Aufnahme der Technologie in den aktuellen Fünfjahresplan Chinas und die Ankündigung Pekings, bis 2020 solarthermische Kraftwerksleistung in Höhe von 1.000 MW zu errichten, als wichtigen Indikator für die hohe zukünftige Nachfrage Chinas nach der Technologie. Auch bereits geplante solarthermische Kraftwerke in anderen geografisch günstig gelegenen Ländern wie Indien, Marokko und Mexiko lassen auf hohe zukünftige Wachstumsraten schließen.

Innerhalb Europas werden die solarthermischen Kraftwerke auch in Griechenland ab 2010 wachsen. Nach der Einführung des Einspeisegesetzes im Jahr 2006 werden dort bis dahin die ersten solarthermischen Projekte beendet sein. Die Wachstumschancen Italiens und Frankreichs dagegen werden wegen der schlechteren klimatischen Bedingungen und der bis dato fehlenden politischen Regulierung als mäßig eingeschätzt. Obwohl sich auch in Deutschland in Jülich eine erste Demonstrationsanlage für Solnenturmkraftwerke im Bau befindet, ist Deutschland, wie andere nord- und mitteleuropäische Länder, für den Einsatz dieser Technologie nicht geeignet. Das Demonstrationsprojekt in Jülich soll der Erprobung der Technologie durch exportorientierte Unternehmen dienen.

Da die solarthermische Kraftwerkstechnologie noch nicht rentabel ist und sich deswegen noch nicht über den freien Markt finanzieren lässt, haben politische Regulierungen großen Einfluss auf die Marktentwicklungen in den einzelnen Ländern. Dies ist sowohl in Spanien als auch in den USA zu sehen. In Spanien hat das Einspeisegesetz die Weiterentwicklung der Technologie vorangetrieben und den spanischen Unternehmen Planungssicherheit gegeben. In den USA dagegen hat unter anderem die Abschaffung von Fördergeldern nach 1991 dazu geführt, dass nach dem Bau der solarthermischen Kraftwerke in der Mojave-Wüste keine neuen Anlagen mehr gebaut wurden. Deswegen denken einige Unternehmen, dass sich die USA nur dann als wichtigste Region durchsetzen kann, wenn Washington beziehungsweise die betroffenen Bundesstaaten ihre Förderpolitik intensivieren.

Mittel- bis langfristig besteht für nord- und mitteleuropäische Länder die Option, Solarstrom aus dem Mittelmeerraum und aus Afrika zu importieren. Auch hier würden sich entsprechende politische Rahmenbedingungen wie zum Beispiel Importverpflichtungen positiv auf Unternehmen auswirken, die in Spanien oder Nordafrika an solarthermischen Kraftwerken beteiligt sind. Der Import von solarthermischem Kraftwerksstrom aus Afrika ist eine viel diskutierte Strategiealternative zur europäischen Stromdiversifizierung und zur Förderung solarthermischer Kraftwerke innerhalb der EU.

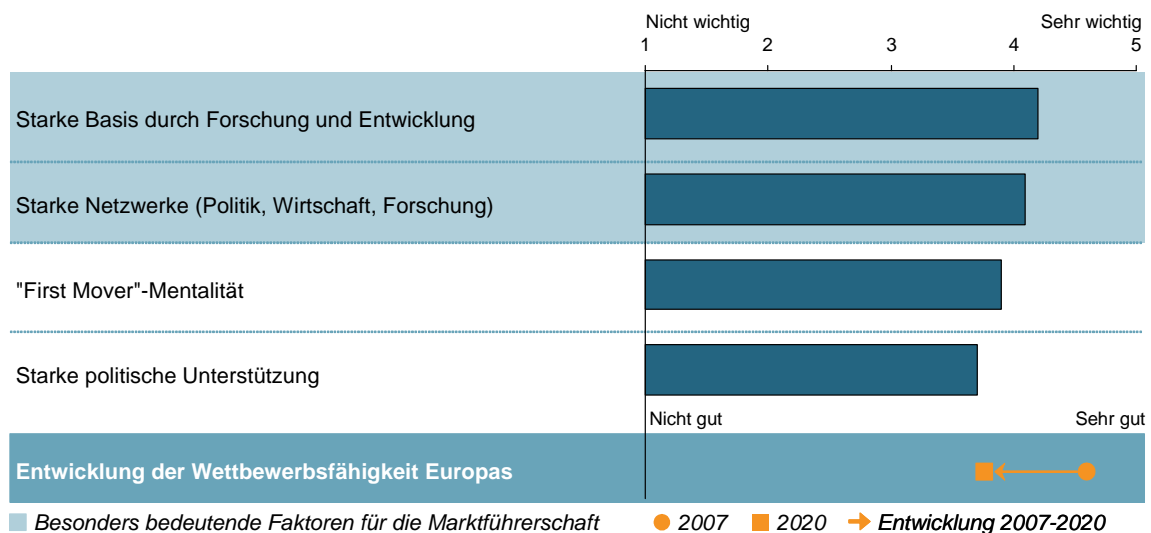
Obwohl die Transportkosten und die Durchführung des Transports als Nachteile genannt werden, überwiegen für viele Unternehmen die Vorteile. So wären nach Aussage von Unternehmen die Transportkosten über Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungsleitungen (HGÜ) mit Übertragungsverlusten von 10 bis 15 Prozent relativ effektiv und mit Kosten von 1,5 bis 2 Cent/KWh relativ preisgünstig, wenn die Infrastruktur erst einmal etabliert ist. Zudem lässt sich in Afrika wegen der exzellenten klimatischen Bedingungen für die Stromerzeugung durch solarthermische Kraftwerke dreimal so viel Wärmeenergie aus der Sonneneinstrahlung gewinnen wie in Europa. Somit wären die künftigen Stromgestehungskosten dort gering, so dass sich der Import von Strom trotz Transportkosten und Übertragungsverlusten als rentabel erweisen würde.

1.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

In Europa gibt es derzeit nach Unternehmensangaben auf allen Wertschöpfungsstufen nur wenige Akteure. Der dadurch überschaubare und bereits stark internationalisierte Solarthermiemarkt ist hauptsächlich durch kleine und mittlere Unternehmen geprägt, wobei auch schon Konzerne im Markt vertreten sind. Viele der KMU haben ein diversifiziertes Produktportfolio, innerhalb dessen solarthermische Kraftwerke eines von mehreren Geschäftsfeldern ist.

Trotz der kleinen Anzahl in Auftrag gegebener solarthermischer Kraftwerksprojekte ist die Wettbewerbsintensität moderat. Für die Zukunft rechnen die befragten Unternehmen einerseits nach den ersten erfolgreichen Projektrealisierungen mit Übernahmen durch Finanzinvestoren, konventionellen Kraftwerksbauern und Energiekonzernen. Mittelfristig ist trotz der Konsolidierungsentwicklungen zunehmender Konkurrenzdruck absehbar: Die Zahl der in dieser Industrie tätigen Unternehmen wird wachsen, und zwar sowohl durch Markteintritte als auch durch Portfoliodiversifizierungen. Auch Fusionen von Akteuren auf verschiedenen Wertschöpfungsebenen sind wahrscheinlich. Absehbar ist schließlich auch die Entwicklung von Turnkey-Providern, die sowohl die Projektentwicklung als auch die Systemintegration übernehmen.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen für den Bereich solarthermische Kraftwerke eine starke Basis durch Forschung und Entwicklung sowie starke Netzwerke als bedeutendere Faktoren. Die europäische Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen beurteilten sie heute als sehr gut – erwarten jedoch einen Rückgang bis 2020 auf eine eher mittelmäßige Wettbewerbsposition (vgl. Abb.17).



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

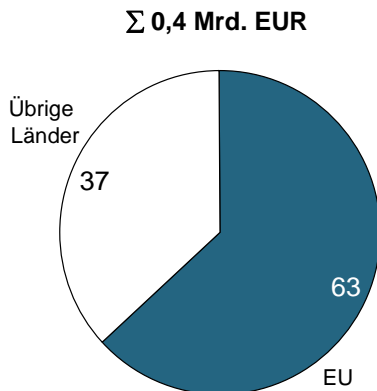
Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

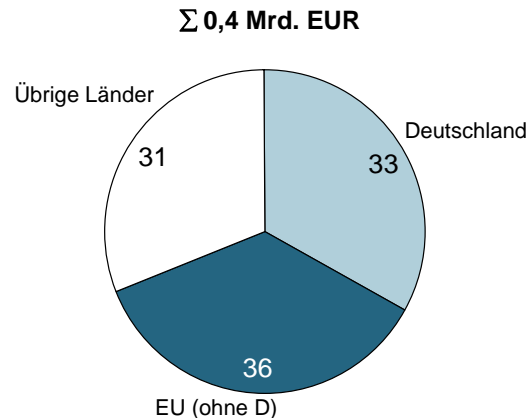
Abbildung 17: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Technologisch gesehen ist Europa derzeit Marktführer – sowohl bei den meist aus Deutschland stammenden Zulieferkomponenten als auch bei der Technologieentwicklung, die von spanischen Unternehmen dominiert wird.

Marktanteile am Absatzmarkt – Nachfrage



Marktanteile der Unternehmen – Angebot



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 18: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]

Der Marktanteil europäischer Unternehmen am Gesamtvolumen der im Bau befindlichen und geplanten Projekte beträgt nach Unternehmenseinschätzungen rund 70 Prozent (vgl. Abbildung 18, rechtes Diagramm). Deutsche Unternehmen haben vor allem dank der starken Zulieferindustrie etwa bei Receivern und Spiegeln einen Marktanteil von rund einem Drittel erreicht. Konkurrenten auf globaler Ebene sind hauptsächlich amerikanische und israelische Unternehmen. Durch das steigende Interesse der USA und Asiens sowie die zunehmend lokale Herstellung von Komponenten (zum Beispiel von Spiegeln) erwarten die befragten Unternehmen, dass Europas Anteil am Gesamtmarkt mittelfristig zurückgehen wird. Europäische Industrievertreter erwarten bis 2020 einen Rückgang des europäischen Marktanteils auf 40 bis 50 Prozent. Dagegen werden die Marktanteile wettbewerbsfähiger amerikanischer und chinesischer Projektabwickler und Zulieferer steigen. Andere potenziell nachfragestarke Regionen wie Nordafrika, Indien oder der Mittlere Osten werden einen geringen Einfluss auf die weltweite Angebotsstruktur haben.

Auf der Nachfrageseite nach solarthermischen Anlagen liegt der Anteil Europas nach Einschätzung der Unternehmen gegenwärtig bei 60 bis 65 Prozent (vgl. Abbildung 19, linkes Diagramm). Bei den derzeit geplanten Großprojekten liegt der europäische Marktanteil dagegen nur noch bei rund 28 Prozent. Konkret sind in Spanien, Griechenland und Italien zusammen 590 MW in Planung, bei einer weltweit geplanten Neukapazität von 2085 MW. Bis 2020 wird dieser Anteil abnehmen, da vor allem die Marktanteile für die USA, Nordafrika und China stark ansteigen werden. Solarthermische Kraftwerke haben in großflächigen Trockengebieten mit hoher Sonneneinstrahlung die größte Wirksamkeit. Folglich bieten sich Länder wie Deutschland nicht als Standort und damit als Nachfrager nach solarthermischen Kraftwerken an.

Diese Prognosen der zukünftigen Marktanteile Europas beruhen auf den Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken, die die befragten Unternehmen der solarthermischen Technologie in Europa bemessen. Die folgende Tabelle 1 fasst die Einschätzung der Unternehmen noch einmal zusammen.

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none">Weltweit führende technologische Position europäischer, vor allem spanischer und deutscher UnternehmenEuropäische Kooperationsprojekte und Unternehmenskooperationen zur Entwicklung der TechnologieEuropäische Investitionsbank (EIB) und KfW als Finanzierungsquellen	<ul style="list-style-type: none">Kooperationen mittel- und südeuropäischer Länder mit geeigneten Regionen wie NordafrikaErhöhte Nachfrage nach solarthermischen Kraftwerken in Algerien, USA, Indien usw. bietet Potenzial für europäische UnternehmenExportchancen für europäische Länder durch die Einführung von Einspeisegesetzen in Abnehmerländern außerhalb der EU
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none">Exportabhängigkeit mittel- und nordeuropäischer Unternehmen aufgrund mangelnder SonnenintensitätKeine harmonisierte Förderstruktur, keine einheitlichen wirtschaftspolitischen Instrumente in Europa	<ul style="list-style-type: none">Verlust der Marktführerschaft Europas durch Verletzung von PatentrechtenEntwicklung starker US-amerikanischer und asiatischer Industrien durch staatliche Förderung als Konkurrenz zu europäischen Unternehmen

Quelle: Roland Berger, Unternehmensbefragung im Auftrag des BMU, 2007

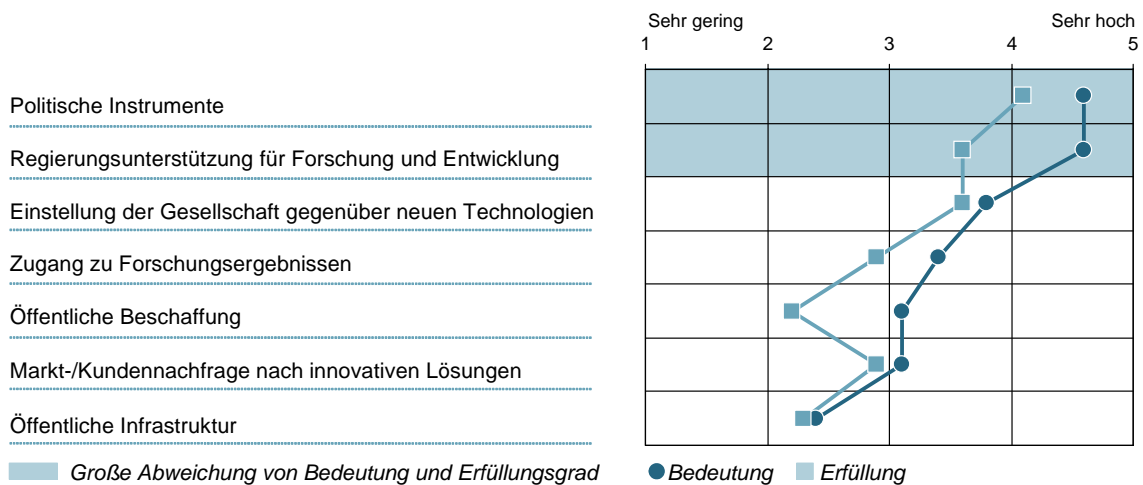
Tabelle 1: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken von solarthermischen Kraftwerken in Europa

1.5 Erfolgsfaktoren und Hindernisse für Umweltinnovationen

In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten Faktoren für den Erfolg von Innovationen zu nennen – sowohl extern als auch unternehmensintern.

Die wichtigsten externen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen sind nach Einschätzung der befragten Unternehmen:

- Politische Instrumente
- Regierungsunterstützung für Forschung und Entwicklung
- Positive Einstellung der Gesellschaft zur neuen Technologie



Frage D.1: Wie wichtig sind aus Ihrer Perspektive die folgenden externen Faktoren zur Förderung von Innovationen? Wie beurteilen Sie darüber hinaus den gegenwärtigen Einfluss dieses Faktors auf Ihre Innovationstätigkeit, d.h. wie gut sehen Sie diesen Faktor aus Ihrer Perspektive als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 19: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Für fast alle Unternehmen sind wirtschaftspolitische Instrumente der wichtigste externe Erfolgsfaktor. Als Begründung geben sie an, dass die Technologie im Vergleich zu traditionellen Energiequellen noch nicht konkurrenzfähig und deshalb ein Anreizsystem nötig ist, um die Unternehmen zu veranlassen, in die Technologie und den Bau solarthermischer Kraftwerke zu investieren. Als ebenso wichtig bewerten die Unternehmen die Unterstützung der Regierung für Forschung und Entwicklung. Auch dabei argumentieren sie, dass die Zukunftsfähigkeit sowohl der Technologie als auch der europäischen Wettbewerbsfähigkeit von heutigen Forschungs- und Entwicklungs-Investitionen abhängt. Getan wird in diesem Bereich nach Ansicht der Unternehmen allerdings noch viel zu wenig.

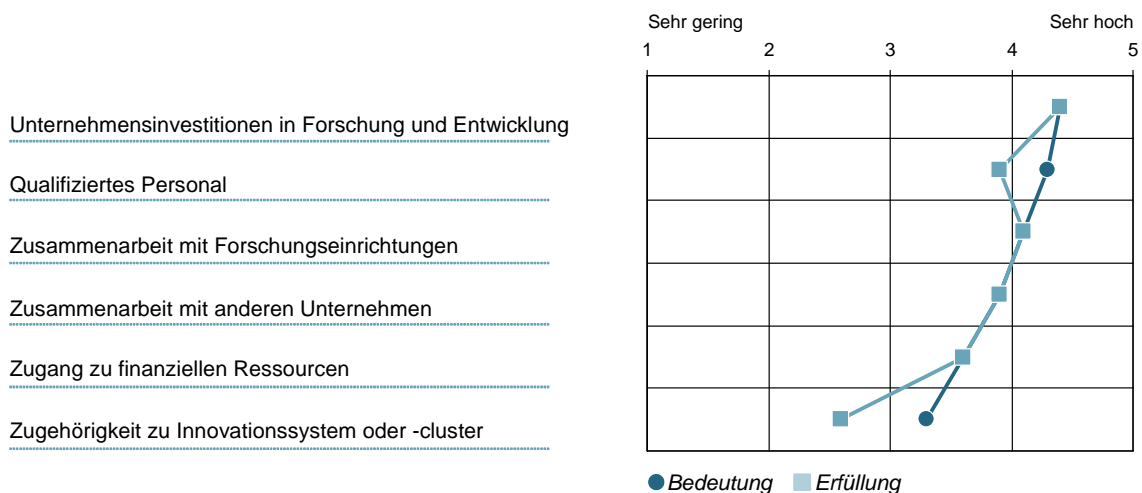
Der drittwichtigste externe Erfolgsfaktor für Umweltinnovationen ist nach Aussage der Unternehmen die Einstellung der Gesellschaft gegenüber der neuen Technologie. Sowohl Politik als auch Industrie müssen Bevölkerung und Institutionen von der Technologie überzeugen. Die Unternehmen beklagen die vielen Auseinandersetzungen mit Behörden und die erhebliche Überzeugungsarbeit, die bei der Planung eines solarthermischen Kraftwerks notwendig ist.

Auch beim Zugang zu Forschungsergebnissen von Universitäten und Technologiezentren sehen die Unternehmen eine relativ große Differenz zwischen Bedeutung und Erfüllungsgrad. Da die Technologien in einigen Bereichen noch nicht ausreichend erforscht oder in der Praxis erprobt sind, haben die Unternehmen großes Interesse an entsprechenden Forschungsergebnissen.

Ferner erwähnten manche Unternehmen Hindernisse für Umweltinnovationen bei der öffentlichen Infrastruktur. Beispielsweise sei es in den USA schwierig, den Netzzugang zum Stromnetz zu bekommen. In Spanien dagegen fiel es manchen Unternehmen schwer, Wasserrechte zu erhalten, die aufgrund des hohen Wasserbedarfs im Dampfprozess zur Stromerzeugung wichtig sind.

Demgegenüber sind die wichtigsten unternehmensbezogenen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen nach Einschätzung der befragten Unternehmen:

- Investitionen der Unternehmen in Forschung und Entwicklung
- Qualifiziertes Personal
- Kooperationen mit Forschungseinrichtungen



Frage D.2: Wie wichtig sind aus Ihrer Perspektive die folgenden unternehmensbezogenen Faktoren zur Förderung von Innovationen? Wie beurteilen Sie darüber hinaus den gegenwärtigen Einfluss dieses Faktors auf Ihre Innovationstätigkeit, d.h. wie gut sehen Sie diesen Faktor aus Ihrer Perspektive als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 20: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Unternehmensinvestitionen in Forschung und Entwicklung wurden von den Unternehmen als essentiell eingestuft. Die Aussagen der Unternehmen über die Finanzierung variieren: Vor allem KMU berichten über ernsthafte Probleme bei der Finanzierung, während andere, meist größere Unternehmen weniger Probleme bei Finanzierungsfragen haben. Die Unternehmen unterstreichen zudem die Bedeutung von qualifiziertem Personal. Nach ihrer Einschätzung besteht ein Mangel an gut ausgebildeten Ingenieuren, Technikern und Forschern.

Als dritter wichtiger Erfolgsfaktor wurden Kooperationen mit Forschungseinrichtungen aber auch mit anderen Unternehmen genannt. So wiesen die Unternehmen beispielsweise auf die Notwendigkeit von Kooperationen zwischen Projektentwicklern und Technologieunternehmen hin.

Im Bereich der solarthermischen Kraftwerke sehen die Unternehmen darüber hinaus den Erfolg und die Zuverlässigkeit der momentan im Bau befindlichen Referenzprojekte als kritischen Erfolgsfaktor für Innovationen.

Selbst wenn die Unternehmen der Zugehörigkeit zu Innovationssystemen oder -clustern relativ wenig Bedeutung beimessen, ist in diesem Punkt die größte Differenz zwischen

Bedeutung und Erfüllungsgrad erkennbar. Von Innovationssystemen und clustern erwarten sie sich eine Verbesserung des Gesamtsystems durch technische und industrielle Kooperationen und eine Standardisierung der Einzelkomponenten. Auch bei qualifiziertem Personal könnte die relativ große Differenz zwischen Bedeutung und Erfüllungsgrad durch Ausbildungsprogramme oder Spezialstudiengänge geschlossen werden.

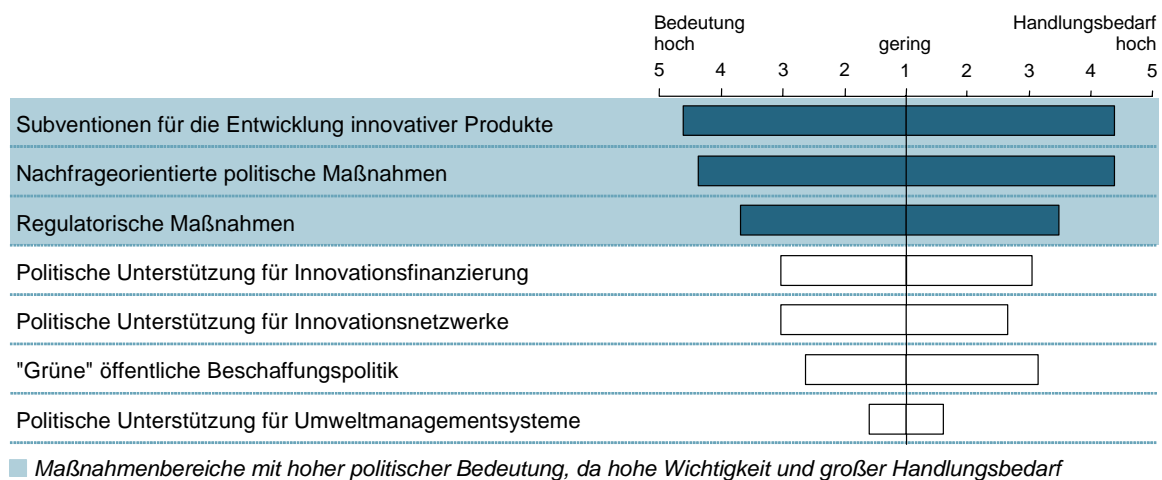
Im Gegensatz zu den externen Faktoren kann man bei den unternehmensbezogenen Faktoren erkennen, dass die Differenz zwischen Bedeutung und Erfüllungsgrad im Großen und Ganzen relativ gering ist. Daraus lässt sich ableiten, dass die befragten Unternehmen weniger Handlungsbedarf bei diesen internen Faktoren als bei den externen sehen.

Hindernisse für Innovationen bei solarthermischen Kraftwerken sind die Renditeunsicherheit sowie die Schwierigkeit für kleinere Unternehmen, adäquate Finanzierungslösungen für die hohen Projektvolumina zu finden. Die langwierigen Bewilligungsverfahren und die notwendige Überzeugungsarbeit gegenüber Behörden und der Öffentlichkeit werden von den Betreibern als problematisch bezeichnet. Die Ergebnisse der Unternehmensgespräche zeigen, dass die Abhängigkeit von der politischen Förderung das größte Hindernis darstellt. Diese Abhängigkeit wurde auch in den USA offensichtlich, als das Ende der Fördermaßnahmen nach 1991 neben anderen Faktoren den Bau neuer Anlagen verhinderte. Solange die Stromgestehungskosten deutlich über dem Preis für konventionelle Energien liegen – derzeit zwischen 300 Prozent und 500 Prozent –, ist eine Verringerung dieses Risikos nicht absehbar.

1.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Im Verlauf der Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten und die darauf bezogene Handlungsnotwendigkeit zu definieren. Als positive politische Maßnahmen werden von den Unternehmen die Einspeisevergütungen insbesondere in Spanien und Italien genannt. Negative Auswirkungen von politischen Regulierungen auf die Innovationstätigkeit wurden nicht genannt, insgesamt jedoch das Fehlen ausreichender Forschungsunterstützung in der EU und der Unsicherheitsfaktor bezüglich der Stabilität von Regulierungen angemerkt. Generell wurde dabei die nationale und EU-Gesetzgebung als sehr relevant betrachtet, während die regionale und globale Gesetzgebung weniger ins Gewicht fielen. Folgende politische Instrumente kristallisierten sich als besonders wichtig heraus:

- Subventionen für die Entwicklung innovativer Produkte
- Nachfrageorientierte politische Maßnahmen
- Regulatorische Maßnahmen



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich Solarthermie zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 21: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen

Den größten Handlungsbedarf sahen die Unternehmen bei Subventionen für Produktentwicklung und bei nachfrageorientierten sowie regulatorischen politischen Maßnahmen.

Subventionen für die Produktentwicklung

Um die Produktentwicklung voranzutreiben, sind nach Ansicht der befragten Unternehmen Subventionen für Best-in-Class-Technologien empfehlenswert. So könnten nationale Regierungen beziehungsweise die EU nach vorgegebenen Kriterien einen Preis für die effizienteste Technologie vergeben. Auf diese Weise könnte eine Bestseller-Technologie entwickelt und langfristig zum weltweiten Standard gemacht werden. Da sich nicht alle Technologien sofort weltweit durchsetzen können, wäre eine Standardsetzung in Europa wichtig, um diesen Standard "Made in Europe" exportieren zu können. Als Standard bieten sich zum Beispiel die relativ ausgereiften Parabolrinnenkraftwerke an. Damit könnte mittelfristig auch eine Standardisierung der Einzelkomponenten einhergehen. Steuervergünstigungen für Unternehmen, die in die solarthermische Kraftwerkstechnologie investieren, sind nach Meinung der befragten Unternehmen eine weitere Möglichkeit, um Produktentwicklungen zu fördern.

Zur Produkt- und Innovationsförderung auf europäischer Ebene wurde das 7. Forschungsrahmenprogramm eingeführt, das zwischen 2007 und 2013 die "Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien" mit bis zu 2,3 Mrd. Euro unterstützen soll. Schon durch das 6. Forschungsrahmenprogramm wurden verschiedene solarthermische Projekte wie etwa Solar Tres, PS10, Andasol und das EU-Kooperationsprojekt EuroTrough gefördert. Aus Sicht der befragten Unternehmen ist das 7. Forschungsrahmenprogramm ein wichtiges Programm zur Unterstützung von Forschung und Entwicklung, für den Zugang zu Finanzressourcen und zur Wissensgenerierung. Dennoch sehen die Unternehmen Handlungs-

bedarf bei der Subventionierung für die Produktentwicklung. Seitens der Industrie gibt es deshalb Empfehlungen zur Verbesserung des 7. Forschungsrahmenprogramms:

- Einstellung der Breitenstreuung von Fördermitteln: Anstelle der Förderung vieler Projekte mit kleinen Beträgen sollten höhere Fördervolumina von 40 bis 50 Mio. Euro vergeben werden.
- Änderung der Förderungsvoraussetzungen: Die Unternehmen kritisieren, dass als Voraussetzung für eine Förderung die Kooperation verschiedener europäischer Unternehmen notwendig ist. Da Unternehmen ungern Wissen über ihre Technologie mit Konkurrenten teilen, widerspricht dieses Vielseitigkeitsprinzip dem Konkurrenzgedanken.
- Vereinfachte Antragsprozesse und Bürokratieabbau: Die bürokratischen Antragsprozesse halten einige Unternehmen von der Teilnahme am Programm ab.
- Stärkerer Förderungsfokus auf Grundlagenforschung: Diese könnten dann von der europäischen Industrie genutzt werden.
- Vermehrte Förderung von Demonstrationsprojekten: In diesem Fall sind Kooperationen notwendig und die Unternehmen bereit, ihr Wissen zu teilen.

Weitere für Unternehmen in der Solarthermie-Industrie relevante EU-Projekte zur Forschungsunterstützung sind DISS zur Direkten Dampferzeugung und das Folgeprojekt INDITEP, beide von der Europäischen Kommission finanziert. Ziel dieser Forschungsprojekte an der Plataforma Solar in Almeria (Spanien) ist es, die Direkte Dampferzeugung ohne Transfermedium zu erforschen, um die Effizienz von Parabolrinnenkraftwerken zu erhöhen und die Kosten zu senken. Nach Unternehmensangaben werden DISS und INDITEP als sehr wichtig für die Erforschung der Direkten Dampfzeugung angesehen und von den Unternehmen positiv bewertet. Komplementär zu DISS und INDITEP ist das Forschungs- und Entwicklungsprojekt DISTOR. Es zielt auf die Entwicklung eines Speichermediums für direkte Dampfsysteme ab, um auch zu Spitzenlastzeiten ausreichend Strom zur Verfügung stellen zu können. Laut Aussagen der Unternehmensexperten ist auch dieses Programm sehr hilfreich für die Technologieentwicklung.

Fördermaßnahmen für Forschung und Entwicklung gibt es auch schon in einzelnen europäischen Ländern, so zum Beispiel in Italien. Dort arbeitet das öffentliche Forschungszentrum ENEA (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente) mit der Industrie zusammen, um Demonstrationsanlagen wie das erste italienische Solarthermiekraftwerk "Archimedes" zu bauen. Diese Erprobung dient zum einen als Grundlage für weitere italienische Projekte, zum anderen als Forschungsbasis für den Export der Technologie durch italienische Unternehmen.

Auch in Deutschland wurden zwischen 2001 und 2005 Fördergelder in Höhe von 36,3 Mio. Euro für solarthermische Kraftwerke zur Verfügung gestellt. Davon waren 53 Prozent für die Forschung in Rinnentechnologie bestimmt. Anteile von jeweils 34 Prozent und 3 Prozent erhielten die Solarturmtechnologie und die Dish-Stirling-Technologie. Im Jahr 2006 wurden zwölf Förderprojekte mit einem Volumen von 6,9 Mio. Euro bezuschusst. Trotz dieser Mittel beklagen deutsche Unternehmen den Rückgang der

Forschungsförderung. Die Forschungsunterstützung ist in Deutschland von 60 bis 80 Prozent der Projektsumme auf gegenwärtige 35 Prozent reduziert worden, während in den USA eine hundertprozentige Förderung der Forschungsmaßnahmen üblich ist.

Nachfrageorientierte Maßnahmen

Um nationale Einzellösungen zu verhindern und dennoch Planungssicherheit und einen stabilen europäischen Markt zu gewährleisten, halten einige Unternehmen ein europaweit harmonisiertes Einspeisegesetz für eine sinnvolle Option. Allerdings finden sich auch Kritiker dieser Regelung. Sie argumentieren, dass eine europaweite Lösung nur einen kleinsten gemeinsamen Nenner darstellen würde. Außerdem seien Einspeisegesetze nur für südeuropäische Länder interessant, während viele nord- und mitteleuropäische Länder einer solchen Regelung nicht zustimmen würden. Somit sei die Mehrheit der EU-Länder nicht an einer harmonisierten EU-Gesetzgebung interessiert. Auf der anderen Seite machen die Unternehmen auch deutlich, dass derzeit die spanischen Steuerzahler solarthermische Industrien in Ländern wie Italien oder Deutschland subventionieren.

Viele Unternehmen betrachten zudem die Verbreitung und Aufklärung über die Umwelttechnologie als essentiell. Aus diesem Grund wird die Durchführung von Imagekampagnen empfohlen. Besonders wirksam zur Steigerung der europäischen Exporte in andere Länder wäre es, die öffentlichen Meinung und die Einstellung von Investoren positiv zu beeinflussen.

Auf internationale Ebene ist in diesem Zusammenhang die "Global Market Initiative for Concentrating Solar Power" (GMI-CSP) als eine nachfrageorientierte Maßnahme erwähnenswert, vor allem wegen der Schlüsselrolle einzelner europäischer Länder. Ziel der Marktinitiative ist es, die solarthermische Kraftwerkskapazität durch Finanzierungs-kooperationen, die Begünstigung von Investoren und technologiefördernde Regulierungen bis zum Jahr 2015 auf 5.000 MW zu erhöhen. Unter den 14 Mitgliedsländern beziehungsweise -organisationen spielen vor allem Spanien, Italien und Deutschland eine bedeutende Rolle. Die befragten Unternehmen erachten die Initiative als wichtig für kooperative Projekte und zur Bekanntmachung der Technologie.

Eine weitere marktfördernde Maßnahme, die von Unternehmensseite vorgeschlagen wird, wäre eine gesetzliche Abnahmeverpflichtung für südeuropäischen und afrikanischen Strom aus solarthermischen Kraftwerken. Eine solche Regelung auf Landes- oder EU-Ebene würde den dort investierenden europäischen Unternehmen Planungssicherheit geben und neue Projekte ermöglichen. Außerdem schlagen die Unternehmen Delegationsreisen mit Außenministern und Staatssekretären ins außereuropäische Ausland vor, um die Technologie der Unternehmen mit dem Qualitätssiegel "Made in Europe" präsentieren zu können.

Regulatorische Maßnahmen

Einige Unternehmen setzen sich für eine stärkere Liberalisierung des Strommarktes ein, um sowohl Zusammenschlüsse von Unternehmen oder Interessensverbänden für sauberen Strom als auch den europaweiten Verkauf von solarthermisch erzeugtem Strom zu ermöglichen. Außerdem halten manche Unternehmen verpflichtende Portfolio-standards für große Versorgungsunternehmen für sinnvoll. Damit würden europäische Versorger gezwungen, einen bestimmten Anteil ihres Stroms aus erneuerbaren Energien zu beziehen, wovon auch die solarthermische Kraftwerkstechnologie profitieren würde.

Auf nationaler Regulierungsebene vorbildlich ist Spaniens Einspeisegesetz, das seit 2004 einen Bonus von 0,21 Euro/KWh für die ersten installierten 200 MW und von 0,18 Euro/KWh für die folgenden 300 MW solarthermischen Strom zusichert. Der "Spanish Royal Decree 436" ist ab Betriebsstart der jeweiligen Kraftwerksanlage 25 Jahre gültig. Die Einspeisevergütung durch den Staat gibt den Unternehmen und den Finanzgebern Planungssicherheit. Da die Technologie preislich noch nicht konkurrenzfähig ist, betrachten die befragten Unternehmen Einspeisegesetze wie das spanische übereinstimmend als wirksamste Unterstützung zur Markteinführung solarthermischen Stroms. Auch die positiven Erfahrungen mit Einspeisegesetzen bei Photovoltaik und Windenergie werden mehrfach als Belege für die Effektivität dieser Maßnahmen genannt.

In Anlehnung an die spanische Gesetzgebung hat auch Griechenland 2006 ein Einspeisegesetz eingeführt. Das Gesetz sieht eine Einspeisevergütung von 0,23 Euro/KWh auf dem Festland und von 0,25 Euro/KWh auf Inseln für solarthermische Kraftwerke mit einer Mindestleistung von 5 MW vor. Diese werden den Anlagebetreibern für 20 Jahre garantiert. Obwohl auch in Italien seit geraumer Zeit über eine nationale Einspeiselösung diskutiert wird, ist ein endgültiges Gesetz aus Rom momentan nicht absehbar.

Weiterhin bieten Regulierungen außerhalb Europas Anhaltspunkte für eine mögliche europäische Gesetzgebung und sind für die Exportaktivitäten europäischer Unternehmen relevant. Besonders die kalifornische Verordnung "Renewable Portfolio Standard", die Energieversorger verpflichtet, einen ansteigenden Anteil der Elektrizität aus erneuerbaren Energien zu erzeugen, kann Beispielcharakter haben. Kalifornien beabsichtigt, bis zum Jahr 2010 den Anteil regenerativer Energien an der Stromversorgung auf 20 Prozent zu erhöhen, bis zum Jahr 2020 sogar auf 33 Prozent. Ähnliche Standards mit geringeren Zielvorgaben wurden in den Bundesstaaten Nevada, New Mexico, Colorado, Utah, Texas und Arizona eingeführt.

Ergänzend werden von den Unternehmen Kooperationen mit afrikanischen Regierungen vorgeschlagen, um Programme zur Förderung solarthermischer Kraftwerke zu etablieren. Bis zum Jahre 2050 sind mittlere Importstromkosten von ca. 0,05 Euro/KWh realistisch; mehr als ein Zehntel des europäischen Strombedarfs könnte durch solarthermischen Strom aus Afrika gedeckt werden.

Darüber hinaus fordern die Unternehmen Finanzierungsunterstützung bei Exportprojekten, vergleichbar mit Hermesbürgschaften. Vorgeschlagen werden Projektfinanzierungsbürgschaften, die Exporte im Bereich solarthermischer Kraftwerke nicht nur in weniger stabile Länder außerhalb Europas, sondern auch in EU-Länder wie Spanien oder

Griechenland unterstützen. Solche Garantien auf nationaler oder europäischer Ebene wären vor allem für KMU wichtig – einerseits zur Absicherung wirtschaftlicher und politischer Risiken, andererseits, um Planungssicherheit zu bekommen. In den meisten Fällen, beispielsweise bei Exporten innerhalb Europas, würde diese Bürgschaft aufgrund der geringen Risiken kein Geld kosten. Dennoch würde die nationale oder europäische Bürgschaft für die Produkte europäischer Unternehmen eine Art Gütesiegel bedeuten.

1.7 Handlungsempfehlungen

Solarthermische Kraftwerke haben aufgrund der beschriebenen Chancen und Marktpotenziale weltweit und auf EU-Ebene sehr positive Zukunftsaussichten. Selbst wenn der Erfolg der Technologie besonders stark vom Erfolg der anstehenden Projekte und von der Entwicklung der Erzeugungskosten für solarthermisch erzeugten Strom abhängen wird, ist auch die Gestaltung der nationalen und europäischen politischen Instrumente von höchster Bedeutung für die Entwicklung der Technologie.

Imagekampagnen der EU wären aus Sicht der Unternehmen sinnvoll, um das Bewusstsein und Wissen der Gesellschaft, der Politik und von Investoren über solarthermische Kraftwerke auszubauen und damit die Grundlage für eine positive Zukunftsentwicklung zu schaffen.

Zu empfehlen ist außerdem eine harmonisierte Einspeisegesetzgebung zumindest in den südeuropäischen Ländern, die solarthermische Kraftwerke nutzen können. Da die anderen nord- und mitteleuropäischen Regierungen wegen der klimatischen Bedingungen in ihren Ländern nicht an einer entsprechenden Einspeisevergütung interessiert sein werden, ist dies ein politisch denkbarer Harmonisierungsschritt in Europa.

Alternativ wird von den Unternehmen empfohlen eine Regulierung einzuführen, die – vergleichbar mit dem Renewable Portfolio Standard in einigen Bundesstaaten der USA – Energiekonzerne verpflichtet, einen bestimmten Prozentsatz ihrer Energie aus erneuerbaren Energiequellen zu beziehen. Hierdurch hätte die solarthermische Kraftwerkstechnologie im Vergleich der Erneuerbaren Energien zumindest in Südeuropa aufgrund der schon relativ geringen Erzeugungskosten eine gute Ausgangsposition.

Außerdem ist eine Kooperation mit afrikanischen Regierungen ratsam, um die Grundlage für langfristige Kooperationen mit afrikanischen Ländern und für transkontinentale Stromimporte aus Afrika zu schaffen.

2. Hybridfahrzeuge

2.1 Überblick

Hybridfahrzeuge zeichnen sich dadurch aus, dass sie mindestens zwei verschiedene Antriebsarten kombinieren. Dabei werden meist eine Hauptenergiequelle (Gas-, Diesel- oder Benzinmotor) sowie ein Elektromotor als Nebenenergiequelle verwendet. Für deren Zusammenspiel ist eine komplexe Steuerungselektronik notwendig. Derzeit werden Hybridantriebe meist für PKWs entwickelt, zunehmend aber auch für Hybridbusse, -transporter und -LKWs.

Es können vier verschiedene Hybridtechnologien unterschieden werden:

Beim **Mikrohybrid** wird das Fahrzeug mit einer zusätzlichen Start- und Stoppfunktion ausgestattet. Sie schaltet den Verbrennungsmotor bei Stillstand aus und startet ihn beim Wiederanfahren automatisch neu. Nach Unternehmenseinschätzungen sind mit dieser Technologie derzeit Kraftstoffersparnisse von rund 6 Prozent realistisch, die in Zukunft auf bis zu 15 Prozent im Stadtverkehr gesteigert werden könnten.

Der **Mildhybrid** nutzt einen kleinen Elektromotor, der auf der Kurbelwelle zwischen Motor und Getriebe liegt. Zusätzlich zu den Mikrohybridfunktionen können bei Mildhybriden die Boost- (besonders schnelle Beschleunigung) und Rekuperationsfunktionalitäten (Energiegewinnung aus Bremsvorgängen und Bergabfahrten) genutzt werden. Mildhybrid-Modelle können den Benzinverbrauch um 15 bis 20 Prozent senken.

Vollhybridfahrzeuge verfügen über größere Elektromotoren, Generatoren und Batterien sowie kleinere Verbrennungsmotoren. Sie können sowohl durch einen Verbrennungsmotor oder Elektromotor als auch durch eine Kombination beider Motoren angetrieben werden. Diese Fahrzeuge erreichen eine Kraftstoffersparnis von über 20 Prozent.

Plug-In-Hybride haben im Vergleich zu Vollhybriden beträchtlich größere Batterien, Generatoren und Elektromotoren. Ferner verfügen sie über eine Kabelverbindung zum Aufladen des Elektromotors über das Stromnetz. Bei diesen Modellen wird im Elektrobetrieb kein Kraftstoff verbraucht. Sobald die elektrische Energie verbraucht ist, ist der Kraftstoffverbrauch vergleichbar mit dem eines Vollhybrids.

Aus Sicht der Unternehmen gliedert sich die Wertschöpfungskette bei der Erstellung von Hybridfahrzeugen über alle Technologien hinweg in:

- Komponentenproduktion (u.a. Batterien, Elektromotoren, Leistungselektronik)
- Fahrzeugbau durch Automobilhersteller
- nachfolgende Serviceleistungen

Während die japanischen Fahrzeughersteller Toyota und Honda auch eigene Komponenten für die Hybridsysteme produzieren, beziehen die europäischen Automobilhersteller die notwendigen Komponenten in der Regel von Zulieferern.

Regional gesehen befindet sich die Hybridtechnologie nach Einschätzung der befragten Unternehmen in Europa in der Einführungsphase und in den USA und Japan in der Diffusionsphase ihres Lebenszyklus'. Während momentan etwa 0,2 Prozent der europäischen Fahrzeuge Hybridfahrzeuge sind, liegt dieser Anteil in Japan und den USA deutlich höher.

2.2 Technologische Entwicklungen

Analog zum Lebenszyklus gibt es auch regionale Unterschiede, was den Entwicklungsstand von Hybridfahrzeugen betrifft. Aufgrund der kalifornischen Gesetzgebung sind in den USA Vollhybride trotz Mehrkosten von rund 4.000 US Dollar am Markt etabliert. In Europa sind sowohl Mikro- und Mildhybride als auch Vollhybride im Fokus der Entwickler. Gegenwärtig werden die ersten europäischen Mikro- und Mildhybride auf den Markt gebracht, wohingegen die Vollhybride europäischer Fahrzeughersteller erst 2008 bis 2010 zur Marktreife gelangen werden. Plug-In-Hybride sind grundsätzlich erforscht und können im Straßenverkehr eingesetzt werden.

Die Reduzierung der hohen Mehrkosten von bis zu 3.000 Euro bei Vollhybriden wird von den Unternehmen als kritisch für die Zukunftsfähigkeit der Technologie erachtet. Besonders in Europa sehen einige Unternehmen das Risiko, dass die Verbraucher aufgrund des besseren Kosten-Nutzen-Verhältnisses emissionsoptimierte Dieselfahrzeuge gegenüber Hybridfahrzeugen bevorzugen.

Bei Vollhybridfahrzeugen steht die Weiterentwicklung der Reichweite der Fahrzeuge im elektrischen Betrieb im Zentrum der Technologieentwicklung, damit beispielsweise auch Autobahnfahrten über eine größere Distanz möglich werden. Um dies ohne weitere Mehrkosten für den Kunden zu realisieren, muss das Gewicht des Gesamthybridsystems und besonders das der Batterien reduziert werden.

Plug-In-Hybridfahrzeuge werden in den USA als Zukunfts- und Übergangstechnologie zu den reinen Elektrofahrzeugen gesehen. Mit diesen Plug-Ins sind deutliche Kosteneinsparungen für den Verbraucher absehbar, da statt der hohen Benzinpreise nur die deutlich niedrigeren Kosten für den Strom aus dem Energienetz gezahlt werden müssen. In Europa haben Plug-In-Hybride vor allem für spezifische Anwendungen Zukunft, wie bei Bussen und Kleintransportern.

Nach Aussage von Unternehmen sind Batterien die Komponenten der Hybridtechnologie mit dem größten Entwicklungsbedarf. Obwohl Batterien analog zu den Fahrzeugen eine Lebensdauer von 12 bis 14 Jahren haben sollten, ist dies bei Hybridsystemen bisher nicht der Fall. Besonders bei Plug-In-Hybriden werden die Batterien regelmäßig sehr stark entladen und haben deswegen eine geringere Lebensdauer als bei Vollhybriden, bei denen der Energiepegel relativ stabil bleibt.

Außerdem müssen die Batterieproduzenten sicherstellen, dass die Sicherheit insbesondere bei Unfällen trotz zunehmender Batteriekomplexität gewährleistet wird. Europäische Batterieproduzenten planen für das Jahr 2007 den Produktionsstart für Lithium-Ionen-Batterien und erhoffen sich eine baldige Massenproduktion und Standardisierung

dieser Batterien. Europäische Automobilhersteller hingegen beklagen die Dominanz japanischer Unternehmen bei der Batteriezulieferung. Sie haben den Eindruck, in der Lieferantenstruktur gegenüber den japanischen Anbietern vernachlässigt zu werden.

Die Verbesserung beziehungsweise Standardisierung der Antriebselektronik und der Fahrzeugkonzeption ist eine weitere technologische Entwicklung, der die befragten Unternehmen hohe Bedeutung beimessen. Die Kosten für die Elektronik sind momentan sehr hoch, da die Lösungen individuell für die Autohersteller angefertigt werden. Durch die Standardisierung der Komponenten können die Kosten in Zukunft durch Massenproduktion gesenkt werden. Die Erhöhung der Energiegewinnung aus Bremsvorgängen und Bergabfahrten sowie die effiziente Speicherung dieser Energie sind weitere Entwicklungsfelder.

Andere Unternehmen sehen die Entwicklung des Dieselhybrids als größte Zukunftsinnovation für Europa. Aufgrund der hohen Mehrkosten der Diesel- und zusätzlich der Hybridtechnologie sind Dieselhybride momentan nicht wettbewerbsfähig. Zudem sind das hohe Gewicht von Dieselsystemen und die aufwendigere Motorsteuerung Herausforderungen bei der Entwicklung. Aus diesen Gründen wird die Serienfähigkeit von Dieselhybriden in der nahen Zukunft bezweifelt. Dennoch sehen die Unternehmen den in Europa hohen Anteil an Dieselfahrzeugen von rund 50 Prozent als Vorteil bei der mittelfristigen Einführung der Technologie. Für 2010 haben PSA Peugeot-Citroen und Toyota die Markteinführung von Dieselhybridfahrzeugen angekündigt.

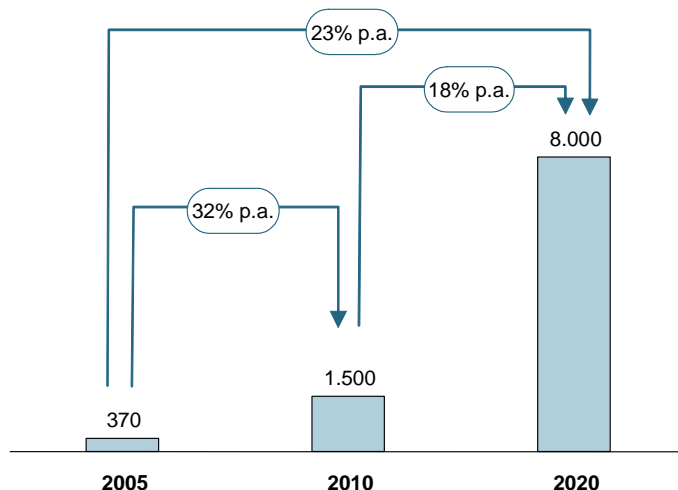
Da größere Fahrzeuge wie Busse für einen signifikanten Anteil der Emissionen verantwortlich sind, hat auch die Entwicklung von Hybridbussen und Hybridkleintransportern Zukunft. Beim Einsatz von Hybridbussen können bei den ständigen Start- und Stoppvorgängen verglichen mit einem herkömmlichen Dieselantrieb 25 bis 30 Prozent des Kraftstoffs eingespart werden. Zudem ermöglicht die Technologie eine schnellere Beschleunigung beim Anfahren.

Chancen für die Hybridtechnologie sind die reduzierten Kraftstoffkosten von mehr als 25 Prozent bei Benzinmotoren und bis zu 15 Prozent bei Dieselmotoren. Besonders im Stand und im Stadtverkehr wirkt sich die Kraftstoffersparnis auch durch reduzierte CO₂-Emissionen aus. Bei Fahrten auf Landstraßen und Autobahnen wird dem Fahrer die gewohnte Leistung geboten, wenn auch ohne Emissionseinsparungen. Darüber hinaus bieten Hybridfahrzeuge eine sehr gute Fahrdynamik, nach Unternehmensaussagen mehr Fahrvergnügen für den Verbraucher und durch die Boostfunktion eine sehr gute Beschleunigung.

Risiken der Technologie sind das zunehmende Leergewicht aufgrund der schweren zusätzlichen Batterien und Elektromotoren, was den Kraftstoffverbrauch erhöht. Außerdem ist es wahrscheinlich, dass Vollhybridsysteme für kleinere Modelle auch in Zukunft nicht gewinnbringend produziert werden können. Weitere Risiken stellen die Haltbarkeit der Akkus und die aufwendigere Komplexität des Motorsystems dar. Ob und inwieweit Plug-Ins die Umwelt entlasten, ist fragwürdig. Schließlich ist zu berücksichtigen, aus welcher Energiequelle der Strom für die elektrische Aufladung der Automobile stammt. Bei aus konventionellen Kohlekraftwerken gewonnener Energie etwa entfiel das Argument der Umweltentlastung.

2.3 Marktentwicklungen

Für 2005 wurde für Hybridfahrzeuge mit einem Weltmarktvolumen von circa 370.000 verkauften Fahrzeugen gerechnet. Bis 2010 erwarten die befragten Unternehmen einen Absatz von etwa 1,5 Mio. Hybridfahrzeugen, der bis 2020 auf rund 8 Mio. ansteigen wird.



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 22: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [in Tausend Stück]

Dieses positiv-realistische Szenario erscheint aufgrund der zunehmenden Diskussion über alternative Antriebe zur Erreichung der CO₂-Ziele, des Mangels an anderen serienreifen alternativen Antrieben und des Erfolges der Hybridtechnologie in den USA und Japan möglich. Damit würden sich jährliche Wachstumsraten von 32 Prozent bis 2010 und 23 Prozent zwischen 2010 und 2015 ergeben. Nach 2015 würde sich das weltweite Wachstum nach Einschätzung der Unternehmen auf rund 13 Prozent abschwächen, was ein durchschnittliches Wachstum von jährlich 18 Prozent zwischen 2010 und 2020 ergibt.

Während die Unternehmen den Vollhybrid- beziehungsweise Plug-In-Technologien in den USA die größten künftigen Marktanteile vorhersagen, wird von manchen Autoherstellern den Mikrohybriden ein hohes Marktpotenzial in Europa zugeschrieben. Der Grund: Die Mikrohybridtechnologie eignet sich gut für den Stadtverkehr und ist mit relativ geringen Mehrkosten von etwa 400 Euro verbunden, die die europäischen Verbraucher im Vergleich zu Vollhybriden für zumutbar halten. So rechnet eines der befragten Unternehmen damit, dass bis 2015 weltweit dreimal mehr Mikrohybride als Vollhybride verkauft werden.

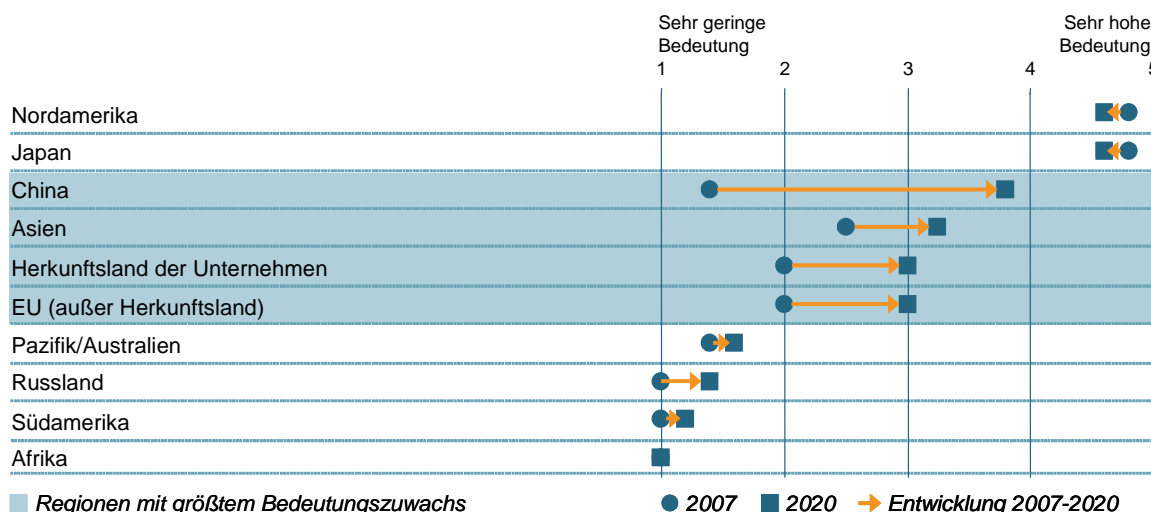
Andere Unternehmen bauen darauf, dass sich die Vollhybridtechnologie und Plug-Ins auch in Europa durchsetzen. Aufgrund dieser divergierenden Einschätzungen haben sich europäische Fahrzeughersteller gemäß ihrer hergestellten Fahrzeugtypologie sehr unterschiedlich auf dem Hybridfahrzeugmarkt positioniert. Während die meisten europäischen Hersteller von Oberklassenfahrzeugen oder Geländewagen vorrangig in die Vollhybrid-

technologie investieren, konzentrieren sich Produzenten von Mittelklasse- und Kleinfahrzeugen meist auf die Mikro- und Mildtechnologien.

Alternativ zu einem realistischen Szenario mit hohen Wachstumsraten bis 2020 erwarten manche Befragten ein konservatives Szenario mit moderatem Wachstum und einer Abschwächung des Wachstums ab 2015. Manche Unternehmen bezeichnen die Hybridtechnologie weltweit und besonders in den USA als Modeerscheinung, die nicht dauerhaft anhalten wird. Für ein solch konservatives Szenario wäre ein Absatz von rund 3 Mio. Fahrzeugen bis 2020 denkbar.

Im Rahmen der Befragung zeichneten wenige Unternehmen ein besonders optimistisches Szenario. Sie prognostizieren, dass bis 2020 10 Mio. Hybridfahrzeuge abgesetzt werden könnten.

Aufbauend auf dem positiv-realistischen Szenario ergibt sich aus Unternehmenssicht die folgende Einschätzung der Bedeutung verschiedener Absatzmärkte für Hybridfahrzeuge in den Jahren 2005 und 2020:



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 23: Bedeutung regionaler Märkte für Hybridfahrzeuge 2007 und 2020

Auf der Nachfrageseite sind momentan die USA und Japan die größten Absatzmärkte. In den USA wurden im Jahr 2005 alleine 108.000 Toyota Prius verkauft und Absatzzahlen von mehr als einer Million Hybridfahrzeugen bei bis zu 40 eingeführten Modellen sind bis 2012 realistisch. Dagegen liegen die Absatzerwartungen für Japan bei etwas weniger als 500.000 und für Europa bei rund 50.000 Hybridfahrzeugen. Laut Expertenmeinung könnte innerhalb Europas Skandinavien eine führende Rolle einnehmen.

Bis zum Jahr 2020 liegen die USA und Japan nach Unternehmenseinschätzung gleichauf, gefolgt von China (vgl. Abbildung 24). Während in diesen Märkten die Vollhybridtechnologie dominieren wird, werden in Europa aufgrund des vermehrten Fahrzeugeinsatzes in Ballungsgebieten Mikro- und Mildhybride eine wichtige Rolle spielen.

Der Fahrzeugmarkt ist stark von politischer Regulierung beeinflusst, die auch in Zukunft einen hohen Stellenwert für die Entwicklung und Marktdurchdringung von Hybridfahrzeugen haben wird. Weil Hybridfahrzeuge wegen der hohen Herstellungskosten noch nicht konkurrenzfähig sind, kann die Politik die Nachfrage durch geeignete absatzfördernde Instrumente wie Subventionen, Steuererleichterungen oder Regulierungen deutlich erhöhen.

Ein regional unabhängiger Wachstumstreiber ist das steigende Benzinpreisniveau. Sollten die Benzinpreise weiter ansteigen, erhöhen sich die finanziellen Einsparungen durch Hybridfahrzeuge. Das könnte die Gesamtnachfrage und das Branchenwachstum steigern. Darüber hinaus wird sich das zunehmende Umweltbewusstsein der Gesellschaft sowie das positive Image von Hybridfahrzeugen auf die Nachfrage auswirken.

2.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

Derzeit wird der konsolidierte und sehr internationale Hybridfahrzeugmarkt von den japanischen Herstellern Toyota und Honda mit rund 90 Prozent Marktanteil dominiert. Danach folgt der amerikanische Fahrzeughersteller Ford. Der Marktführer Toyota hält mit dem Vollhybrid Prius zudem heute 80 Prozent aller für die Hybridtechnologie wichtigen Patente. Da Toyota, durch Kooperation mit Panasonic, sowie auch Honda als ihre jeweils eigenen Zulieferer bezeichnet werden können, ist nach Unternehmensangaben auch der Zuliefermarkt in japanischer Hand. Die europäischen Autohersteller wie Saab, PSA Peugeot-Citroen oder BMW haben während der letzten Jahre ihre Forschungsinvestitionen in die Hybridtechnologie erhöht, sind aber gegenüber den japanischen Herstellern noch nicht konkurrenzfähig.

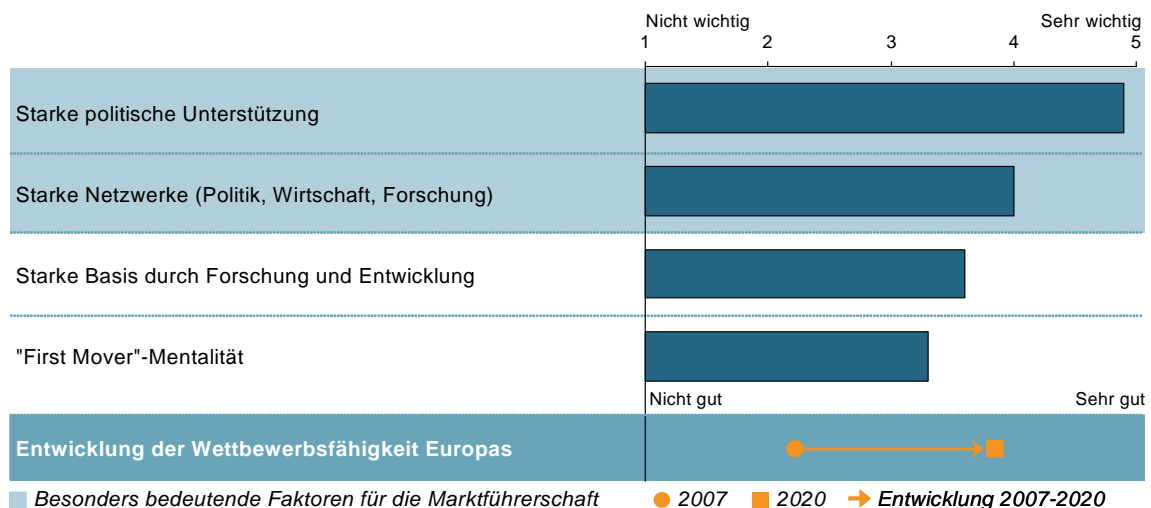
In den letzten zwei Jahren haben sich immer mehr strategische Partnerschaften zur gemeinsamen Entwicklung der Hybridtechnologie gebildet. Neben der Allianz von DaimlerChrysler, BMW und General Motors zur Entwicklung einer gemeinsamen Vollhybridlösung arbeiten auch VW, Audi und Porsche an gemeinsamen Hybridmotoren. Auch die Zulieferer kooperieren: So bündeln ZF Friedrichshafen und Continental Automotive ihr Know-how, um den Anforderungen ihrer Kunden an Hybridsystemlösungen gerecht zu werden. ZF Friedrichshafen liefert für gemeinsame schlüsselfertige Hybridantriebe die Leistungselektronik und Energiemanagementsysteme, Continental Automotive Systems produziert Getriebe und Kupplungen. Die Zusammenführung der Aktivitäten und Produkte ermöglicht Serienanläufe für Parallelhybridlösungen bei den Automobilherstellern ab 2007.

Trotz der investitionsintensiven Unternehmenspartnerschaften und dem zunehmenden Interesse an der Technologie ist die Wettbewerbsintensität auf dem Markt für Hybridfahrzeuge nach Unternehmenseinschätzungen momentan gering. Bis 2020 wird jedoch mit einer zunehmenden Wettbewerbsintensität gerechnet. Nach Unternehmensaussagen

werden der stärker werdende Wettbewerb in den USA, die zunehmenden Anzahl von Hybridmodellen und der Markteintritt chinesischer Unternehmen sowie neuer Zulieferunternehmen eine Verschärfung des Wettbewerbs bewirken.

Auf der Nachfrageseite schätzen die befragten Unternehmen den Marktanteil Europas 2005 auf etwa ein Prozent. Im Jahr 2010 wird der Anteil Europas am Welthybridmarkt mit rund 50.000 verkauften Fahrzeugen bereits bei gut 3 Prozent liegen und sich bis 2020 auf diesem Niveau halten. Deutschland hielt 2005 mit etwa 2.000 verkauften Hybridfahrzeugen einen Marktanteil von nur rund einem halben Prozent an den weltweit rund 370.000 verkauften Hybridfahrzeugen.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen für den Bereich Hybridantriebe die politische Unterstützung und starke Netzwerke zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik als wichtigste Faktoren. Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute als relativ schlecht – erwarten jedoch eine Verbesserung auf eine starke Wettbewerbsposition bis zum Jahr 2020 (vgl. Abb.24).



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 24: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Nach Aussage der befragten Unternehmen hatte Europa im Jahr 2005 auf der Herstellerseite keinen relevanten Anteil am weltweiten Hybridmarkt, weil Europa das Potenzial der Technologie noch nicht ausreichend erkannt und die Konzentration auf Dieseltechnologie und Brennstoffzellenfahrzeuge zu einer Vernachlässigung von Investitionen in die Hybridtechnologie geführt hat. Obwohl einige deutsche Automobilproduzenten wie BMW, Audi und VW bereits Hybridmodelle auf den Markt gebracht haben, konnten sie bisher kein relevantes Marktvolumen erzeugen.

Bis 2020 rechnen die befragten Unternehmen mit einer positiven Entwicklung der europäischen Wettbewerbsfähigkeit und einem Marktanteil von 15 bis 20 Prozent. Besonders bei den Mikro- und Mildhybriden wird europäischen Automobilherstellern Potenzial zur Marktführerschaft zugeschrieben. Bei Vollhybriden erwarten die Befragten eine dominante Position japanischer und amerikanischer Hersteller. Voraussetzungen dafür sind die politischen Rahmenbedingungen, eine positive Resonanz der Konsumenten und zunehmende Investitionen der Industrie. In den kommenden Jahren erwartet man, dass auch chinesische Hersteller mit den etablierten Produzenten konkurrieren werden. Chinas zweitgrößter Autohersteller SAIC beispielsweise plant den Start der Hybridproduktion für 2008 und will bis 2010 bereits ein Produktionsvolumen von 50.000 Einheiten erreichen.

Zur Verdeutlichung des Zukunftspotenzials europäischer Fahrzeughersteller im Bereich Hybridtechnologie dient eine Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (vgl. Tabelle 2).

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none">• Europäische Markenhersteller• Kooperationen europäischer - Automobilhersteller bei Hybridforschung	<ul style="list-style-type: none">• Große potenzielle Absatzmärkte für europäische Hersteller in USA und China• Stützung der Technologie durch geplante CO₂-Einsparziele für - Fahrzeugflotten auf EU-Ebene
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none">• Forschungsrückstand Europas durch "First Mover Advantage" der japanischen Konkurrenz (v. a. Toyota)• Fehlendes Wissen über Hybridtechnologie in der europäischen Bevölkerung• Fehlende integrierte europäische Regulierung für Hybridfahrzeuge• Zulieferindustrie derzeit nicht konkurrenzfähig gegenüber japanischen Unternehmen	<ul style="list-style-type: none">• Kostensenkungen bei japanischen und amerikanischen Wettbewerbern durch Massenproduktion und damit Wettbewerbsrückfall für Europa• Konkurrenzfähige Hybridentwicklung in Niedriglohnländern wie China

Tabelle 2: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken für Hybridfahrzeuge in Europa

2.5 Erfolgsfaktoren und Hindernisse für Umweltinnovationen

In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten externen und unternehmensinternen Faktoren für den Erfolg von Innovationen zu nennen.

Drei Faktoren stufen sie als besonders wichtig ein (vgl. Abbildung 25). Die Markt-/Kundennachfrage nach innovativen Lösungen, die Einstellung der Gesellschaft gegenüber neuen Technologien sowie politische Instrumente zur Unterstützung.

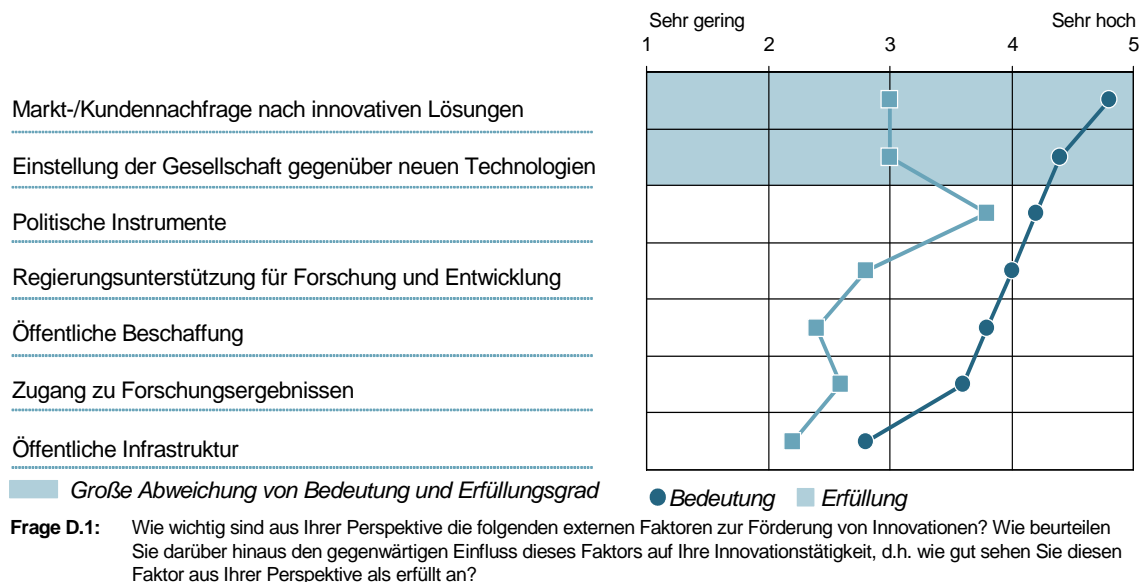


Abbildung 25: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Die Unternehmen sehen die Markt-/ Kundennachfrage nach innovativen Lösungen als wichtigsten externen Faktor für Innovationen in der Hybridtechnologie. Diese Nachfrage ist jedoch besonders in Europa noch nicht hinreichend ausgeprägt, und die Hybridtechnologie ist nach Aussage der Unternehmen bei potenziellen Käufern kaum bekannt. Die mangelnde Nachfrage der Verbraucher wird auch mit den Mehrkosten begründet, die den preissensiblen europäischen Verbrauchern zu hoch sind.

Politische Instrumente werden von den Unternehmen ebenso als wesentlicher externer Faktor eingestuft. Da die Entwicklung der Hybridtechnologie eine sehr langfristige Investition ist, werden Anreize durch die EU oder auf nationaler Ebene gefordert. Vergleichbar mit der erfolgreichen Förderung der Dieseltechnologie seit 1973 könnten politische Regulierungen die Entwicklung der Hybridtechnologien vorantreiben. Einige Unternehmen argumentieren, dass die Industrie ohne Regulierung keinen Anreiz hat, in forschungs- und kostenintensive neue Technologien wie Hybridantriebe zu investieren.

Die Einstellung der Gesellschaft gegenüber der neuen Technologie betrachten die Unternehmen als sehr wichtigen Faktor für Innovationen im Bereich der Hybridtechnologie. Mehrfach bemängelten sie, dass europäische Verbraucher das Potenzial der Technologie nicht verstanden haben. Das erklärt die konservative Herangehensweise europäischer Fahrzeughersteller an die Hybridtechnologie und ihren Rückstand gegenüber japanischen Herstellern. Für die interviewten Unternehmen ist die Gesellschaft noch weit von einer positiven Einstellung gegenüber der Hybridtechnologie entfernt.

Daher fordern die Befragten eine stärkere Bewusstseinsbildung durch Organisationen und Unternehmen. Großer Handlungsbedarf lässt sich auch bei der öffentlichen Beschaffung und Regierungsunterstützung für Forschung und Entwicklung ableiten (siehe Abbildung 25).

Die Regierungsunterstützung für Forschung und Entwicklung ist nach Unternehmens-einschätzungen ein wichtiger externer Faktor für Umweltinnovationen. Einige Unternehmen argumentieren, dass eine höhere direkte Forschungsförderung die Entwicklungsentscheidungen und -investitionen vereinfachen würde und notwendig wäre, um den Technologievorsprung Japans aufzuholen. Manche fordern jedoch auch, dass die Unterstützung von Forschung und Entwicklung für die Weiterentwicklung von Antriebssystemen technologieunabhängig erfolgen sollte. Auf diese Weise könnte sich langfristig die effizienteste Technologie durchsetzen, unabhängig davon, ob es sich um Hybrid-, Diesel-, Gas- oder Brennstoffzellenantriebe handelt.

Auch die öffentliche Beschaffung, etwa durch Regierungsagenturen, werten die Automobilhersteller als sehr wichtiges Instrument, um den Massenmarkt anzukurbeln. Jedoch wird der gegenwärtige Erfüllungsgrad als relativ niedrig eingestuft, sodass dieses Instrument nach Ansicht der Unternehmen bisher noch zu wenig für die Förderung der Hybridtechnologie bei Automobilen eingesetzt wird.

Der Zugang zu Forschungsergebnissen sowie eine angepasste öffentliche Infrastruktur werden als weniger bedeutend eingeschätzt. Da die Technologien in einigen Bereichen jedoch noch nicht ausreichend erforscht oder in der Praxis erprobt sind, haben die Unternehmen großes Interesse an entsprechenden Forschungsergebnissen und einer wirkungsvollen Unterstützung durch die öffentliche Infrastruktur.

Neben den externen Faktoren wurden die Unternehmen auch nach der Bedeutung und derzeitigen Erfüllung von unternehmensbezogenen Erfolgsfaktoren befragt. Dabei hatten die drei Faktoren "Unternehmensinvestitionen in Forschung und Entwicklung", "Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen" und "qualifiziertes Personal" für die Unternehmen die größte Bedeutung (siehe Abbildung 26).

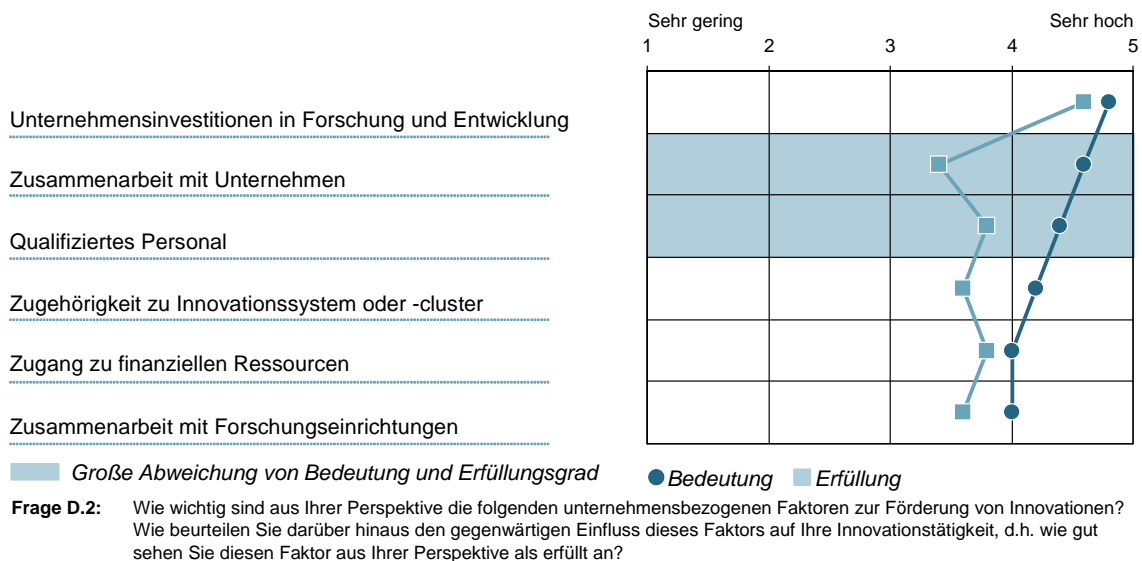


Abbildung 26: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Als wichtigster unternehmensbezogener Faktor werden Unternehmensinvestitionen in Forschung und Entwicklung bewertet. Unternehmen müssen in der Gegenwart entscheiden, ob sie in eine Technologie mit ungewisser Zukunft investieren wollen. Dies ist jedoch besonders wichtig, um den Technologievorsprung der japanischen Hersteller aufzuholen. Das Investitionsniveau in Europa beschreiben die Unternehmen als ausreichend.

Von großer Bedeutung ist ihrer Ansicht nach auch die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen. Sowohl vertikale als auch horizontale Partnerschaften sind notwendig, da das Komplettsystem inklusive Kontrollsystem, Kommunikation innerhalb des Fahrzeuges und Elektronik nicht von einem Unternehmen alleine hergestellt werden kann. Die Optimierung des Gesamtsystems kann laut Meinung der Unternehmen nur in Kooperationen gelingen. Hier sehen die Befragten noch Aufholbedarf. Die kooperierenden Unternehmen könnten sich die Forschungskosten teilen und gemeinsam einen europäischen Exportstandard entwickeln. Hier hoffen die Unternehmen auf Anreize durch die Politik, die die Zusammenarbeit von Unternehmen fördern soll.

Ein weiterer relevanter interner Faktor ist qualifiziertes Personal. Ingenieure sollten vielseitig qualifiziert sein und gezielte Kenntnisse beziehungsweise eine Ausbildung im Bereich Hybridtechnologie mitbringen. In Schweden wurden bereits Studiengänge mit Schwerpunkt Hybridtechnologie eingerichtet.

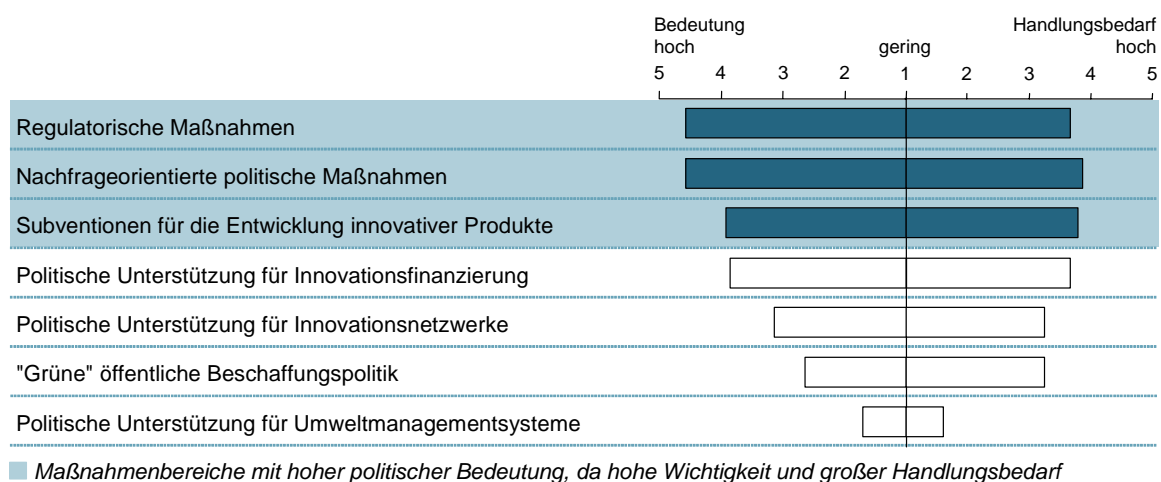
Das größte Hindernis für Innovationen im Bereich Hybridfahrzeuge sehen die Unternehmen in der fehlenden politischen Unterstützung der Technologie durch die EU, die zu Unsicherheit in der Industrie führt. Als weitere Hindernisse für Umweltinnovationen nannten die Unternehmen darüber hinaus die hohen derzeitigen Kosten. Manche Unternehmen sehen auch die Dieseldominanz in Europa als Hemmnis für Innovationen an.

Häufig wird daher gefordert, dass statt der Entwicklung neuer Technologien lieber die Dieselseite weiter optimiert werden solle, da ihr Kosten-Nutzenverhältnis deutlich höher sei als das von Hybridlösungen. In diesem Kontext betrachten die befragten Unternehmen auch die Förderung von Dieselfahrzeugen als Hindernis für die Weiterentwicklung von Hybridfahrzeugen.

2.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Im Verlauf der Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten und den Handlungsbedarf für jedes Instrument zu definieren. Am bedeutendsten bezeichnen die Unternehmen Regulierungen auf nationaler und EU Ebene, wohingegen regionale und internationale Regulierungen kaum eine Rolle spielen. Auf die Frage nach positiven politischen Maßnahmen werden von den Unternehmen die Anreize zur Produktion von Hybridfahrzeugen in den Niederlanden und für die Technologieentwicklung in Italien genannt. Politische Regulierungen mit negativen Auswirkungen sehen die Unternehmen in der Dieselseite und der unterschiedlichen Förderung von Biokraftstoffen in der EU.

Als die wichtigsten relevanten politischen Instrumente klassifizierten die Unternehmen regulatorische Maßnahmen, nachfrageorientierte politische Maßnahmen und Subventionen für die Entwicklung innovativer Produkte (siehe Abbildung 27).



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich Hybridfahrzeuge zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 27: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen

Regulatorische Maßnahmen bewerten die Unternehmen als sehr bedeutsam zur Förderung der Hybridtechnologie. Gleichzeitig sehen sie großen Handlungsbedarf der Politik.

Sie wünschen sich eine klare Gesetzgebung, die Planungssicherheit schafft, selbst wenn die Ziele hoch gesteckt sind. Die Unternehmen unterstreichen, dass ihrer Meinung nach die kosteneffizientesten Lösungen und nicht notwendigerweise einzelne Hybridtypen gefördert werden sollten.

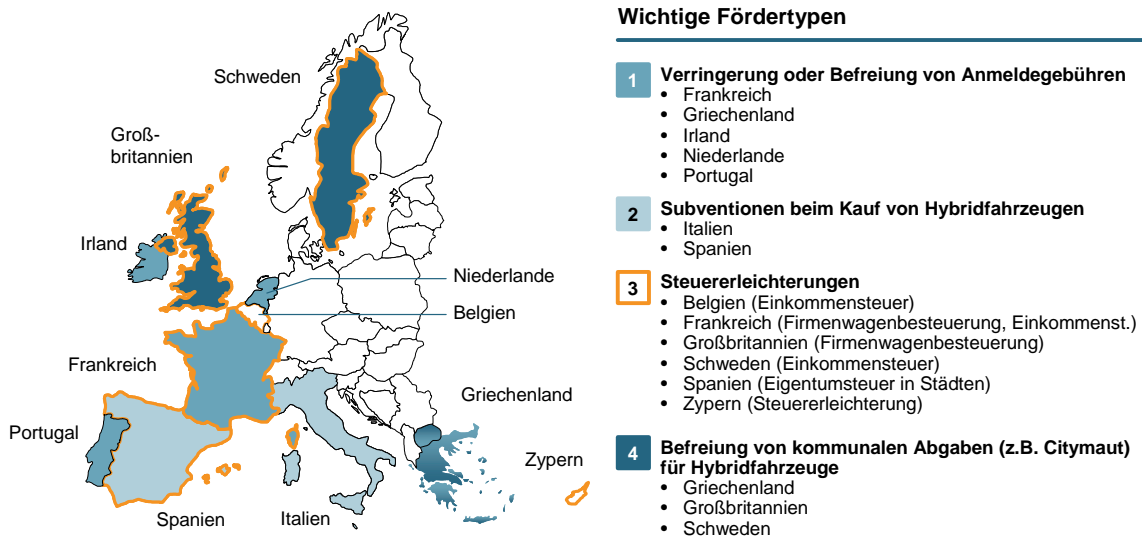
Im Jahr 1998 wurde eine europaweite freiwillige Selbstverpflichtung der Autohersteller eingeführt. Sie sah vor, dass die durchschnittlichen CO₂-Emissionen von Neuwagen bis 2008 auf 140 g/km reduziert werden sollten. Da dieses Versprechen der Automobilindustrie bis Ende 2008 nicht erfüllt werden kann und der durchschnittliche Flottenausstoß momentan bei 161 g/km liegt, debattiert die EU über eine gesetzliche Regelung zur Minderung der Emissionen. Ein aktuelles Strategiepapier der EU-Kommission sieht vor, dass ab 2012 die Neuwagen der gesamten Fahrzeugflotte aller Hersteller einen durchschnittlichen CO₂-Ausstoß von 130 g/km nicht überschreiten dürfen. Weitere 10 g/km sollen durch einen Maßnahmen-Mix inklusive der Beimischung von Biokraftstoffen, effizienteren Klimaanlage, besserer Verkehrslenkung und Reifendruckanzeigen gespart werden. Dies würde einem durchschnittlichen Benzinverbrauch von 4,5 bis 5 Litern pro 100 Kilometern entsprechen.

Einen solchen integrierten Ansatz bewerten die Unternehmen unterschiedlich. Einige argumentieren, dass die Automobilhersteller in den letzten Jahren bereits sehr viel in die CO₂-Verminderung investiert haben und deswegen vermehrt alternative Kraftstoffe gefördert und die Effizienz der Kraftstoffe verbessert werden sollte. Sie betonen zudem, dass sich Kraftstoffe, die zu einem geringeren CO₂-Ausstoß führen, auf den gesamten Fuhrpark auswirken, nicht nur auf einzelne Modelle. Andere kritisieren, dass die Grenze von 130g/km im vorgegebenen Rahmen nicht realisierbar ist. Wieder andere weisen darauf hin, dass ein CO₂-Limit, das sich auf g/km bezieht vor allem die Technologieentwicklung im Kleinwagensegment fördert. Wenn der Flottendurchschnitt bezüglich des CO₂-Ausstoßes aber die Grenze von 130g/km nicht überschreitet, könnten so weiterhin auch Luxuslimousinen mit höheren Ausstößen entwickelt und somit dieser Absatzmarkt weiter bedient werden. Deswegen wird vorgeschlagen, das Emissionslimit auf Basis der Grundfläche eines Fahrzeuges zu berechnen. Andere Unternehmen begrüßen eine solche Richtlinie unter der Bedingung, dass alle Parteien bei der Ausarbeitung beteiligt sind und die Regulierung klar und technologie-neutral formuliert ist.

Eine weitere regulatorische Maßnahme ist die Befreiung der Hybridfahrzeuge von der sogenannten "Citymaut" in London. Sie verpflichtet Halter von Benzin- oder Dieselfahrzeugen zur Zahlung von fünf Pfund Tagesgebühr bei der Benutzung der Straßen in Zentrallondon. Einige Unternehmen argumentieren, dass diese Regulierung hauptsächlich die Vollhybridtechnologie des japanischen Toyota Prius unterstützt, jedoch keine Auswirkung auf europäische Automobilhersteller hat.

Gleichauf in der Bedeutung rangieren nachfrageorientierte politische Maßnahmen. Nach Unternehmenseinschätzung besteht hier Handlungsbedarf, da die Industrie zur Produktion von Hybridfahrzeugen bereit ist, die Kunden solche Fahrzeuge jedoch noch nicht ausreichend nachfragen. Um die Unternehmen bei der Markteinführung zu unterstützen und die Vorteile der Technologie zu illustrieren, empfehlen die befragten Unternehmen nationale oder europaweite Imagekampagnen für die Hybridtechnologie. Durch Subventionen setzt die öffentliche Hand ein Zeichen, dass sie den Kauf von Hybridfahrzeugen begrüßt, auch um die bereits erforschte Technologie in der Praxis zu testen.

Die Abbildung 28 zeigt länderspezifische politische Förderungen für Hybridfahrzeuge innerhalb der EU.



Quelle: European Automobile Manufacturers Association (ACEA)

Abbildung 28: Fördermaßnahmen für Hybridfahrzeuge innerhalb der EU

Exemplarisch werden Käufer von Hybridfahrzeugen in Italien für private und kommerzielle Zwecke mit bis zu 1.800 Euro vom Staat bezuschusst. Die französische Regierung hat verschiedene Anreize zum Kauf von Hybridfahrzeugen geschaffen: So wird beim Kauf eines Hybridfahrzeuges eine Einkommenssteuergutschrift von 1.525 Euro wirksam. Zudem gibt es Steuerbefreiungen und die Möglichkeit der Abschreibung beim Kauf von Hybridfahrzeugen als Geschäftswagen. Außerdem hat Frankreich einen Fonds von etwa 100 Mio. Euro als Forschungsunterstützung für die Hybridtechnologie eingerichtet.

Wie Abbildung 28 zeigt, ist Deutschland eines der wenigen EU-Länder ohne Fördermaßnahmen für die Hybridtechnologie. Es wird jedoch die Umstellung der Kfz-Steuer in Anlehnung an die in England und Schweden eingeführten Regelungen debattiert. Anstatt der heute üblichen Berechnung der Kfz-Steuer nach Motorleistung soll in Zukunft der Ausstoß von CO₂ und anderen Schadstoffen als Grundlage der Steuerberechnung dienen, sodass für Fahrzeuge mit sehr niedrigen CO₂-Emissionen die Steuer ganz entfallen kann. Das intensiviert den Wettbewerb zwischen den Automobilproduzenten bei der Entwicklung schadstoffarmer Fahrzeuge. Das Gesetzgebungsverfahren, das Teil der Koalitionsvereinbarung ist, soll noch im Jahr 2007 abgeschlossen werden und kann der Hybridtechnologie einen positiven Impuls geben. Manche Unternehmen schlagen eine harmonisierte europaweite Besteuerung auf Emissionsbasis vor. Ein weiteres Unternehmen regte an, die Fahrzeuggrundfläche als Grundlage der Besteuerung zu nehmen.

Darüber hinaus wird in Deutschland über eine an der Windschutzscheibe angebrachte Plakette zur Klassifizierung der Klimafreundlichkeit von Neuwagen sowie eine teilweise Umstellung des Fuhrparks der Bundesregierung auf Hybridfahrzeuge diskutiert. Außer-

halb Europas sind die für die Hybridtechnologie positiven Gesetzgebungen in den USA erwähnenswert. Der nationale "Energy Policy Act" aus dem Jahr 2005 fördert den Kauf von Hybridfahrzeugen mit Steuergutschriften bis zu 3.400 US Dollar. Auch die Ankündigung des amerikanischen Präsidenten im Januar 2007, dass die USA bis 2017 den Benzinverbrauch um 20 Prozent reduzieren werden, unterstützt die Hybridtechnologie mittelfristig weiter. In Anlehnung an kalifornische Regulierungen und die positive Marktentwicklung in Kalifornien empfehlen europäische Unternehmen diese auch für Europa, um das Engagement der Autohersteller zu forcieren. Exemplarisch ist die "Carpool Lane", auf der bei Staubildung nur Fahrzeuge mit mehreren Insassen und mit umweltfreundlichen Automobilen wie Hybridfahrzeugen fahren dürfen.

In Japan werden elektrische Fahrzeuge seit 1978 von der Regierung gefördert. Seit 1998 ist die Förderung von Hybridfahrzeugen in das "Clean Energy Vehicles Introduction Project" integriert. So erhielten zwischen 1998 und 2006 etwa 140.000 Automobilkäufer Subventionen von bis zu 50 Prozent der Mehrkosten beim Kauf eines Hybridfahrzeuges. Auch die öffentliche Beschaffung von Hybridfahrzeugen sowie Preisnachlässe auf die Automobilsteuer unterstützten die japanischen Hybridhersteller bei ihrer Etablierung im Hybridmarkt. In China wurde die Massenproduktion von Hybridfahrzeugen als Schlüsselement im aktuellen Fünfjahresplan der Regierung erwähnt.

Auch politische Subventionen für die Entwicklung innovativer Produkte werden von den Unternehmen als Maßnahmen mit hoher Bedeutung eingestuft. Sie unterstreichen, dass Europa die Hybridtechnologie selbst entwickeln muss, um den Vorsprung der Japaner auch für künftige Elektrofahrzeuge zu reduzieren. Die Unternehmen zeigen sich jedoch schon relativ zufrieden mit den momentanen Subventionen. Erwähnenswert ist hier das 7. Forschungsrahmenprogramm. Mit einem Gesamtvolumen von rund 50 Mrd. Euro zwischen 2007 und 2013 ist es eines der größten EU-Förderungsprojekte. Der Bereich Energie mit einem Fördervolumen von 2,3 Mrd. Euro umfasst Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeuge, nicht aber Hybridautomobile. Dennoch unterstreichen die meisten Unternehmen die Bedeutung des Programms und die dadurch entstehenden transnationalen Kooperationen. Die Beschränkung, dass nur europäische Kooperationsprojekte gefördert werden, beurteilen die Unternehmen überwiegend positiv. Dies fördere nicht nur die Bildung von Netzwerken, sondern verkürze auch die Entwicklungsdauer. Dennoch verlangt die Industrie eine Erweiterung des Programms um Batterietechnologien oder alternative Antriebstechnologien.

Im Rahmen einer "grünen" öffentlichen Beschaffungspolitik wäre es außerdem möglich, zum Beispiel über rigide CO₂-Standards für öffentlich genutzte Fahrzeuge auch der Hybridtechnologie stärkere Geltung zu verschaffen. Der politischen Unterstützung für Umweltmanagementsysteme wird von den Unternehmen dagegen nur geringe Bedeutung beigemessen, wobei man aber die Anstrengungen von Seiten der Politik auch hier als erfüllt wertet.

Weitere Instrumente zur Förderung von Hybriden sehen die Unternehmen im Ausbau unterstützend regionaler Förderung wie es in London der Fall ist, sowie in der Vereinheitlichung der Fördermaßnahmen auf europäischer Ebene. Bezüglich Maßnahmen zur Unterstützung der internationalen Marktpenetration äußerten sich nur wenige Unternehmen. Sie nannten die verstärkte Unterstützung der Forschung, insbesondere an den Universitäten, als wichtige Maßnahme.

2.7 Handlungsempfehlungen

Die Hybridtechnologie hat einige Vorteile, wie den reduzierten Kraftstoffverbrauch und geringere CO₂-Emissionen, und bietet für die Fahrzeughersteller weltweit ein großes Umsatzpotenzial. Deswegen sollten nachfragefördernde Instrumente auf nationaler und europäischer Ebene verstärkt werden, um die Technologie innerhalb Europas voranzutreiben. Einzelne befragte Unternehmen empfehlen, in Zukunft von einer hubraumbezogenen auf eine CO₂-emissionsbezogene Besteuerung von Fahrzeugen umzustellen. Andere betrachten eine CO₂-Besteuerung skeptisch. Dabei ist eine differenzierte Meinung von Klein- beziehungsweise Mittelklassewagen- und Oberklassewagenherstellern festzustellen.

Generell sollten bei Regulierungen oder Forschungsförderungen zwei strategische Überlegungen berücksichtigt werden. Zum einen bietet der hohe Marktanteil von Dieselfahrzeugen ein großes künftiges Marktpotenzial für Dieselhybride, weshalb Forschungsförderung für Dieselhybride sinnvoll wäre. Zum anderen kann die Mikrohybridtechnologie für den europäischen Raum gegebenenfalls interessanter als Vollhybridlösungen sein, da Europa viele Ballungsgebiete mit starken Einsparpotenzialen im Stadtverkehr hat. Zudem liegen die relativen CO₂-Vermeidungskosten bei Mikrohybriden, wie die folgende exemplarische Modelrechnung zeigt, deutlich unter denen von Vollhybriden.

	Mikrohybrid	Vollhybrid
Mehrkosten in EUR	500	3000
Kraftstoff-Einsparung in %	6%	20%
Angenommene Jahresdistanz eines Fahrzeuges in km	15.000	15.000
Angenommener Verbrauch pro 100 km in Litern (ohne Hybrideinsatz)	8	8
Jährlich verbrauchter Kraftstoff in Litern	1200	1200
Jährliche Kraftstoffeinsparung durch Hybrid in Litern	72	240
Annahme: Ein verbrauchter Liter Kraftstoff entspricht ... kg CO ₂ ¹⁾	2,5	2,5
Jährliche CO ₂ -Einsparung durch Hybrid in kg CO ₂ (Ann. 1)	180	600
CO ₂ -Einsparung durch Hybrid in kg CO ₂ über Lebensdauer von 15 Jahren	2700	9000
CO ₂ -Vermeidungskosten (Relation Mehrkosten/ CO ₂ -Einsparung) pro kg CO ₂	0,19	0,33

1) Quelle: BMU

Tabelle 3: CO₂-Vermeidungskosten bei Mikrohybrid und Vollhybrid im Vergleich

Wie Tabelle 3 zeigt, macht ein gespartes Kilogramm CO₂ mit Mikrohybriden derzeit nur etwa 56 Prozent der CO₂-Vermeidungskosten von Vollhybriden aus. Mit entsprechender europäischer Förderung könnten viele verkaufte Mikrohybriden in Summe trotz der geringen Kraftstoffeinsparungen der einzelnen Fahrzeuge zu deutlichen Einsparungen führen – bei relativ geringen Kosten.

Langfristig sollte Europa dennoch auch bei Voll- und Plug-In-Hybriden konkurrenzfähig sein, da sie die Basis von Elektrofahrzeugen und Brennstoffzellenfahrzeugen bilden. Es sollte bedacht werden, dass die erwünschten CO₂-Einsparungen bei Elektrofahrzeugen nur dann erfolgen, wenn der verwendete Strom aus regenerativen Energiequellen kommt. Zudem stellt sich die Frage, wie der von Elektrofahrzeugen weltweit zusätzlich benötigte Strom erzeugt werden soll.

Die Einführung einer Citymaut wie in London oder das Fahrverbot in der Innenstadt für nicht umweltschonende Automobile sind weitere Optionen, um die Verbreitung von Hybridfahrzeugen zu fördern.

3. Solare Kühlung

3.1 Überblick

Solare Kühlanlagen nutzen Sonnenenergie, um mit Hilfe effizienter Kollektorzellen und Kältemaschinen Kälte zu erzeugen. Sie werden heute vor allem zur Kühlung großer Gebäude eingesetzt, aber auch kleinere Anlagen zur Kühlung einzelner Räume sind in der Entwicklung. Der besondere ‚Charme‘ solcher Anlagen besteht darin, dass sie die Energie der Sonne genau dann benötigen, wenn die Sonneneinstrahlung am stärksten und der Kühlungsbedarf am höchsten ist. Damit sind sie eine umweltschonende Alternative zu herkömmlichen Kühlsystemen.

Solare Kühlanlagen bestehen aus einem Kollektorfeld zur Erzeugung von Wärme, die eine thermische Kältemaschine antreibt, und einem angeschlossenen Kühlkreislauf. Im Unterschied zu herkömmlichen Kühlanlagen funktionieren solare Kühlanlagen nicht mit einer Kompressionskältemaschine, sondern mit einer thermischen Kältemaschine.

Es kann zwischen offenen und geschlossenen Systemen unterschieden werden. Offene Systeme stellen Kälte über die Abkühlung von Luft bereit, geschlossene Systeme über die Abkühlung von Wasser.

Die meisten solaren Kühlanlagen basieren auf geschlossenen Systemen. Die Kältemaschinen funktionieren über Sorption, die selektive Aufnahme eines Stoffes durch einen mit ihm in Berührung stehenden Stoff. Dabei lassen sich Absorptions- und Adsorptionsmaschinen unterscheiden. Bei Absorptionsmaschinen wird das Kältemittel (meist Wasser) in einem flüssigen Gemisch, dem Absorptionsmittel, absorbiert, also eingelagert, bei Adsorption wird das Kältemittel an einem Festkörper (meist Silikagel) adsorbiert, das heißt angelagert.

In solaren Kühlanlagen mit offenen Systemen werden Dampfstrahlkältemaschinen, sogenannte sorptionsgestützte Desiccant and Evaporative Cooling (DEC-)Anlagen, eingesetzt, die sich vor allem für Großanlagen eignen.

Die wesentlichen Elemente der Wertschöpfungskette bei solaren Kühlanlagen sind die Komponentenproduktion, die Anlagenentwicklung, die Integration und der Betrieb des Systems. Die Kollektoren (meist Flachkollektoren für Adsorptionssysteme und effizientere Vakuumröhren-Kollektoren für Absorptionsmaschinen) und die Kältemaschine gelten als wichtigste Komponenten.

Weitere Elemente in geschlossenen Systemen sind ein Verdampfer, gegebenenfalls ein Pufferspeicher, ein Generator und ein Kondensator. Teilweise werden noch Zusatzheizkessel verwendet. Als Sorptionsmittel nutzt man Wasser-Lithiumbromid oder Ammoniak-Wasser-Gemische (für Absorption) oder festes Silikagel (für die Adsorption). In offenen

Systemen sind zusätzlich ein Sorptionsrotor, ein Wärmerückgewinnungsrotor und ein Luftbefeuchter nötig. Die Kühlung des Raums erfolgt über herkömmliche Lüfter und Luftkühlungsanlagen.

3.2 Technologische Entwicklungen

Solare Kühlanlagen werden bereits seit einigen Jahren in Großanlagen mit Leistungen über 50 KW eingesetzt. Auch im Bereich mittelgroßer Anlagen zwischen 30 und 50 KW wurde die Technologie in den letzten Jahren weiterentwickelt, sodass die Anlagen nach Einschätzung der befragten Experten heute am Anfang der Markteinführungsphase stehen. Im Augenmerk der heutigen technologischen Entwicklung stehen Kleinanlagen mit Leistungen von bis zu 15 KW. Bei diesen Anlagen sind noch technologische Weiterentwicklungen nötig. Sie befinden sich nach Experteneinschätzung noch zwischen der Entwicklungs- und der Demonstrationsphase.

Insgesamt sind in Europa rund 150 Anlagen installiert, so zum Beispiel die solare Kühlanlage im Güterverkehrszentrum Ingolstadt. Sie erzeugt die Energie zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung und betreibt ein Zentralklimagerät mit einem Sorptionsrotor (DEC-Anlage), das für eine Klimatisierung mit 48 KW Kälteleistung sorgt. Die Einordnung der installierten Anlagen nach Leistungsgröße zeigt, dass über 60 Prozent der Anlagen mit einer Kältemaschine über 50 KW ausgestattet sind und noch immer mehr als 50 Prozent der Maschinen Leistungen von 70 KW oder mehr aufweisen.

Entscheidend für die technische Leistungsfähigkeit der Anlagen zur solaren Kühlung sind die eingesetzten Kältemaschinen und Kollektorfelder, die aufeinander abzustimmen sind. Kältemaschinen können in thermische und Kompressionskältemaschinen unterteilt werden. Kompressionskältemaschinen haben einen viel höheren Leistungskoeffizienten¹⁰ (Coefficient of Power), basieren jedoch oft auf der Nutzung ozonschädlicher Kältemittel und bedingen durch den hohen Strombedarf auch einen hohen CO₂-Ausstoß. Für die solare Kühlung werden thermische Kältemaschinen eingesetzt, da sie eine relativ geringe Antriebstemperatur von 60 bis 90°C benötigen, die sich durch die Sonnenkollektoren erzeugen lässt. In thermischen Kältemaschinen wird das Kältemittel sorbiert und durch Erhitzung Druck erzeugt. Im Kondensator wird die Antriebswärme abgeführt und das Kältemittel verflüssigt. Dadurch kann dann im nachgeschalteten Verdampfer die gewünschte Nutzkälte erzeugt werden.

Für kleinere und mittlere Anlagen mit einer Leistungszahl unter 30 KW werden heute vor allem geschlossene Systeme mit Absorptions- oder Adsorptionsanlagen eingesetzt. Obwohl Adsorptionsmaschinen geringere Antriebstemperaturen benötigen, sind Absorptionsmaschinen insbesondere für kleinere Anlagen am weitesten verbreitet, da sie einen höheren Leistungskoeffizienten erreichen: Sogenannte zweistufige Absorptionsmaschinen erreichen einen doppelt so hohen Leistungskoeffizienten (1,2 bis 1,4) wie Adsorptionsmaschinen (0,6 bis 0,7). Aktuell werden die meisten kleinen Absorptionskältemaschinen in Japan hergestellt, Adsorptionsmaschinen hingegen kommen insbesondere aus den USA.

¹⁰ Der Leistungskoeffizient (Coefficient of Power – COP) ist der Quotient aus frei verfügbarer Energie und zugeführter Energie.

Offene Kältemaschinen werden vor allem als Adsorptionsanlagen in großen Anlagen eingesetzt. Die Kühlung erfolgt durch eine Verdunstungsbefeuchtung der getrockneten, über einen Wärmetauscher vorgekühlten Luft. Die thermische Antriebsenergie von 60 bis 70°C wird zur Desorption (Ablösung) des adsorbierten Wassers benötigt. Da in diesem Prozess Lufttemperaturen von minimal 16°C erreicht werden, sind die Einsatzmöglichkeiten eingeschränkt, wenn geringere Temperaturen erforderlich sind.

Insgesamt werden heute bei den in Europa installierten Anlagen zu rund 60 Prozent Absorptionsmaschinen genutzt, die gut in das Gesamtsystem integrierbar sind und meist Kollektoren auf Vakuumröhrenbasis verwenden. Zu 10 bis 15 Prozent sind Adsorptionsmaschinen eingesetzt, bei denen Flachkollektoren verwendet werden können. Schließlich kommen in rund 25 bis 30 Prozent der Fälle offene Kühlverfahren zum Einsatz.¹¹

Technologische Herausforderungen für solare Kühlanlagen aller Größen bestehen aus Sicht der befragten Unternehmen in folgenden Bereichen:

- Die Leistung der Kollektorfelder muss weiter gesteigert werden.
- Besonders kleine Kältemaschinen müssen leistungsfähiger werden. Gleichzeitig müssen Größe und Gewicht der Maschinen reduziert werden.
- Beim Rückkühlungsverfahren muss es Verbesserungen geben. Auf die Nutzung externer Kühltürme sollte man verzichten. Das Verfahren muss an geltende Regulierungen angepasst werden. So ist z.B. in Spanien das nasse Rückkühlen, das bei vielen Adsorptionsanlagen eingesetzt wird, aus hygienischen Gründen nicht mehr erlaubt.
- Bei der Speicherfähigkeit der Anlagen müssen sich Verbesserungen ergeben, damit rund um die Uhr Kühlung bereitgestellt werden kann.
- Bei der Systemintegration der Einzelkomponenten muss die Integrierbarkeit der Komponenten bis hin zu einer einfachen Plug-and-Play-Lösung weiterentwickelt werden.
- Bei der Entwicklung und Installation automatischer Kontrollsysteme, die die Leistung und Funktionsfähigkeit der Anlagen auf Distanz überprüfen, muss es Fortschritte geben. Heutige Kontrollsysteme sind noch auf die Präsenz einer Person am Ort der Anlage angewiesen.

Aktuell arbeiten die Unternehmen daran, die solaren Kühlanlagen an die Bedürfnisse verschiedener Kundensegmente anzupassen und adäquate Standardlösungen bereitzustellen. Die Entwicklung von Anlagen mit Leistungen unter 15 kW stellt aus Sicht der meisten Unternehmen dabei die größte Herausforderung dar. Um die Serienreife und die erfolgreiche Markteinführung für diese integrierten Kleinanlagen zu erreichen, müssen in erster Linie die Kältemaschinen kleiner, leichter und billiger werden. Welches Kältemaschinenmodell (Adsorption oder Absorption) sich für den serienmäßigen Einsatz in den kleinen und mittleren Anlagen durchsetzen wird, ist noch nicht absehbar. Entscheidend dafür wird sein, welche Kältemaschine zuerst ihre hohe technische Zuverlässigkeit und

¹¹ Verteilung bezieht sich auf Angaben aus dem Jahr 2004

eine bessere Wirtschaftlichkeit unter Beweis stellen kann und sich am besten in das Gesamtsystem integrieren lässt.

Neben den technischen Herausforderungen sind auch bei der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit noch Anstrengungen zu unternehmen. Studien haben ergeben, dass die Investitions- und Planungskosten für mittelgroße bis große solare Kühlanlagen um den Faktor 2 bis 2,5 höher liegen als für konventionelle Kühlanlagen. Bei kleinen Anlagen fallen die Mehrkosten noch deutlicher ins Gewicht. Den höheren Kosten steht eine Einsparung von Energiekosten durch geringeren Stromverbrauch gegenüber. Eine Gesamtkostenrechnung unter Berücksichtigung der Abschreibung der Anlage über ihre Lebenszeit ergibt für solare Kühlanlagen Mehrkosten von 20 bis 40 Prozent im Vergleich zu konventionellen Systemen. Nimmt man eine in Europa übliche Förderung in Höhe von 100 Euro pro Quadratmeter installierter Kollektorfläche an, bleiben immer noch Mehrkosten zwischen 5 und 20 Prozent¹² bestehen.

Insgesamt rechnen die Unternehmen damit, dass der Gesamtpreis für kleine Anlagen sogar auf ein Drittel des heutigen Preises reduziert werden muss, damit die Anlagen zu einem Preis angeboten werden können, der höchstens 10 bis 15 Prozent über dem Preis für konventionelle Kühlsysteme liegt. Dies ist nach Einschätzungen der Unternehmen eine große Herausforderung, deren Gelingen auch von der Ausgestaltung der politischen Förderung abhängen wird.

Solare Kühlung hat sehr gute Chancen, sich in den kommenden Jahren als Standardtechnologie zu etablieren und den herkömmlichen Kühlanlagen mit ihrem hohen Energieverbrauch Konkurrenz zu machen. Alle befragten Unternehmen gehen davon aus, dass spätestens 2012 die Serienreife erreicht sein wird.

Bezüglich der Nachfrage nach solaren Kühlanlagen sehen sie großes Potenzial, das heute wirtschaftlich und technologisch jedoch noch nicht bedient werden kann. Betrachtet man den Markt, wird die große Chance dieser Technologie deutlich: Heizen und Kühlen machen heute bereits rund die Hälfte des Nutzenergieverbrauchs in Europa aus. Hinzu kommt, dass in den Ländern der europäischen Union im Vergleich von 1996 mit 2020 mit einer Vervierfachung der Spitzenstromlast im Sommer auf über 40 GW gerechnet wird, die durch den zunehmenden Einsatz von Kühlanlagen verursacht wird. Dies könnte während der Spitzenzeiten zu einer Überlastung der Energienetze führen. Es muss folglich auch wegen der begrenzten Netzkapazitäten nach Alternativen gesucht werden, um den nachgefragten Kühlungsbedarf befriedigen zu können. Solare Kühlanlagen können in Europa zu Einsparungen von 40 bis 70 Prozent des erwarteten Energieverbrauchs führen. In anderen Ländern ist das Potenzial sogar noch größer. Eine Studie über den Energieverbrauch in Israel zeigt beispielsweise, dass im Sommer bis zu 80 Prozent des Stroms durch Klimatisierung verbraucht wird. In Sydney sind Netzbetreiber schon heute bereit, jedes nicht in die Netzversorgung integrierte installierte Kilowatt Energieleistung mit finanziellen Zuschüssen zu unterstützen.

Dennoch liegt in der noch für die technologische Weiterentwicklung der Anlagen benötigten Zeit ein Risiko. Die Technologie muss die Serienreife erreichen und die ausreichende Verlässlichkeit der Komponenten bewiesen haben, um eine echte Alternative zu her-

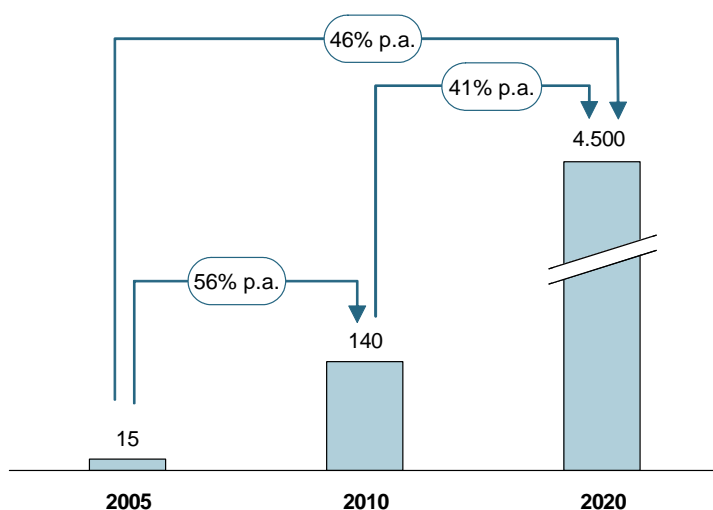
¹² Berechnung mit Energiepreisen von 2004 für Deutschland

kömmlichen Kühlmaschinen bieten zu können. Wenn die technologischen Verbesserungen nicht kommen und die Preise nicht gesenkt werden können, besteht die Gefahr, dass sich andere Technologien, wie der Betrieb der Kältemaschinen mit Biomasse, durchsetzen. Solare Kühlung bliebe dann eine Nischenanwendung.

3.3 Marktentwicklungen

Das Marktvolumen im Bereich solare Kühlanlagen ist aus Sicht der Unternehmen und befragten Experten sehr schwer abschätzbar. Momentan sind rund 150 Anlagen in Europa installiert, davon befinden sich über 35 in Deutschland.

Die befragten Unternehmen schätzen den Gesamtmarkt (einschließlich Demonstrationsobjekte) für solare Kühlanlagen für 2005 auf weltweit rund 15 Mio. Euro. Sie gehen bis 2010 von einem jährlichen Wachstum des Marktvolumens um rund 55 Prozent aus, was einem Anstieg des Marktvolumens auf etwa 140 Mio. Euro gleichkäme.



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 29: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR]

Zwischen 2010 und 2015 werden nach Ansicht der befragten Unternehmen kleine Anlagen die Serienreife erreichen. Sie schätzen, dass dies zu einem Anstieg des Marktvolumens auf rund 900 Mio. Euro führt und zwischen 2010 und 2020 weiterhin hohe Wachstumsraten von über 40 Prozent pro Jahr möglich macht. Bis 2020 rechnen die Unternehmen mit einem Marktvolumen von über 4,5 Mrd. Euro.

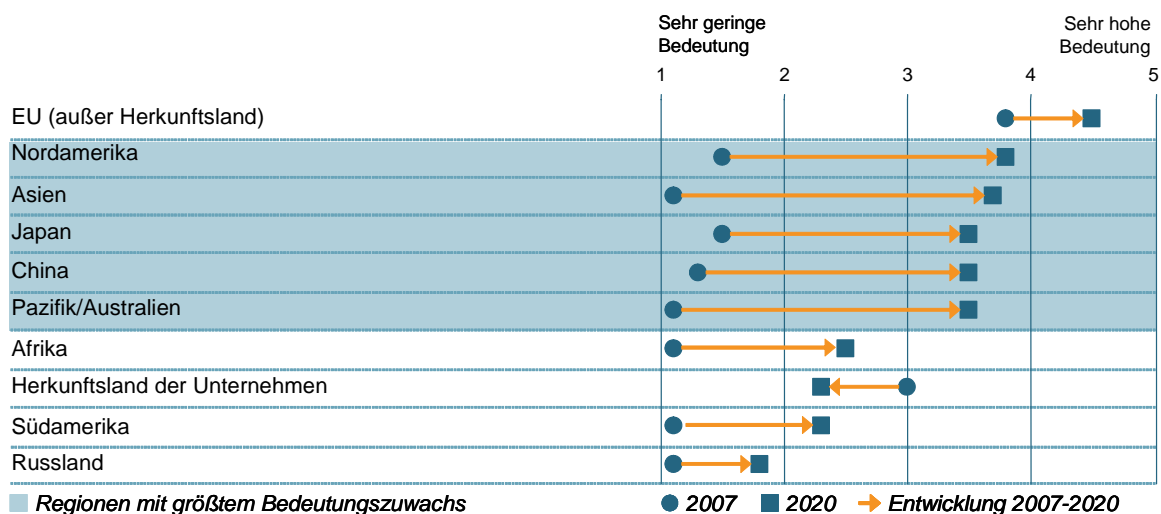
Die Schätzungen der Unternehmen sind durchaus plausibel: Das heutige Weltmarktvolumen für Klimatisierung beträgt etwa 34 Mrd. Euro, davon macht der europäische Markt 4,3 Mrd. Euro aus. Prognosen besagen, dass sich die klimatisierte Gebäudefläche

weltweit in den nächsten 10 bis 15 Jahren verdoppeln und die Nachfrage nach Klimatisierung kontinuierlich weiter wachsen wird. Unter der Annahme relativ konstanter Kostenstrukturen und Preise für herkömmliche Energie in den nächsten 10 bis 15 Jahren lässt sich (konservativ geschätzt) im Jahr 2020 ein potenzielles Weltmarktvolumen für Klimatisierung von knapp 70 Mrd. Euro erreichen. Der Marktanteil für solare Kühlung läge bei einem Marktvolumen von 4,5 Mrd. Euro bei rund 6 Prozent des globalen Gesamtmarktes.

Die von den Unternehmen erwarteten Wachstumsraten spiegeln neben der Einschätzung des technologischen Fortschritts auch die erwarteten Fördermaßnahmen und politische Unterstützung wider. Sowohl Förderprogramme als auch politische Regulierungen spielen für den Aufbau eines funktionierenden Marktes und für die internationale Verbreitung der Technologie eine wichtige Rolle.

Regionale Schwerpunkte

In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die Bedeutung regionaler Märkte für solare Kühlung heute und im Jahr 2020 einzuschätzen (vgl. Abbildung 30).



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 30: Bedeutung regionaler Märkte für solare Kühlung 2007 und 2020

Der Markt für die Anlagen konzentriert sich aus Sicht der befragten Unternehmen heute und voraussichtlich auch noch 2020 hauptsächlich auf Europa. In Spanien, Südfrankreich, Zypern und Italien wird aufgrund der vorteilhaften geografischen Lage das größte Absatzpotenzial gesehen. Auch Deutschland und Österreich sind nach Ansicht der Unternehmen wichtige Märkte, vor allem wegen der dort angesiedelten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.

Insgesamt sind die regionalen Schwerpunkte nach Aussagen der Unternehmen nicht nur auf die klimatischen Verhältnisse und den dadurch bedingten Kühlungsbedarf zurückzuführen, sondern auch auf die politischen Rahmenbedingungen in den jeweiligen Ländern: In Spanien schreibt eine im März 2006 erlassene "technische Gebäuderichtlinie" (CTE) vor, dass alle neuen oder renovierten Gebäude 30 bis 70 Prozent ihres Warmwasserbedarfs durch Solarenergie decken. Diese Vorschrift hat, wie die befragten Unternehmen betonen, große Auswirkungen auf die Innovationsgeschwindigkeit und die Verbreitung der Technologie. In Spanien werden außerdem die Investitionskosten für die Anlagen mit rund 30 Prozent bezuschusst, was die Entwicklung des regionalen Marktes zusätzlich fördert.

Für das Jahr 2020 rechnen die Unternehmen mit einer Verschiebung der regionalen Märkte: Betrachtet man die heute installierte Leistung für Klimatisierung im Allgemeinen, sind die USA und Japan Spitzenreiter. Aus diesem Grund rechnet die Mehrzahl der befragten Unternehmen damit, dass 2020 die USA nach Europa der wichtigste Markt sein wird. An dritter Stelle sehen die Unternehmen Asien. Hier vermuten sie auch für die Jahre nach 2020 das größte Marktpotenzial. Eine stärkere Präsenz in China betrachten viele Unternehmen wegen möglicher Produktpiraterie als äußerst risikoreich. Einige Unternehmen gaben darüber hinaus an, dass in den arabischen Ländern ebenfalls mit einem stark wachsenden Markt zu rechnen ist. Bei der Einschätzung betonen die Unternehmen den erheblichen Einfluss der politischen Regulierungen auf das Marktvolumen. Die Gestaltung der regulatorischen Rahmenbedingungen in den einzelnen Regionen kann die regionale Marktentwicklung stark beeinflussen und verändern.

3.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

Nach Unternehmensangaben bieten nur wenige Firmen Komplettsysteme für solare Kühlanlagen an. Diese stammen meist aus dem europäischen Raum und sind fast ausschließlich kleine und mittelständische Unternehmen. Da fast alle Unternehmen noch daran arbeiten, die Technologie zu verbessern und die Serienreife für integrierte Gesamtanlagen zu erreichen, herrscht nach Aussage der Interviewpartner momentan noch kein Wettbewerb im Markt. Dieser ist vielmehr davon geprägt, dass die Unternehmen bei Demonstrations- und Forschungsprojekten eng zusammenarbeiten und sich regelmäßig auf Konferenzen und Kongressen austauschen. Anders bei den Herstellern für Kältemaschinen: Sie konkurrieren international, den Markt dominieren große Anbieter vor allem aus Japan und den USA. Auch bei den Herstellern für Kollektoren herrscht ein intensiver Wettbewerb.

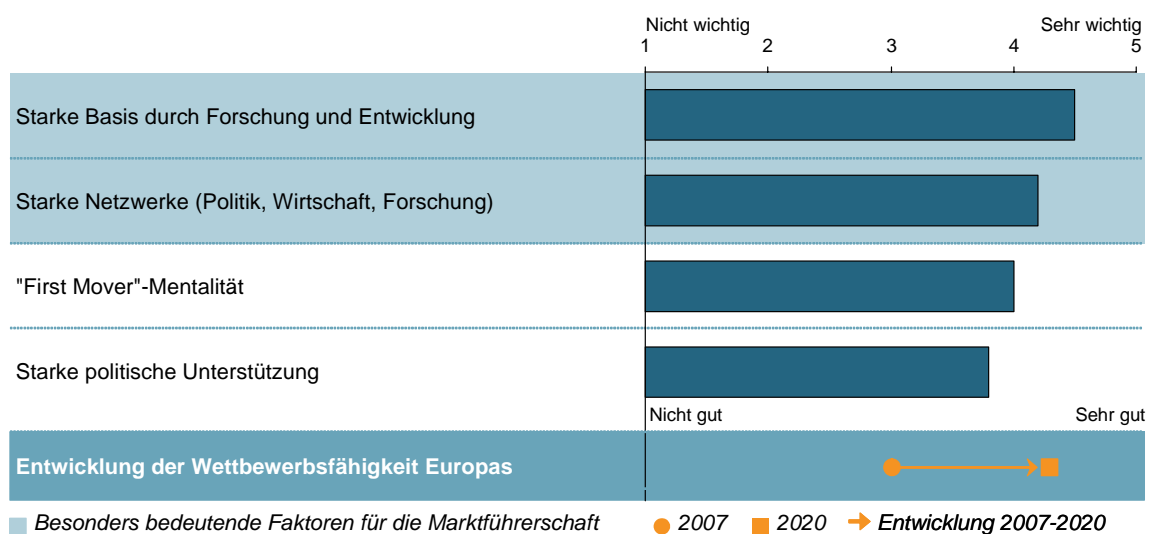
Für die kommenden Jahre sind nach Aussagen der befragten Unternehmen verschiedene Entwicklungsszenarien denkbar:

Das erste Szenario geht davon aus, dass die Hersteller für Kältemaschinen sich – wenn sich eine erfolgreiche Technologie herauskristallisiert hat – im Markt für solare Kühlanlagen positionieren werden. Dazu werden sie erstens zunehmend kleinere Kältemaschinen (Leistung von 5 bis 15 KW) für den Einsatz in solaren Kühlsystemen anbieten und/oder in den Markt für solare Kühlung eintreten, indem sie kleinere Unternehmen akquirieren, um selbst komplette Anlagen anbieten zu können.

Das zweite Szenario nimmt an, dass führende Hersteller von Solarkollektoren in den Markt eintreten. Sie könnten dazu übergehen – vermutlich ebenfalls durch Akquisitionen kleiner Wettbewerber –, Komplettsysteme für solare Kühlung anzubieten. Sobald die Technologie für die kommerzielle Markteinführung weit genug entwickelt ist, würden sie damit zu Marktführern.

Das dritte Szenario projiziert, dass die momentan bereits aktiven kleinen und mittleren Unternehmen weiter wachsen und den Markt unter sich aufteilen. Dieses Szenario ist insbesondere für den Markt für kleine, integrierte Anlagen zwischen 10 und 15 KW denkbar.

Unabhängig von diesen Szenarien rechnen die Unternehmen bis 2020 damit, dass der Wettbewerb in allen Teilen der Wertschöpfungskette deutlich zunimmt. Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen für den Bereich solare Kühlung eine starke Basis durch Forschung und Entwicklung sowie starke Netzwerke als bedeutendste Faktoren. Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute bereits als relativ gut – erwarten jedoch noch eine deutliche Verbesserung bis 2020 (vgl. Abbildung 31).



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 31: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Die befragten Unternehmen und Experten sehen Europa derzeit als Weltmarktführer für solare Kühlanlagen aller Größenordnungen. Der Weltmarkt ist allerdings noch so klein, dass Angaben zu Marktanteilen nur wenig aussagekräftig sind. Europäische Unternehmen halten nach einer Schätzung der befragten Unternehmen einen Marktanteil von rund drei Viertel am Gesamtvolumen des Marktes für Anlagen zur solaren Kühlung (Angebot). Deutsche Unternehmen sind vor allem bei den integrierten Kompletanlagen in

kleinen Leistungsbereichen führend und realisieren ca. die Hälfte des heutigen Marktvolumens. Die befragten Unternehmensvertreter erwarten, dass bis 2020 der Marktanteil europäischer Unternehmen absinken wird, da zunehmend US-amerikanische und asiatische Unternehmen den Markt erobern.

Der Anteil Deutschlands an der globalen Nachfrage ist hingegen aufgrund der Wetterverhältnisse gering. In Europa wird nach Einschätzungen der Unternehmen gegenwärtig ca. die Hälfte des weltweiten Umsatzes mit Anlagen zur solaren Kühlung gemacht. Künftig wird sich die europäische Nachfrage insbesondere auf Spanien, Südfrankreich und Griechenland konzentrieren. Die Unternehmen erwarten, dass mittel- und langfristig vor allem außereuropäische Länder ihre Nachfrage stark erhöhen. Neben den asiatischen Ländern und den USA werden dies vor allem arabische Länder und Australien sein.

Die Einschätzungen zur künftigen Entwicklung der Marktanteile Europas basieren auf den von den Unternehmen genannten Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Technologie in Europa (vgl. Tabelle 4).

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Weltweite Spitzenposition europäischer – vor allem deutscher – Unternehmen bei Komplettanlagen • Fördermöglichkeiten für Grundlagenforschung im Rahmen europäischer Kooperationsprojekte • Intensive Unternehmenskooperationen, um Technologie weiterzuentwickeln • Vorreiterrolle Spaniens bei der Ausgestaltung von Regulierungsvorschriften, die erneuerbare Energien fördern • Weit entwickeltes Umweltbewusstsein der Bevölkerung 	<ul style="list-style-type: none"> • Exportchancen für europäische Länder durch Technologieführerschaft Europas • Export-Potenzial durch wachsende Nachfrage nach solarer Kühlung in USA, Asien, Australien und anderen Ländern • Möglichkeit, Leitmarkt für die Technologie und Regulierungsmaßnahmen aufzubauen und diese auf andere Länder zu übertragen
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Sehr bürokratisch organisierte Förderprogramme mit langen Vorlaufzeiten erschweren KMU den Mittelzugang • Keine ausreichende Förderung der Markteinführung durch Marktanreiz- oder Kommerzialisierungsprogramme • Hoher Aufwand und hohe Kosten durch unterschiedliche Zulassungsverfahren in den einzelnen europäischen Ländern, da die Vorschriften nicht aufeinander abgestimmt sind • Unsichere langfristige politische Rahmenbedingungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Verlust der Marktführerschaft Europas durch eintretende japanische oder amerikanische Unternehmen und deren effiziente Kommerzialisierungsstrategie • Entwicklung von starken amerikanischen und asiatischen Industrien durch staatliche Förderung, die mit europäischen Unternehmen konkurrieren

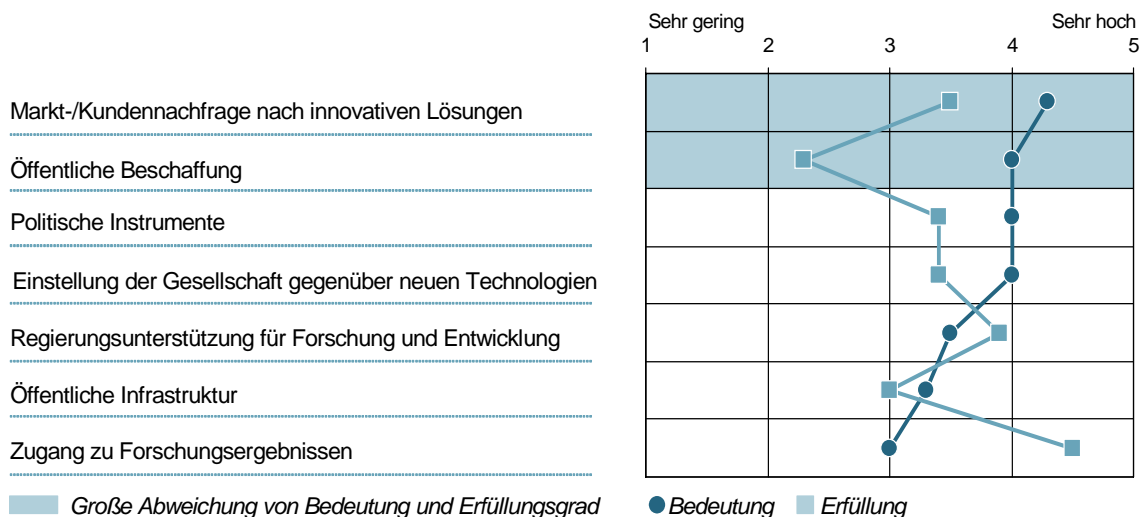
Tabelle 4: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken für solare Kühlung in Europa

3.5 Hindernisse und Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

In den Gesprächen wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten externen sowie unternehmensinternen Faktoren zu nennen, die Innovationen erfolgreich machen.

Die wichtigsten externen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen sind nach Unternehmenseinschätzung (vgl. Abbildung 32):

- Markt-/Kundennachfrage nach innovativen Lösungen
- Maßnahmen zur öffentlichen Beschaffung
- Politische Instrumente
- Einstellung der Gesellschaft zur Technologie



Frage D.1: Wie wichtig sind aus Ihrer Perspektive die folgenden externen Faktoren zur Förderung von Innovationen? Wie beurteilen Sie darüber hinaus den gegenwärtigen Einfluss dieses Faktors auf Ihre Innovationstätigkeit, d.h. wie gut sehen Sie diesen Faktor aus Ihrer Perspektive als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 32: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Die Markt-/Kundennachfrage nach solaren Kühlanlagen ist aus Sicht der Unternehmen der bedeutendste externe Erfolgsfaktor. Da sich der Markt noch entwickelt, ist es für die Unternehmen wichtig zu wissen, dass eine ausreichende Nachfrage vorhanden ist, wenn sie von den bislang existierenden Demonstrations- und Prototypen zu einer kommerziellen Serienproduktion übergehen. Die Nachfrage nach solaren Kühlanlagen ist nach Einschätzung der befragten Unternehmen bereits relativ gut. Diese Nachfrage kann jedoch nur befriedigt werden, wenn technologische Fortschritte erzielt und die Preise für diese Anlagen entsprechend gesenkt werden können, sodass sie im Rahmen der Zahlungsbereitschaft der Kunden liegen.

An zweiter Stelle unter den externen Erfolgsfaktoren sehen die Unternehmen gleichermaßen die öffentliche Beschaffung, politische Regulierungen und die Einstellung der Gesellschaft. Verstärkte öffentliche Nachfrage wünschen sich die Unternehmen, um ihren künftigen Absatz verlässlicher kalkulieren zu können. Bislang ist diese Erfolgsbedingung ihrer Ansicht nach nicht ausreichend erfüllt.

Politische Regulierungen sind nach Ansicht der befragten Unternehmen ein weiterer Faktor, der entscheidend dafür ist, wie sich der Markt für solare Kühlanlagen künftig entwickelt. Während der Markt für regenerative Energien bereits durch politische Regulierungen getrieben wird, müssen aus Unternehmenssicht im Markt für solare Kühlung

dringend Regulierungen geschaffen werden, die garantieren, dass sich dieser langfristig entwickelt. Angesichts der in Europa weit verbreiteten Einspeisevergütungen, Subventionsprogramme und Marktanreizprogramme beurteilen die Unternehmen diesen Faktor zwar immerhin als zufriedenstellend.

Um die Einstellung der Bevölkerung positiv zu beeinflussen, wünschen sich die Unternehmen Informationskampagnen, um die Bevölkerung über die Technologie aufzuklären, und – wenn auch langfristig – ein Zertifizierungssystem für Anlagen zur solaren Kühlung. Dieses Zertifizierungssystem soll bei den Kunden Vertrauen schaffen und die technologische Zuverlässigkeit der Anlagen garantieren.

Als unternehmensinterne Erfolgsfaktoren sehen die befragten Unternehmen vor allem folgende Faktoren als bedeutend an (vgl. Abbildung 33):

- Investitionen der Unternehmen in Forschung und Entwicklung
- Zugang zu Finanzressourcen
- Zugang zu qualifizierten Mitarbeitern

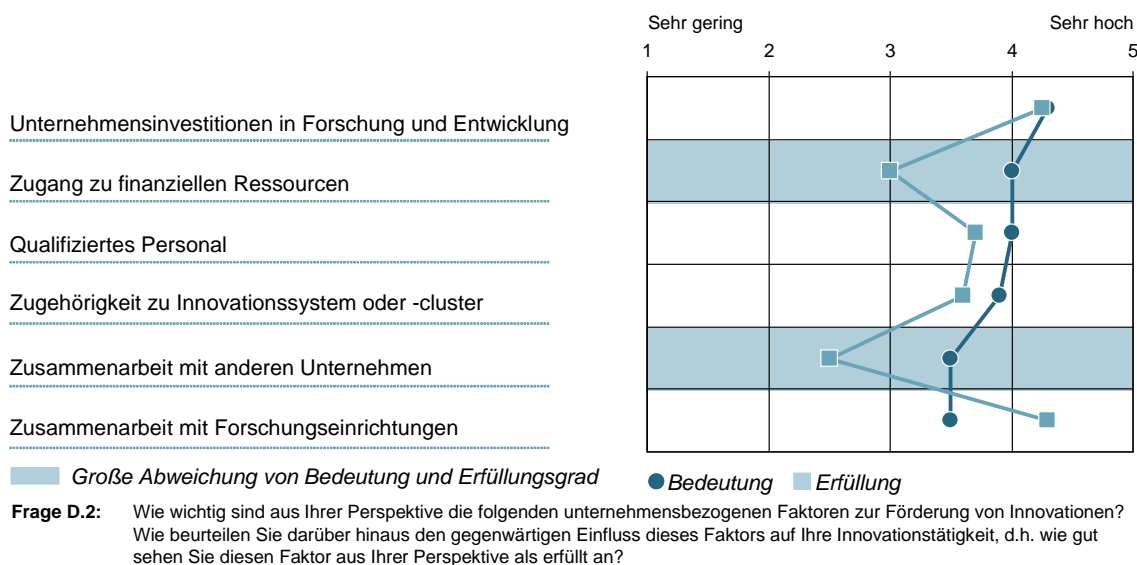


Abbildung 33: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Investitionen in Forschung und Entwicklung sind nach Aussage der Unternehmen unverzichtbar, um technologische Fortschritte zu erzielen und nötige Verbesserungen umzusetzen. Nach Aussage der Unternehmen investieren sie hier bereits in angemessenem Umfang. Der von den Unternehmen als zweitwichtigster Faktor genannte Zugang zu finanziellen Ressourcen ist deswegen so wichtig, weil ohne ausreichende finanzielle Mittel keine Investitionen getätigt werden können. Hier wünschen sich die Unternehmen zusätzliche Förderprogramme und einfacher zugängliche, zinsgünstige Kredite. Qualifiziertes Personal ist, wie in fast allen wissensintensiven Branchen, ebenfalls erfolgsscheidend. Insgesamt sehen die Hersteller solarer Kühlanlagen hier keine Engpässe. Dennoch besteht Bedarf an hochqualifizierten Ingenieuren.

Anders als bei den externen Faktoren weichen Bedeutung und Erfüllungsgrad der unternehmensbezogenen Erfolgsbedingungen wenig voneinander ab. Daran zeigt sich, dass die Unternehmen bereits versuchen, die besten Voraussetzungen für erfolgreiche Technologien zu schaffen, und dass diese Bemühungen Früchte tragen. Der verbleibende Handlungsbedarf ist somit bei den unternehmensbezogenen Faktoren geringer. In den Interviews wurde jedoch auch deutlich, dass die externen Faktoren für Umweltinnovationen wesentlich bedeutender sind. Denn sie setzen die Rahmenbedingungen für die Unternehmen und können von diesen nicht beeinflusst oder verändert werden.

Auf die Frage nach dem wichtigsten Hemmnis für Innovationen nannten die befragten Hersteller von Anlagen zur solaren Kühlung die momentane Unsicherheit darüber, ob die technologischen Herausforderungen bei kleinen Anlagen bewältigt werden können. Als weiterer Erfolgsfaktoren bzw. Hindernis wurde das Erreichen der Serienreife der Technologie bezeichnet.

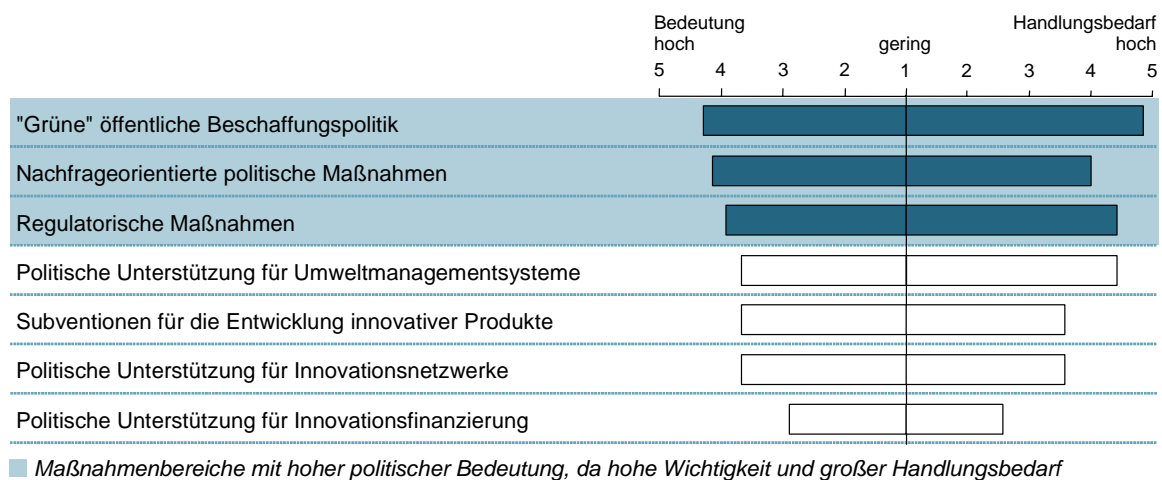
3.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Im Verlauf der Gespräche wurden die befragten Unternehmen gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten und den betreffenden Handlungsbedarf zu beurteilen. Als politisches Instrument mit besonders positiven Auswirkungen nannten die Unternehmen dabei die spanische Gebäuderichtlinie, auf die unten näher eingegangen wird. Als eine politische Maßnahme mit eher negativen Auswirkungen nannten die Unternehmen den niedrigen Preis für konventionelle Energie, der dieser einen bedeutenden Vorteil verschafft.

Alle befragten Unternehmen messen politischen Maßnahmen und Regulierungen auf europäischer Ebene die höchste Bedeutung bei, gefolgt von den an zweiter Stelle stehenden internationalen Regulierungen. Über die Bedeutung nationaler Regulierungen sind die Unternehmen unterschiedlicher Meinung: Für einige sind nationale Politikmaßnahmen besonders wichtig, andere wiederum halten sie eher für zweitrangig, da sie die Wirkungs- und Fördermöglichkeiten als unzureichend einstufen. Ein ähnliches Bild bietet sich bei der Beurteilung regionaler Regulierungen: Die befragten Unternehmen halten sie im Zusammenhang mit regional geförderten Forschungsprojekten für sehr bedeutend. Aus der globalen Perspektive nehmen sie jedoch einen weitaus geringeren Stellenwert ein.

Politische Maßnahmen sind nach Ansicht der befragten Unternehmen vor allem deshalb wichtig, weil sie den technologischen Fortschritt und die Marktnachfrage steuern können. Als besonders relevante politische Instrumente bezeichnen die befragten Unternehmen dabei (vgl. Abbildung 34):

- "Grüne" öffentliche Beschaffungspolitik
- Nachfrageorientierte politische Maßnahmen
- Regulatorische politische Maßnahmen



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich Solare Kühlung zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 34: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente

Die wichtigste politische Maßnahme ist nach Ansicht der befragten Unternehmen die Schaffung eines Marktes und ausreichender Nachfrage. Dies soll sowohl durch Beschaffungen der öffentlichen Hand als auch durch nachfrageorientierte Maßnahmen wie Subventionen oder auf den Endverbraucher abzielende Marktanreizprogramme erreicht werden.

Den größten Handlungsbedarf sehen die Unternehmen bei den folgenden Faktoren:

- "Grüne" öffentliche Beschaffungspolitik
- Regulatorische politische Maßnahmen
- Politische Unterstützung für Umweltmanagementsysteme

Im Bereich der öffentlichen Beschaffung wünschen sich die Unternehmen vermehrt Aufträge der öffentlichen Hand für solare Kühlanlagen. Sie versprechen sich davon die Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit der Technologie unter Beweis zu stellen und die Skepsis der Endverbraucher angesichts der unbekannten Technik auszuräumen. In den Gesprächen nannten die Unternehmen den Betrieb von Demonstrationsanlagen über vier bis fünf Jahre als wichtigen Meilenstein, um die Funktionstüchtigkeit und Verlässlichkeit der Anlagen vorzuführen und sicherzustellen, dass die Anlagen eine kontinuierliche Funktionsfähigkeit erreichen. Folglich subsummieren einige der befragten Unternehmen unter das politische Instrument der öffentlichen Aufträge auch die Förderung von Demonstrationsanlagen zur Vorbereitung der Markteinführung. Es existieren bereits einige öffentlich in Auftrag gegebenen solare Kühlanlagen.

Ihr erstes Anliegen ist die Einpreisung der umweltschädlichen externen Effekte in den Preis für konventionelle Energie. Darüber hinaus finden sie es wichtig, dass weitere Einspeisegesetze für Solarenergie erlassen werden. Am erfolgversprechendsten wäre aus

Sicht der Unternehmen ein europaweit harmonisiertes Gesetz mit einer festgelegten Geltungsdauer von mindestens 20 Jahren. Vorschriften über den Mindestanteil der durch Sonnenenergie bereitzustellenden Energie würden die Unternehmen ebenfalls sehr begrüßen. Die in Spanien erlassene technische Gebäude richtlinie (CTE) gilt in diesem Zusammenhang als Vorbild. Sie schreibt die anteilige Nutzung von Solarenergie im Umfang von 30 Prozent der Warmwassergewinnung bei Neubauten und renovierten Gebäuden vor.

Die Unternehmen bezeichnen Spanien als fortschrittlichstes europäisches Land in Bezug auf politische Regulierungen. Dort gibt es neben der CTE-Richtlinie auch ein Marktanreizprogramm, das eine Unterstützung in Höhe von 30 Prozent der Investitionskosten für die Anlagen vorsieht und somit die Schaffung des Marktes erfolgreich vorantreibt. Kritisch sehen die Unternehmen allerdings die fehlende Effizienzkontrolle über die im Rahmen der CTE einsetzbaren Anlagen und Systeme, die Raum für ineffiziente "Alibi-Systeme" lässt.

Außerdem wurde seitens der Unternehmen die Notwendigkeit eines geeigneten nachfrageorientierten Markteinführungsprogramms angesprochen. In Deutschland wird der Einsatz erneuerbarer Energien seit Januar 2007 durch ein Marktanreizprogramm gefördert, das für Anlagen zur solaren Kühlung sogar einen Innovationsbonus vorsieht. Sie werden mit einem Betrag von 70 Euro/m² installierter Bruttokollektorfläche gefördert, allerdings nur bis höchstens 40 m². Diese Regulierung nehmen die Unternehmen positiv auf. Allerdings bezeichnen sie die Höhe der bewilligten Förderung als viel zu gering. Momentan sind für Anlagen mit einer Kollektorfläche von rund 40 m² Investitionen in Höhe von mindestens 30.000 Euro erforderlich. Die mögliche Förderung der Anlage durch das Marktanreizprogramm beträgt nach den Richtlinien des vorgestellten Programms jedoch nur rund 2.800 Euro. Die Unternehmen schätzen, dass erst die Übernahme von 30 bis 40 Prozent des Anlagenpreises wirklich einen Anreiz für den Verbraucher darstellen würde, auf solare Kühlsysteme umzusteigen.

Investitionsanreize in der Größenordnung zwischen 15 und 30 Prozent existieren für solare Wärme heute in den meisten europäischen Ländern (Österreich, Belgien, Deutschland, Dänemark, Spanien, Frankreich, Griechenland, Luxemburg, Portugal, Schweden, Großbritannien). Für solare Kühlung gelten die Unterstützungen jedoch noch nicht in allen Ländern. In der Förderung der Markteinführung der solaren Kühlung ist Spanien führend. Auch Italien hat ein Förderprogramm aufgelegt, das eine Unterstützung von bis zu 30 Prozent für Investitionen in solarbetriebene Kühlanlagen vorsieht. Die befragten Unternehmen weisen im Fall Italiens allerdings darauf hin, dass sich der Markt bislang noch sehr zurückhaltend entwickelt. Sie gehen aber davon aus, dass das Programm in den nächsten Jahren einen deutlichen Wachstumssprung bewirken wird.

Eine weitere von den befragten Unternehmen sehr positiv bewertete Regulierung ist das in Deutschland geplante Erneuerbare Energien Wärmegesetz (EEW), das ähnlich wie das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) den Anteil erneuerbarer Energien bei der Wärmegewinnung stärker fördern soll. Das Gesetz müsste natürlich auch für Kühlanlagen gelten. Die Einführung des EEW nannten die Unternehmen auch als Antwort auf die Frage, welche andere politische Maßnahme hilfreich wäre um Innovationen voran zu treiben.

Alle betrachteten Regulierungsmaßnahmen müssen aus Sicht der Unternehmen in einen langfristig konstanten Rahmen gegossen werden, der Planungssicherheit schafft und

langfristige Investitionen für mindestens zehn Jahre ermöglicht. Planungssicherheit in Bezug auf die politischen Rahmenbedingungen ist nach einheitlicher Aussage der Unternehmen unverzichtbar, um Investitionshemmnisse zu überwinden, technologische Fortschritte zu erzielen und auch größere Unternehmen zum Eintritt in den Markt zu bewegen.

Auf die Frage, welches politische Instrument zur Unterstützung der internationalen Marktdurchdringung dienen kann, betonten die Unternehmen, dass eine Angleichung sowohl der Förderungen als auch der Zulassungsverfahren auf europäischer Ebene sehr viele Vorteile bringen würde.

3.7 Handlungsempfehlungen

Ein Handlungsplan für die Politik im Feld solare Kühlung sollte vom heutigen Stand der Technologie ausgehend nach Ansicht der Unternehmen zwei parallele Ansätze verfolgen. Einerseits bedarf es vor allem bei kleinen Anlagensystemen mit Leistungen unter 10 KW noch der unbürokratischen (finanziellen) Förderung von Forschungs- und Demonstrationsprojekten, um technische Unsicherheiten und Mängel zu beseitigen. Die Förderung von Demonstrationsanlagen ist dabei vor allem wichtig, um die Einsetzbarkeit der Technologie nachzuweisen und die Zuverlässigkeit der Systeme über mehrere Jahre zu testen.

Parallel dazu sollte für die bereits einsetzbaren mittelgroßen und großen Systeme ein wirksames Markteinführungsprogramm geschaffen beziehungsweise ausgebaut werden. Die Kunden sollen von der Verfügbarkeit der Anlagen und der Technik erfahren und auf diesem Weg zu verstärkten Nachfragern werden. Deshalb sollte die Politik aus Sicht der Unternehmen die Aufklärung der Bevölkerung fördern.

4. Automatische Stofftrennverfahren

4.1 Überblick

Stofftrennung ist ein entscheidender Arbeitsschritt im Recyclingprozess und beinhaltet die Erkennung und Trennung verschiedener Stoffe, um sie anschließend als Werk- oder Ersatzbrennstoffe (EBS) zu verwerten. Die Verwertung von Abfällen ermöglicht zum einen die Reduzierung der überirdischen Deponierung. Zum zweiten werden vorhandene Ressourcen effizient und nachhaltig genutzt. Denn angesichts knapper natürlicher Rohstoffe sind durch Recycling gewonnene Sekundärrohstoffe wertvolle Güter, die auf eine wachsende Nachfrage treffen (beispielsweise Papier, Glas, Metall und Kunststoffe wie PET).

Angesichts der großen Vielfalt und Uneinheitlichkeit der Stoffe sind Trennverfahren insbesondere für Siedlungsabfälle relevant. Siedlungsabfall ist die zusammenfassende Bezeichnung für kommunale Haushaltsabfälle und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle einschließlich getrennt gesammelter Fraktionen. Für die Sortiertechnik von besonderer Bedeutung sind zudem Gewerbeabfälle zur Verwertung und die getrennt erfassten Verpackungsabfälle der privatwirtschaftlich organisierten Erfassungssysteme.

In der Verwertung von Siedlungsabfall spielen bis heute manuelle Arbeitsschritte eine wichtige Rolle. Die Trennung verschiedener Stoffe erfolgt beim Verbraucher und vielfach auch noch in den Anlagen der Entsorger durch Handsortierung. Mechanische Verfahren wie Siebung, Wiegung, Windsichtung, Wirbelstromscheidung und Magnetabscheidung dienen zur Klassierung nach Größe, Form und Gewicht sowie zur Aussortierung von Metallen. Im Induktionsverfahren wird ein elektromagnetisches Feld aufgebaut, in dem Metalle durch eine Veränderung des elektromagnetischen Feldes erkannt werden können. Mit diesem Verfahren können nicht eisenhaltige (also nicht magnetische) Metalle wie Kupferdrähte oder Edelstahl aussortiert werden, die von herkömmlichen Magnetabscheidern nicht erfasst werden. Automatische Technologien trennen unterschiedliche Stoffe mit Hilfe von Sensoren, die bestimmte Materialarten und Eigenschaften (Farbe, Form etc.) erkennen und aussortieren.

Automatische, sensorgestützte Technologien dienen als Ergänzung und Optimierung bestehender mechanischer Verfahren und sind ein möglicher Ersatz für die manuellen Arbeitsschritte im Verwertungsprozess. Die manuelle Sortierung bleibt für die Nachsichtung und Qualitätssicherung aber weiterhin relevant.

Technologien zur automatischen Stofftrennung basieren auf Sensoren, die Materialarten und eigenschaften erkennen können. Dazu werden optische Sensoren wie Nahinfrarot (NIR), Laser, UV, Röntgen oder Bilderkennung über Datenbanken eingesetzt. In diesen Verfahren werden die vom jeweiligen Sensor erkannten Stoffe anschließend durch einen Druckluftimpuls aus dem Stoffstrom aussortiert. Für die Informationsverarbeitung und Datenvermittlung zwischen Sensor und Druckluftdüse spielen Prozessorgeschwindigkeit und Software eine zentrale Rolle. Die verschiedenen Technologien werden in Großanlagen hintereinander geschaltet, da für jeden Stoff ein eigener Detektor nötig ist.

In Sortieranlagen werden sensorgestützte Technologien mit konventionellen mechanischen Verfahren kombiniert. Eine Sortierstrecke mit mehreren groben und feinen Sieben bildet in der Regel die erste Stufe, gefolgt von einer ballistischen Sortierung nach Größe,

Form und Gewicht. Danach erfolgt in mehreren Etappen die sensorgestützte Trennung verschiedener Stoffe. Abschließend werden die stofflichen Teilmengen zerkleinert oder verdichtet.

Der Einsatz und die Kombination unterschiedlicher Technologien und Verfahren richten sich nach den gewünschten Endprodukten.

Die Kosten für einzelne Geräte zur automatischen Sortierung liegen je nach Größe und Technologie zwischen 60.000 und 400.000 Euro. Ein NIR-Gerät¹³ zur Aussortierung von Tetrapacks kostet etwa 200.000 Euro. Durch mögliche Einsparungen bei den Personalkosten amortisiert sich diese Investition innerhalb eines Jahres. Eine komplette Sortieranlage kostet je nach Größe und Komplexität zwischen 3 und 15 Mio. Euro. Davon entfallen 30 Prozent auf sensorgestützte Systeme, 25 Prozent auf Geräte der mechanischen Verfahren und der Rest auf Stahlbau, Förderanlagen und Gebäude.

Die Hersteller automatischer Sortiertechnologie kaufen Komponenten wieameratechnik und Druckluftdüsen von Zulieferern, konzipieren und bauen die Maschinen und entwickeln die entsprechende Software. Abhängig vom Geschäftsmodell liefern die Hersteller einzelne Geräte oder integrierte Systeme automatischer Sortierung. Diese werden mit mechanischen Sortiertechnologien und Förderbändern zu kompletten Sortieranlagen zusammengebaut. Bei großen Anlagen beauftragen die Entsorgungsunternehmen Ingenieurbüros für Entwurf und Bauplanung (vgl. Abbildung 35).

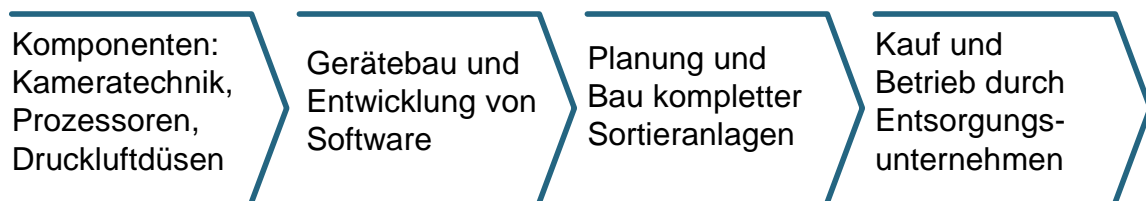


Abbildung 35: Wertschöpfungskette für Technologien zur automatischen Stofftrennung

Technologien zur automatischen Abfallsortierung befinden sich für getrennt erfasste Abfallfraktionen sowie Gewerbeabfälle gegenwärtig in der Marktdiffusionsphase. Erste Großversuche für die automatische Abfallsortierung von häuslichen Restabfällen sowie gemischt erfassten Abfällen aus den Haushalten verliefen ebenfalls positiv. Sensorgestützte Sortiergeräte sind bereits seit etwa zehn Jahren auf dem Markt. Die Technologie ist heute ausgereift und bei den Kunden anerkannt. Automatische Technologien werden in der Glassortierung bereits flächendeckend eingesetzt. Zunehmend werden sie auch zur Kunststoffsortierung verwendet. So sind in Deutschland 80 bis 90 Prozent der Sortieranlagen für Verpackungen mit automatischen Geräten ausgestattet. Im restlichen Westeuropa sind sie mit 10 bis 20 Prozent deutlich weniger verbreitet, ein Investitions- und Umrüstungsprozess ist jedoch im Gange.

¹³ Sortiertechnik auf Basis der Nahinfraroterkennung

4.2 Technologische Entwicklungen

Ausschlaggebend für die Entwicklung der sensorgestützten Sortierung war, dass Computerprozessoren in der zweiten Hälfte der Neunzigerjahre sehr viel leistungsfähiger wurden. Diese sind heute in der Lage, die Erkennung und Trennung von Stoffen durch Sensoren und Druckluftimpulse in Echtzeit zu leisten.

Bei der sensorgestützten Sortierung konzentriert sich die technologische Entwicklungsarbeit heute auf optische Verfahren. Eine verfeinerte optische Sensortechnik soll unterschiedliche Kunststoffarten künftig noch besser unterscheiden. Dazu sollen verschiedene Sensortypen wie NIR und Röntgen miteinander kombiniert werden. Außerdem sollen Stoffe nach ihrer Erkennung besser aussortiert werden. Bisher werden viele Stoffe zwar richtig erkannt, jedoch nicht vom Druckluftimpuls erfasst oder aber falsche Partikel werden mit aussortiert. Die Entwicklungsarbeit konzentriert sich daher auf Verfahren zur genaueren Trennung sowie darauf, das Zusammenspiel von Sensor und Trennimpuls zu verbessern. Generell erwarten die befragten Unternehmen, dass die verschiedenen Technologien im Verwertungsprozess zunehmend kombiniert und integriert werden. Die Sensoren der Zukunft können nicht nur einzelne Stoffe aussortieren, sondern sämtliche Stoffe des Abfallstromes erkennen, sobald die Anlage befüllt wird. Entsprechende Impulse der Sensoren dienen dann zur Abstimmung der einzelnen Geräte.

Eine Herausforderung für die Entwicklung automatischer Sortiertechnologien bleibt die weitere Steigerung ihrer Leistungsfähigkeit, also der Durchsatzgeschwindigkeit und damit der Kapazität der Sortieranlagen. Dadurch können sie besser ausgelastet werden, größere Durchsätze erzielen und folglich kostengünstiger arbeiten. Dies sind entscheidende Stellschrauben für die Wirtschaftlichkeit von Sortiertechnologien.

Automatische Trennverfahren erreichen eine höhere Reinheit und Ausbringung der Sortierung als händische Verfahren. Eine möglichst reine Trennung ist entscheidend für eine optimale Verwertung der Stoffe. Damit ist sowohl die Gruppierung von gleichen bzw. ähnlichen Materialien wie Metallen oder Kunststoffen als auch die Aussortierung und Bündelung von Stoffen mit einem besonders hohen energetischen Potenzial gemeint.

Die Ausbringung bezieht sich auf den Anteil der Gesamtmenge der im Abfall enthaltenen Wertstoffe, die aussortiert werden kann. Je höher die Ausbringung, desto besser wird das vorhandene Verwertungspotenzial ausgeschöpft.

Die automatische Sortiertechnik ist effizienter und kostengünstiger als die manuelle Sortierung. Unter der Voraussetzung ausreichender Auslastung und großer Durchsatzmengen der Anlagen ermöglicht die Automatisierung eine Reduzierung der Sortierkosten. Gleichzeitig wird eine höhere Qualität der Endprodukte erreicht, welche zunehmend von den Abnehmern nachgefragt wird und höhere Absatzpreise ermöglicht bzw. im Falle der Ersatzbrennstoffe mit geringeren Zuzahlungen an den Abnehmer verbunden ist. Die Ersatzbrennstoffe werden mit Zuzahlungen (Kosten) von 90 -110 Euro/t abgesetzt. Die Wirtschaftlichkeit ergibt sich durch die vermiedenen Beseitigungskosten z.B. in einer Müllverbrennungsanlage mit Kosten von bis zu 340 Euro/t.

In bestimmten Bereichen wie der Trennung verschiedener Kunststoffe zum Beispiel bei der Aussortierung von PET (Polyethylenterephthalat) oder Kleinverpackungsfolien ist auto-

matische Sortierung sogar notwendig, weil das menschliche Auge die verschiedenen Materialien nicht ausreichend erkennen und trennen kann, um die für die Wiederverwertung erforderlichen Stoffreinheiten zu erreichen.

Mithilfe automatischer Trennverfahren kann die Mülltrennung durch die Verbraucher und die getrennte Sammlung von Abfällen abgelöst werden. Automatische Technologien machen eine gemischte Sammlung und anschließende automatische Sortierung möglich. Dadurch könnte das Wertstoffpotenzial der Restabfälle besser als bisher ausgenutzt werden. Gleichzeitig könnten durch Einsparungen in der Logistik und Skaleneffekte im Anlagenbetrieb die Gesamtkosten der Abfallverwertung reduziert werden. Eine Mehrheit der befragten Unternehmen hält es für technologisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll, so vorzugehen. Insbesondere den Verpackungs- und Restabfall, also die gelbe und die graue Tonne in einer "trockenen Wertstofftonne" zusammenzulegen, beurteilten die Unternehmen positiv. Wichtige Voraussetzung dafür sei jedoch, den Bioabfall getrennt zu erfassen oder eine biologische bzw. physikalische Vortrocknung durchzuführen. Andernfalls würde die hohe Feuchtigkeit die Verwertung der Wertstoffe beeinträchtigen.

Die Mehrheit der Unternehmen hält eine Integration sämtlicher bisher getrennt erfasster Abfallarten (Papier, Glas, Verpackungen) in einem vollständigen Einzelstromverfahren für nicht sinnvoll. Dazu seien die Materialeigenschaften zu unterschiedlich, die Verwertung würde dadurch weniger effektiv und die Qualität schlechter. Daher werden Abfälle wie Altpapier und Altglas weiterhin getrennt gesammelt werden müssen.

Den geschilderten positiven ökonomischen Effekten der gemischten Sammlung und Verwertung von Verpackungs- und Restabfällen stehen notwendige Investitionen in Sortier- und Verwertungskapazitäten gegenüber. Bislang vorliegende Wirtschaftlichkeitsanalysen kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen. Das nordrhein-westfälische Umweltministerium geht in einem Bericht davon aus, dass durch die gemeinsame Sammlung der Abfälle aus gelber und grauer Tonne und ihre anschließende Sortierung in ländlichen Regionen Einsparungen erzielt werden können, erwartet jedoch steigende Kosten in den Städten.¹⁴ Ein Pilotversuch in Trier zur gemischten Sammlung von Verpackungs- und Restabfällen ergab eine mögliche Einsparung von 3,50 Euro pro Einwohner und Jahr. Dies entspricht knapp 10 Prozent der gesamten Entsorgungskosten, die 40 Euro pro Einwohner und Jahr betragen.¹⁵

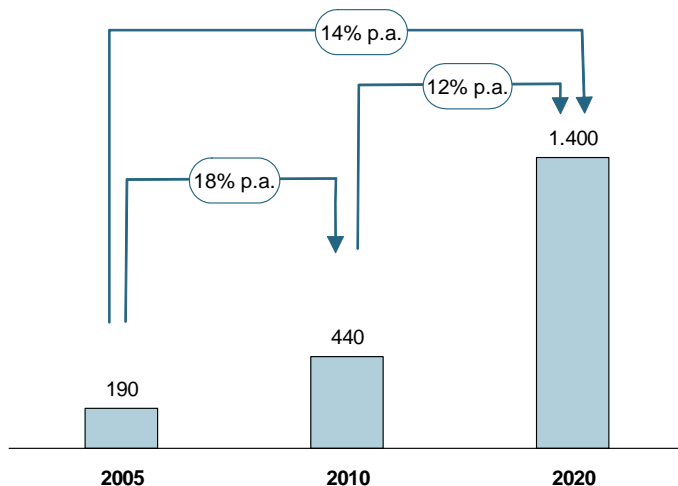
4.3 Marktentwicklungen

Im Jahr 2005 betrug das Volumen des Weltmarktes für automatische Technologien zur Stofftrennung nach Einschätzung der befragten Unternehmen 190 Mio. Euro. Ausgehend von den übereinstimmenden Einschätzungen der Unternehmen ist ein dynamisches

¹⁴ Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf (2005): Ökologische und ökonomische Bewertung von Sammelsystemen für Haushaltsabfälle in Nordrhein-Westfalen.

¹⁵ Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Mainz/Der Grüne Punkt – DSD AG, Köln/Herhof Umwelttechnik GmbH, Solms-Niederbiel (2005): Schlussbericht: Technisch-ökonomische Analyse der gemeinsamen Erfassung und Aufbereitung von Restabfall und LVP.

Wachstum des Weltmarktes für automatische Sortiertechnologien zu erwarten: Dabei sind zweistellige jährliche Zuwachsraten für die kommenden 10 bis 15 Jahre als realistisch anzusehen. Bei einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von 14 Prozent würde sich der Weltmarkt bis 2010 mehr als verdoppeln und 2020 ein Volumen von 1,4 Milliarden Euro erreichen (vgl. Abbildung 36).

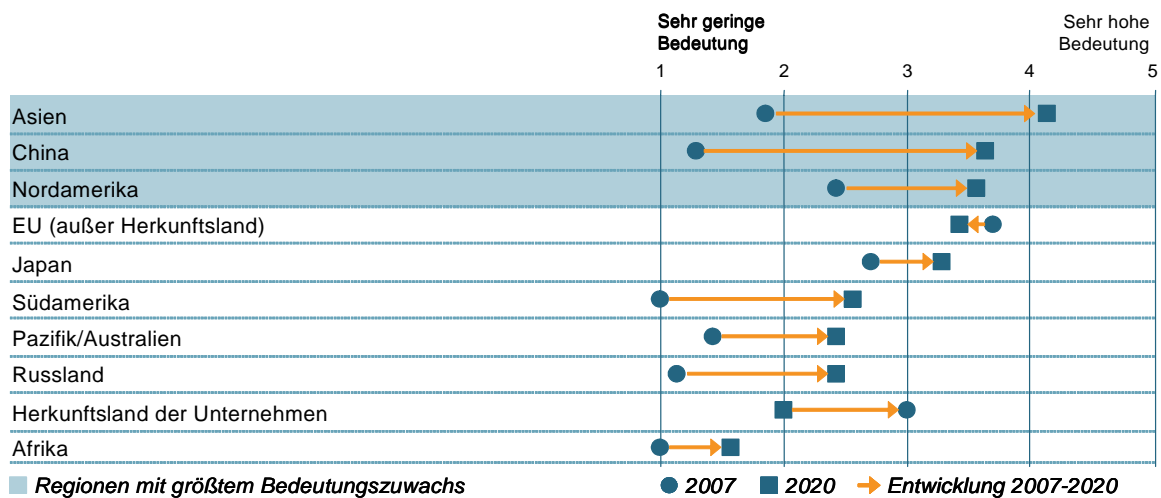


Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 36: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR]

Der größte Markt für Technologien der automatischen Stofftrennung ist bislang Europa. Dort werden 60 Prozent der weltweiten Produktion abgesetzt. Ein Drittel des europäischen Umsatzes wird wiederum allein in Deutschland erzielt. Außerhalb Europas sind Japan und Nordamerika relevante Absatzmärkte. Auch in Südkorea und Australien werden Sortiertechnologien verkauft. Generell sind die Abnehmer bislang vor allem die Industrienationen.

Die befragten Unternehmen berichten, dass gegenwärtig die Nachfrage in Europa stark wächst. Außerdem verschiebt sie sich von Deutschland auf die gesamte EU. Kurzfristig wird Europa daher Schwerpunkt des Weltmarktes bleiben. Langfristig sehen die Unternehmen jedoch Asien und Nordamerika als wichtigste Regionalmärkte für automatische Sortiertechnologien (vgl. Abbildung 37).



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 37: Bedeutung regionaler Märkte für automatische Sortiertechnologien 2007 und 2020

Da die Organisation der Abfallwirtschaft politischen Entscheidungen unterliegt, ist die Entwicklung des Marktes für Technologien der Abfallsortierung weitgehend von politischer Regulierung abhängig. Diese steuert indirekt, wie sich die Kosten der unterschiedlichen Entsorgungsverfahren entwickeln, und bestimmt damit ihre Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsposition. Diesen Zusammenhang haben alle befragten Unternehmen hervorgehoben, zumal der Markt für Sortiersysteme durch politische Entwicklungen und rechtliche Rahmensetzungen überhaupt entstanden ist. Geografische Ausweitung und Verschärfung der Abfallregulierung trugen erheblich zum Marktwachstum bei.

Gleichzeitig setzt politische Regulierung dem Marktwachstum auch Grenzen. Die politische Bevorzugung bzw. Förderung alternativer Entsorgungsverfahren, etwa der Müllverbrennung oder des Pfandsystems in Deutschland und Skandinavien, haben direkte negative Auswirkungen für die Nachfrage nach Sortiertechnologien. Generell bewerten die Unternehmen die Wirkung politischer Regulierung als stark und positiv.

Nach Ansicht der Unternehmen ist neben der politischen Regulierung die quantitativ wie qualitativ steigende Nachfrage nach Sekundärrohstoffen entscheidender Treiber für die Marktentwicklung von Sortiertechnologien. Angesichts weltweit steigender Rohstoffpreise wird es auch ökonomisch immer interessanter, Abfall wiederzuverwerten. Wiederverwertetes Papier, Glas und Metall sind schon seit Längerem wertvolle Güter; zunehmend gewinnt nun auch die Verwertung von Kunststoffabfällen an ökonomischer Bedeutung. Eine Tonne wiedergewonnenes Polyethylen wird heute zu durchschnittlich 200 Euro abgenommen. Je nach Stoffreinheit variiert der Preis pro Tonne PET (Polyethylenterephthalat) <http://de.wikipedia.org/wiki/Polyethylenterephthalat> zwischen 100 und 400 Euro. Mit den Anforderungen an die Qualität von Sekundärrohstoffen steigen auch die Anforderungen und der Bedarf an Verwertungstechnologien. Die Unternehmen berichten daher auch, dass sie Sortiertechnologien zunehmend in Ländern mit niedrigerem Lohnniveau als in Deutschland absetzen.

4.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

Auf dem Weltmarkt für automatische Stofftrennverfahren sind etwa zehn relevante Unternehmen aktiv. Dazu kommen noch einige junge und kleinere Unternehmen, die versuchen, sich auf dem Markt zu etablieren. Die Marktstruktur richtet sich nach den einzelnen Produktbereichen. Für Glas, Metall und Kunststoff gibt es jeweils drei führende Anbieter, die zusammen mehr als zwei Drittel ihres Marktes beliefern. Marktführer im Kunststoffbereich ist Titech. Das norwegische Unternehmen, dessen Personal und Wertschöpfung hauptsächlich in Deutschland angesiedelt sind, deckt die Hälfte des Marktes ab. Die beiden Verfolger, Pellenc aus Frankreich und RTT aus Deutschland, halten jeweils etwa 15 Prozent des Marktes. Der Glassektor wird von Binder & Co. (Österreich) sowie S+S (Deutschland) dominiert. MSS (USA) ist als einziges außer-europäisches Unternehmen auf dem Markt präsent. Die Akteure sind allesamt kleine und mittlere Unternehmen, die jedoch alle international aktiv sind.

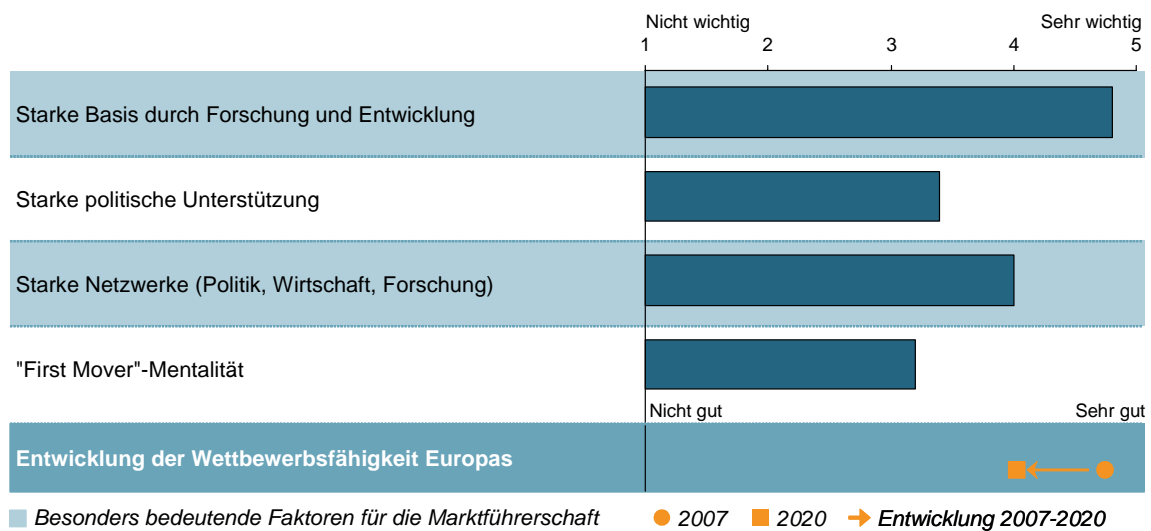
Die befragten Unternehmen beurteilen den Wettbewerbsdruck in ihrer Branche als hoch. Da es nur wenige Akteure gibt, kommt es oft zu direkten Konfrontationen und entsprechendem Preisdruck. Die Unternehmen stimmen in der Erwartung überein, dass sich Wettbewerb und Preisdruck in Zukunft noch verschärfen werden. Mittelfristig ist eine Konsolidierung des Marktes wahrscheinlich.

Eine weitere absehbare und bereits einsetzende Entwicklung ist eine Konsolidierung des Entsorgermarktes, also der Abnehmerseite, aufgrund der steigenden Investitionskosten sowie der hohen Bedeutung von Skaleneffekten bei Durchlauf und Auslastung. Während der Markt für Glasverwertung schon in der Vergangenheit von einem hohen Technologisierungsgrad und großen Investitionsvolumina geprägt wurde und daher traditionell stärker konzentriert ist, ist auch der Entsorgungsmarkt für Verpackungsabfälle von einer zunehmenden Konzentration gekennzeichnet. Die Akquisitions- und Expansionsaktivitäten von Remondis sind dafür beispielhaft. Von den etwa 1.000 überwiegend mittelständischen Unternehmen der Verpackungsentsorgung in Deutschland halten zehn mittlerweile etwa 80 Prozent des Marktes.

In anderen europäischen Ländern wie Frankreich, Großbritannien und Spanien ist diese Marktkonzentration bereits weiter fortgeschritten, und es existieren nur noch zwei bis drei dominierende Entsorgungsunternehmen. Die Konsolidierung im Entsorgungssektor schafft einerseits größere und finanzkräftigere Kunden für teure und hochwertige Technologien. Andererseits reduziert sich dadurch der Abnehmerkreis und die Technologieunternehmen stoßen auch bei großen Anlagen und Entsorgern an Preisgrenzen, die die Kosten für Sortiertechnologien nicht überschreiten dürfen. Eine Verschärfung des Preisdrucks ist daher auch von der Abnehmerseite her zu erwarten.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen eine starke Basis für Forschung und Entwicklung sowie starke Netzwerke als wichtigste Faktoren. Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute als sehr gut – erwarten jedoch einen leichten Rückgang der Wettbewerbsposition bis 2020 (vgl. Abbildung 38).

E. Vertiefende Analyse der ausgewählten Techniklinien der Umweltwirtschaft



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

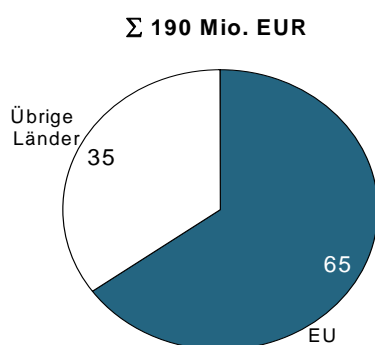
Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

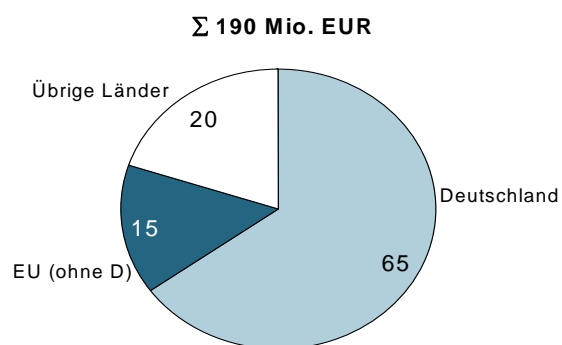
Abbildung 38: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Mit gut 65 Prozent der Nachfrage und 80 Prozent des Angebots auf dem Weltmarkt ist Europa nicht nur der bei weitem größte Absatzmarkt für automatische Stofftrenntechnologien, sondern auch führend in der Produktion (vgl. Abbildung 39).

Weltmarktanteile am Absatzmarkt – Nachfrage



Weltmarktanteile Unternehmen – Angebot



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 39: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]

Europas herausragende Wettbewerbsposition ist vor allem in seiner deutlichen Technologieführerschaft begründet; 20 Jahre Erfahrung in Sortiertechnologien sorgen für einen Wettbewerbsvorteil. Die Befragten erwarten jedoch, dass sich die Wettbewerbsposition Europas relativiert, da die Schwellenländer insbesondere in Asien aufholen werden.

Während Deutschland als einzelner Markt 40 Prozent des globalen Marktvolumens nachfragt, ist seine Dominanz als führender Produzent mit knapp 65 Prozent des Angebotes umso stärker ausgeprägt.

Die Wettbewerbsposition Europas in der Techniklinie automatische Stofftrennverfahren wird in Tabelle 5 analysiert; Stärken und Schwächen werden hier Chancen und Risiken gegenübergestellt.

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none">• Aufgrund langjähriger Erfahrung und strenger Regulierung ist Europa mit großem Vorsprung Technologieführer• Das Forschungs- und Bildungsniveau in Europa ist hoch, Universitäten und Wirtschaft sind eng verzahnt• Europa hat Tradition, Know-how und hohes Ansehen im Anlagenbau	<ul style="list-style-type: none">• Knappe Ressourcen und steigende Rohstoffpreise erhöhen die Nachfrage nach Sekundärrohstoffen• USA, Schwellen- und Entwicklungsländer sind Recyclingnachzügler. Zudem sind die Deponiekapazitäten weltweit begrenzt, insbesondere in dicht besiedelten Ländern und Megastädten. Hier liegt ein großes Marktpotenzial
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none">• Die Anlagen sind sehr teuer und bislang in Schwellen- und Entwicklungsländern schwer absetzbar	<ul style="list-style-type: none">• Preisdruck und Standardisierung der Technologie können zu Verlagerung der Produktion in Länder mit niedrigerem Lohnniveau führen

Tabelle 5: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu automatischen Stofftrennverfahren in Europa

4.5 Erfolgsfaktoren und Hindernisse für Umweltinnovationen

Die Unternehmen wurden gebeten, die Bedeutung verschiedener Faktoren für den Erfolg von Innovationen zu bewerten sowie einzuschätzen, inwieweit diese Faktoren gegenwärtig erfüllt sind. Die Nachfrage des Marktes nach innovativen Lösungen, der Zugang zu Forschungsergebnissen sowie politische Instrumente wurden als wichtigste externe Erfolgsfaktoren eingestuft (vgl. Abbildung 40).

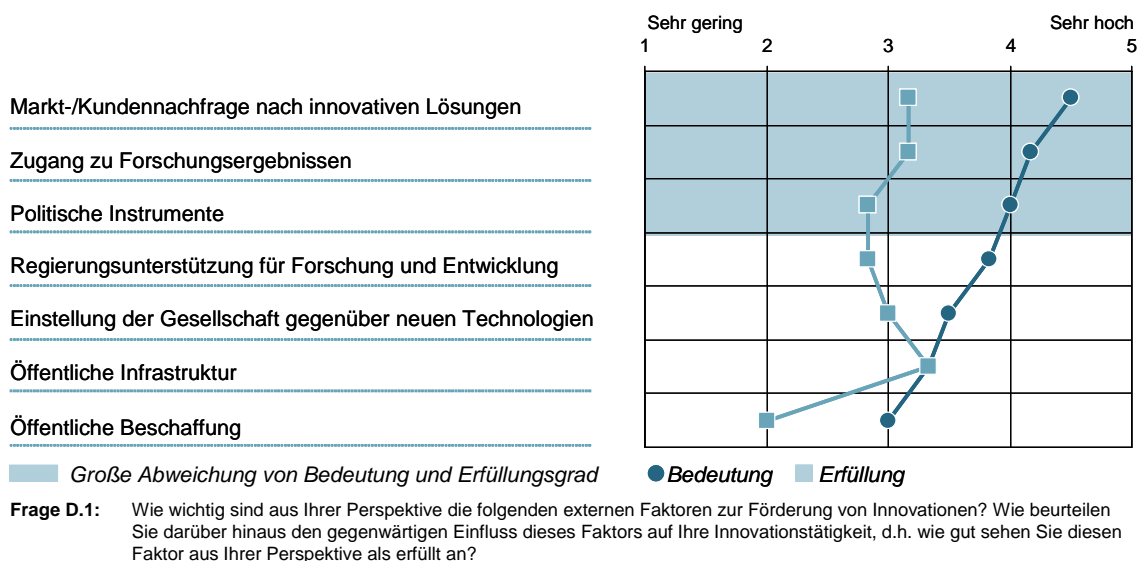


Abbildung 40: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Die Nachfrage von Markt und Kunden nach innovativen Lösungen wird von den Unternehmen als wichtigster Erfolgsfaktor angesehen. Sie ist Voraussetzung, um technologisch hochwertige Produkte zu einem entsprechenden Preis absetzen zu können. Die Nachfrage ist damit der wichtigste Antrieb für Innovationen. Die Nachfrage nach automatischer Sortiertechnologie ist aus Sicht der Unternehmen grundsätzlich vorhanden. Sie sind daher mit der Erfüllung dieses Faktors generell zufrieden und wünschen sich in erster Linie eine weitere Ausbreitung der Nachfrage auf globalem Niveau.

Ein weiterer wichtiger Erfolgsfaktor ist nach Angaben der Unternehmen der Zugang zu Forschungsergebnissen. Den hohen Forschungsaufwand, der für die Entwicklung von Technologien automatischer Stofftrennung erforderlich ist, können die Unternehmen alleine nicht bewältigen. Der Zugang zu Forschungsergebnissen ist umso wichtiger, da nur wenige Forschungseinrichtungen im Bereich automatischer Stofftrennung aktiv sind.

Die befragten Unternehmen heben außerdem hervor, wie wichtig politische Instrumente für den Erfolg von Innovationen sind. Die Unternehmen sind sich bewusst, dass ihr Industriezweig in erster Linie infolge politischer Regulierung entstanden ist. Mit der generellen politischen Entwicklung hinsichtlich der Organisation der Abfallentsorgung sind die Unternehmen zufrieden. Dementsprechend wünschen sie sich in erster Linie die Fortsetzung dieser Entwicklung in Form einer europaweiten Vertiefung und darüber hinausgehender geografischer Ausweitung.

Neben diesen externen Erfolgsfaktoren benennen die Unternehmen als entscheidende interne Erfolgsfaktoren vor allem Investitionen in Forschung und Entwicklung, qualifiziertes Personal und Zugang zu finanziellen Ressourcen (vgl. Abbildung 41).

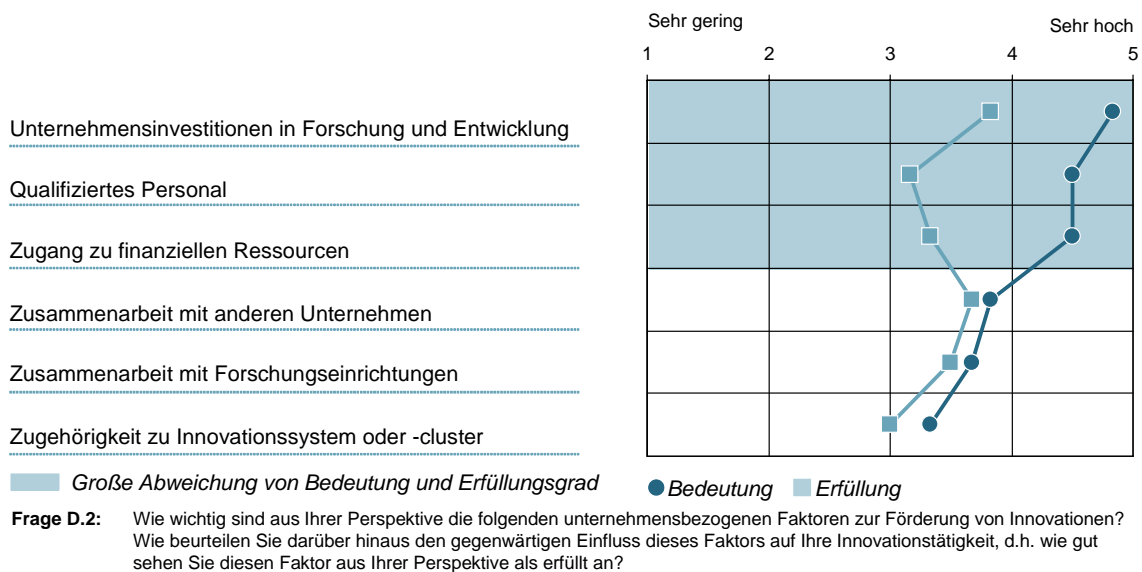


Abbildung 41: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Der wichtigste interne Erfolgsfaktor für Innovationen sind danach Investitionen in die Entwicklung neuer Produkte. Investitionen sind deshalb so wichtig, weil die Branche sich durch ihren großen Technologiegrad, hohen Forschungsaufwand und einen schnellen Innovationsrhythmus auszeichnet. Die Unternehmen beurteilen die Erfüllung dieses Faktors als gut.

Zweiter wichtiger Erfolgsfaktor ist qualifiziertes Personal. Nur mit qualifiziertem Personal können Unternehmen Innovationspotenziale überhaupt entdecken und realisieren. Die Unternehmen unterstreichen in diesem Zusammenhang auch die Bedeutung von Know-how in Vermarktung und Vertrieb von Innovationen. Verglichen mit seiner Bedeutung ist dieser Faktor aus Sicht der Unternehmen derzeit nicht ausreichend erfüllt.

Der Zugang zu finanziellen Ressourcen wird von den Unternehmen ebenfalls als bedeutender Faktor gesehen. Angesichts des großen Entwicklungsaufwandes für Verfahren zur automatischen Stofftrennung ist der Finanzierungsbedarf hoch. Insgesamt beurteilen die Unternehmen den Zugang zu finanziellen Ressourcen als ausreichend. Insbesondere für die jüngeren Unternehmen ist die Finanzierung jedoch eine große Herausforderung. Vor allem in der Markteinführungsphase gestaltet sich die Finanzierung ihren Angaben zufolge schwierig. Mit Fördergeldern und Krediten kann die Innovationsphase meist gut finanziert werden. Doch wenn es an die Vermarktung neu entwickelter Produkte geht, wird die Finanzierung schwieriger. Bereits ausstehende Verbindlichkeiten aus der Entwicklungsphase und negative Cashflows lassen die Banken zu diesem Zeitpunkt neue Kredite nur sehr restriktiv vergeben.

Auf die Frage nach dem größten Hindernis für Innovationen nannten die befragten Unternehmen sowohl die technischen Barrieren bezüglich der Geschwindigkeit und der Durchlaufmenge als auch die teilweise noch immer fehlende Nachfrage im Ausland. Auch auf

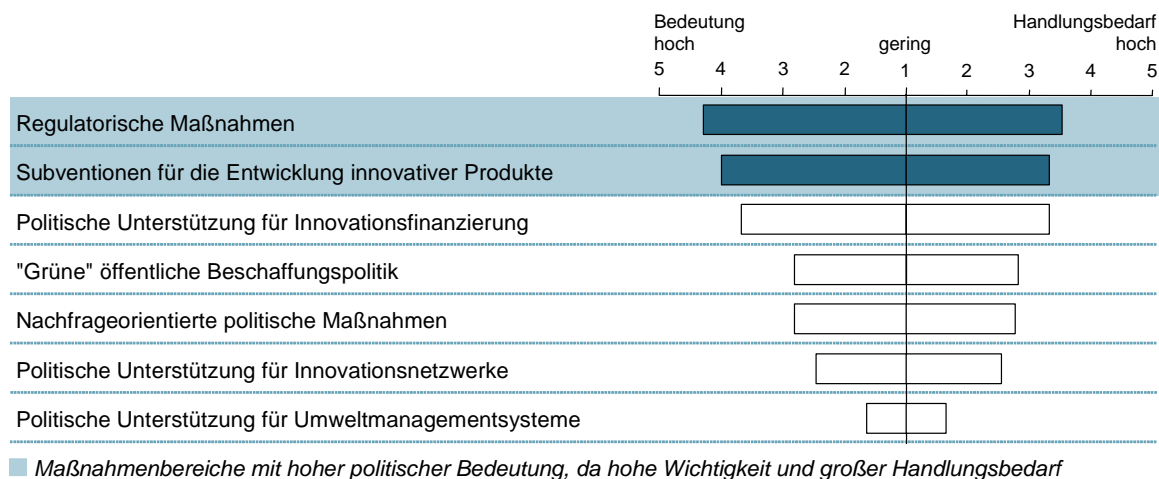
Nachfrage nach weiteren Erfolgsfaktoren und Hemmnissen betonten die Unternehmen vorwiegend die nötigen Weiterentwicklungen im technischen Bereich.

4.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Um konkrete Handlungsansätze zur Förderung von automatischen Stofftrennverfahren herauszuarbeiten, wurden die Unternehmen gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten sowie den darauf bezogenen Handlungsbedarf zu definieren.

Als politisches Instrument mit besonders positiven Auswirkungen nannten die Unternehmen die Verteuerung der Preise für die Abfallbeseitigung durch die Politik sowie der durch die Öffnung der Grenzen entstehende Druck der Vorreiterländer. Als eine politische Maßnahme mit eher negativen Auswirkungen nannten die Unternehmen die Deponieverordnung, da durch die Verordnung verstärkt Verbrennung eingesetzt wurde und Recycling einen Rückschlag erlitt.

Die befragten Unternehmen messen politischen Maßnahmen und Regulierungen auf europäischer Ebene gefolgt von nationalen Regulierungen die höchste Bedeutung bei. Regionale und internationale Regulierungen werden eher als zweitrangig eingestuft. Regulatorische Maßnahmen, Subventionen für die Entwicklung innovativer Produkte und politische Unterstützung für die Innovationsfinanzierung sind dabei aus Sicht der Unternehmen die wichtigsten politischen Instrumente (vgl. Abbildung 42).



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich automatische Stofftrennung zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 42: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente

Unter verschiedenen politischen Maßnahmen wird politische Regulierung als die wichtigste eingeschätzt. Politische Regulierung war und ist entscheidende Voraussetzung dafür, dass der Markt für automatische Sortiertechnologien überhaupt entstanden ist und sich ausgeweitet hat. Die Unternehmen sehen daher hier den größten Handlungsbedarf. Ihrer Ansicht nach sollte die politische Regulierung der Abfallentsorgung fortgeführt und ausgeweitet werden. Bereits verabschiedete EU-Normen sollten in den Mitgliedstaaten umgesetzt und stärker kontrolliert werden. Außerdem betrachten es die Unternehmen als notwendig, die Wiederverwertung gegenüber anderen Abfallentsorgungsverfahren weiter auszubauen.

Wie bereits unter 5. dargestellt, ist die Finanzierung eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg von Innovationen im Bereich automatischer Stofftrennung. Die Unternehmen bewerten deshalb insbesondere Subventionen zur Innovationsfinanzierung als wichtiges politisches Instrument, um die Entwicklung innovativer Produkte zu fördern. Hier sind vor allem die Bewilligungsverfahren für Subventionen und Förderprogramme zu vereinfachen. Der bürokratische Aufwand bestehender europäischer und nationaler Förderprogramme ist insbesondere von kleinen Unternehmen aus Kapazitätsgründen kaum zu bewältigen. Außerdem sollten die Instrumente zur Innovationsförderung weiterentwickelt werden. Vor allem sind diese besser auf die Bedürfnisse der Unternehmen abzustimmen, wobei beispielsweise die kritische Phase der Markteinführung stärker berücksichtigt werden muss.

Hinsichtlich politischer Unterstützung für Innovationsfinanzierung wünschen sich die Unternehmen politische Rahmensetzungen und die Schaffung von Anreizen für den Finanzsektor, um die Finanzierungsmöglichkeiten für innovative Unternehmen auszubauen. Auf die Frage, welche anderen Politikinstrumente Innovationen unterstützen können, nannten die Unternehmen eine Novellierung der Verpackungsverordnung, um der Verwertung von Abfällen eindeutig sichtbar Vorrang vor anderen Verfahren zu geben.

Im Folgenden werden politische Initiativen und Maßnahmen zur politischen Regulierung für automatische Sortiertechnologien diskutiert. Diese werden anschließend damit abgeglichen, wie die befragten Unternehmen sie beurteilen.

Die nachhaltige Entsorgung von Abfällen ist seit den Neunzigerjahren ein Thema mit zunehmender Bedeutung auf globaler Ebene. Die auf dem UN-Umweltgipfel 1992 in Rio de Janeiro verabschiedete Agenda 21 fordert dazu auf, die Wiederverwendungs- und Verwertungsrate fester Abfälle zu steigern. Bis zum Jahr 2000 sollten alle Industriestaaten nationale Programme mit festen Verwertungszielen erarbeiten und in Kraft setzen. Die Industriestaaten sind dieser Aufforderung weitgehend nachgekommen (wenn auch in unterschiedlichem Maße). Dadurch hat sich für Technologien der automatischen Stofftrennung ein weltweiter Markt entwickelt.

In Europa steuern EU-Regulierungen die Abfallentsorgung. Die Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2006/12/EG über Abfall) legt den grundlegenden Rechtsrahmen für die Abfallwirtschaft fest. Ziel des EU-Abfallrechts ist, Abfälle zu vermeiden und zu verwerten. Die Mitgliedstaaten müssen die unkontrollierte Ablagerung und Beseitigung von Abfällen verbieten und Vermeidung, Verwertung sowie Verfahren zur Wiederverwendung von Abfällen fördern. Die Verpackungsrichtlinie (Richtlinie 94/62/EG über Verpackungen und Verpackungsabfälle) verlangt, dass die Mitgliedsstaaten Maßnahmen zur Vermeidung und

Verwertung von Verpackungsabfällen ergreifen. Diese Richtlinie setzt den Mitgliedstaaten bindende Zielvorgaben für die Verwertung von Verpackungsabfällen: Seit 2001 müssen mindestens 25 Prozent und ab 2009 mindestens 55 Prozent der gesamten Verpackungsabfälle stofflich verwertet werden. Um diese Vorgaben zu erfüllen, werden die Mitgliedstaaten aufgefordert, Systeme zur Rücknahme, Sammlung und Wiederverwendung von Verpackungsabfällen einzurichten. Inzwischen haben alle Mitgliedstaaten solche Rücknahme-, Sammel- und Verwertungssysteme für Verpackungsabfälle eingeführt. 2002 wurden in der EU15 durchschnittlich 54 Prozent aller Verpackungen stofflich verwertet, wenn auch mit erheblichen Unterschieden zwischen den Mitgliedstaaten. Insbesondere Griechenland, Irland und Portugal setzen die Vorgaben verzögert um. Die neuen mittel- und osteuropäischen Mitgliedsstaaten müssen die Zielvorgaben bis Ende 2012 erfüllen.

Die Verpackungsrichtlinie hat europaweite konkrete und bindende Standards für die Verwertung von Abfällen gesetzt. Sie diene den Mitgliedstaaten, die Vorreiter im Recycling waren, als Instrument, die Abfallregulierung zu verbreiten. Europaweit wurden so Systeme und Verfahren der Abfallverwertung eingeführt. Die befragten Unternehmen betonen daher die außerordentlich positive Wirkung, die die Verpackungsrichtlinie für den Markt automatischer Sortiertechnologien hatte. Sie sind interessiert daran, dass die Vorgaben in den Mitgliedstaaten fristgerecht umgesetzt werden und wünschen sich, dass ihre Einhaltung effektiv kontrolliert wird.

Die Deponierichtlinie (Richtlinie 1999/31/EG über Abfalldeponien) regelt den Betrieb und die Standards von Abfalldeponien und setzt Ziele für die Verringerung der Menge deponierter Abfälle. Die Mitgliedstaaten sind aufgefordert, die Menge deponierter Abfälle auf 75 Prozent (2006), 50 Prozent (2009) und 35 Prozent der 1995 angefallenen Menge biologisch abbaubarer Abfälle zu verringern. Die geforderten Ziele wurden bislang von den Mitgliedstaaten in unterschiedlichem Maße umgesetzt. Eine Reihe von Mitgliedsstaaten (Griechenland, Großbritannien, Irland, Portugal und Spanien) hat die für 2006 formulierten Mindestziele nicht erfüllt und die nationale Umsetzung der Richtlinie aufgeschoben.

Die befragten Unternehmen bewerten die Wirkung auch dieser Richtlinie als positiv: Indem sie die Abfalldeponierung reduziert, fördert sie alternative Entsorgungsverfahren. Einzelne Unternehmensvertreter waren jedoch besorgt, dass eine verringerte Deponierung dazu führen kann, dass Abfälle vermehrt verbrannt werden. Möglicherweise wird sich deshalb die Verwertung weniger schnell durchsetzen. In der EU werden Siedlungsabfälle derzeit zu 44 Prozent deponiert, zu 32 Prozent stofflich verwertet und zu 24 Prozent verbrannt.¹⁶

Die Europäische Kommission hat darüber hinaus 2005 eine thematische Strategie für Abfallvermeidung und Recycling verabschiedet. Um das Recycling zu fördern, sollen Anreize geschaffen werden, die Abfälle in Form hochwertiger Produkte dem Wirtschaftskreislauf wieder zuzuführen. Die Qualität von Recyclingprodukten zu steigern und diese stärker in den Wirtschaftskreislauf einzubeziehen, kann nach Einschätzung der Unternehmen die Verbreitung von Verwertungstechnologien erhöhen.

¹⁶ EU-Kommission (2006), Bericht der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über die Umsetzung des Gemeinschaftsrechts im Bereich der Abfallwirtschaft (KOM/2006/0406)

Insgesamt betonen die Unternehmen, dass die EU eine zentrale Funktion hat, um fortschrittliche umweltpolitische Regulierungen und Verfahren zu verbreiten. Dabei ist nicht zuletzt die Initiative und Lobbyarbeit einzelner Mitgliedstaaten entscheidend, um solche Regulierungen einzuführen. In der Folge konnten sich innovative Technologien zur Stofftrennung europaweit verbreiten. Neue Mitglieder müssen ebenfalls die umweltpolitischen Vorgaben der EU umsetzen, was entsprechende Auswirkungen auf den Abfallmarkt hat. EU Strukturanpassungsfonds fördern dabei auch die Verbreitung moderner Technologien der Abfallentsorgung.

Deutschland ist Vorreiter, was die politische Förderung der Abfallverwertung betrifft. Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, das 1996 in Deutschland in Kraft trat, ist ein Grundstein der Recyclingwirtschaft. Dieses Gesetz war die Initialzündung, Technologien zur automatischen Stofftrennung zu entwickeln; hier wurden die Prinzipien für eine nachhaltige, ressourcenschonende Stoffwirtschaft definiert. Der primäre Ansatz ist, dass Abfallvermeidung und Verwertung Vorrang vor Beseitigung haben. Zentrale Bestandteile des Gesetzes sind die rechtliche Festlegung der Produktverantwortung der Hersteller sowie die Vorschrift, dass Abfälle getrennt behandelt werden müssen. Die Verpackungsverordnung wiederum setzt die Prinzipien und Ziele des Gesetzes in konkrete Vorgaben um. Sie regelt, wie Systeme zur Abfallsammlung und -verwertung organisiert werden und setzt Ziel-Verwertungsquoten. Auf Basis dieser Regulierungen entwickelte sich in Deutschland die getrennte Sammlung und Verwertung von Abfällen. Heute werden in Deutschland 57 Prozent aller Siedlungsabfälle und 84 Prozent der Verpackungen verwertet.¹⁷ Durch die Regulierung ist die Recyclingwirtschaft als bedeutender Wirtschaftszweig entstanden. Investitionen in technologische Entwicklungen rentierten sich in der Folgezeit und ermöglichten weitere Innovationen im Bereich der automatischen Stofftrennung. Die Technologien sind heute ausgereift und werden in anderen Ländern, die inzwischen ebenfalls Recyclingsysteme eingeführt haben, nachgefragt. Deutschland hat hier die Rolle eines Leitmarktes übernommen.

Die Anbieter von automatischen Stofftrenntechnologien unterstreichen, welche zentrale Bedeutung die deutsche Regulierung für ihre Branche hat. Die Unternehmen haben jedoch auch angeregt, die bestehende Regulierung zu reformieren und weiterzuentwickeln. In erster Linie fordern sie, die verschiedenen Abfallströme stärker entsprechend den Materialeigenschaften aufzuteilen. Laut Verpackungsverordnung werden Abfälle bislang danach sortiert, welchem Lizenzsystem sie zuzuordnen sind. Kunststoffabfälle beispielsweise, die nicht als Verpackung lizenziert sind, werden nicht mit dem Verpackungsabfall der gelben Tonne verwertet, obwohl es hinsichtlich ihres stofflichen Potenzials sinnvoll wäre. Eine konsequente Ausrichtung der Abfallentsorgung an Materialeffizienz und der Übergang zu einer "trockenen Wertstofftonne" würde die strikte Trennung von Verpackungs- und Restmüll infrage stellen. Eine gemeinsame Verwertung von Verpackungs- und Restmüll ist jedoch durch die bestehende Regulierung versperrt, weil das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz die getrennte Sammlung von Abfällen grundsätzlich vorschreibt. Einen möglichen Ausweg könnte eine Klarstellung in der Verpackungsverordnung bilden. Nach dem Vorbild der Gewerbeabfallverordnung könnte durch einen Zusatz die Möglichkeit eingeräumt werden, dass Abfall auch gemeinsam entsorgt werden kann – bei gleicher Aussortierung sowie Gewährleistung gleicher stofflicher Mengen und Reinheit. Durch eine Klarstellung in der Verpackungsverordnung, dass eine

¹⁷ BMU: Abfallpolitik in Deutschland, http://www.bmu.de/fb_abf/?fb=2959

getrennte Sammlung nicht zwingend notwendig ist, wäre der rechtliche Weg für die Einführung gemischter Sammelsysteme frei.

Dieser Schritt ist jedoch politisch sehr schwierig, denn die Verpackungsverordnung zu ändern, berührt starke Lobbyinteressen. Abfälle künftig gemischt zu sammeln, heißt einen Interessenkonflikt zwischen Kommunen einerseits sowie den Abnahmesystemen (Duales System Deutschland beispielsweise) und Entsorgungsunternehmen andererseits zu provozieren. Denn bislang haben die Kommunen das Erstzugriffsrecht für den Hausabfall, das heißt den Restmüll der grauen Tonne. Die Gebühren für die Hausmüll-Abholung stellen eine Einnahmequelle dar, die für die Refinanzierung der meist kommunalen Müllverbrennungsanlagen unverzichtbar ist. Auch aus politischen Gründen wollen die Kommunen ihren Kompetenzbereich nicht schmälern lassen. Andererseits ist für die Abnahmesysteme und die Entsorgungsunternehmen der Recyclingwirtschaft die Entsorgung und Verwertung der Verpackungsabfälle der gelben Tonne ein lukratives Geschäft. Beide Seiten wären daher nur bereit, die gemischte Sammlung einzuführen, wenn sie damit den eigenen Stoffstrom ausweiten können. Die Kommunen sind also daran interessiert, die Entsorgung von Verpackungen zusammen mit den Restabfällen der grauen Tonne zu übernehmen ("gelb in grau"), diese also zu "rekommunalisieren". Die Alternative ist die weitere Privatisierung der Abfallentsorgung, indem die Restabfälle zusammen mit den Verpackungsabfällen der gelben Tonne ("grau in gelb") entsorgt werden.

Das Versuchsprojekt "Gelbe Tonne+" der Alba AG in Berlin verdeutlicht diesen Konflikt. In der "Gelben Tonne+" sollten neben Verpackungen auch andere Kunststoffabfälle sowie Elektroschrott gesammelt und verwertet werden. Da jedoch die Entsorgung dieser zusätzlichen Abfälle nicht durch die Lizenzgebühren der Verpackungshersteller gedeckt wird, wollte Alba die Kosten an die Nutzer weitergeben. Insgesamt sollten die Nutzer jedoch entlastet werden, indem Zahl und Größe der grauen Restmülltonnen reduziert werden sollte. Dagegen protestierte die Berliner Landesregierung. Sie argumentierte, dass die Kosten für die "Gelbe Tonne+" zu Lasten des städtischen Abfallentsorgungsunternehmens gingen, da dieses weniger Einnahmen aus Gebühren für die Restmüllentsorgung erzielen würde. In der Tat können kommunale Abfallentsorgungsunternehmen Nachteile erleiden, wenn partiell dazu übergegangen wird, Verpackungs- und Restabfälle gemischt zu entsorgen, wie im Projekt "Gelbe Tonne+" geschehen. Denn geringeren Gebühreneinnahmen stehen unveränderte Kosten gegenüber: Der Aufwand der kommunalen Entsorger, die die grauen Tonnen für Restabfälle abholen, verringert sich kaum, auch wenn Größe und Zahl der Restmülltonnen reduziert werden. Verpackungs- und Restabfälle konsequent gemeinsam in einer Tonne zu entsorgen, würde dagegen dank des geringeren Aufwands für die Sammlung zu Einsparungen führen.

Damit würde jedoch eines der beiden Entsorgungssysteme – gelbe oder graue Tonne – und damit ein Akteur vollständig vom Markt verdrängt.

Die Ströme von Rest- und Verpackungsmüll stärker zusammenzuführen, ist zwar logistisch und stofflich effizienter. Ob eine flächendeckende Umstellung wirtschaftlich wäre – ist zu vermuten –, kann anhand der vorliegenden Erkenntnisse jedoch nicht beurteilt werden. Dazu müsste die gemischte Sammlung und Verwertung breiter und längerfristig erprobt werden. Eine grundsätzliche Freigabe der gemischten Sammlung ist deshalb zu begrüßen. Diese würde es außerdem ermöglichen, die Abfallentsorgung an unterschiedliche regionale Gegebenheiten anzupassen.

Seit Juni 2005 werden in Deutschland unbehandelte, biologisch abbaubare sowie organische (brennbare) Siedlungsabfälle nicht mehr auf Deponien gelagert. Damit wird die 1993 verabschiedete Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASi)/Abfallablagerungsverordnung umgesetzt. Darüber hinaus beabsichtigt die Bundesregierung, bis spätestens 2020 die oberirdische Deponierung von Siedlungsabfällen vollständig zu beenden. Voraussetzung ist, die Techniken zur Abfallbehandlung so weiterzuentwickeln und auszubauen, dass alle Siedlungsabfälle in Deutschland vollständig und umweltverträglich verwertet werden können. Damit sollen alle nicht vermiedenen Siedlungsabfälle künftig einer hochwertigen stofflichen und energetischen Verwertung zugeführt werden. Die Abfalldeponierung konsequent zu reduzieren und schließlich zu beenden und stattdessen Abfälle sowohl stofflich als auch energetisch zu verwerten, wird positive Impulse für die Entwicklung und Verbreitung von Verwertungstechnologien setzen. Die befragten Unternehmen begrüßen daher die bestehende Regulierung und die Pläne hinsichtlich der Abfalldeponierung in Deutschland.

Auf die Frage, welches politische Instrument zur Unterstützung der internationalen Marktdurchdringung noch relevant wäre, verweisen die Unternehmen auf die Verbreitung der in Deutschland geltenden Regulierung, die für die internationale Diffusion der Verfahren zur automatischen Stofftrennung viele Vorteile bringen würde.

4.7 Handlungsempfehlungen

Automatische Technologien der Stofftrennung sind das direkte Ergebnis umweltpolitischer Regulierung der Abfallwirtschaft in Europa und insbesondere in Deutschland. Die Technologien sind heute ausgereift und umso stärker nachgefragt, je mehr Länder ihre Abfälle verwerten. Recycling verbreitet sich, wenn eine entsprechende abfallpolitische Regulierung erfolgt, allerdings auch aufgrund der steigenden Nachfrage nach Sekundärrohstoffen. Diese Entwicklung ist bereits im Gang, und es bedarf insbesondere in Europa keiner grundlegenden, neuen politischen Impulse mehr, um die Technologie zu verbreiten. Diese Einschätzung wird von den befragten Unternehmen geteilt; sie erwarten in erster Linie Marktwachstum. Europäische Unternehmen sind bei der automatischen Stofftrennung Markt- und Technologieführer. Sie werden davon profitieren, dass dieser Markt weltweit wächst.

Automatische Stofftrennung hat das technologische Potenzial, durch eine Erhöhung der Verwertungsquote dazu beizutragen, die Effizienz und Nachhaltigkeit der Ressourcennutzung zu steigern und die Deponierung von Abfall zu reduzieren. Auch Restmüll wiederzuverwerten, wäre ein möglicher Ansatz, um die stoffliche Effizienz zu erhöhen. Indem Verpackungsabfälle und Restmüll zusammen entsorgt werden, wären zudem gesamtwirtschaftliche Kostensenkungen möglich. Um Weiterentwicklungen auf diesem Feld nicht zu blockieren, sollte die rechtliche Möglichkeit geschaffen werden, Restmüll und Verpackungsabfälle gemischt zu sammeln und zu verwerten.

5. CO₂-arme Kraftwerke: Carbon Capture and Storage (CCS)

5.1 Überblick

Die Möglichkeit, Kohlenstoffdioxid (CO₂) und andere Abgase zu reduzieren, wird in Zukunft immer wichtiger. Carbon-Capture-and-Storage-Technologien (CCS) zur Abtrennung und Speicherung von CO₂ ermöglichen es, das bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe entstehende CO₂ abzutrennen und zu speichern. Das Eindringen des CO₂ in die Atmosphäre wird so verhindert. CCS-Technologien sind ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zum CO₂-freien Kraftwerk. Das im Kraftwerk in der gesamten Prozesskette entstehende CO₂ kann auf diese Weise netto um etwa 70 bis 80 Prozent der bei herkömmlichen Kraftwerken entstehenden Menge reduziert werden.¹⁸

Aktuell ergeben sich bei der CCS-Technologie gegenüber Kraftwerken ohne CO₂-Abscheidung jedoch noch Wirkungsgradeinbußen von bis zu 15 Prozentpunkten¹⁹, was zu einem Mehrbedarf an Brennstoff von 10 bis 40 Prozent führt. Experten des Wuppertal Instituts gehen davon aus, dass ein kommerzieller Einsatz der CCS-Technologie frühestens 2020 möglich sein wird.²⁰ Einige Unternehmen wie Vattenfall und RWE rechnen damit jedoch bereits im Jahr 2015.

Bei der Abtrennung des CO₂ (Capture-Technologien) unterscheidet man drei Technologien: Postcombustion, Oxyfuel-Capture und Precombustion. Bei der Speicherung von CO₂ (Storage-Technologien) ziehen die Bundesregierung und die EU die geologische Speicherung in Betracht.

Die zur Abtrennung des CO₂ eingesetzte Postcombustion Capture Technologie, also die Abspaltung nach Verbrennung, ist ein relativ weit entwickeltes Konzept und wird als nahe-
liegender Schritt zur großtechnischen CO₂-Abspaltung betrachtet. Die Technologie kann in allen Kraftwerken eingesetzt werden. Nach der Verbrennung der Kohle wird CO₂ aus dem Rauchgasstrom abgespalten und komprimiert. Bestehende Verbrennungsanlagen können nachgerüstet werden. Trotz mittlerweile verbesserter Abscheideleistung sind die Wirkungsgradeinbußen von 10 bis 15 Prozent bei der mit Energieaufwand erfolgenden Abspaltung des CO₂ immer noch hoch²¹. Zudem brauchen die Anlagen viel Platz und sind nach wie vor relativ kostenintensiv.

¹⁸ Vgl. Vattenfall Europe (Hrsg.): Klimaschutz durch Innovation – das CO₂-freie Kraftwerk von Vattenfall (2006) sowie Wuppertal Institut für Klima, Energie, Umwelt (Hrsg.): RECCS – Strukturell-ökonomisch-ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien mit Carbon Capture and Storage (2007).

¹⁹ Vgl. Keppel, Wolfgang (Alstom Power Generation AG): Chancen und Risiken der CO₂-Abscheidung und -Lagerung, 2005.

²⁰ Vgl. Wuppertal Institut für Klima, Energie, Umwelt (Hrsg.): RECCS – Strukturell-ökonomisch-ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien mit Carbon Capture and Storage (2007), S. 20.

²¹ Vgl. Keppel, Wolfgang (Alstom Power Generation AG): Chancen und Risiken der CO₂-Abscheidung und -Lagerung, 2005.

Bei der Oxyfuel-Technologie wird Kohle mit reinem Sauerstoff und stickstoffbereinigtem Rauchgas (Hydrocarbonaten) verbrannt. Nach der Reinigung und dem Auskondensieren des Rauchgasstroms hat dieser Strom eine CO₂-Konzentration von etwa 98 Prozent und kann komprimiert werden.

Der Vorteil dieser Technologievariante liegt in der hohen Konzentration des abgespaltenen CO₂ und der geringen Menge freiwerdender (NO_x-)Emissionen. Die Technologie ist jedoch teuer und wurde bislang nur in Kraftwerken mit geringer Leistung eingesetzt. Die Wirkungsgradeinbußen liegen bei etwa 8 Prozentpunkten²². Das Oxyfuel-Verfahren wird in einer Testanlage mit 0,5 MW Leistung im Kohlekraftwerk "Schwarze Pumpe" in Ostdeutschland eingesetzt, die Mitte 2008 von einer Pilotanlage mit 30 MW Leistung abgelöst werden soll.

Precombustion Capture, die CO₂-Abspaltung vor der Verbrennung, ist prinzipiell in Kohle-, Gas- und Öl-Kraftwerken mit integrierter Verbrennung möglich. Bei der Precombustion-Technologie wird die Kohle vergast, wobei im Vergasungsprozess ein Synthesegas aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff entsteht. Das Kohlenmonoxid wird mit Wasserdampf in einer sogenannten Shift-Reaktion zu Wasserstoff und CO₂ reformiert und das CO₂ aus dem Brenngasstrom abgespalten. Der entstehende Wasserstoff wird wieder zur Verbrennung und/oder Stromerzeugung im nachgeschalteten Kraftwerksprozess eingesetzt.²³

Die Precombustion-Technologie zeichnet sich dadurch aus, dass im Prozess konventionelle Brenner einsetzbar sind und dass das CO₂ im Brenngas wesentlich höher konzentriert ist als im Abgas. Entsprechend kann es auch in höherer Konzentration abgespalten werden. Ein Nachteil der Technologie besteht jedoch darin, dass sie nicht an ein existierendes Kraftwerk angekoppelt werden kann, sondern umfangreiche Neuinvestitionen erfordert. Die Wirkungsgradeinbußen liegen bei etwa 6 bis 10 Prozentpunkten.⁴ Abbildung 43 zeigt die drei Technologien in einer schematischen Übersicht.

²² Ebenda.

²³ Vgl. Wuppertal Institut für Klima, Energie, Umwelt (Hrsg.): RECCS – Strukturell-ökonomisch-ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien mit Carbon Capture and Storage (2007).

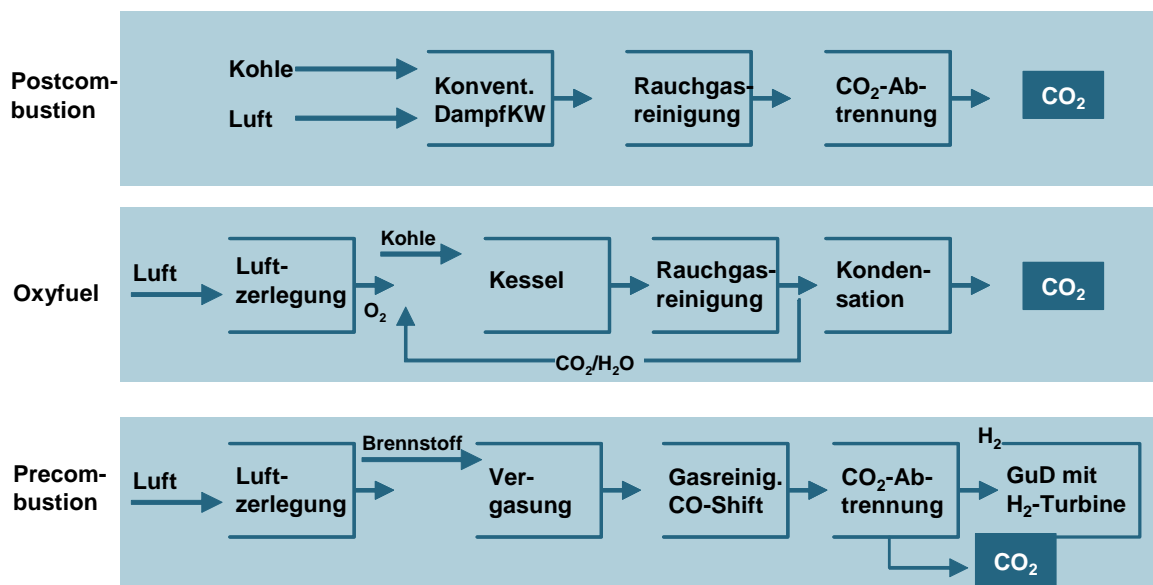


Abbildung 43: Schematische Darstellung Verfahren der CO₂ Abscheidung im Kraftwerk

Das abgespaltene CO₂ wird meist unter Druck verflüssigt und zum Ort der Speicherung transportiert.

Die Speicherung des abgespaltenen CO₂ ist ein weiterer Bestandteil des CCS-Prozesses. Auch hier bieten sich mehrere, meist jedoch noch wenig erforschte, Möglichkeiten zur Speicherung des CO₂: die geologische Speicherung, die ozeanische Speicherung und die Mineralisierung. Im Rahmen des vorliegenden Berichts wird nur die geologische Speicherung diskutiert.

Das abgespaltene CO₂ kann geologisch in salinen Aquiferen (Gesteinsschichten), in abgereicherten (das heißt nicht mehr in Betrieb stehenden) Gas- oder Ölfeldern sowie in unminbaren Kohleflözen gespeichert werden. Die geologische Speicherung ist nach Aussage der befragten Unternehmensvertreter und Experten aus heutiger Sicht die effizienteste Methode mit dem weltweit größten Speicherpotenzial. Das geschätzte Speicherreservoir beträgt 400 bis 1.000 Gigatonnen für saline Speicher, 900 Gigatonnen für abgereicherte Gas- oder Ölfelder und nur 40 Gigatonnen für unminbare Kohleflöze. Die Schätzungen der verfügbaren Speicherpotenziale schwanken jedoch stark.

Insgesamt liegen die Schätzungen der globalen Speicherkapazitäten von CO₂ zwischen 480 und 5.880 Gigatonnen. Wenn die globalen CO₂-Emissionen im Jahr 2020, wie vorhergesagt, 29 bis 44 Gigatonnen pro Jahr erreichen, würden die vorhandenen Speicher bei gleichbleibenden CO₂-Emissionen Kapazitäten für rund 45 Jahre bieten.²⁴

Wichtige, übergeordnete Faktoren für die Wahl der Speichertechnologie für das CO₂ sind insbesondere die Entfernung des Kraftwerks zum Speicherort, die Größe der benötigten Lagerstätte und die Beschaffenheit der Transportleitung.

²⁴ Quelle: Unternehmensinterviews

Bei der Mineralisierung lässt man das abgespaltene CO₂ mit Magnesium-, Eisen-, oder Kalzium-Silikaten reagieren und erhält mit Karbonaten, Silizium- oder Aluminiumverbindungen Festkörper, die in den meisten Fällen so auch in der Natur vorkommen können. Der Nachteil der Mineralisierung ist jedoch, dass der Prozess in der Natur sehr langsam abläuft und für den großtechnischen Einsatz beschleunigt werden müsste. Zudem ist der Abbau von Silikaten kostenintensiv und geografisch nur begrenzt möglich. Der Einsatz dieser Technologie ist daher nach dem heutigen Stand eher unwahrscheinlich.

5.2 Technologische Entwicklungen

Nach Aussagen der befragten Unternehmen befinden sich Precombustion- und Oxyfuel-Technologie in der Entwicklungsphase. Für die Postcombustion-Technologie gehen die Einschätzungen auseinander: Einige Unternehmen sehen die Technologie bereits in der Markteinführungsphase, andere noch in der Entwicklungsphase. Bei den Speichertechnologien sind sich die Experten einig, dass sie sich noch in der Entwicklungsphase befinden. Weltweit existieren bislang drei (vor-)kommerzielle Anlagen, die mit Abspaltung und Speicherung von CO₂ operieren. Sie befinden sich in Norwegen, Kanada und Algerien.

Bislang sind keine eindeutigen Trends erkennbar, welche Technologie sich durchsetzen wird. Der Einsatz der Technologie wird vermutlich sehr stark von den lokalen Gegebenheiten und der Ausgestaltung der politischen Rahmenbedingungen abhängen.

Die **Postcombustion-Technologie** ist nach Aussage der meisten Unternehmen heute prinzipiell einsetzbar, da die Komponenten auf die bestehenden Kraftwerke aufgesetzt werden könnten. Auch die Abscheideleistung wurde in den vergangenen Jahren kontinuierlich verbessert. Ökonomisch bestehen jedoch noch Herausforderungen, da die Technologie zu signifikant erhöhten Stromgestehungskosten führt und den Brennstoffaufwand erheblich steigert. Hinzu kommt der deutliche Wirkungsgradverlust von 10 bis 15 Prozent. Die Kosten für die Technologie liegen nach Aussagen der Unternehmen bei rund 40 bis 50 Euro²⁵ pro Tonne CO₂. Ziel ist es, einen Preis von unter 20 Euro pro Tonne CO₂ zu erreichen.

Im Rahmen der Postcombustion-Technologie wird an Weiterentwicklungen wie der Tieftemperaturtechnik²⁶ gearbeitet, die im Vergleich zur herkömmlichen Technologie effizienter und durch den Einsatz von Ammonium wesentlich stabiler ist. Auch der zunehmende Einsatz von (gasselektiven) Membranen verspricht eine Steigerung des Wirkungsgrades.

Die Postcombustion-Technologie ermöglicht es, bestehende Kraftwerke ex post mit Anlagen zur CO₂-Abscheidung und Speicherung auszustatten. Hier sehen die befragten Unternehmen Potenzial zur Nachrüstung der bestehenden Kraftwerke. Diese Option ermöglicht es, sehr flexibel auf veränderte regulatorische Rahmenbedingungen, wie

²⁵ Quelle: Unternehmensinterviews

²⁶ Quelle: Unternehmensinterviews

Vorschriften zur Schaffung von CO₂-armen Kraftwerken, zu reagieren und herkömmliche Kraftwerke weiter zu betreiben. Dieser Vorteil gleicht die relativ teure Nachrüstung und den Effizienzverlust der Postcombustion-Technologie zum Teil aus.

Die **Oxyfuel-Technologie** zeigt hinsichtlich des Wirkungsgrades die geringsten Einbußen und vermutlich auch die niedrigsten resultierenden Kosten, da sie – mit einigen Modifikationen – auf der klassischen Kraftwerkstechnik basiert. Dies macht den Prozess wirtschaftlich attraktiver. Die Technologie befindet sich jedoch erst am Anfang der Demonstrationsphase und muss daher noch einige Untersuchungen bezüglich ihrer Eignung und Einsetzbarkeit bestehen sowie mehrere Stufen der Weiterentwicklung durchlaufen. Die Oxyfuel-Technologie wird im ostdeutschen Kraftwerk "Schwarze Pumpe" eingesetzt, eine Testanlage, deren Leistung unter einem Megawatt liegt. Für den Einsatz in größeren Anlagen muss die Technologie noch auf ihre Eignung getestet werden. Die Errichtung eines Piloten mit 30 MW in Deutschland, in das Kraftwerk "Schwarze Pumpe", ist für 2008 geplant. Ab 2015 soll dort dann eine Demonstrationsanlage mit über 300 MW Leistung in Betrieb genommen werden.

Die **Precombustion-Technologie** ist aus heutiger Sicht das kostengünstigste erprobte Verfahren²⁷. Die größten Herausforderungen für diese Technologie sind die Weiterentwicklung des aufwendigen technologischen Verfahrens mit Shift-Reaktion, die Entwicklung einer für die Verbrennung von Wasserstoff geeigneten Gasturbine und die Überprüfung der technologischen Verlässlichkeit. Noch sind die Kosten hoch und die Energiebilanz ist vergleichsweise bescheiden. Dennoch bleibt die Abspaltung von CO₂ durch Precombustion wegen der höheren Konzentration im Gasstrom und des höheren Drucks eine durchaus realistische Option.

Für den Transport von CO₂ empfiehlt sich vom heutigen Standpunkt aus energetischer, wirtschaftlicher und ökonomischer Sicht die Nutzung einer Pipeline. Die Verflüssigung und der anschließende Transport des abgespaltenen CO₂ sind sehr energieintensiv und machen rund 10 Prozent der Kosten des CCS-Prozesses aus.²⁸

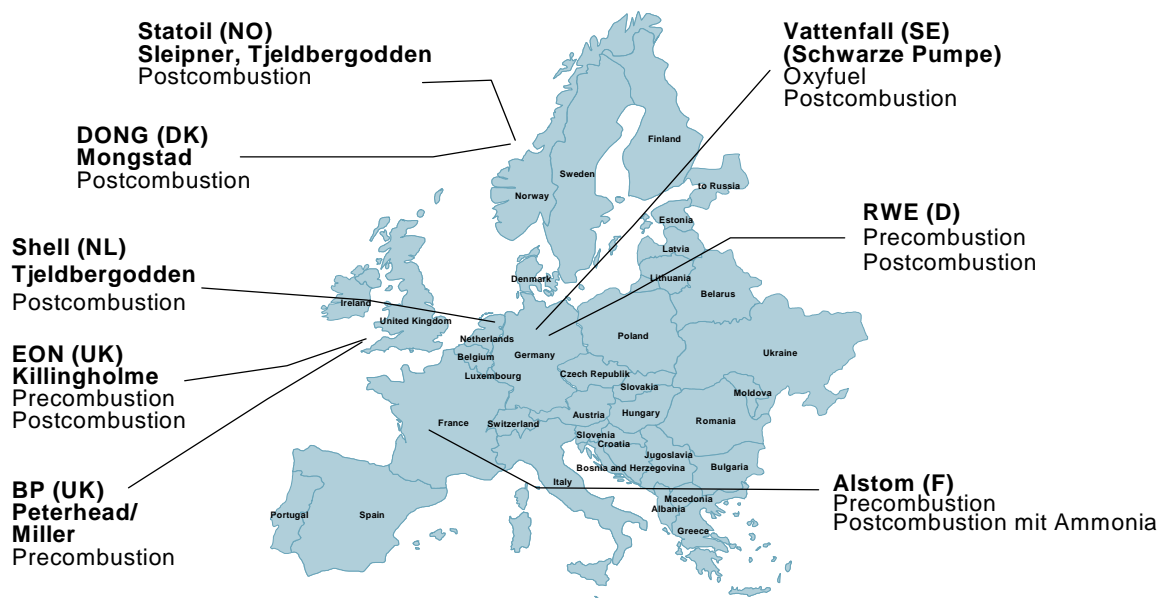
Bei den Speichertechnologien besteht aus Sicht der befragten Unternehmen noch größerer Entwicklungsbedarf als bei der Abspaltung. Das einzige europäische Demonstrationsprojekt von relevanter Größe ist das Sleipner-Projekt in Norwegen, in dem bereits seit über fünf Jahren rund eine Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr im Untergrund gespeichert werden. Nach Ansicht der befragten Unternehmen sind dringend weitere Demonstrations- und Forschungsprojekte nötig, um die verfügbaren Speicheroptionen und ihre langfristige Einsetzbarkeit zu prüfen. Darüber hinaus müssen die potenziell verfügbaren Speicher auf ihre tatsächliche Nutzbarkeit getestet werden. Der wichtigste Punkt aus Sicht der Unternehmen ist die Untersuchung möglicher, mit dem Speichervorgang verbundener Risiken und der Konsequenzen für die Umwelt. Heute liegen noch keine verlässlichen Ergebnisse bezüglich des Verhaltens von CO₂ in Untergrundspeichern vor.

²⁷ Kostenkalkulationen der befragten Unternehmen zeigen ungefähr gleiche Werte für Oxyfuel- und Precombustion-Technologie, die Oxyfuel-Technologie ist jedoch noch nicht in großem Umfang erprobt.

²⁸ Aussagen von Vattenfall, Alstom, RWE sowie eigene Berechnungen.

Betrachtet man den gesamten Capture-and-Storage-Prozess, so werden pro abgetrennter und gespeicherter Tonne CO₂ zwischen zwei Drittel und drei Viertel der Kosten durch den Abspaltungsvorgang verursacht. Zehn Prozent fallen bei Verflüssigung und Transport an, der Rest bei der Speicherung.²⁹

Die größten Herausforderungen bei der Entwicklung der CCS-Technologien liegen in der technologischen Weiterentwicklung jeder einzelnen Technologie. Dabei spielt die Senkung der Kosten die größte Rolle. Eine wirklich große Herausforderung ist nach Ansicht der Unternehmen jedoch die Entwicklung und Prüfung der Speichertechnologien, da es hier noch sehr große Unsicherheit über deren langfristige Zuverlässigkeit gibt. Zurzeit ist noch unklar, welche der drei Technologien sich durchsetzen wird. Wie Abbildung 45 zeigt, erforschen die wichtigen europäischen Unternehmen die Zukunftstechnologie in verschiedenen Projekten (vgl. Abbildung 44):



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 44: Forschungsaktivitäten europäischer Unternehmen im Bereich CCS

Über die technologische Perspektive hinaus sind bis zum frühest möglichen kommerziellen Einsatzzeitpunkt für die CCS-Technologie weitere Unsicherheiten zu meistern. Zu diesem Zeitpunkt ist nämlich die erste Welle der Kraftwerkserneuerungen bereits erfolgt, ohne dass die CCS-Technologie eingesetzt wurde. Zudem hängt die Entwicklung der CCS-Technologie von der Verbreitung regenerativer Energien und dem zukünftigen Energiemix in Deutschland ab.

²⁹ Aussagen von Vattenfall, Alstom, RWE.

Aus den oben dargestellten Entwicklungstrends lassen sich aber auch Chancen für die Technologie ableiten. Sie stellt einen Weg dar, CO₂-arme Kraftwerke zu realisieren und die Emissionen bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe deutlich zu reduzieren. Die befragten Unternehmen betonen, dass die CCS-Technologie im Vergleich zu erneuerbaren Energien die Möglichkeit bietet, die mit fossiler Energie betriebenen Kraftwerke weiterlaufen zu lassen. Betrachtet man die heutige Planung für die künftige Energieversorgungsinfrastruktur, basieren 80 Prozent der bekannten Kraftwerksplanungen in Deutschland auf dem Energieträger Kohle³⁰. Das Marktpotenzial ist also groß. Vor allem die Postcombustion-Technologie hat gute Chancen, bei der Nachrüstung zum Einsatz zu kommen.

Ein Risiko für den Einsatz der Technologie ist jedoch mittelfristig die Abhängigkeit von den Preisen der am Emissionsmarkt gehandelten CO₂-Zertifikate. Die Anerkennung von CCS im Rahmen des ETS (Emissions Trading Scheme of the European Union European) vorausgesetzt entsteht ein Anreiz auf CCS-Technologie umzurüsten erst, wenn der Preis für ein Zertifikat über den Ausstoß einer Tonne CO₂ den Preis für die Abspaltung und Speicherung einer Tonne CO₂ übersteigt. Darüber hinaus hängt die Entwicklung der Zertifikatspreise von der künftigen politischen Regulierung ab. Ein Unternehmensvertreter fasste die Zukunft der Technologie treffend zusammen, als er das künftige Potenzial der Technologie als entweder nicht vorhanden oder überwältigend groß bezeichnete.

Weitere Risiken der Technologie liegen darin, dass Kostensenkungen, vor allem die der CO₂-Abspaltung sowie die Reduzierung der Wirkungsgradverluste, nicht schnell genug erreicht werden. Darüber hinaus stellt die Speicherung eine große Herausforderung dar, da bislang noch nicht sicher ist, ob die Lagerstätten für das CO₂ langfristig den Austritt des Stoffes verhindern können. Hierzu fehlen bislang Demonstrationsprojekte.

5.3 Marktentwicklungen

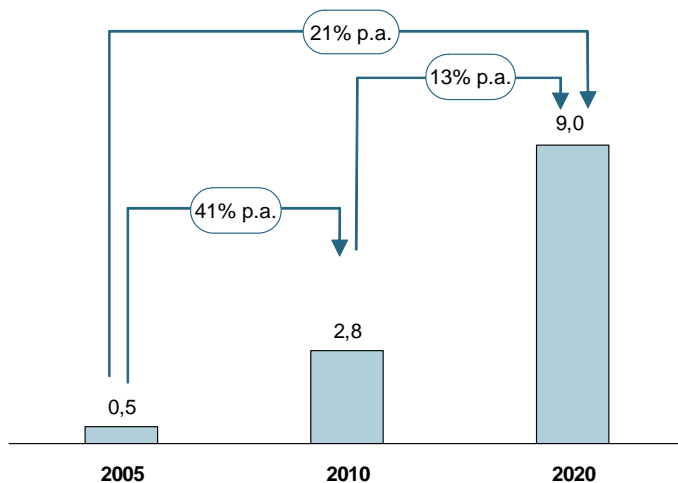
Die Unternehmen wurden im Verlauf der Befragung gebeten, die heutigen und künftigen Marktvolumina zu schätzen. In diese Schätzung wurden die bestehenden Forschungs- und Demonstrationsanlagen eingerechnet. Nach Einschätzung der Unternehmen betrug das Gesamtvolumen der Investitionen in CCS-Technologie im Jahr 2005 rund 500 Millionen Euro.

Für 2010 rechnen die Unternehmen mit der Inbetriebnahme von rund 15 weiteren Kraftwerken und vor allem von Demonstrationsanlagen. Dies wird insgesamt zu einem Marktvolumen von 2,8 Mrd. Euro führen. Bereits für den Zeitraum zwischen 2010 und 2015 prognostizieren die Unternehmen eine verstärkte Nachfrage, vor allem nach Demonstrations- und Pilotanlagen. Als Folge erwarten sie einen Wachstumssprung des Marktvolumens, weil sie davon ausgehen, dass alle drei Technologien dann ausgereift genug sind, um in großen Demonstrationsanlagen getestet zu werden.

Den Befragten fiel es jedoch schwer, das Marktvolumen ab 2010 zu schätzen, da der Einfluss sowohl der technologischen Entwicklung als auch der sich 2012 verändernden

³⁰ Quelle: Experteninterview.

Emissionshandels-Bedingungen einen hohen Unsicherheitsfaktor darstellen und das Marktvolumen stark beeinflussen kann. Für das Jahr 2020 erwarten die Unternehmen im Durchschnitt ein Marktvolumen von über 9 Mrd. Euro, was von 2005 an gerechnet einer jährlichen Wachstumsrate von über 20 Prozent entspricht. Die Angaben bezüglich des Marktvolumens für 2020 zeigen allerdings eine hohe Varianz. Die Unternehmen gehen im Durchschnitt davon aus, dass die CCS-Technologie 2020 bereits in 100 bis 200 Kraftwerken eingesetzt werden wird (vgl. Abbildung 45).



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 45: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mrd. EUR]

Bei der Befragung wurde der große Einfluss der politischen Regulierung auf die Marktentwicklung betont. Die Unternehmen erwarten, dass beispielsweise ein Verbot von CO₂-Emissionen in Kraftwerken – die Anerkennung von CCS im Rahmen des ETS vorausgesetzt – den Markt für die CCS-Technologie beinahe unbegrenzt öffnen würde. In diesem Falle würde die Technologie in allen existierenden, fossil befeuerten Kraftwerken zum Einsatz kommen. Allein in Deutschland kamen 2005 über 55 Prozent der installierten Leistung aus fossil befeuerten Kraftwerken. Für die stark kohleorientierten amerikanischen, australischen und asiatischen Märkte ergäbe sich ein noch viel bedeutenderes Potenzial. Diese Kohleorientierung wird auch weiter bestehen. Von einem interviewten Unternehmenssprecher wurde hervorgehoben, dass bei der Planung neuer Kraftwerke in Deutschland von den über 30 bis 2030 zu realisierenden Kohlekraftwerken keines die Spaltung und Speicherung von CO₂ vorsieht.

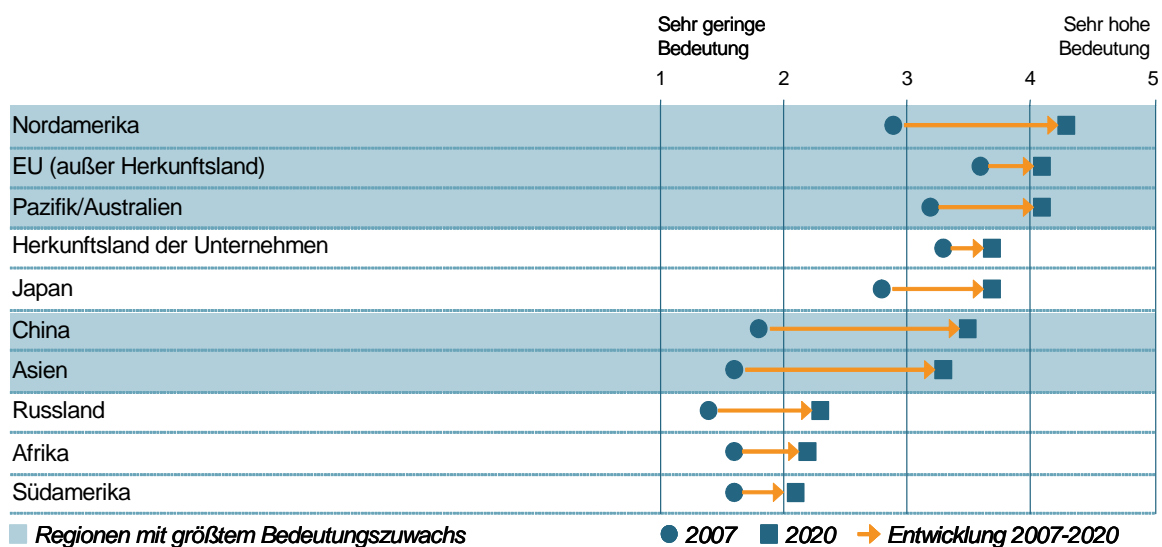
Für die Entstehung des Marktes ist es darüber hinaus wichtig, dass die Vermeidung von CO₂-Emissionen global in Angriff genommen wird und entsprechende Regulierungen eingeführt werden. Der Bereich der CCS-Technologien ist ein politischer "Markt" und nur durch die entsprechenden politischen Rahmenbedingungen entwickelbar.

Regionale Schwerpunkte

Die befragten Unternehmen sehen Potenzial für den Einsatz der CCS-Technologie vor allem in stark kohle- und gasbasierten Energiemärkten. Länder, die vermehrt auf den Einsatz von Atomstrom gesetzt haben, sind für die Verbreitung der CCS-Technologie weniger relevant.

Als momentan wichtigsten regionalen Markt nannten die Unternehmen Europa, und hier vor allem Deutschland und Großbritannien. Die skandinavischen Länder spielen hingegen nur eine kleinere Rolle, da sie vornehmlich auf den Einsatz von Wasser- und Windenergie setzen. Auch Frankreich und Spanien sind wegen ihres hohen Anteils an Atomenergie, respektive wegen des zunehmenden Anteils an Solarenergie, weniger wichtig.

Im Jahr 2020, so die Prognose der befragten Unternehmen, ist Nordamerika mit seinem stark kohlebasierten Markt für Energieerzeugung die wichtigste Region für CCS-Technologien, dicht gefolgt von Europa und Australien (vgl. Abbildung 46). Diese Einschätzung geht von der Erwartung aus, dass bis 2020 ein weltweites Handelssystem für den Ausstoß von CO₂ entstanden ist und die Preise für CO₂-Zertifikate über den Kosten für den Einsatz der CCS-Technologie liegen. Auch in diesem Zusammenhang betonten die Unternehmen die Bedeutung von global wirksamen, verbindlichen Regulierungen für die Emission von CO₂, an die alle Länder gebunden sind.



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 46: Bedeutung regionaler Märkte für CCS-Technologien 2007 und 2020

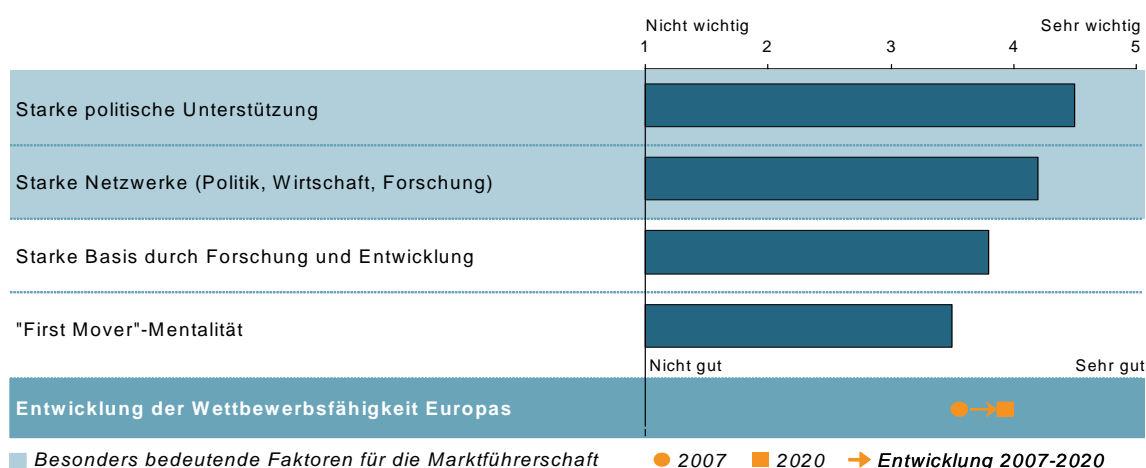
5.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

Zurzeit gibt es nach Aussagen der befragten Unternehmen in den verschiedenen Prozessstufen insgesamt etwa zehn aktiv forschende Unternehmen. Hierzu gehören verschiedene Energieversorgungsunternehmen, Mineralölkonzerne und einige große Komponentenhersteller. Da die Investitionen für die CCS-Technologie sehr hoch sind, werden Forschung und Entwicklung vor allem von den großen Konzernen vorangetrieben.

Obwohl der künftige Einsatz der CCS-Technologie noch unsicher ist, sind die Unternehmen bereits heute im Wettbewerb, was ihre Forschungsprojekte betrifft. Nach Aussagen der Firmenvertreter wird es entscheidend sein, wer als Erster eine adäquat einsetzbare und möglichst wirtschaftliche Technologie in den Markt einführt, die in möglichst vielen Kraftwerken genutzt werden kann. Aus diesem Grund forschen viele Unternehmen auch gleich an zwei Technologien, eine davon ist meist die Post-combustion-Technologie, um möglichst viele bestehende Kraftwerke umrüsten zu können. Für die Zukunft erwarten die Unternehmen aufgrund der fortschreitenden Internationalisierung eine deutliche Zunahme des Wettbewerbs.

Auf der Nachfrageseite ergibt sich bezüglich des Marktanteils von Europa ein positives Bild. Nach Einschätzungen der befragten Unternehmen werden momentan rund zwei Drittel der CCS-Anlagen und Projekte in Europa nachgefragt. Dies liegt ihrer Ansicht nach vor allem an der intensiven Auseinandersetzung mit diesem Thema in der europäischen Politik.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Hersteller und Betreiber von CO₂-armen Kraftwerken die politische Unterstützung und starke Netzwerke zwischen, Wirtschaft, Wissenschaft und Politik als bedeutendere Faktoren. Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute als relativ gut und erwarten darüber hinaus eine weitere Verbesserung der Wettbewerbsposition bis 2020 (vgl. Abbildung 47).



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

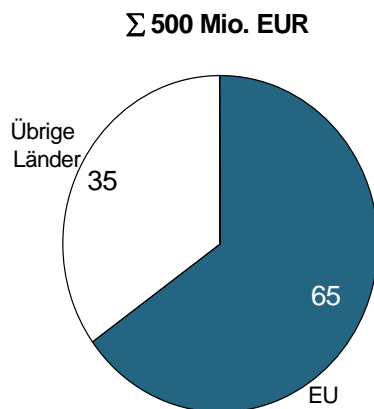
Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

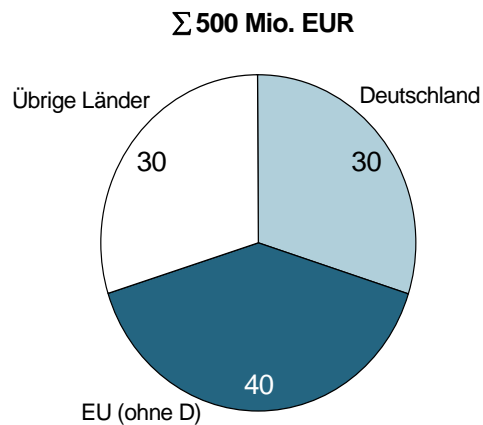
Abbildung 47: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Für die Angebotsseite schätzen die Unternehmen den Anteil europäischer Firmen am gesamten CCS-Markt im Jahr 2005 auf rund 70 Prozent. In allen Komponenten der Wertschöpfungskette ist mindestens ein europäisches Unternehmen führend im Markt. Auch deutsche Unternehmen sind sehr gut aufgestellt. Sie haben einen Marktanteil von rund 30 Prozent. Bis 2020 rechnen die befragten Unternehmen mehrheitlich mit einem Rückgang des Marktanteils der europäischen Unternehmen, während sich der Marktanteil amerikanischer und asiatischer Unternehmen auf etwa 50 Prozent erhöhen wird. Einige Vertreter können sich jedoch auch vorstellen, dass weitere wichtige europäische Akteure bis 2020 in den Markt einsteigen und der Marktanteil Europas dadurch konstant bleiben wird (vgl. Abbildung 48).

Weltmarktanteile am Absatzmarkt – Nachfrage



Weltmarktanteile Unternehmen – Angebot



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 48: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]

Diese Schätzungen über künftige Marktanteile Europas basieren auf den Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken, die die befragten Unternehmen für die CCS-Technologie in Europa erkennen (vgl. Tabelle 6).

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Weltweit führende Positionierung europäischer Unternehmen • Vorreiterrolle der Europäischen Union bezüglich Reduktion der CO₂-Emissionen • Aktive Politikgestaltung auf europäischer Ebene • Gute Fördermöglichkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Gute Exportchancen durch Technologieführerschaft • Vorreiterrolle Europas in Bezug auf Regulierung und deren Übertragung auf andere Länder ("Lead Market") • Weltweites Marktpotenzial
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Uneinheitliche Regulierung für alle europäischen Länder erreicht • Ungleichmäßige Verbreitung von Kohlekraftwerken innerhalb Europas • Keine harmonisierten Ausstoßrichtlinien • Fehlende Förderung von Demonstrationsprojekten • Geringe Beachtung der Speicherproblematik 	<ul style="list-style-type: none"> • Skepsis und Protest der sicherheitsorientierten europäischen Bevölkerung in Bezug auf Speichertechnologien • Verlust der Marktführerschaft Europas durch zunehmendes Engagement amerikanischer und asiatischer Unternehmen • Entwicklung von starken amerikanischen und asiatischen Industrien durch markteinführungs-orientierte Förderprogramme als Konkurrenz für europäische Unternehmen

Tabelle 6: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu CCS-Technologien in Europa

5.5 Hindernisse und Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten externen und unternehmensinternen Faktoren für den Erfolg von Innovationen bei CCS-Technologien zu nennen. Am wichtigsten erachteten sie politische Regulierungen, die Einstellung der Gesellschaft gegenüber neuen Technologien und die Unterstützung der Regierung für Forschung und Entwicklung (vgl. Abbildung 49).

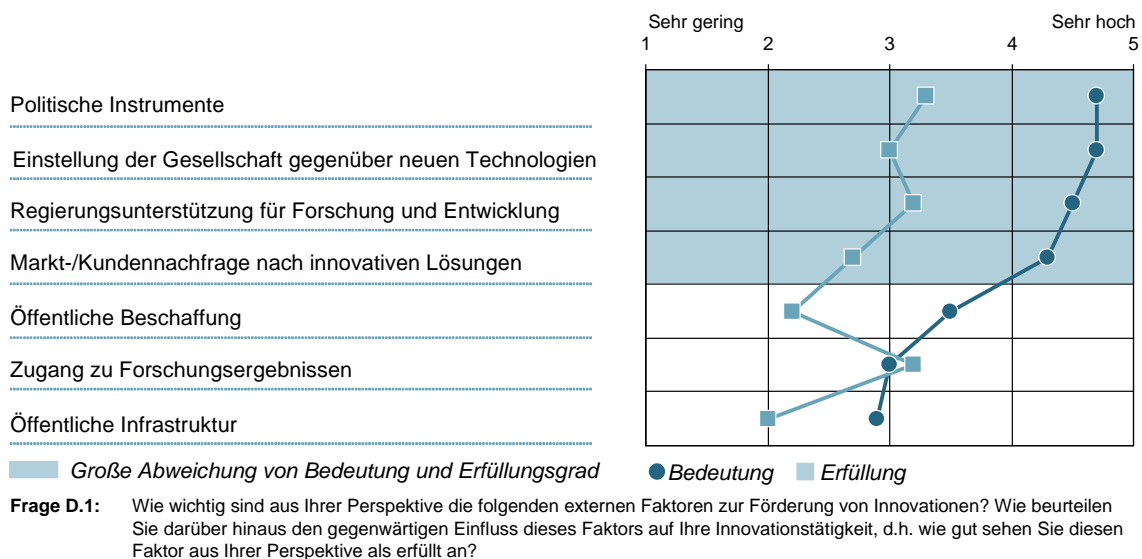


Abbildung 49: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Politische Regulierungen sind den Befragten enorm wichtig, weil der Markt für CCS-Technologien ausschließlich durch Gesetze und Regeln geschaffen wurde. Ohne sie würde er nicht existieren. Die Politik muss nach Meinung der Unternehmen daher einen langfristig garantierten, stabilen Rahmen schaffen, in dem die Weiterentwicklung der CCS-Technologie möglich ist und ihre Kommerzialisierung vorangetrieben werden kann. Entscheidend ist, dass vor allem die Europäische Kommission eine starke Position bezüglich der Zielwerte bei CO₂-Emissionen einnimmt. Die Unternehmen kritisieren daher zum Beispiel die kurzfristigen Regulierungen durch das European Trading System, das Handelsperioden von weniger als 5 Jahren vorsieht, wohingegen sich die Investitionen für ein CCS-Kraftwerk über rund 30 Jahre amortisieren.

Sehr wichtig ist den befragten Unternehmen auch die Einstellung der Gesellschaft gegenüber den neuen Technologien. Von der Einstellung der Gesellschaft und ihrer Bereitschaft, "auf einem CO₂-Speicher zu wohnen", hängt es nach Aussage der Unternehmen unter anderem ab, wie schnell und reibungslos die CCS-Technologie etabliert werden kann. Sie halten es, anders als beispielsweise bei erneuerbaren Energien, für problematisch, in der Bevölkerung Unterstützung für CCS-Technologien zu finden. Es ist es schwer, der Bevölkerung die Vorteile der Technologie zu verdeutlichen, wenn noch viele ungeklärte Risiken mit ihr verknüpft sind.

An dritter Stelle der bedeutenden Faktoren sehen die Unternehmen die Unterstützung der Regierung für Forschung und Entwicklung. Hier spielt zurzeit vor allem die Förderung von Pilot- und Demonstrationsanlagen eine wichtige Rolle, da diese sehr investitionsintensiv sind. Die Unternehmen geben weiter zu bedenken, dass sie angesichts der momentanen Unsicherheit nur bei einer staatlichen Förderung große Investitionen tätigen würden.

Auch bei der Frage nach der Erfüllung der Erfolgsfaktoren sahen die Unternehmen durchweg deutlichen Nachholbedarf.

Behindert werden Innovationen in der CCS-Technologie nach Ansicht der befragten Unternehmen insbesondere durch die fehlende Bereitschaft der Regierungen, das Risiko für die Speicherung des CO₂ national und auf europäischer Ebene zu übernehmen und dafür einen adäquaten regulatorischen Rahmen zu schaffen. Ein Unternehmen regte an, wenigstens im ersten Schritt die innereuropäische Zusammenarbeit durch entsprechende Regulierungen stärker voranzutreiben und Speichermöglichkeiten europaweit zugänglich zu machen.

Demgegenüber sind die wichtigsten unternehmensbezogenen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen nach Unternehmenseinschätzung der Zugang zu qualifiziertem Personal und die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen.

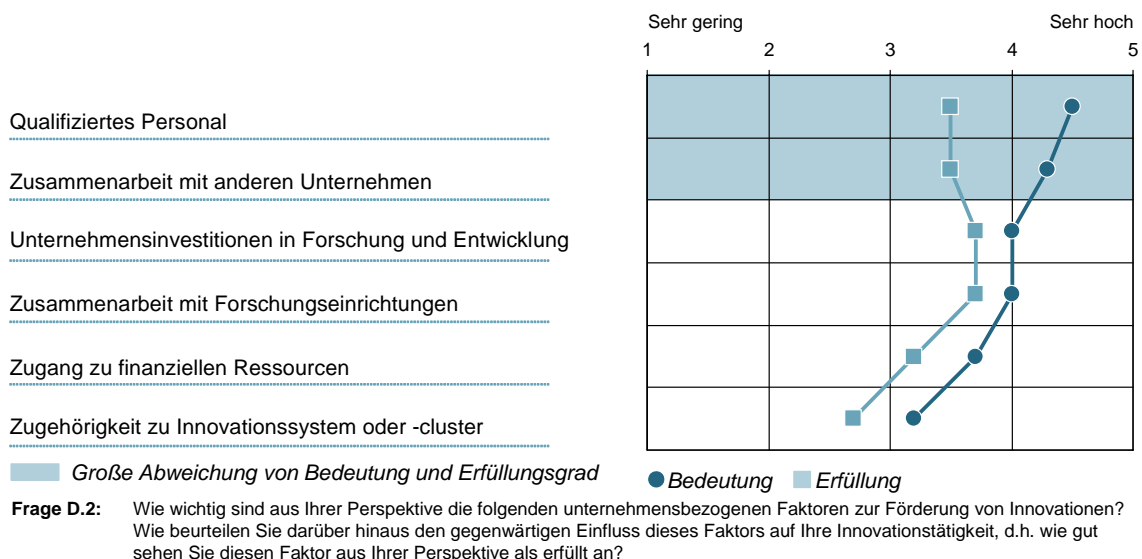


Abbildung 50: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Den Zugang zu qualifiziertem Personal bezeichnen fast alle befragten Unternehmen als wichtigsten unternehmensbezogenen Erfolgsfaktor. Vor allem zur Weiterentwicklung der Abspaltungs- und Speichertechnologie sind exzellente Ingenieure unverzichtbar. Sie sind jedoch momentan schwer zu bekommen, da der Markt sich in einer Boomphase befindet. So wichtig den Unternehmen qualifiziertes Personal ist, so wenig sehen sie diesen Faktor erfüllt (vgl. Abbildung 50).

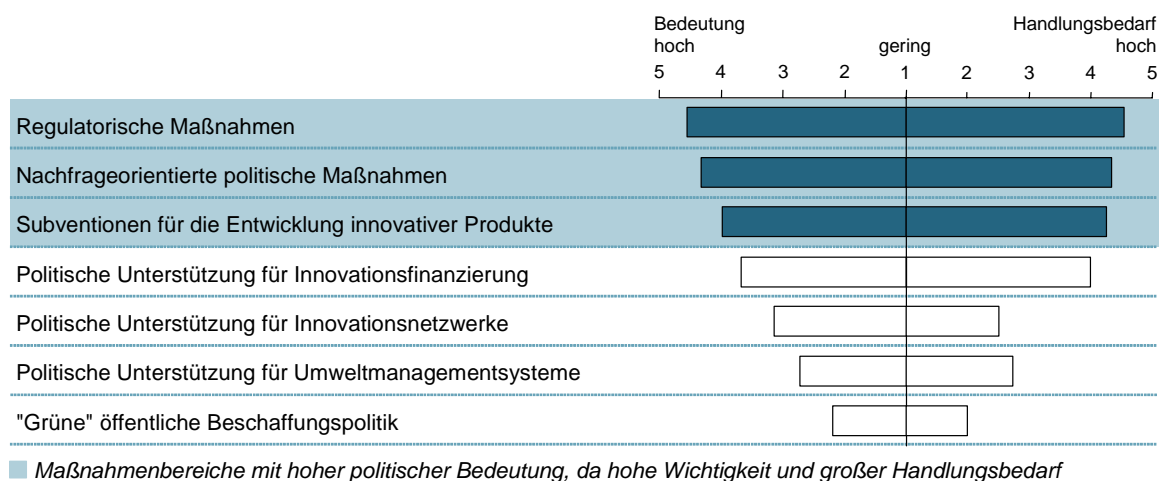
An zweiter Stelle sehen die Unternehmen die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen. Sie ist deshalb so wichtig, da die komplexen und vielfältigen technischen Entwicklungen eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erfordern. Trotz des bereits vorhandenen Wettbewerbs haben die Unternehmen keine Vorbehalte bei einer Zusammenarbeit, was den Austausch und Schutz ihrer Forschungsergebnisse betrifft.

5.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Im Verlauf der Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten und Handlungsempfehlungen für jedes Instrument zu definieren. Es zeigte sich, dass sie sich Regulierungen auf europäischer Ebene mit Abstand am meisten wünschen, gefolgt von internationalen und nationalen Regulierungen.

Als politisches Instrument mit besonders positiven Auswirkungen nannten die Unternehmen die in Norwegen erhobene CO₂-Steuer sowie den Ansatz des ETS – jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die CCS-Technologie im Rahmen des ETS anerkannt wird. Negative Auswirkungen hat nach Meinung der Unternehmen dagegen der hohe bürokratische Aufwand, der für die Beantragung von Forschungsgeldern bewältigt werden muss und die Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Entwicklung und Relevanz des ETS.

Es zeigte sich, dass sie Regulierungen auf europäischer Ebene mit Abstand am bedeutendsten beurteilen, gefolgt von internationalen und nationalen Regulierungen. Regionale Regulierungen spielen für die Unternehmen keine Rolle. Hinsichtlich der Regulierungen sehen die Unternehmen den größten Handlungsbedarf (vgl. Abbildung 51).



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich Carbon Capture and Storage zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 51: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Instrumenten

Regulatorische Maßnahmen sind für die meisten befragten Unternehmen das mit Abstand wichtigste Instrument, da es sich beim CCS-Markt um einen politisch geschaffenen Markt handelt, der ausschließlich durch politische Regeln funktioniert. Um die Chancen der CCS-Technologie zu nutzen, müssen geeignete, klare Rahmenbedingungen geschaffen und die notwendige Investitionssicherheit garantiert werden.

Auf europäischer Ebene sind bereits zahlreiche Regulierungen erlassen worden, die eine Senkung des CO₂-Ausstoßes vorschreiben. Die wichtigste Regelung ist der europäische Emissionshandel, das weltweit einzige obligatorische Programm. Es schreibt vor, dass energieintensive Unternehmen, die unter anderem Strom und Wärme ab 20 MW erzeugen, CO₂ nur noch in der zulässigen Menge ausstoßen dürfen.

Für diese zulässige Menge werden Zertifikate vergeben. Die Emissionsmengen werden im Laufe der Zeit entsprechend der nationalen Minderungsverpflichtung in Stufen verringert. Die Zertifikate sind innerhalb der Europäischen Gemeinschaft handelbar. Ihr Preis bildet sich in Abhängigkeit von Angebot und Nachfrage. Bislang ist er sehr volatil und bewegte sich in den vergangenen Monaten zwischen wenigen Cent bis hin zu über 30 Euro. Beim Überschreiten der zugeteilten Emissionsrechte muss das verursachende Unternehmen 40 Euro Strafe pro Tonne CO₂ zahlen, ab 2008 sind es 100 Euro pro Tonne. Erfolg und die Bedeutung des ETS für die CCS-Technologie hängen daher entscheidend davon ab, wie sich die zulässigen Emissionsmengen und Zertifikatpreise entwickeln. Aus Sicht der Unternehmen wird die Nachfrage nach der CCS-Technologie einen bedeutenden Sprung machen, sobald die Zertifikatpreise über den Kosten der CO₂-Abspaltung und -Speicherung liegen.

Darüber hinaus wünschen sich die Unternehmen, dass im Rahmen des Kyoto-Protokolls eine Möglichkeit geschaffen wird, durch Anwendung der CCS-Technologie auch außerhalb Europas CO₂-Emissionen zu reduzieren.

Der größte Handlungsbedarf besteht aus Unternehmenssicht bei der Speicherung des CO₂ im Untergrund. Hier wünschen sich die befragten Unternehmen mehr Regulierung. Die London Convention gegen die Verschmutzung der Meere durch Dumping und die weiterführende Oslo-Paris Convention³¹ sind aus ihrer Sicht potenzielle Risiken für die ozeanische Speicherung des CO₂. Eine Regulierung, die die ozeanische Speicherung zulässt, und die Zusage der Regierungen, das langfristige Risiko für das gespeicherte CO₂ zu übernehmen, entscheiden nach Ansicht einiger Unternehmen daher darüber, ob sich die Technologie durchsetzen kann.

An zweiter Stelle der bedeutendsten politischen Instrumente stehen nachfrageorientierte politische Maßnahmen. Hier besteht aus Sicht der Unternehmen Handlungsbedarf, um die Kommerzialisierung der CCS-Technologien voranzutreiben. Bei nachfrageorientierten Instrumenten muss unterschieden werden zwischen Maßnahmen, die Nachfrage bei den Kraftwerksbetreibern nach CCS-Technologie schaffen und solchen, die zu zusätzlicher Nachfrage beim Endverbraucher nach CO₂-armen Strom führen.

Als positives Beispiel für eine Maßnahme gegenüber den Kraftwerksbetreibern nannten die Unternehmen die norwegische CO₂-Steuer. Sie wird auf fossile Brennstoffe für Heiz- und Prozessenergie erhoben. Die Steuer führt zu einem Preis von 50 US Dollar pro emittierte Tonne CO₂, was den Preis für konventionelle Energie über das Niveau der mit CCS-Technologie erzeugten Energie anhebt. Die Einführung einer CO₂-Steuer nannten die Unternehmen auch als Antwort auf die Frage, nach weiteren Maßnahmen zur Verbesserung ihrer Innovationstätigkeiten.

³¹ Die OSPA-Convention von 1992 ist eine Vereinbarung zum Schutz der maritimen Umwelt des nordöstlichen Atlantiks.

Auch politische Subventionen für die Entwicklung innovativer Produkte haben aus Sicht der Unternehmen große Bedeutung. Sie beurteilen die vorhandenen Ansätze positiv, wünschen sich aber weitere Unterstützung, vor allem beim Testen der langfristigen Verlässlichkeit der Technologie und ihres großtechnischen Einsatzes in Demonstrationsanlagen. Die Fördermöglichkeiten durch das sechste und siebte Forschungsrahmenprogramm der EU schätzen die Unternehmen nach einheitlicher Aussage, kritisieren daran aber, dass die vergebenen Mittel einen viel zu geringen Umfang haben.

Das CARNOT-Programm, ein weiteres Programm der EU, kann ebenfalls zur Entwicklung der CCS-Technologie eingesetzt werden. Es fördert die Verwendung sauberer und effizienter Technologien, um die durch feste Brennstoffe verursachten Emissionen zu verringern. Dazu arbeiten verschiedene Unternehmen zusammen und tauschen Forschungsergebnisse aus. Die Unternehmen beurteilen dieses Projekt als sehr hilfreich zur Förderung ihrer Innovationstätigkeit.

Darüber hinaus gibt es in verschiedenen europäischen Ländern weitere Förderprogramme. Die Bundesregierung unterstützt zum Beispiel CCS mit dem COORETEC-Programm, das die Grundlage schaffen soll, um den anstehenden Ersatz- und Neubaubedarf im fossilen Kraftwerkssektor mit CCS-Technologie zu realisieren. Auch dieses Programm ist nach Angaben der Unternehmen sehr hilfreich und leistet einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung der Technologie. In Norwegen existiert ein nationales Förderprogramm für den Bau von Gas-Kraftwerken mit integrierter CCS-Technologie als mögliche Lösung für ein sicheres und nachhaltiges Energiesystem.

Auf die Frage, welches politische Instrument zur Unterstützung der internationalen Marktdurchdringung noch nützlich ist, verweisen die Unternehmen erneut auf die verbindliche Zusage bezüglich der Anerkennung von CCS im Rahmen des ETS.

5.7 Handlungsempfehlungen

Die CCS-Technologie bietet eine gute Möglichkeit unter Beibehaltung des aktuellen Energieversorgungssystems die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Um diese Technologie wirkungsvoll einsetzen zu können, ist jedoch dringend ein langfristiger, stabiler regulatorischer Rahmen durch die Politik nötig. Dabei müssen

- Die Reduktionsziele für CO₂ mindestens auf europäischer – besser jedoch auf globaler Ebene – verbindlich festgelegt und bei Nichteinhaltung mit hohen Strafen belegt werden
- Langfristige Planbarkeit und Investitionssicherheit für die Unternehmen geschaffen und Reduktionsziele und Emissionszertifikate für einen Zeitraum von mehr als zehn Jahren festgelegt werden
- Verbindliche Zusagen bezüglich der Speicherung von CO₂ gemacht und die entsprechenden Regulierungen geschaffen werden
- Die Einführung einer CO₂-Steuer nach dem Vorbild Norwegens in Betracht gezogen werden.

Darüber hinaus sollte die Politik durch Kampagnen und bewusste Themenplatzierung zur Aufklärung der Bevölkerung über die Möglichkeiten der CCS-Technologie und der CO₂-Speicherung beitragen. Sie sollte das gesellschaftliche Bewusstsein für die notwendige Emissionssenkung schärfen und gleichzeitig die Risiken und Möglichkeiten offen kommunizieren.

Das wichtigste Ziel der Politik sollte die Zusammenarbeit zur CO₂-Reduktion mit den Unternehmen und auf globaler Ebene sein. Um den Erfolg der CCS-Technologie voranzutreiben und einen Markt zu schaffen, müssen Emissionsreduzierung und CO₂-Einsparung weltweit zum Thema gemacht und alle Länder und Unternehmen in die Pflicht genommen werden.

6. Effiziente Speicherung für elektrische Energie aus erneuerbaren Energien mit Wasserstoff- und Druckluftspeichern

Erneuerbare Energien aus Wind und Sonne fallen naturgemäß unregelmäßig an und sind unvorhersehbaren Schwankungen unterworfen. Um eine gleichmäßige Versorgung mit erneuerbaren Energien sicherzustellen, sind geeignete Speichermöglichkeiten entscheidend. Für die großtechnische Speicherung elektrischer Energie stehen mehrere Technologien zur Auswahl, so etwa Pump- und Druckluftspeicher, Wasserstoffspeicher und moderne Batterietechnologien. Die grundlegenden Ziele der großtechnischen Speicherung erneuerbarer Energie sind die Speicherung überschüssiger Energie aus Schwachlastzeiten – wenn der Energiebedarf niedrig ist – und ihre Nutzbarmachung in Zeiten erhöhter Nachfrage. Nachfolgend werden zwei vielversprechende Speichertechnologien mit hohem Zukunftspotenzial näher betrachtet: die Energiespeicherung durch Druckluftspeicher und die Energiespeicherung mit Wasserstoff.

6.1 Energiespeicherung mit Wasserstoff

6.1.1 Überblick

Wasserstoff ist nach Expertenmeinung ein vielversprechender Energieträger der Zukunft. Energiespeicherung mit Wasserstoff bietet die Möglichkeit, unregelmäßig anfallende Energie zum Beispiel aus Windparks oder Photovoltaik-Anlagen zu speichern und bei Bedarf wieder verfügbar zu machen. Die überschüssige Energie wird zur Produktion von Wasserstoff eingesetzt, aus dem zu einem späteren Zeitpunkt wieder Energie gewonnen werden kann. Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die Produktion von Wasserstoff durch Elektrolyse. Dieser Prozess gliedert sich in drei Stufen:

- Produktion von Wasserstoff durch Elektrolyse mit erneuerbaren Energien
- Speicherung des Wasserstoffs, meist gasförmig oder flüssig
- Rückumwandlung des Wasserstoffs in Nutzenergie durch Brennstoffzellen

Wasserstoff wird heute überwiegend über die Reformierung aus Erdgas, das heißt die Umwandlung von Kohlenwasserstoffen unter Zugabe von Luft oder Wasserdampf erzeugt, wofür Energie aus fossilen Brennstoffen nötig ist. Bei der Produktion von Wasserstoff durch erneuerbare Energien setzt man die heute noch wenig effiziente Elektrolysetechnologie ein. Der erzeugte Wasserstoff lässt sich speichern und kann dann durch Brennstoffzellen wieder in Energie zurückverwandelt zu werden. Wasserstoffspeicherung und -transport sind heute noch sehr teuer und aufgrund der Eigenschaften des Wasserstoffs nicht ungefährlich. Langfristig soll das Ziel erreicht werden, den Wasserstoff aus Elektrolyse in großen Mengen herzustellen, zu speichern und großtechnisch einzusetzen.

Die meistdiskutierte Einsatzmöglichkeit von Wasserstoff als Energieträger ist die in Off-shore-Windparks oder bei Photovoltaik-Anlagen, wofür es bereits einige Demonstrationsanlagen gibt. Die derzeit weltweit größte Elektrolyse-Anlage, die Sonnenenergie in Wasserstoff umwandeln kann, steht am Assuan-Staudamm in Ägypten. Sie hat eine installierte Leistung von 156 MW und produziert 33.000 Nm³/h Wasserstoff. Kommerziell in großtechnischem Rahmen eingesetzter "Windwasserstoff" existiert bislang noch nicht. Da die Speicherung vor Ort technisch schwierig ist und die Verflüssigung des Wasserstoffs die Erzeugungskosten verdoppelt, wird der Wasserstoff heute häufig durch eine Pipeline vom Ort der Erzeugung an den Ort seiner Verwendung transportiert.

Neben der Anlage in Ägypten gibt es noch einige Anwendungen zur Wasserstoffproduktion mit Photovoltaik-Anlagen, zum Beispiel in Riad/Saudi Arabien im Rahmen des "Hysolar Projektes" oder kleinere Anlagen sogar in Lappland. Dabei wird die überschüssige Sonnenenergie durch Elektrolyse in Wasserstoff verwandelt, der gespeichert und in Schwachlastzeiten durch Brennstoffzellen wieder in Energie zurückverwandelt wird.

Sind die technischen Herausforderungen gemeistert, werden vor allem durch Wind- aber auch Sonnenenergie betriebene Anlagen als "Insellösungen" dienen können – als autarke Energieversorgungsanlagen für abgelegene oder schlecht erreichbare Regionen. Sie sichern beispielsweise über Windenergie die Stromversorgung und bieten damit eine Alternative zum kostspieligen Auf- oder Ausbau des Energienetzes vor Ort. Integrierte Systeme, die Wasserstoff aus regenerativen Energien als Energiespeicher einsetzen, brauchen nach Einschätzung der befragten Unternehmen bis zur vollen Funktionstüchtigkeit noch mindestens bis zum Jahr 2015. Den Übergang zur Markteinführungsphase erwarten sie zwischen 2015 und 2030. Der Deployment Strategy Progress Report der HFP (European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform) rechnet ebenfalls erst ab 2020 mit der großtechnischen Produktion von Wasserstoff durch Windenergie in zentralen Produktionsanlagen.

Aus heutiger Sicht ist die Integration der einzelnen Bestandteile Windpark, Elektrolyseur, Wasserstoffspeicher, Transportsystem und Brennstoffzelle in ein Gesamtsystem zur Gewinnung, Speicherung und Rückumwandlung des Wasserstoffs erst für den Zeitraum ab 2020 relevant. In erster Linie ist es den Unternehmen heute wichtig, die Einzelkomponenten weiterzuentwickeln. Weltweit konzentrieren sich Forscher und Entwickler deshalb darauf, die Elektrolyseure, die Speichertechnologien und die Brennstoffzellen zu verbessern.

6.1.2 Stand der technologischen Entwicklung

Heute besteht bei allen Komponenten des Systems noch Entwicklungsbedarf, insbesondere in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit. Derzeit liegt der Preis für den aus Windkraft hergestellten Wasserstoff drei- bis viermal so hoch wie für Benzin- oder Dieselmotorkraftstoff. In den Demonstrationsanlagen ließ sich bereits zeigen, dass sowohl das Verfahren der Wind-Wasserstoffherstellung und -speicherung als auch die Wasserstoffproduktion zur Energiespeicherung bei Photovoltaik-Anlagen umsetzbar sind. Die momentan eingesetzten Elektrolyseure sind jedoch noch nicht leistungsfähig genug. Bei einem 400-MW-Offshore-Windpark müsste die Elektrolyse-Anlage nach Aussagen von Experten mindestens 334 MW leisten können; dazu müssten die Elektrolyseure im Vergleich zu den heute eingesetzten Maschinen deutlich effizienter werden. Gleichzeitig müssten die Kosten des produzierten Wasserstoffs auf rund die Hälfte reduziert werden. Erst dann wären die Anlagen konkurrenzfähig. Die heutige Forschung beschäftigt sich mit dem Einsatz von Druck-Elektrolyseuren, in denen der Elektrolyseprozess unter Druck durchgeführt wird und der Wirkungsgrad dadurch von zwischen 50 und 65 auf 85 Prozent gesteigert werden kann.

Der Transport des erzeugten Wasserstoffs geschieht heute meist gasförmig und unter Druck. Wasserstoff ließe sich auch in flüssigem Zustand transportieren. Dafür müsste er allerdings verflüssigt werden, was heute kaum praktiziert wird, da die Verflüssigung sehr teuer und mit hohen Effizienzeinbußen verbunden ist. Heute stehen die meisten Verflüssigungsanlagen in den USA. Die befragten Unternehmen gehen davon aus, dass die Verflüssigung auch in den kommenden Jahren sehr teuer bleiben wird und keine wirtschaftlich sinnvolle Alternative bietet.

Für die Speicherung von Wasserstoff (in der Regel onshore) stehen heute verschiedene technologische Optionen zur Auswahl. Druckgasspeicherung und flüssige Wasserstoffspeicherung wurden in den letzten Jahren intensiv weiterentwickelt. Auch über den Einsatz von Metallhydridspeichern wird diskutiert. Metallhydride sind Metalllegierungen, die Wasserstoff aufnehmen. Dabei zersetzt sich das H_2 -Molekül in seine Bestandteile, das heißt in zwei Atome, die in die Zwischenräume des Metallgitters passen und dort chemisch gebunden werden. Dieser Ansatz würde den Einsatz kleinerer Tanks ermöglichen, ist aber noch nicht ausgereift.

Für die Speicherung des Wasserstoffs aus regenerativen Energien wird heute vornehmlich auf Druckgasspeicher zurückgegriffen. Neben der Forschung an Materialien für den Speicherbehälter, die höheren Drücken standhalten können, ohne das Gewicht zu sehr in die Höhe zu treiben, muss auch am Preis für die Speicher gearbeitet werden: Er muss auf zwei Drittel des heutigen Niveaus sinken, damit die Technologie konkurrenzfähig wird. Zudem muss die Speicherung effizienter werden, indem man die beim Einlagern des Wasserstoffs als Druckgas oder die bei der Verflüssigung einzusetzende Energie verringert. Schließlich sind für die Wasserstoffspeicherung entsprechende Sicherheitsstandards nötig – ebenfalls ein Kostenfaktor. Nach Aussagen der Unternehmen sind bei zunehmender Nutzung von Wasserstoff insbesondere Standards für den Transport und das Umfüllen/Übertragen des gespeicherten und unter Druck stehenden Wasserstoffs zu setzen.

Die für die Rückwandlung des Wasserstoffs in Energie verwendeten Brennstoffzellen sind zwar einsatzfähig, ihre Leistungsfähigkeit ist aber noch sehr gering. Darüber hinaus wird daran gearbeitet, ihre Lebensdauer, die heute bei rund einem Jahr mit ein- bis fünftausend Betriebsstunden liegt, bis 2020 mindestens zu verdoppeln. Zudem soll der Preis auf ein Zehntel des heutigen Preises gesenkt werden.

Insgesamt beurteilen die Unternehmen es als schwierig, beim Thema Energiespeicherung durch Wasserstoff technologische Trends abzusehen, da zahlreiche Unsicherheitsfaktoren mitspielen. Schließlich ist das Gesamtsystem von allen Einzelkomponenten abhängig und in der Weiterentwicklung jeder Komponente liegen noch viele ungeklärte Fragen bezüglich der Machbarkeit. Ein Experte geht davon aus, dass es noch ein halbes Jahrhundert und mehr dauern könnte, bis Offshore-Parks zur Wasserstoffproduktion problemlos funktionieren.

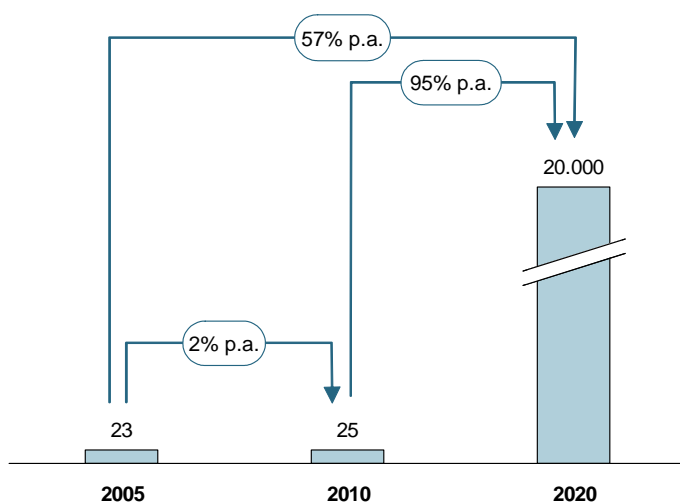
Die Wasserstoffspeicherung muss sich heute gegen zahlreiche Kritiker durchsetzen, die die Nutzung von Wasserstoff als Energiespeicher für regenerative Energien als wirtschaftlich nicht tragbar ansehen. Der Gesamtwirkungsgrad von Wasserstoff als Speicher regenerativer Energien setzt sich aus dem Wirkungsgrad des Elektrolysevorgangs und der Brennstoffzellen zusammen. Der Wirkungsgrad der Elektrolyse kann bei unter 50 bis 65 Prozent liegen. Der Wirkungsgrad der Rückwandlung des Wasserstoffs in Strom über eine Brennstoffzelle liegt in einer ähnlichen Größenordnung, so dass der Gesamtwirkungsgrad am Ende zwischen 25 und 46 Prozent liegt. Die Unternehmen weisen jedoch darauf hin, dass der über Elektrolyse hergestellte Wasserstoff ein "Nebenprodukt" aus der Erzeugung regenerativer Energien ist und diese Energie sonst ungenutzt verpuffen würde.

6.1.3 Marktentwicklungen

Gegenwärtig existiert außer Demonstrationsanlagen noch kein Markt für Wasserstoff als Energiespeicher. Die befragten Unternehmen schätzen das Weltmarktvolumen für Wasserstoff als Speicher erneuerbarer Energien einschließlich der Forschungsprojekte und Demonstrationsanlagen für 2005 im Durchschnitt auf 23 Mio. Euro. Die Einschätzungen schwanken dabei zwischen 5 und 40 Mio. Euro. Bis 2010 bleibt nach Erwartungen der Unternehmen das Marktvolumen beinahe unverändert. Die Schätzungen gehen im Mittel von 25 Mio. Euro bis 2010 aus. Die Unternehmen vermuten, dass in den kommenden Jahren relativ wenig in neue Anlagen investiert wird, da viele Unternehmen, die bereits vor fünf Jahren in die Wasserstofftechnologie investiert hatten, durch Verzögerungen bei technologischen Fortschritten negative Erfahrungen machen mussten und Projekte nicht wie geplant durchführen konnten. Sie haben dadurch ihre Forschungsaktivitäten für die kommenden Jahre eher zurückgefahren. Die Unternehmen rechnen auch 2010 noch nicht mit einem kommerziellen Markt, sondern nur mit Demonstrations- und Forschungsprojekten. Die Meinungen der befragten Unternehmen, wann ein Markt für die Technologie entstehen wird, gehen weit auseinander. Einige Unternehmen rechnen bereits zwischen 2010 und 2015 damit; andere gehen aufgrund der geringen Nachfrage dank gut entwickelter Energieversorgungssysteme davon aus, dass der kommerzielle Einsatz von Wasserstoff als Energiespeicher frühestens 2050 beginnen wird.

Die Mehrzahl der Unternehmen rechnen aber zwischen 2015 und 2020 mit der Entstehung eines Marktes.

Entsprechend unterschiedlich sind die Erwartungen der Unternehmen bezüglich des Marktvolumens für 2015. Sie reichen von 500 Mio. bis 1 Mrd. Euro. Für 2020 klaffen die Schätzungen der befragten Unternehmen noch weiter auseinander: Sie reichen von etwa 100 Mio. Euro bis zu 50 Mrd. Euro. Im Schnitt gehen die Unternehmen von einem Marktvolumen von rund 20 Mrd. Euro aus. Das erwartete jährliche Wachstum läge damit von 2015 bis 2020 bei knapp 100 Prozent pro Jahr (vgl. Abbildung 52).



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

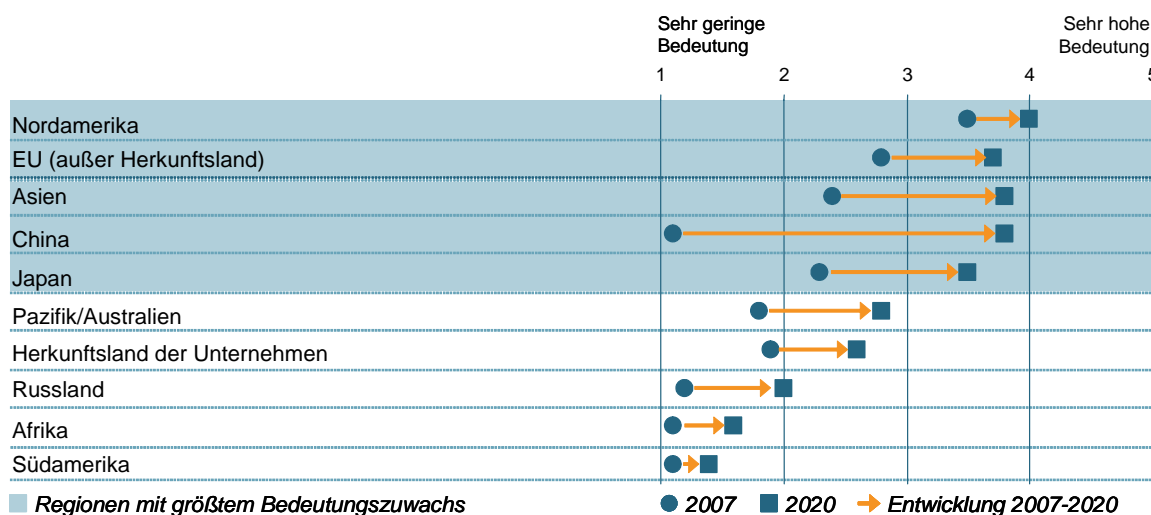
Abbildung 52: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR]

Zum Vergleich schätzt eine im Jahr 2000 erschienene Studie von L-B-Systemtechnik das Marktvolumen für Wasserstoff aus Windkraft auf den Inseln Europas langfristig auf rund 25 Mrd. Euro. Das entspricht etwa der Hälfte des von den Unternehmen erwarteten globalen Marktvolumens für 2020. Es erscheint plausibel, dass Europa, das heute eine sehr wichtigste Region für die Erforschung der Wasserstoffproduktion durch erneuerbare Energien ist, 2020 rund die Hälfte des Marktvolumens realisieren wird.

Wie alle Gesprächspartner betonten, beruht die große Varianz in den Unternehmenseinschätzungen auf der bereits genannten hohen Unsicherheit der technologischen Fortschritte sowie der Abhängigkeit der Marktentwicklung von politischen Rahmenbedingungen. Darüber hinaus spielt die Preisentwicklung für konventionelle Energieträger für die zu erwartende Marktentwicklung eine wichtige Rolle. Der politische Einfluss auf das Marktvolumen ist sehr hoch. Wegen der momentan unzureichenden Wirtschaftlichkeit der Technologie würde sich ohne politische Förderung kein Markt herausbilden. Politische Förderprogramme und Regulierungen entscheiden zusammen mit der zukünftigen Knappheit an fossilen Brennstoffen über die Entwicklung in den nächsten Jahrzehnten. Wenn sich ein Markt herausbildet, haben Europa und die USA aufgrund ihrer Demonstrationsanlagen und Forschungsprojekte, in denen Wasserstoff als Energiespeicher für

erneuerbare Energien eingesetzt wird, eine gute Position: In Deutschland, Dänemark und Spanien wird Wasserstoff über Elektrolyse aus Windparks in Demonstrationsanlagen hergestellt. In Lappland wurden einige kleinere dezentrale Anlagen installiert, die aus Photovoltaik-Energie Wasserstoff gewinnen. Aber auch am Assuan-Staudamm ist im Rahmen des "Hysolar Projekts" eine Demonstrationsanlage gebaut worden, die mit Solar-energie Wasserstoff produziert.

In der Unternehmensbefragung erwies es als schwierig einzuschätzen, welche künftigen regionalen Schwerpunkte die Wasserstoffspeicherung haben wird, da die Technologie bislang kaum verbreitet ist. Stattdessen nahmen viele der befragten Unternehmen zur Einschätzung der regionalen Schwerpunkte (vgl. Abbildung 54) Bezug auf die aktuellen Forschungsaktivitäten der Länder und Regionen hinsichtlich der Wasserstoffspeicherung. Dies erklärt auch, warum aus Unternehmenssicht den USA gegenwärtig die höchste Bedeutung als regionalem (Forschungs-)Markt beigemessen wird, gefolgt von Europa und Asien. Für 2020 erwarten die Unternehmen eine deutliche Zunahme der Bedeutung des nordamerikanischen wie auch des asiatischen Marktes. Zwar hält Amerika weiterhin die Spitzenposition, Asien wird jedoch nach Erwartung der befragten Unternehmen sehr stark aufholen (vgl. Abbildung 53).



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 53: Bedeutung regionaler Märkte für Wasserstoff als Energiespeicher 2007 und 2020

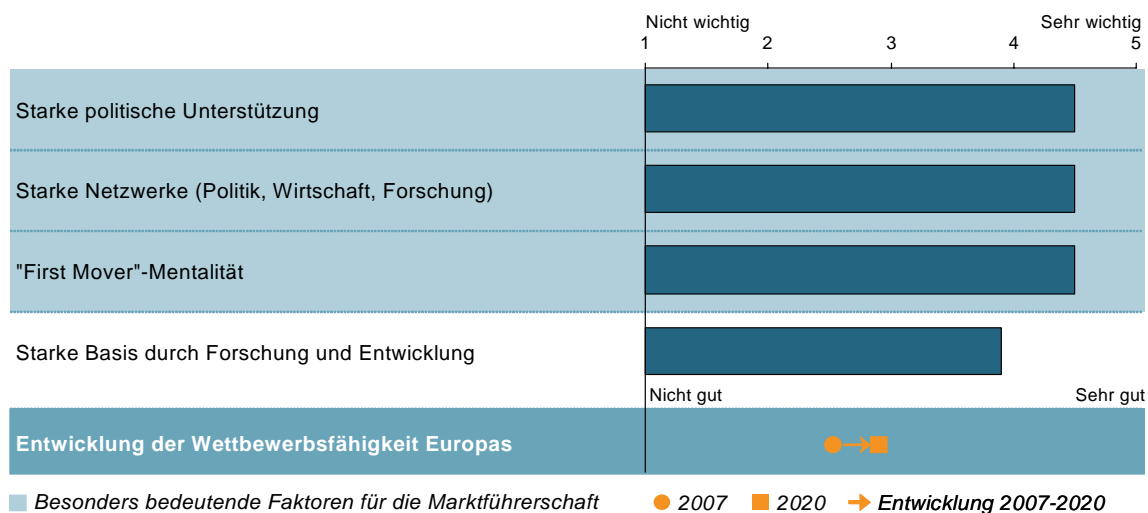
6.1.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

Energiespeicherung durch Wasserstoff existiert als Gesamtsystem bisher nur in Form von Pilotprojekten. Deshalb besteht bislang nach Aussagen der Unternehmen in diesem Gebiet auch noch kein Wettbewerb. Die Unternehmen arbeiten im Rahmen von Demonstrationsprojekten eher sehr eng zusammen. Nach Aussagen der befragten Unternehmen

ist in Zukunft jedoch damit zu rechnen, dass sich ein großer Markt entwickelt, auf dem die Wettbewerbsintensität zwar zunimmt, aber weiterhin moderat bleibt.

Bei der Betrachtung müssen momentan noch die Teilmärkte für die Komponenten des Systems unterschieden werden. Für die Herstellung von Brennstoffzellen sind heute bereits viele Hersteller am Markt. Hier rechnen die Unternehmen damit, dass in den nächsten Jahren ein intensiver Wettbewerb einsetzen wird. Auch der internationale Markt für die Herstellung von Elektrolyseuren ist heute bereits zwischen fünf Herstellern aufgeteilt und weitgehend konsolidiert. Die befragten Unternehmen sehen jedoch in der Integration der Einzelkomponenten zu einem Gesamtsystem die größten Chancen für europäische Unternehmen und ein großes künftiges Marktpotenzial.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen drei Faktoren, denen sie eine identisch hohe Bedeutung beimessen. Diese sind die politische Unterstützung der Technologie und der Unternehmen, starke Netzwerke zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik sowie die Annahme einer sogenannten "First mover" Mentalität. Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute als relativ schwach und erwarten eine leichte Verbesserung der Wettbewerbsposition bis 2020 (vgl. Abbildung 54).



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 54: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Die Einschätzung der regionalen Marktanteile ist nur schwer möglich und wenig aussagekräftig, da noch kaum ein tatsächlicher Markt für die Technologie existiert. Daher zogen die befragten Unternehmen als Bezugsgrößen die Beteiligung an laufenden Forschungsprojekten und Demonstrationsanlagen sowie die Höhe der Forschungs- und Entwicklungsausgaben für Wasserstoffprojekte im Allgemeinen heran. Die Befragung der

Unternehmen ergab für 2005 einen nachfrage- wie angebotsseitigen Marktanteil Europas von gut einem Drittel. Den Marktanteil deutscher Unternehmen schätzen die befragten Interviewpartner auf ungefähr 20 Prozent, da sich hier einige deutsche Großkonzerne engagieren.

Befragt nach der künftigen Entwicklung der Marktanteile, schätzten die befragten Unternehmen, dass der Anteil europäischer Firmen im Jahr 2020 durchschnittlich bei knapp 40 Prozent liegen kann. Hierin waren sich die Unternehmen weitgehend einig. Die Schätzungen der künftigen Marktanteile Europas basieren auf den von den befragten Unternehmen genannten Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Technologie in Europa (vgl. Tabelle 7).

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none">• Starke Stellung europäischer Unternehmen – Marktführerschaft europäischer Unternehmen in jeder Stufe der Wertschöpfungskette• Kooperationsprojekte und Initiativen auf europäischer Ebene• Weit entwickeltes Bewusstsein der europäischen Bevölkerung	<ul style="list-style-type: none">• Führende Stellung Europas beim Einsatz erneuerbarer Energien• Exportchance durch erwartete Nachfrage insbesondere im asiatischen Raum
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none">• Starker Fokus auf Grundlagenforschung, dagegen kaum Förderung für Demonstrationsanlagen• Hoher Bürokratieaufwand zur Erlangung von Fördermitteln• Zu wenig klar fokussierte Forschungsziele im Rahmen der Förderprojekte	<ul style="list-style-type: none">• Übernahme der Marktführerschaft durch die USA aufgrund von markt-orientierten Förderprogrammen• Ggf. Nichterreichen hinreichender Kostendegressionen, um Technologie wettbewerbsfähig zu machen• Verlust einer führenden Position Europas, da Wasserstoff durch geringes Interesse der Wirtschaft und abweichende Prioritäten der Energieversorger nicht stark voran getrieben wurde

Tabelle 7: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zur Energiespeicherung durch Wasserstoff in Europa

6.1.5 Hindernisse und Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten Faktoren für den Erfolg von Innovationen, sowohl unternehmensextern als auch unternehmensbezogen, zu nennen. Die wichtigsten externen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen sind nach Unternehmenseinschätzung (vgl. Abbildung 55):

- Politische Regulierungen
- Positive Einstellung der Gesellschaft gegenüber der neuen Technologie

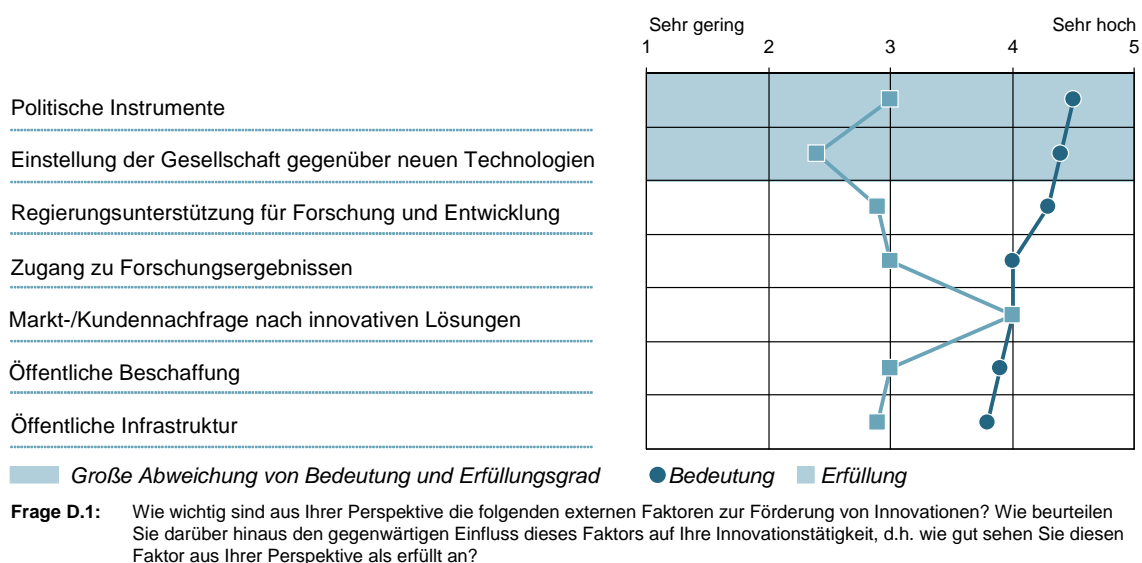


Abbildung 55: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Bei den externen Erfolgsfaktoren spielen politische Regulierungen die wichtigste Rolle. Klare Richtlinien in der Gesetzgebung, die Planungssicherheit zulassen, entscheiden nach Sicht der Unternehmen über Erfolg oder Misserfolg. Als Best Practice verweisen die befragten Unternehmen auf Japan, wo das METI (Ministerium für Trade, Economy und Industry) und das Innovationsministerium in Zusammenarbeit und im Austausch mit Vertretern der Industrie die Ziele der Forschungs- und Entwicklungsförderung für einen Zeitraum von zehn Jahren festlegen. Dies hat der japanischen Wirtschaft beispielsweise Fortschritte bei der Forschung an Brennstoffzellen ermöglicht. Planungssicherheit reduziert die Risiken für Investitionen. In Europa vermissen die Unternehmen diese Stabilität der Regulierungen. Stattdessen sehen sie sich auf nationaler Ebene durch Regierungswechsel häufig Änderungen gegenüber.

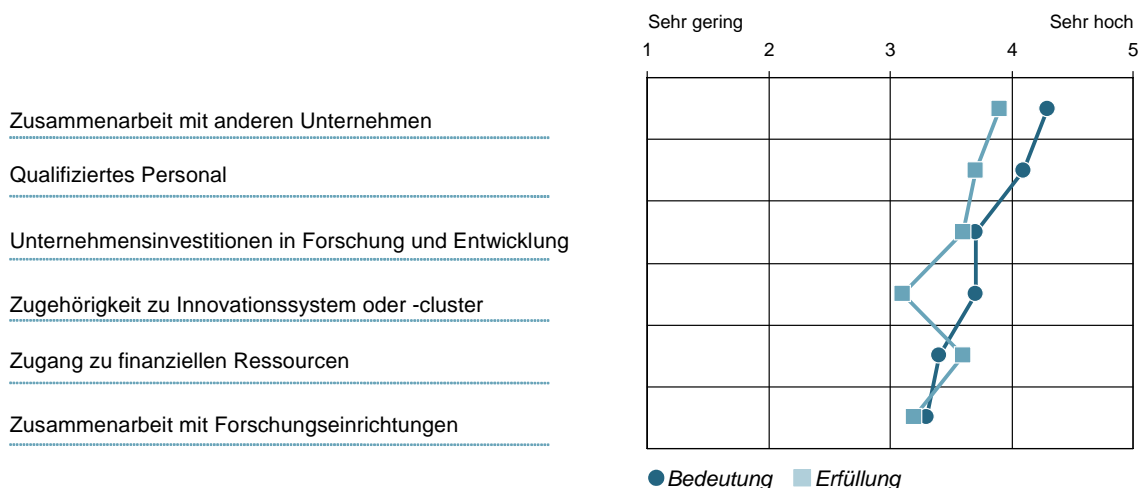
Eine beinahe ebenso wichtige Rolle spielt die Einstellung der Gesellschaft, um Innovationen voranzutreiben. An dritter Stelle folgt die Forschungsförderung durch die Regierung. Die befragten Unternehmen betonen, dass die Technologie noch Weiterentwicklungs- und Forschungsbedarf hat. Darüber hinaus sehen es die Unternehmen als unerlässlich an, dass glaubhaft und langfristig durch die Politik erklärt wird, Wasserstoff als einsatzfähige

Alternative für konventionelle Energie aufbauen zu wollen. Dadurch würden die Unternehmen mehr Sicherheit für ihre Planung erhalten und zu notwendigen Investitionen ermutigt werden.

Unsicherheit bemängeln die Unternehmen heute vor allem in Bezug auf den Einsatz des produzierten Wasserstoffs in mobilen Brennstoffzellen in Fahrzeugen. Hier fordern die Unternehmen richtungsweisende Aussagen der Politik. In einem Projekt in Deutschland war es beispielsweise nicht möglich, ein Wasserstoffauto zu erhalten, um die Verwendung des im Windpark produzierten Wasserstoffs auch gegenüber der Bevölkerung zeigen zu können und die Einsatzmöglichkeiten besser sichtbar zu machen. Der Einsatz von Wasserstofffahrzeugen im Verkehr würde einen Nachfrage-Pull in Bezug auf die Windwasserstoffanlagen ausüben. Diese Entwicklung und ihre Unterstützung durch die Politik spielt für die Planung der bei Windwasserstoffanlagen involvierten Unternehmen eine entscheidende Rolle, da Brennstoffzellenfahrzeuge als Absatzmarkt für den produzierten Wasserstoff das größte Potenzial haben. Die Unternehmensvertreter fordern weiterhin, dass Regulierungen bezüglich des Einsatzes von Wasserstoff künftig auf europäischer Ebene in einen stabilen, europäischen Rahmen mit längerem Planungshorizont festgelegt werden.

Die wichtigsten unternehmensbezogenen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen sind nach Einschätzung der Unternehmen (vgl. Abbildung 56):

- Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen
- Qualifiziertes Personal



Frage D.2: Wie wichtig sind aus Ihrer Perspektive die folgenden unternehmensbezogenen Faktoren zur Förderung von Innovationen? Wie beurteilen Sie darüber hinaus den gegenwärtigen Einfluss dieses Faktors auf Ihre Innovationstätigkeit, d.h. wie gut sehen Sie diesen Faktor aus Ihrer Perspektive als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 56: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen ist für die befragten Unternehmen in der Entwicklungs- bis frühen Markteinführungsphase der wichtigste Erfolgsfaktor. Das geschieht auch schon in ausreichendem Maße. An zweiter Stelle steht der Zugang zu qualifiziertem Personal, der in den Augen der befragten Unternehmen fast ebenso erfolgsentscheidend ist. Nur durch entsprechend qualifizierte Mitarbeiter können Unternehmen die nötigen Verbesserungen erreichen, lassen sich die Systeme den Bedürfnissen der Kunden anpassen. Die Unternehmen sehen sich zwar keinem direkten Mangel an qualifizierten Mitarbeitern gegenüber, betonen aber die Notwendigkeit, in diesem Bereich Fortschritte zu erzielen, da es sonst sehr schnell zu einem Mangel kommen kann.

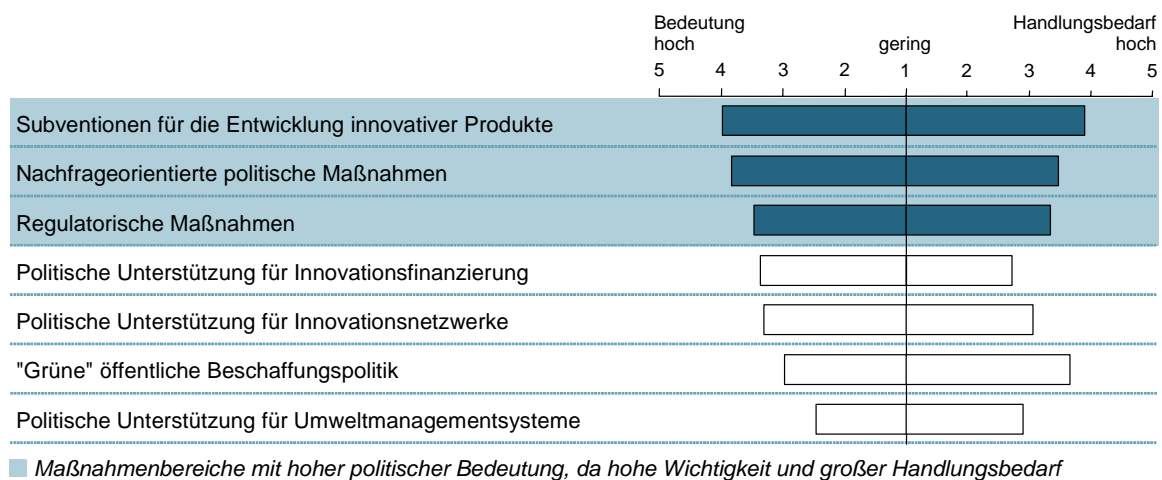
Als größtes Hindernis sehen die befragten Unternehmen insgesamt jedoch die technologischen Herausforderungen, die noch zu meistern sind. Auf die Frage nach weiteren, über die betrachteten Erfolgsfaktoren und Hemmnisse hinaus gehenden Faktoren, bezeichneten alle befragten Unternehmen das existierende Energieversorgungssystem als unflexibel. Die größte Gefahr für die Wasserstoffwirtschaft sehen sie darin, das existierende System nicht aufbrechen zu können.

6.1.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Im Rahmen der Befragung zu den politischen Instrumenten wurden die Unternehmen nach einem Instrument mit besonders positiven Auswirkungen befragt. Hier wurden vor allem die Europäischen Förderprogramme genannt. Negative Auswirkungen hat nach Meinung der Unternehmen dagegen der hohe Bürokratieaufwand, der mit den Förderanträgen verbunden ist. Nach Einschätzung der befragten Unternehmen spielen umweltpolitische Instrumente auf EU-Ebene die wichtigste Rolle. Nationale Politikmaßnahmen folgen an zweiter Stelle. Internationale und regionale Regulierungen dagegen werden als eher unbedeutend oder, im Fall internationaler Instrumente, für die nächsten Jahre als noch nicht durchsetzbar angesehen. Sollten sie jedoch durchsetzbar werden, gehen die Unternehmen davon aus, dass diese Maßnahmen eine viel weitergehende Bedeutung als die europäischen Maßnahmen erreichen werden. Bei regionalen Politikinstrumenten schließlich muss man differenzieren: Obwohl die meisten befragten Unternehmen regionale Maßnahmen als eher unbedeutend einstufen, sehen einzelne Unternehmen regionale Instrumente wie Feed-in-Tariffs und Förderprojekte (beispielsweise das durch Schleswig-Holstein geförderte Windwasserstoff-Projekt) als äußerst wichtige Förderinstrumente an.

Im Verlauf der Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten und einzuschätzen, wie dringend der jeweilige Handlungsbedarf ist. Als wichtigste politische Instrumente kristallisierten sich heraus (vgl. Abbildung 57):

- Subventionen für die Entwicklung innovativer Produkte
- Nachfrageorientierte politische Maßnahmen
- Regulatorische Maßnahmen



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich Energiespeicherung durch Wasserstoff zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 57: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente

Subventionen für die Entwicklung innovativer Produkte

Nach Aussage der befragten Unternehmen sind Subventionen zur (Weiter-)Entwicklung innovativer Lösungen die wichtigste Maßnahme der Politik. Auch der Handlungsbedarf, den die Unternehmen in diesem Bereich sehen, ist im Vergleich zu allen anderen beurteilten Maßnahmen am höchsten. Die Unternehmen sehen besonders Aktionsbedarf bei Subventionen für die Weiterentwicklung der Systemkomponenten und ihrer Integration. Die EU-Unterstützung im Rahmen der Europäischen Wachstumsinitiative, der Europäischen Plattform für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowie des sechsten und siebten Forschungsrahmenprogramms fördert stattdessen vor allem übergreifend die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Ressourcen für Projekte, deren Ziel die gleichzeitige Produktion und der Einsatz von Wasserstoff als Energiespeicher für erneuerbare Energien ist, können so kaum separat ausgewiesen werden.

Die Herstellung von Wasserstoff wurde bereits im Rahmen der „Europäischen Aktion für Wachstum“ von 2003 gefördert. Die beiden Projekte HYPOGEN und HYCOM konzentrieren sich auf die technologische Weiterentwicklung der Wasserstofferzeugung, wofür ein Fördervolumen von 2,8 Mrd. EUR vorgesehen ist. Mit der HYCOM-Initiative sollen Regionen entstehen, in denen Wasserstoff überwiegend aus erneuerbaren Energien hergestellt und in den verschiedensten Anwendungen erprobt wird. Ziel von HYPOGEN ist die großtechnische gekoppelte Erzeugung von Wasserstoff und Elektrizität aus fossilen Brennstoffen, wobei CO₂ abgetrennt und gespeichert wird. Ein Förderprojekt zur Weiterentwicklung von Wasserstoff als Energiespeicher ist das Projekt StorHy, das im sechsten Forschungsrahmenprogramm angestoßen wurde. Ziel dieses Projekts ist, ein Wasserstoff-Speichersystem für mobile Anwendungen im Fahrzeugbereich weiterzuentwickeln.

Die Europäische Kommission setzt mit dem siebten Forschungsrahmenprogramm die umfangreiche Förderung der Wasserstofftechnologien fort. Vorrangiges Forschungs- und Entwicklungsziel sind die Systemoptimierung und Kostenreduzierung bei Speichertechnologien sowie die CO₂-freie Herstellung von Wasserstoff. Außerdem fördert die EU Wasserstofftechnologien durch die Europäische Plattform für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, aus der die "Joint Technology Initiative (JTI) Wasserstoff" hervorging. Mit einem Gesamtvolumen von 6,7 Mrd. Euro von 2007 bis 2015 soll im Rahmen der JTI die Entwicklung von Fahrzeug- und Infrastrukturtechnologien im Mittelpunkt stehen, die eine Kommerzialisierung bis zum Jahr 2015 oder früher ermöglichen. Auch hier ist das übergeordnete Ziel, bis 2015 insgesamt 10 bis 20 Prozent der Wasserstoffenergie aus CO₂-freien oder -sauberen Technologien liefern zu können und bis 2010 die Markteinführung von über tausend Brennstoffzellenprodukten zu realisieren.

Die befragten Unternehmen beurteilen die ihnen bekannten europäischen Projekte zwar als hilfreich. Dennoch empfinden sie diese vor allem für die Technologielinie, Wasserstoff zur Speicherung erneuerbarer Energien einzusetzen, als zu allgemein und zu wenig fokussiert. Zudem sind viele Projekte sehr forschungslastig und nicht ausreichend anwendungsbezogen. Insbesondere die kleineren befragten Unternehmen betonen, dass für sie die regional geförderten Projekte momentan bedeutender und zielführender sind, um die Anwendbarkeit der Technologie voranzutreiben.

In fast allen Mitgliedsstaaten gibt es nationale Projekte, die ebenfalls Investitionen von mehreren Milliarden Euro pro Land und Jahr vorsehen. In Deutschland sind das zum Beispiel die Initiative "Clean Energy", die sich auf den Einsatz von Wasserstoff im Verkehr konzentriert, oder die "Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie" (VES), die die Einführung alternativer Energie- und Antriebssysteme vorbereitet und ebenfalls den Einsatz von Wasserstoff im Verkehr in den Mittelpunkt stellt.

Doch auch diese Projekte reichen den Unternehmen nicht aus, denn sie konzentrieren sich meist nicht explizit auf die Weiterentwicklung der Speicherung regenerativer Energien mit Wasserstoff. Konkrete Projekte zur Förderung von Windwasserstoff hingegen existieren bislang nur auf regionaler Ebene, so etwa das "Windwasserstoff-Bündnis Norddeutschland" oder das "HyWindBalance-Projekt", das Windwasserstoffsysteme mit Unterstützung des niedersächsischen Umweltministeriums und des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung weiterentwickelt.

Nachfrageorientierte politische Maßnahmen

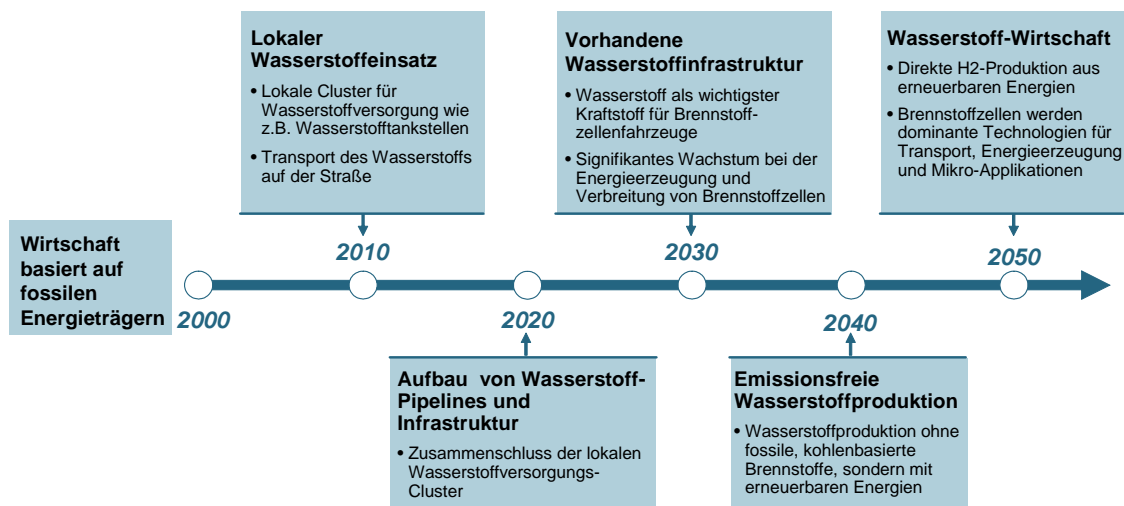
Umweltpolitikmaßnahmen zur Nachfrageförderung nehmen aus Sicht der Unternehmen die zweitwichtigste Position ein. Aus Sicht der Unternehmen ist es bei jungen Technologien besonders wichtig, dass die Politik durch Nachfrageförderung bei den Kunden die Bereitschaft unterstützt, die Technologie zu nutzen. Dafür sollte die mit der neuen Technologie verbundene Unsicherheit durch Steuerbefreiungen oder Subventionen kompensiert werden.

Regulatorische Maßnahmen

Regulierungen seitens der Politik stehen bezüglich ihrer Bedeutung an dritter Stelle der wichtigsten Politikinstrumente. Die Unternehmen wünschen sich vor allem, dass regulatorische Maßnahmen verabschiedet werden, die die Nutzung regenerativer Energien im Vergleich zu herkömmlichen Energien konkurrenzfähig machen, etwa Einspeisegesetze, Abnahmeverpflichtungen oder die Besteuerung von Energie aus fossilen Brennstoffen. Ohne den Eingriff der Politik ist es nach Ansicht der Unternehmen unmöglich, bis 2020 eine stärker wasserstoffbasierte Wirtschaftsstruktur zu etablieren.

Auch hinsichtlich öffentlicher Aufträge und Beschaffung sehen die Unternehmen großen Handlungsbedarf, obwohl ihre Bedeutung relativ gesehen nur im mittleren Bereich liegt. Nach Aussagen der Unternehmen müsste die öffentliche Hand beispielsweise die Nutzung von Brennstoffzellen vorschreiben, die Windwasserstoff nutzen. Solche Aufträge würden den Unternehmen zeigen, dass die öffentliche Hand sich nicht nur bezüglich der Forschung, sondern auch in finanzieller Hinsicht zur Abnahme der geförderten Produkte verpflichtet und die Garantie für einen Absatzmarkt gibt. Hier sollte die Politik fokussiert und mit zusätzlichen Mitteln aktiv werden.

Die aktuellen politischen Aktivitäten im Bereich Wasserstoff wurden im Rahmen der strategischen Forschungsagenda und Deployment-Strategie der EU veröffentlicht. Kernpunkt ist der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft bis 2050. Nach der kommunizierten "Roadmap" wird die direkte Produktion von Wasserstoff durch erneuerbare Energie erst für den Zeitraum von 2040 bis 2050 erwartet (vgl. Abbildung 58).



Quelle: European Hydrogen Vision

Abbildung 58: Europäische Wasserstoff-Roadmap

Die vorgeschlagene Strategie bestätigt, dass noch einige Schritte zu gehen sind, bevor Wasserstoff kommerziell zur Speicherung erneuerbarer Energien eingesetzt wird. Sie macht aber andererseits auch die künftige Bedeutung der Technologie deutlich. Wenn diese Strategie realisiert wird, stellt Wasserstoff den Energieträger der Zukunft dar. Umso

wichtiger ist es für die europäischen Unternehmen, eine führende Stellung einzunehmen, um durch rasche Weiterentwicklung den Wasserstoff bereits vor 2040 kommerziell zur Speicherung erneuerbarer Energien einsetzen zu können und sich damit den First Mover Advantage, das heißt den Vorteil, der erste zu sein, zu sichern.

Weitere politische Instrumente oder Möglichkeiten zur Unterstützung der internationalen Marktdurchdringung nannten die Unternehmen während der Befragung nicht.

6.1.7 Handlungsempfehlungen

An Forschungsprojekten und Initiativen mangelt es zwar nicht. Aus Sicht der Unternehmen hat die Politik dennoch einiges zu tun: Die fokussierte Forschungsförderung für die Herstellung von Wasserstoff aus regenerativen Energien muss erhöht werden. Dabei sollten in den nächsten fünf Jahren noch Forschungssubventionen im Mittelpunkt stehen, dann aber auf eine vermehrte Förderung von Demonstrationsanlagen und -aktivitäten gesetzt werden. Dasselbe gilt für die Speicherung und den Transport von Wasserstoff. Die Brennstoffzellenforschung und -weiterentwicklung halten die Unternehmen für am wenigsten kritisch, da hier weltweit intensiv geforscht wird und hohe Fördermittel vorgesehen sind. Dennoch sehen sie auch in diesem Bereich die Notwendigkeit, die Mittel vermehrt im Rahmen von Demonstrationsprojekten zu vergeben. Über die Forschungsförderung hinaus ist es wichtig, dass die Politik Signale setzt und sich zum Wasserstoffeinsatz bekennt. Die Unternehmen wünschen sich klare Ansagen und eine bestätigende Festlegung der Politik auf alternative Energien. Dazu zählt auch, dass Unternehmen die langfristige Sicherheit brauchen, auf Wasserstoff als Energieträger der Zukunft setzen zu können. Sie werden dies nur dann tun, wenn ihnen langfristige Investitionssicherheit gegeben wird. Den konstanten Rahmen muss die Politik schaffen, indem sie Forschungs- und Demonstrationsprojekte fördert, Instrumente zur Markteinführung verbindlich zusagt und einen Beitrag zur Aufklärung der Bevölkerung leistet.

6.2 Energiespeicherung durch Drucklufttechnologien

6.2.1 Überblick

Druckluftspeicher ermöglichen die großtechnische Speicherung von Energie. Dabei wird Luft komprimiert und in unterirdischen Kavernen gespeichert. Die aus dem Speicher entweichende Druckluft kann bei Bedarf wieder freigesetzt und in den Versorgungskreis eingespeist werden. Zur Energiespeicherung mit der CAES- (Compressed-Air-Energy-Storage) Technologie werden herkömmliche (Gasturbinen-) Kraftwerke mit Druckluftspeichern ausgestattet.

Vor allem bei der Zwischenspeicherung unregelmäßig anfallender, regenerativ erzeugter Energien, beispielsweise Windkraft, ist die Compressed-Air-Energy-Storage (CAES)- oder Druckluftspeicher-Technologie interessant. Bisher werden zum Ausgleich der Schwankungen bei fluktuierenden regenerativen Energiequellen vor allem sogenannte "Schattenkraftwerke" eingesetzt, die bei Energieengpässen angeschaltet werden und die Energieversorgung auch bei Abweichung von der Prognose der Einspeisung wie zum Beispiel bei

Windflauten sichern. Die CAES-Technologie bietet dazu eine Alternative. Sie speichert die überschüssige Energie, die bei starkem Wind nicht mehr in die Netze eingespeist werden kann, als Druckluft und speist sie nach der Rückumwandlung in Energie in Zeiten schwacher Windversorgung wieder in das Netz ein.

Für das Druckluftspeicher-System wird eine Vielzahl von Komponenten benötigt. Das System nimmt zunächst den Schwachlaststrom aus dem Netz auf und führt ihn dem Speicher zu. Ein zwei- oder mehrstufiger Luftkompressor komprimiert die Luft. Um diese Druckluft in Energie zurückzuverwandeln, erwärmt ein Rekuperator sie, anschließend expandieren Hoch- und Tiefdruckturbinen die Druckluft und treiben damit einen Generator an, der den so wieder gewonnenen Strom in das Energienetz einspeist.

Obwohl die CAES-Technologie bereits seit den Siebzigerjahren eingesetzt wird, ist sie kaum verbreitet. Weltweit existieren nur zwei CAES-Kraftwerke: eines in Huntorf in Deutschland (Baujahr 1978) und eines in McIntosh in den USA (Baujahr 1991). Ein weiteres soll voraussichtlich 2015 im US-amerikanischen Norton in Betrieb genommen werden. Darum ordnen die befragten Unternehmen die Technologie momentan noch in die Markteinführungsphase ein. Das CAES-Kraftwerk in Huntorf kann nur 300.000 m³ Druckluft speichern und erzeugt 290 MW in zwei Stunden. Das Kraftwerk in den USA hingegen erzielt durch den Einsatz einer weiterentwickelten (Rekuperator-)Technologie bessere technische Wirkungsgrade und hat mit 500.000 m³ eine deutlich größere Speicherkapazität. Beide werden nicht in Verbindung mit Windparks eingesetzt, sondern dienen der Speicherung von Energie aus Niedriglastzeiten. In McIntosh werden durch die Einspeisung in Hochlastzeiten Preisdifferenzen am Spotmarkt³² ausgenutzt.

6.2.2 Technologische Entwicklungen

Im Druckluft-Speicher wird der während der Schwachlastzeit anfallende überschüssige Strom einer herkömmlichen Kompressor-Einheit zugeführt. Diese verdichtet Speicherluft und erzeugt Druckluft. Die Druckluft wird unterirdischen Kavernenspeichern zugeführt. Meist sind dies Salzkavernen mit Speichervolumina von weit über 200.000 m³. Die Vorbereitung der Kavernen für die Speicherung ist jedoch aufwendig. Die Salzhöhlen für das Kraftwerk in Huntorf wurden beispielsweise zwei Jahre lang mit Flusswasser ausgewaschen, um das Salz zu lösen und wegzuspülen und den Speicherraum zu schaffen. Diese Vorbereitung ist unverzichtbar, da die Kavernen der Temperatur und dem Druck der verdichteten Luft standhalten müssen und nicht porös sein dürfen. An der Nutzung alternativer Speicher wird momentan gearbeitet. Dem in Norton geplanten Kraftwerk soll ein ehemaliges Kalkbergwerk als Druckluftspeicher dienen. Zudem könnte Druckluft in Zukunft in Gesteinsschichten und aufgelassenen Bergwerken gespeichert werden.

In Spitzenlastzeiten wird die gespeicherte Druckluft in Energie zurückverwandelt. Im ältesten CAES-Speicherkraftwerk in Huntorf wird die eingespeicherte Druckluft zur Extrahierung aus der Kaverne erwärmt. Die Druckluft expandiert und dient in der mit Erdgas betriebenen Gasturbine zum Antrieb eines Generators, der mechanische Leistung erzeugt. Der Druckluftspeicher erlaubt es, den Kompressor- und Gasturbinen-Betrieb

³² Am Elektrizitäts-Spotmarkt werden Kontrakte für die Lieferung von Strom am Folgetag gehandelt.

zeitlich zu entkoppeln. Sowohl für die Rückkühlung des Kompressors als auch für die Erhitzung der Druckluft wird fossile Energie eingesetzt. Eine Alternative bietet die sogenannte Rekuperatortechnik, die zum Beispiel im Kraftwerk in McIntosh eingesetzt wird. Hier wird die Abwärme des Kompressors gespeichert und zur Erhitzung der Druckluft eingesetzt. Der Wirkungsgrad der CAES-Technologie bei Einsatz der Rekuperatortechnik beträgt etwa 55 Prozent. Die Energie ist innerhalb von zehn Minuten verfügbar.

Das Kraftwerk in Huntorf ist für einen Turbinen-Betrieb von etwa zwei Stunden mit 290 MW ausgelegt. Die Füllung des Speichers dauert bei einem Kompressorbetrieb mit 60 MW insgesamt acht Stunden. Das McIntosh-Kraftwerk dagegen liefert in 26 Stunden 110 MW.

Technologische Trends

Die CAES-Technologie wurde inzwischen in zwei Richtungen weiterentwickelt. Die erste Weiterentwicklung ist die genannte Rekuperator-Technologie, die wie erwähnt in McIntosh eingesetzt wird. Dabei werden zur Erwärmung der Druckluft keine fossilen Brennstoffe eingesetzt. Zum Betrieb der Expansionsturbine sind jedoch fossile Brennstoffe nötig.

Die zweite Weiterentwicklung der CAES-Technologie ist die sogenannte adiabate Druckluftspeicherung. Sie verzichtet vollständig auf den Einsatz fossiler Brennstoffe und nutzt sowohl zur Kühlung des Kompressors als auch zur Erhitzung der Druckluft die bei der Kompression anfallende Abwärme. Diese Form der Druckluftspeicherung wird noch erforscht und frühestens 2015 einsatzfähig sein. Erstmals soll sie im geplanten Kraftwerk in Norton eingesetzt werden. Dabei soll das Kraftwerk bei einem Speichervolumen von zehn Millionen m³ in einem Zeitraum von 8 Tagen 2.700 MW Leistung erbringen. Eine technische Herausforderung für die Zukunft ist die Entwicklung von Kompressoren und Turbinen, die der entstehenden Hitze standhalten können. Dafür müssen spezielle Maschinen entwickelt werden, die jedoch nur für die adiabate Druckluftspeicherung eingesetzt werden können.

Abgesehen von der Weiterentwicklung der adiabaten Technologie geschieht nach Ansicht der befragten Experten momentan relativ wenig, was die Forschung an CAES-Speichern betrifft. Da die Komponentenentwicklung kostspielig ist, warten die Unternehmen bisher eher ab. Die großen Energieversorgungsunternehmen konzentrieren sich daher momentan auf die Weiterentwicklung von Kohlekraftwerken.

Eine Chance für die CAES-Technologie ist der zunehmende Anteil nicht steuerbarer Stromerzeugungstechnologien, also Wind- und Solarkraft, am Gesamtstrommarkt. Um bei unregelmäßig anfallenden regenerativen Energien die kontinuierliche Versorgung mit Strom sicherzustellen, können Speicher als Alternative zu Schattenkraftwerken mit hohen variablen Kosten eingesetzt werden. Die CAES-Technologie ist sowohl zur Bereitstellung der gleichmäßigen Grundlastversorgung als auch zur Abdeckung der Spitzenlastproduktion und für die Schwarzstartfähigkeit³³ einsetzbar. Der Grund: CAES-Kraftwerke haben eine sehr kurze Kaltstartzeit von 9 bis 13 Minuten. Zusätzlich bieten CAES-Speicher eine Puffermöglichkeit zwischen Windpark und Netzeinspeisung, mit der Preis-

³³ Schwarzstartfähigkeit ist die Fähigkeit des Kraftwerks, unabhängig vom Stromnetz aus abgeschaltetem Zustand hochzufahren.

differenzen zwischen Schwach- und Hochlastphasen ausgenutzt werden können. Die Technologie kann zudem als "Insellösung" dienen, um die autarke Energieversorgung für abgelegene Gebiete sicherzustellen, die keinen Zugang zum zentralen Energienetz haben. Darüber hinaus hat vor allem die adiabate CAES-Technologie eine viel höhere Speicherkapazität im Vergleich zu Batterien oder Schwungrädern.

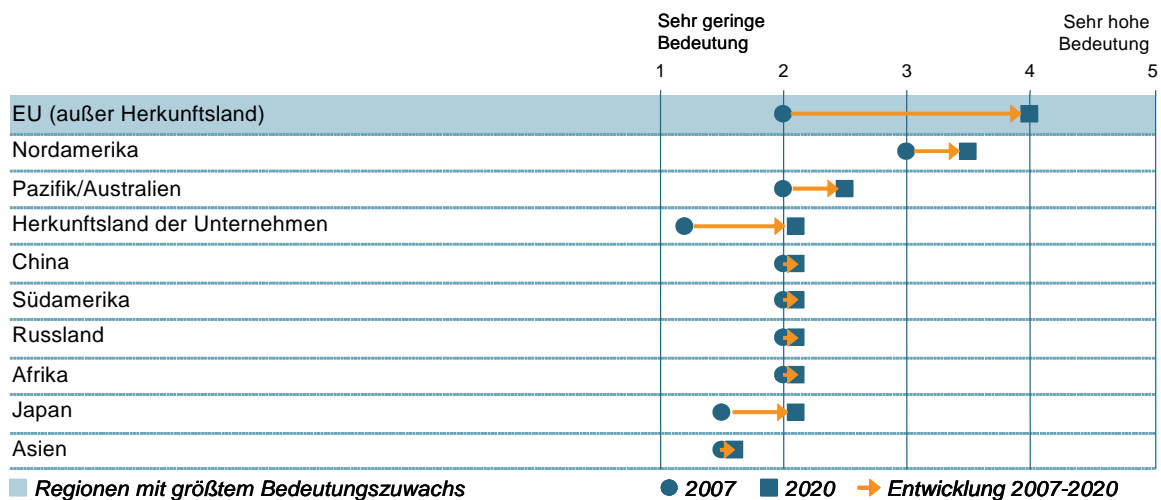
CAES-Speicher sind jedoch abhängig von geeigneten unterirdischen Kavernen, die nicht überall vorhanden sind. Auch die Turbinen müssen für den Einsatz bei stark schwankenden Luftvolumen und Temperaturen bis etwa 600°C und Drücken bis etwa 60 Bar weiterentwickelt werden und flexible Lade- und Entladezyklen des Speichers ermöglichen. Die einsetzbaren Speichermaterialien müssen definiert und verbessert werden.

6.2.3 Marktentwicklungen

In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die Marktgröße und die Wachstumsraten für die künftige Entwicklung der Technologie einzuschätzen. Das Weltmarktvolumen für die CAES-Technologie lässt sich nach ihren Aussagen nur sehr schwer beziffern. Der heutige Markt besteht aus den beiden existierenden CAES-Kraftwerken sowie Forschungs- und Demonstrationsprojekten. Das Volumen schätzen die befragten Unternehmen auf rund 30 Mio. Euro. Auch die Wachstumsraten für die Technologie halten sie wegen zahlreicher Unsicherheitsfaktoren für schwer prognostizierbar. Da die adiabate CAES-Technologie voraussichtlich erst 2015 eingesetzt werden kann, gehen die Unternehmen nicht davon aus, dass sich der Markt vor 2015 bedeutend entwickelt. Sie erwarten jedoch, dass bis 2010 eine weitere CAES-Anlage in Betrieb geht. Nach der Markteinführung der adiabaten Technologie im Jahr 2015 rechnen die Unternehmen mit einer deutliche Zunahme des Marktvolumens. Experten schätzen, dass es 2015 weltweit etwa fünf Kraftwerke geben wird. Für 2020 erscheinen insgesamt weltweit 10 bis 20 Anlagen möglich. Die Unternehmen schätzen das Marktvolumen für 2020 auf ungefähr 2 Mrd. Euro.

Nach Aussagen der Unternehmen hat die Politik großen Einfluss auf die Entwicklung des Marktes für CAES-Technologien. So verstärkt die politische Förderung der Windenergie die Nachfrage für Energiespeichertechnologien. Das kann zu verstärkter Erforschung der adiabaten Technologie und dem vorgezogenen Bau von CAES-Speicherkraftwerken führen. Andererseits behindert das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) den Fortschritt der Technologie, da es konstante Einspeisepreise für erneuerbare Energie garantiert und damit das Interesse an einer Zwischenspeicherung überschüssiger Energie reduziert: Energieversorger sehen bei konstanter Vergütung für Windenergie keinen finanziellen Anreiz, Niedriglaststrom zu speichern und ihn in der Hochlastzeit wieder ins Netz einzuspeisen.

Nach Ansicht der befragten Experten korreliert die Weiterentwicklung der Technologie stark mit der Verbreitung von Windenergie in dem jeweiligen Land. Hohes Entwicklungspotenzial sehen die Unternehmen, ausgehend vom heutigen Einsatz von Windenergie in Europa, vor allem für Deutschland, Dänemark, Frankreich und Spanien. Auch die USA könnten sich nach Meinung einiger Experten zu einem großen Abnehmer der CAES-Speicher entwickeln. In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten Regionen für die Verbreitung der Technologie zu nennen (vgl. Abbildung 59).



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 59: Bedeutung regionaler Märkte für Druckluftspeicherung 2007 und 2020

Europa ist heute vor allen anderen Weltregionen führend und wird es nach Einschätzung der Experten auch bleiben. Da die USA ebenfalls an der Weiterentwicklung der Technologie arbeiten, wird auch hier Potenzial gesehen. Andere Länder interessieren sich nach Einschätzungen der befragten Unternehmen kaum für die Druckluftspeicherung. Die künftige Entwicklung lässt sich aus ihrer Sicht schwer vorhersagen. Die Befragten gehen davon aus, dass die CAES-Technologie sich bis 2020 außer in der EU und den USA nicht durchsetzen wird. Was den Speicherbau betrifft, so ist für die befragten Unternehmen vor allem Deutschland führend im Bau von Untertage-Speichern. In den Forschungsprojekten zur CAES-Technologie sind hauptsächlich große europäische Unternehmen involviert. Neben Deutschland spielt die Schweiz eine entscheidende Rolle. Das Interesse der USA und der Bau des Norton-Kraftwerks lassen darauf schließen, dass auch hier ein potenzieller Markt entsteht. Es ist zu anzunehmen, dass sich zunächst nur diese beiden Absatzmärkte entwickeln werden.

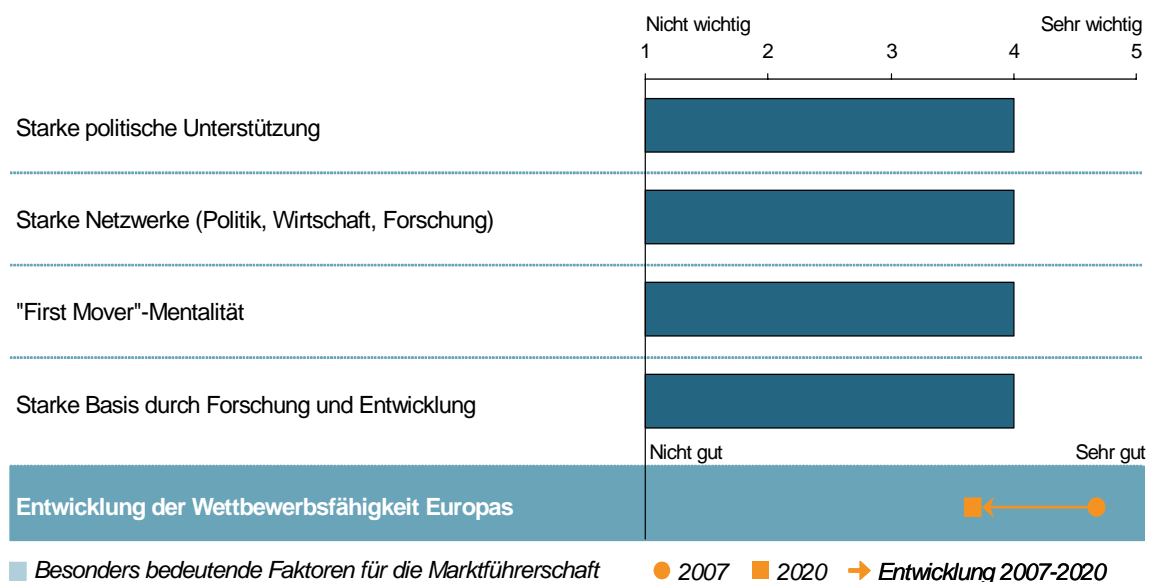
6.2.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

Der Markt für die CAES-Technologie besteht aus einer überschaubaren Anzahl beteiligter Firmen. Bislang sind drei bis vier große Energieversorgungsunternehmen und Konstruktionsfirmen für Untertagespeicher aktiv. Als Energieversorger sind vor allem die großen europäischen Unternehmen mit Forschungsprojekten zur Weiterentwicklung der Technologie beteiligt. Der Markt hat zwar mehrere Spieler, intensiv vorangetrieben wird die Weiterentwicklung und Vorbereitung der Markteinführung dieser Technologie jedoch vor allem von Alstom, die auch im Rahmen des EU-geförderten Projekts zur Weiterentwicklung der adiabaten CAES-Technologie (AA-CAES) federführend ist.

Die befragten Unternehmen sehen momentan zwischen den an der Forschung beteiligten Energieversorgern noch keinen Wettbewerb. Anders schätzen sie dagegen den Markt der Hersteller von Untertagespeichern ein. Hier erkennen die befragten Unternehmen bereits spürbaren Wettbewerb zwischen den Unternehmen, jedoch noch in mäßigem Umfang.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen alle zur Auswahl stehenden Faktoren als bedeutend für die Technologie. Die politische Unterstützung, starke Netzwerke zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, die "First mover" Mentalität sowie eine starke Basis durch Forschung und Entwicklung stufen sie jeweils als bedeutend ein.

Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute als sehr gut – erwarten jedoch einen Rückgang bis 2020 auf eine jedoch noch immer recht starke Wettbewerbsposition (vgl. Abbildung 60).



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 60: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Aufgrund des noch nicht etablierten Marktes ist die Einschätzung von Marktanteilen schwierig und wenig aussagekräftig. Nach Aussagen der Befragten kann man aber davon ausgehen, dass Europäische Unternehmen heute einen Marktanteil von über der Hälfte sowohl auf der Nachfrage- wie auf der Angebotsseite haben.

Bis 2020 erwarten die befragten Unternehmen einen leichten Rückgang des Anteils europäischer Unternehmen an der Produktion. Vor allem beim Bau der Speicher haben die deutschen Unternehmen eine schwer einholbare, bedeutende Stellung. Die Wettbewerbsposition Europas im Bereich der CAES-Technologie fasst Tabelle 8 in Form einer Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zusammen.

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Technologieführerschaft europäischer Unternehmen und Marktführerschaft im Kavernenbau • Regulierungen zu erneuerbaren Energien weit fortgeschritten • Vorhandene Infrastruktur durch Verbreitung von Windenergie 	<ul style="list-style-type: none"> • Technologischer Vorsprung führt bei Durchsetzung der Technologie zur weltweiten Übernahme europäischer Standards
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • EEG und andere Einspeisevergütungen, die Anreiz für Speichereinsatz reduzieren, sind in Europa weit verbreitet • Konzentration der Investitionen der Energieversorger auf Kohlekraftwerke • Keine Investitionssicherheit über langfristige Regulierungen und Abschreibungsmöglichkeiten gegeben 	<ul style="list-style-type: none"> • Wachsende Konkurrenz durch Bau des ersten adiabatischen CAES-Kraftwerks in den USA

Tabelle 8: Übersicht mit Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der CAES-Technologie in Europa

6.2.5 Erfolgsfaktoren und Hindernisse für Umweltinnovationen

In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten externen und unternehmensbezogenen Faktoren für den Erfolg von Innovationen im Bereich der CAES-Technologie hinsichtlich ihrer Bedeutung und ihres Erfüllungsgrads zu bewerten (vgl. Abbildung 61).

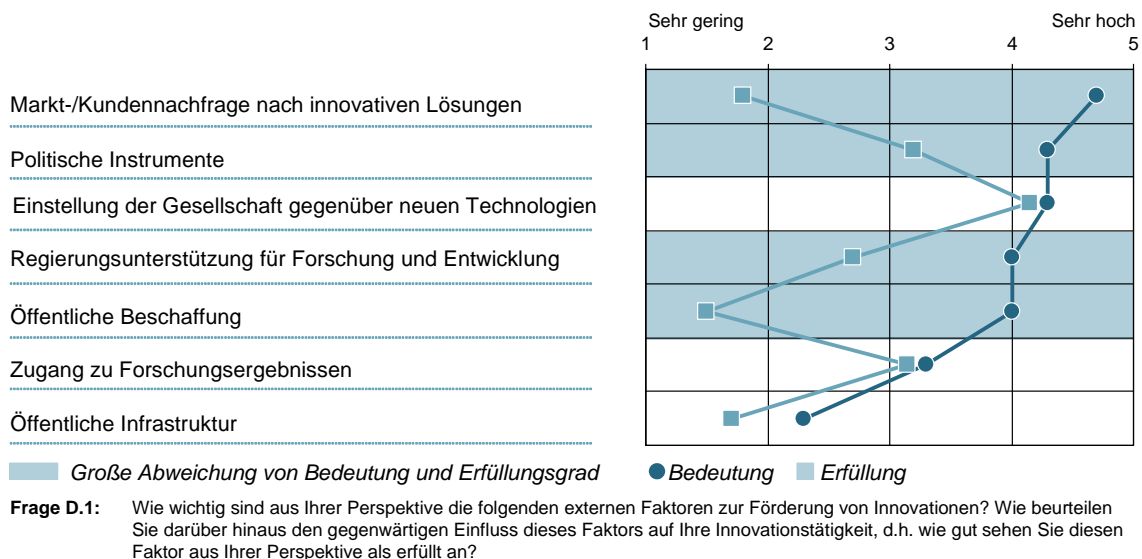


Abbildung 61: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Der wichtigste externe Erfolgsfaktor für die Verbreitung der Technologie ist nach Ansicht der Unternehmen die Nachfrage. Momentan bewerten es die Unternehmen als sehr wichtig, dass die Politik die Nachfrage nach Druckluftspeicherung und die Entstehung eines Marktes fördert, da die Technologie wegen ihrer hohen Anfangsinvestitionen und der technologischen Unsicherheiten sonst nicht nachgefragt wird. Diese Unterstützung ist, wie Abbildung 61 zeigt, nach Aussage der Befragten noch kaum vorhanden. Als zweitwichtigsten externen Erfolgsfaktor für die CAES-Technologie sehen die befragten Unternehmen die Ausgestaltung politischer Regulierungen. Stabile politische Rahmenbedingungen und Sicherheiten durch Regulierungen und Gesetze sind ihrer Meinung nach unverzichtbar, um Anreize für die notwendigen Investitionen in Forschungsprojekte und Demonstrationsanlagen zu schaffen. Diese Projekte sind vor allem zur Markteinführung der Technologie erforderlich. Unternehmen scheuen sich bisher, die hohen Investitionssummen für CAES-Speicher in Höhe von momentan noch mehr als 200 Mio. Euro aufzubringen. Darüber hinaus fordern die Befragten, obligatorische Regeln einzuführen, die eine Mindestkapazität an Speichern vorzuschreiben, um Energienetze zu entlasten und gleichzeitig die Technologie zu fördern. An dritter Stelle der bedeutendsten Erfolgsfaktoren steht die Einstellung der Gesellschaft. Diese ist aus Sicht der Unternehmen jedoch recht gut erfüllt. Darauf folgt die Bedeutung der politischen Unterstützung für Forschung und Entwicklung. Hier sollte nach Ansicht der Unternehmen die Politik weitere Fördermöglichkeiten anbieten, insbesondere zur Markteinführung der Technologie. Abbildung 62 zeigt, wie die befragten Unternehmen die unternehmensbezogenen Erfolgsfaktoren für die CAES-Technologie einschätzen.

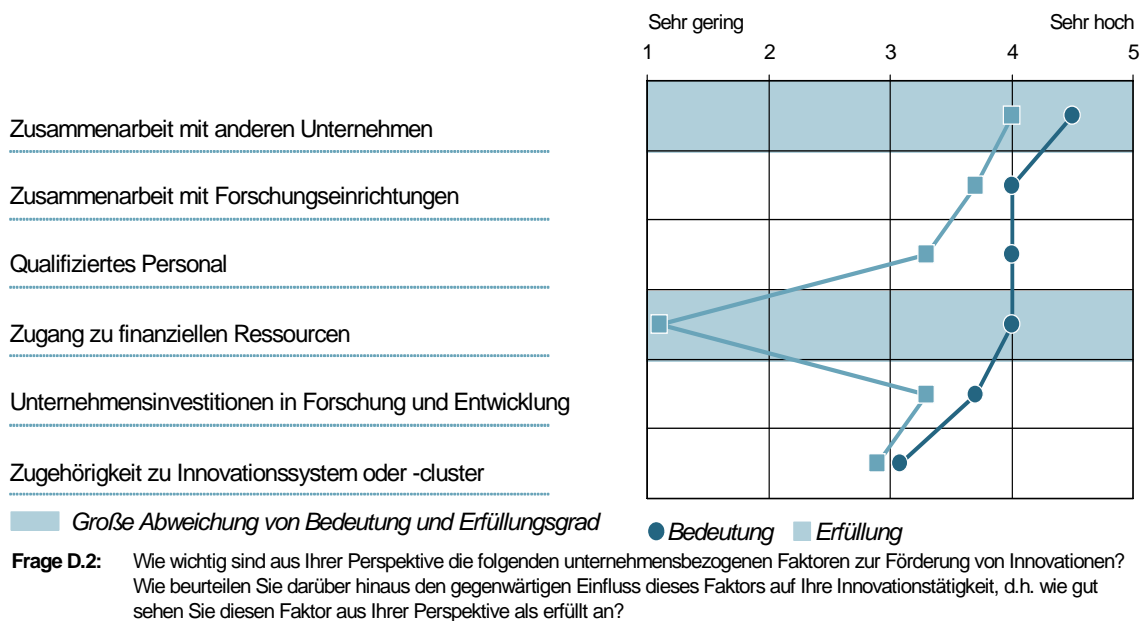


Abbildung 62: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Sie betrachten in der momentanen Entwicklungsphase der Technologie die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen als wichtigsten Erfolgsfaktor und beurteilen diesen Faktor auch als relativ gut erfüllt. Nach Ansicht der Unternehmen folgen darauf gleich drei Faktoren, deren Bedeutung sie als durchgängig sehr hoch einstufen, nämlich die Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen, qualifiziertes Personal und der Zugang zu finanziellen Ressourcen. Der Zugang zu finanziellen Ressourcen ist aus ihrer Sicht am wenigsten erfüllt. Hier sehen sie noch großen Verbesserungsbedarf. Die Unternehmen wünschen sich insbesondere einfacheren und unbürokratischeren Zugang zu günstigen Darlehen. Die anderen beiden Faktoren, Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen und der Zugang zu qualifiziertem Personal, sind aus Sicht der Unternehmen bereits recht gut erfüllt.

Als insgesamt größtes Hemmnis für Innovationen nannten die befragten Unternehmen die momentan mangelnde Nachfrage. Über die aufgeführten unternehmensbezogenen Erfolgsfaktoren hinaus liefert auch das aktuelle Gutachten des Energiewirtschaftlichen Instituts an der Universität zu Köln (EWI)³⁴ weitere Erkenntnisse zur Einsetzbarkeit der adiabaten CAES-Technologie. Das EWI hat sechs Faktoren für den Bau und Einsatz einer adiabaten CAES-Anlage definiert und verschiedene europäischen Ländern auf ihre Eignung für die Errichtung der Anlage überprüft. Die Untersuchung der einzelnen europäischen Länder im Hinblick auf diese Faktoren zeigt, dass die Niederlande der geeignetste Standort für eine CAES-Anlage sind. Alternativ sind Deutschland, Spanien, Belgien oder

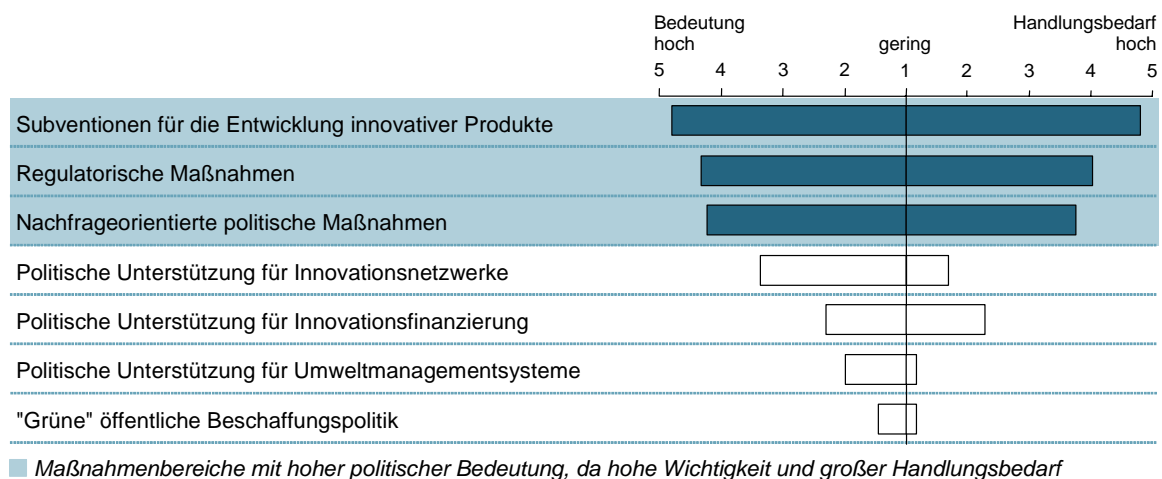
³⁴ Vgl. Gatzert, Christoph: Modellgestützte Wirtschaftlichkeitsanalyse innovativer Speichertechnologien am Beispiel eines adiabaten Druckluftspeichers, in: Tagungsband des 8. Symposiums Energieinnovationen, "Erfolgreiche Energieinnovationsprozesse" 2004.

Großbritannien denkbar. Als wenig sinnvoll bewertet das EWI die Installation einer Anlage in Österreich, der Schweiz, Frankreich, Dänemark, Schweden, Italien oder Norwegen.

6.2.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Nach Aussagen der befragten Unternehmen hat in Deutschland die Entscheidung für die verstärkte Förderung erneuerbarer Energien dazu beigetragen, die Forschungsinitiativen in punkto Speichermöglichkeiten für erneuerbare Energien auszubauen. Andererseits hat das Erneuerbare-Energien-Gesetz auch negative Auswirkungen, da es den Anreiz einschränkt, Speicheroptionen auch tatsächlich einzusetzen.

Am wichtigsten beurteilen die befragten Unternehmen politische Regulierungen auf nationaler Ebene, gefolgt von europäischen Regulierungen. Die Bedeutung internationaler und regionaler Regulierungen stufen sie dagegen gering ein. Im Verlauf der Interviews wurden Unternehmen darüber hinaus gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten und für jedes Instrument den Handlungsbedarf zu definieren (vgl. Abbildung 63).



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich Energiespeicherung durch Druckluft zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 63: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen

Die Unternehmen betrachten Subventionen für die Entwicklung innovativer Lösungen als wichtigste Maßnahme. In diesem Feld sehen sie auch den größten Handlungsbedarf. Um die CAES-Technologie kommerziell in den Markt bringen zu können, muss in erster Linie die technologische Entwicklung vorangetrieben werden. Und diese bedarf der Unterstützung durch Subventionen. An zweiter Stelle bezüglich ihrer Bedeutung folgen regulatorische Maßnahmen. Die Unternehmen wünschen sich Unterstützung durch politische Regulierungen, die den Einsatz der Technologie fördern. Eine Regulierung, die Netzbetreiber zur Bereitstellung einer Mindestspeicherkapazität verpflichtet, um die

Energieversorgung auch bei einem Ausfall der Grundlastkraftwerke sicherzustellen, ist aus Sicht der Unternehmen denkbar und sehr förderlich für die Verbreitung von Druckluftspeichern. Die drittgrößte Bedeutung räumen die Befragten nachfrageschaffenden Maßnahmen ein (vgl. Abbildung 63). So könnten Einspeise-Tarife oder ein Marktanreizprogramm die Nachfrage nach Speichern auf der Verbraucherseite steigern und die Hemmschwelle vor den hohen Anfangsinvestitionen reduzieren, um so einen Markt zu entwickeln.

Darüber hinaus schreiben die Unternehmen dem europäischen Forschungsprojekt AA-CAES zur Förderung der internationalen Marktdurchdringung und des Exports große Bedeutung zu. Es dient der Weiterentwicklung des adiabaten Speicherkraftwerks und soll wirtschaftliche Wege der Energiespeicherung entwickeln, damit alternative Formen der Energiegewinnung nicht länger additiv bleiben, sondern fester Bestandteil des Energieversorgungsnetzes werden. Dieses Projekt fördert speziell die Druckluftspeicherung. Auch die Initiativen der Deutschen Energie Agentur (dena) als Austauschplattform spielen in den Augen der Unternehmen zur Koordination der Projekte für erneuerbare Energien und zur Steuerung der Fortschritte eine entscheidende Rolle. Dabei fällt auf, dass bisher nur wenige Forschungsprogramme für Energiespeicherung mit CAES existieren. Auf europäischer Ebene stehen aktuell nur folgende weitere Förderprogramme zur Verfügung:

- Neben dem AA-CAES-Projekt gibt es auf europäischer Ebene das EU-Deep Projekt (EU-Distributed EnErgy Partnership). Es fördert die dezentrale Energieversorgung mit erneuerbaren Energien und unterstützt die notwendigen technischen Weiterentwicklungen von der Gewinnung der Energie bis zu ihrer Speicherung.
- Im Rahmen des europäischen Förderprogramms ALTENER zur Förderung alternativer Energien können ebenfalls CAES-Projekte bezuschusst werden. Ziel des Programms ist es, die Entwicklung der Infrastruktur für alternative Energien voranzutreiben und europäische Forschungsansätze zu harmonisieren. Die Unternehmen beurteilen die Relevanz des Programms für die CAES-Technologie jedoch als eher gering.

In Deutschland unterstützt die Bundesregierung Speichertechnologien mit dem Fünften Energieforschungsprogramm. Darüber hinaus fördert das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit drei Forschungsprojekte zur Integration von Windstrom ins Netz. Dazu gehören das Projekt der STEAG Saar Energie AG und der Kali-Umwelttechnik GmbH, die Möglichkeiten erforschen, um Windenergie mit Hilfe von Druckluft in stillgelegten Salzbergwerken zu speichern. Im dritten Projekt unter Beteiligung der TU Clausthal entwickeln Forscher die gleichmäßige Abgabe von Windstrom ins Energienetz weiter, indem die drei Technologien Windstromerzeugung, Druckluftspeicherung und Schwachgasverstromung kombiniert werden. Oft sind diese Förderprogramme und die laufenden Projekte den befragten Unternehmen nicht bekannt.

6.2.7 Handlungsempfehlungen

Insgesamt ist im Bereich der CAES-Technologie in erster Linie eine rasche Weiterentwicklung der adiabaten Technologie nötig. Durch gezielte Forschungsförderung mit ambitionierten Zielen kann diese Technologie schneller zur großtechnischen Einsetzbar-

keit am Markt gelangen. Da sich die europäische Firma Alstom zur intensiven Weiterentwicklung der adiabaten CAES-Technologie entschlossen hat, sollte die Politik diese Entscheidung finanziell unterstützen. Aus Sicht der Unternehmen sind insbesondere für die kommenden Jahre Subventionen für Demonstrationsanlagen und Unterstützung bei der Markteinführung nötig.

7. Membrantechnologie in der Wasserwirtschaft

7.1 Überblick

Für die Vertiefungsstudie wurden auf europäischer Ebene Gespräche mit Unternehmen geführt, die Membranen für wasserwirtschaftliche Anwendungen herstellen, etwa zur Trinkwasseraufbereitung, Abwasserbehandlung oder Entsalzung. Neben Unternehmen, die sich auf die Herstellung dieser Membranen spezialisiert haben, wurden auch solche befragt, die über die Membranen hinaus ganze Module und Filtrationssysteme zur fertigen Anwendung für den Endnutzer entwickeln und herstellen.

Eine Membran ist eine dünne Schicht, die zwei unterschiedliche Stoffgemische (Lösungen oder Gase) voneinander trennt und für verschiedene Substanzen unterschiedlich durchlässig ist. Membranen können aus verschiedenen anorganischen oder organischen Materialien gefertigt werden. Für anorganische Membranen kommen keramische und metallische Werkstoffe, Glas oder Glaskohlenstoff zum Einsatz. Organische Membranen werden aus Polymeren wie zum Beispiel Zellulose-Derivaten, Polycarbonaten, Polyamiden, Polypropylen oder Silikon hergestellt. Je nach Art und Zusammensetzung der Polymere weisen Membranen zwei unterschiedliche Eigenschaften auf: sie sind hydrophile (wasseranziehende) oder hydrophobe (wasserabweisende) Membranen.

Den größten Marktanteil haben heute vornehmlich aus Kostengründen Membranen aus Kunststoff (Polymere). Keramikmembranen sind aufgrund ihrer höheren Herstellungskosten weniger verbreitet, sie sind jedoch bruchfester und chemikalienresistenter.

Unabhängig von den Materialien, aus denen sie bestehen, lassen sich Membranen über die Größe der Partikel einteilen, die die Membran gerade noch passieren können. Die übergeordnete Einteilung erfolgt dabei in poröse und nichtporöse Membranen. Zu den porösen Membranen gehören Mikro- und Ultrafiltrationsmembranen. Im Trennprozess passieren die Stoffe die Membran durch Poren. Alle Moleküle, die größer als der Porendurchmesser der Membran sind, werden von dieser zurückgehalten. Die Membranen für Nanofiltration und Umkehrosmose haben dagegen keine Poren. Sie gehören daher in die Gruppe der nicht-porösen Membranen, die eine andere Funktionsweise haben. Die Filtration erfolgt über einen Ionenaustausch, bei dem Stoffe durch die Membran diffundieren. Dieser Prozess liefert eine bessere Wasserqualität, erfordert jedoch teilweise extrem hohen Druck und ist sowohl zeitlich als auch energetisch (durch die aufzubauende Druckdifferenz) deutlich aufwendiger.

Mikrofiltrationsmembranen (MF) filtern Partikel von 100 bis 10.000 Nanometer (nm) Größe aus dem Medium und sind das dominierende Membransystem zur Abwasserbehandlung und Trinkwasseraufbereitung. Die Mikrofiltration macht in Europa knapp die Hälfte des

Umsatzes für Membransysteme in der kommunalen Abwasserbehandlung aus, auch weil sie eine sichere Methode zur Entfernung von Mikroorganismen darstellt. Ultrafiltrationsmembranen (UF) sind mit ihren deutlich kleineren Poren eine Weiterentwicklung der Mikrofiltration. Die Ultrafiltration, die Partikel in der Größenordnung von 10 bis 100 nm zurückhält, macht in Europa knapp ein Drittel des Membranumsatzes aus. Mit Nanofiltrationsmembranen (NF), die Partikel von 1 bis 10 nm aus dem Wasser filtern, ist eine gezielte Reduzierung unerwünschter Bestandteile wie Schwermetalle oder Kalk zur Wasserteilenthärtung möglich. Diese Technologie macht bisher nur etwa ein Zehntel der Umsätze aus. Über Umkehrosmosemembranen (UO) schließlich werden selbst Partikel unter 1 nm Größe herausgefiltert. Sie werden daher hauptsächlich in Entsalzungsanlagen eingesetzt. Abbildung 64 verdeutlicht das Trennprinzip verschiedener Membranen.

	Wasser, Lösungs- mittel	Säuren, Laugen, einwertige Salze	Schwermetalle, Farbstoffe, zweiwertige Salze	Bakterien, Viren	Suspendierte Feststoffe, Feinstpartikel
Mikrofiltration (MF) 1-5 bar	↘	↘	↘	↘	↗
Ultrafiltration (UF) 1-10 bar	↘	↘	↘	↗	↗
Nanofiltration (NF) 10-40 bar	↘	↘	↗	↗	↗
Umkehrosmose (UO) 15-120 bar	↘	↗	↗	↗	↗

Abbildung 64: Funktionsprinzip und Anwendung verschiedener Membranen

Die Wertschöpfungskette bei der Produktion von Membrantechnologien umfasst im Wesentlichen zwei Stufen: zum einen die Herstellung der Membranen aus keramischen oder metallischen Stoffen oder Rohstoffen auf Erdölbasis sowie deren Weiterverwendung zum Bau von Membranmodulen, etwa als Hohlfaser-, Rohr-, Platten-, oder Kapillarmodule. Zum anderen werden die produzierten Membranen oder Membranmodule anschließend an Kunden verkauft, die sie in Anlagen einbauen, so zum Beispiel in Abwasserreinigungs- oder Entsalzungsanlagen. Diese Systemintegration sowie die Wartung und der Austausch der Membranmodule werden in dieser Studie nicht betrachtet.

Nach Einschätzung der befragten Unternehmen ist die Lebenszyklusphase, in der sich die Membrantechnik befindet, stark von den betrachteten Anwendungen abhängig. Die Mikrofiltration ist eine etablierte Technologie, die bereits seit vielen Jahren zur Wasseraufbereitung eingesetzt wird. In diesem Fall lässt sich von einem reifen Markt sprechen.

Ebenfalls seit Jahrzehnten weltweit angewendet werden Umkehrosmosemembranen, für die es insbesondere wegen ihrer Einsatzfähigkeit in Entsalzungsanlagen einen weltweiten reifen Markt gibt.

7.2 Technologische Entwicklungen

Mehr als drei Viertel der heute eingesetzten Membranen bestehen aus Kunststoff, gefolgt von solchen aus Keramik. Beide Membrantypen weisen unterschiedliche Eigenschaften und damit auch Vor- und Nachteile auf, die laut der befragten Unternehmen jedoch immer anwendungsbezogen betrachtet werden müssen.

Polymermembranen haben gegenüber Membranen aus Keramik den Vorteil einer höheren Flächeneffizienz, das heißt dieselbe Reinigungsleistung lässt sich mit kleineren Systemen erreichen. Außerdem sind sie kostengünstiger herzustellen und für jede Trenngrenze verfügbar. Es gibt also Polymermembranen für alle Anwendungen der Mikro, Ultra- und Nanofiltration und der Umkehrosmose. Sie sind jedoch unter Umständen weniger bruchfest und stabil und haben eine insgesamt kürzere Lebensdauer. Keramikmembranen hingegen sind auch unter chemischer und/oder thermischer Belastung, etwa durch aggressive Lösungen oder sehr hohe Temperaturen, sehr beständig. Nach Expertenmeinung haben Keramikmembranen im Dauerbetrieb eine Lebensdauer von etwa acht Jahren. Nach Aussagen der Unternehmen wurden aber in den letzten Jahren zahlreiche Fortschritte bei der Anwendungsbandbreite von Polymermembranen erzielt, die damit zu den Keramikmembranen aufschließen. Einige Unternehmensvertreter zeigten sich überzeugt, dass die Leistungen und Funktionen von Polymermembranen mit denen aus Keramik vergleichbar sind oder es in naher Zukunft sein werden.

Ein von vielen Unternehmen bestätigter Trend in der Membrantechnologie ist ihr zunehmender Einsatz zur Trinkwasseraufbereitung, aber auch zur Abwasserbehandlung in zentralen und dezentralen Anlagen. Um diese sehr unterschiedlichen Bereiche bedienen zu können, beschreiben die Unternehmen ihre Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten als überwiegend anwendungsbezogen. Im Mittelpunkt stehen dabei die Optimierung bestehender Membranen hinsichtlich neuer Applikationen und die Verringerung der notwendigen Wartungsarbeiten. Ziel der Unternehmen ist es, auf spezielle Anforderungen zugeschnittene bruchssichere und zuverlässige Membranen anzubieten, die sich durch eine möglichst lange Lebensdauer bei geringen Betriebskosten auszeichnen.

Für die membrantechnologisch schon sehr weit entwickelte Umkehrosmose ist aus Sicht der Unternehmen vor allem die Entwicklung größerer Module wichtig, weil zentrale Meerwasserentsalzungsanlagen künftig weiter an Bedeutung gewinnen werden.

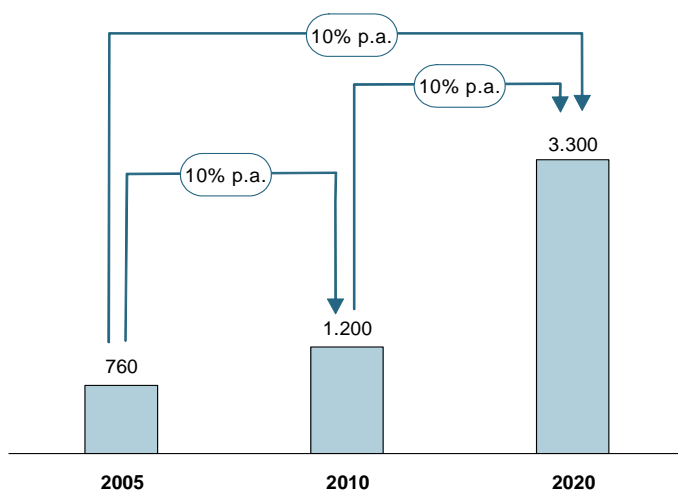
Die größte Chance für die Technologieentwicklung bieten die weltweit zunehmende Wasserknappheit und Wasserverschmutzung. Aufgrund ihrer Anwendungsvielfalt können Membranen hier spezifische Lösungen bieten. Laut Expertenmeinung ist die Technologie in der Wasserwirtschaft nicht nur für die Trinkwasseraufbereitung derzeit die beste Anwendung, sondern ihr werden auch zunehmend Chancen in der Abwasserbehandlung eingeräumt. Ein wesentlicher Vorteil von Membranen ist die Flexibilität, sie sowohl in kleinen, dezentralen Systemen als auch in zentralen Anlagen einzusetzen. Außerdem

kann bei der Anwendung von Ultrafiltration auf den Einsatz von Chemikalien zur Desinfektion verzichtet werden, da die Membran Krankheitserreger aus dem Wasser filtert. Unternehmen sehen darüber hinaus immer mehr Anwendungsmöglichkeiten in der Industrie. Über die Klärung von Abwässern mit Membranen können beispielsweise im Wasser gelöste Stoffe aufkonzentriert werden, die als Rohstoff wieder zur Verfügung stehen. Auch für das industrielle Prozesswasserrecycling sehen Membranhersteller, besonders in Hinblick auf steigende Wasserpreise, großes Potenzial für ihre Technologie.

Auch heute noch kann die Membrantechnologie keine hundertprozentige Wasserreinheit garantieren. Bricht nämlich eine Membran, kann das die Trinkwasserqualität erheblich beeinträchtigen und negative gesundheitliche Auswirkungen haben. Diese, wenn auch geringe Gefahr, erachten die befragten Unternehmen als ein wichtiges Hindernis und Risiko für den Einsatz der Membranen. Um das Problem zu lösen, verweisen Unternehmensvertreter auf die Möglichkeit, die Membrantechnologie in Kombination mit einer UV-Desinfektion (d.h. Desinfizierung des Wassers durch UV-Strahlung) einzusetzen. Trotz dieser Unsicherheiten sehen alle befragten Unternehmen für den künftigen Einsatz der Membrantechnologie jedoch weitaus mehr Chancen als Risiken.

7.3 Marktentwicklungen

Aufgrund der Betrachtung verschiedener Systemgrenzen von der Membran bis zur gesamten Anlage sowie der Spezialisierung einiger Unternehmen auf bestimmte Technologien (zum Beispiel nur Herstellung von UF-Membranen) wird das weltweite Marktvolumen sehr unterschiedlich eingeschätzt. Die befragten Unternehmen bezifferten es für Membranen und Membranmodule 2005 auf jährlich etwa 760 Millionen Euro. Laut Expertenmeinung steigt dieser Wert um das Vier- bis Fünffache, wenn die kompletten Systeme, also zum Beispiel auch ein Membranbioreaktor, in die Kalkulation einbezogen werden (vgl. Abbildung 65).



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 65: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR]

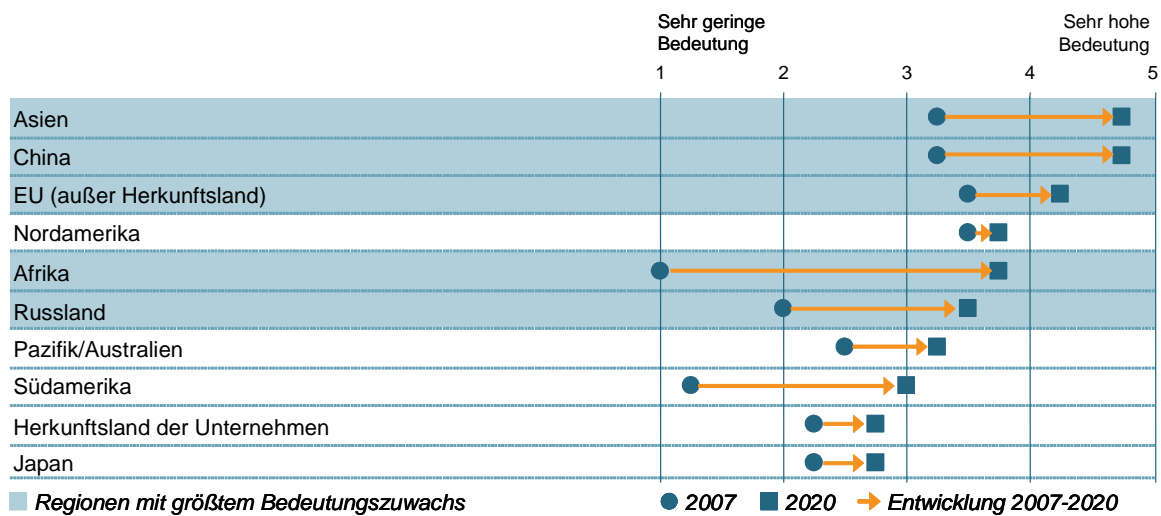
Die Unternehmen rechnen damit, dass der Markt für Membranen und Membranmodule bis zum Jahr 2010 auf über eine Milliarde Euro wächst, was einem durchschnittlichen Wachstum von rund zehn Prozent entspricht. Im Jahr 2015 wird für die Membrantechnologie ein weltweites Marktvolumen von ca. 2 Milliarden Euro erwartet, was sich bis 2020 auf annähernd 3,3 Milliarden Euro erhöhen wird (vgl. Abbildung 65).

Die Interviewpartner führen diese Marktentwicklung auf die soziale Akzeptanz, Preisentwicklungen und den Ressourcenschutz zurück. Im Einzelnen waren dies:

- Zunehmende Akzeptanz der Membrantechnologie, zum Beispiel in der Trinkwasseraufbereitung
- Wachsende Nachfrage nach Techniken zur Kreislaufschließung in der Industrie aufgrund steigender Preise für Wasser und Abwasser und den Anforderungen zur Wertstoffrückgewinnung
- Verschärfende Wasserknappheit in Schwellen- und Entwicklungsländern und Annäherung an die Ziele der "Millennium Development Goals" (unter anderem: Halbierung der Bevölkerung ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser bis 2015)
- Zunehmende, durch Übernutzung und klimatische Veränderungen bedingte Wasserknappheit auch in industrialisierten Regionen, etwa im Mittelmeerraum
- Wachsende Besorgnis aufgrund neuer Erkenntnisse über gesundheitsschädliche Wirkungen von im Wasser befindlichen Stoffen wie Pestiziden oder Hormonen und der Notwendigkeit, diese aus dem Wasserkreislauf zu beseitigen
- Einführung strengerer Normen für Trink- und Abwasser im Hinblick auf Umwelt- und Gesundheitsschutz

Die Unternehmen erwarten auch bis 2020 eine weiterhin positive Entwicklung des Marktes für Membranen und Membranmodule. Aussagen über Wachstumsraten lassen sich laut Expertenmeinung nicht fundiert treffen, Schätzungen bewegen sich im Bereich von zehn Prozent jährlich. Die Zunahme des Wachstums nach 2015 begründen die Unternehmen mit der zunehmenden Wasserknappheit in Regionen wie dem Mittleren Osten oder den Mittelmeerländern. Hinzu kommt, dass mit zunehmender Industrialisierung die Infrastruktur der Wasserversorgung ausgebaut wird, besonders in asiatischen Ländern (China, Indien). Diese beiden Länder wurden in den Interviews nahezu einheitlich als die entscheidenden Absatzmärkte genannt, die bis zum Jahr 2020 gemeinsam fast drei Viertel der Weltmarktes ausmachen (vgl. Abbildung 66).

E. Vertiefende Analyse der ausgewählten Techniklinien der Umweltwirtschaft



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 66: Bedeutung regionaler Absatzmärkte für Membrantechnologie 2007 und 2020

Laut Unternehmensaussagen gibt es derzeit vier starke regionale Absatzmärkte, die sich jedoch hinsichtlich der vorrangig eingesetzten Membranen unterscheiden. In Nordamerika (besonders in den USA), in Asien (hier vor allem in China) und in Europa ist die Membrantechnologie überwiegend in der Industrie und in Wasseraufbereitungsanlagen im Einsatz. Die dafür notwendigen Membranen liegen dementsprechend im Mikro- und Ultrafiltrationsbereich. Im Mittleren Osten mit seinem Hauptmarkt Saudi Arabien finden sich dagegen aufgrund regionaler Erfordernisse hauptsächlich Membranen für die Umkehrosmose in Entsalzungsanlagen.

In den sich stark entwickelnden Ländern China und Indien sehen die Unternehmen künftig einen steigenden Bedarf für Membranen durch die wachsende Bevölkerung und die fortschreitende Industrialisierung. Damit verbunden sind Maßnahmen gegen Wasserknappheit und Wasserverschmutzung.

Von hoher Bedeutung bleibt auch in Zukunft der arabische Raum. Afrika wird an Bedeutung gewinnen (vgl. Abbildung 66), allerdings wiesen die Unternehmen mehrfach auf die finanziellen Ressourcen als limitierenden Faktor hin. Weiterhin von Bedeutung ist der europäische Markt. Hier wird der Schwerpunkt jedoch weniger auf der Neuinstallation als auf dem Ersatz bestehender Anlagen liegen. Insgesamt zeigt sich, dass in allen Regionen künftig der Bedarf steigt, was die Bedeutung des Themas sichere Wasserversorgung und -entsorgung unterstreicht.

Die Membrantechnologie ist eine in unterschiedlichen Branchen einsetzbare Querschnittstechnologie, die aus Sicht der Unternehmen viele Anwendungsmöglichkeiten bereithält. Daher hat die politische Regulierung in Europa insgesamt nur einen geringen Einfluss auf ihre Entwicklung und Durchsetzung am Markt. Setzt man die Membran-

technologie ausschließlich für die Wasserwirtschaft ein, ist der politische Einfluss jedoch etwas größer, vor allem, weil Themen wie Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung in den europäischen Ländern unter die staatliche Hoheit fallen. Ungeachtet verschiedener begünstigender, teilweise aber auch erschwerender Regulierungen erwarten die befragten Unternehmen, dass die Membrantechnologie sich sukzessive durchsetzen wird, zumal angesichts der globalen Wasserproblematik kaum Alternativen existieren.

Ein Unternehmensvertreter erwähnte darüber hinaus, dass die Erschließung neuer Anwendungen für die Membrantechnologie neue Marktchancen eröffnen kann. Der Trend, Membranen etwa zunehmend für industrielle Anwendungen mit Wasserverbrauch einzusetzen, wurde auch in weiteren Interviews bestätigt.

7.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

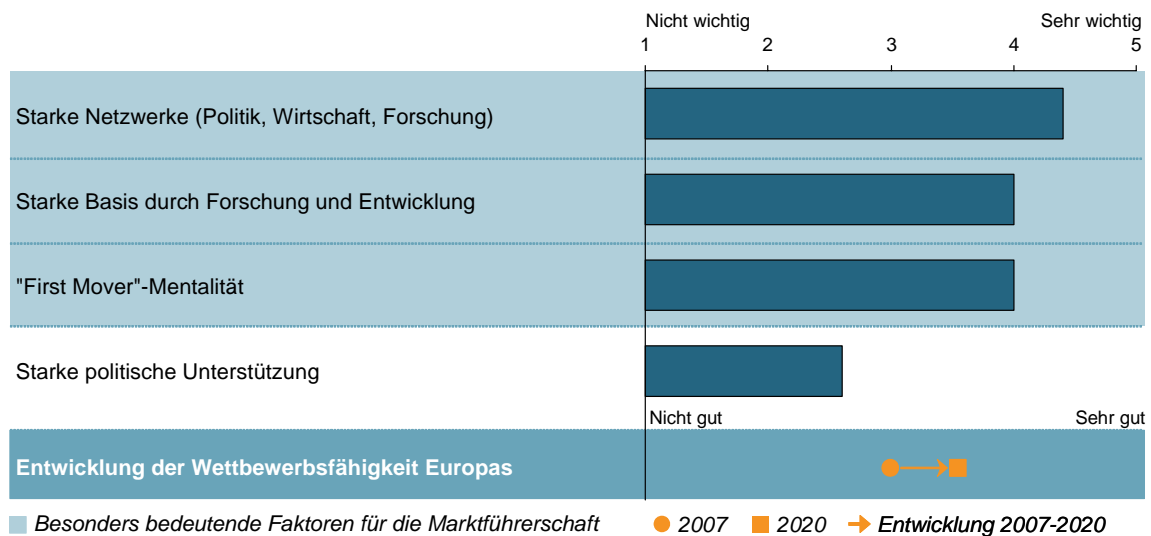
Weltweit gibt es etwa zehn bedeutende Anbieter von Membrantechnologie, die meisten und größten davon in den USA.

Der europäische Membrantechnikmarkt hingegen ist von mittelständischen Unternehmen geprägt sowie von kleineren Anbietern, die oft mit Forschungsinstituten oder anderen Unternehmen kooperieren und sich häufig noch in einer Start-up-Phase befinden. Nach Aussage von Unternehmensvertretern gab es in den letzten Jahren mehrere Übernahmen und Zusammenschlüsse. Beispiele dafür sind GE Water & Process Technologies, die Membranhersteller wie Osmonics und Zenon übernommen haben, oder Siemens, das US Filter gekauft hat. Diese Marktkonsolidierung wird sich nach Ansicht der Experten auch in den nächsten Jahren fortsetzen. Neben den Übernahmen kleinerer Unternehmen durch "Global Player" werden weitere Fusionen kleiner und mittlerer Unternehmen erwartet, die so versuchen, eine kritische Marktgröße zu erreichen. Eine aus Unternehmenssicht attraktive Möglichkeit ist die enge Zusammenarbeit von Membranherstellern mit Anlagenbauern, um spezifische Endprodukte anbieten zu können.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen drei Faktoren, denen sie eine identisch hohe Bedeutung beimessen. Diese sind starke Netzwerke zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik, eine starke Basis durch Forschung und Entwicklung sowie die Annahme einer sogenannten "First mover" Mentalität.

Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute im Mittelfeld und erwarten bis 2020 eine leichte Verbesserung der Wettbewerbsposition auf eine recht akzeptable Position (vgl. Abbildung 67).

E. Vertiefende Analyse der ausgewählten Techniklinien der Umweltwirtschaft



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

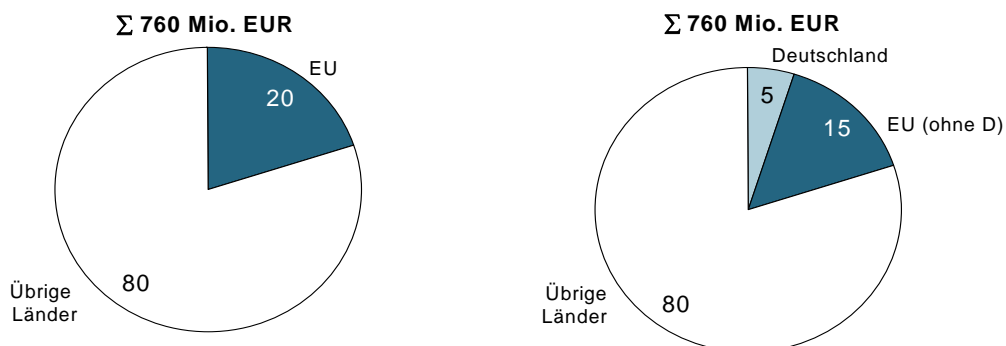
Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 67: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Nach Aussagen der Unternehmen hatte Europa 2005 einen Anteil am Weltabsatzmarkt von knapp 20 Prozent, was hauptsächlich auf Anwendungen in der Industrie zurückzuführen ist (vgl. Abbildung 68 links). Mit einer steigenden Verwendung von Membranen in kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen und Trinkwasseraufbereitungsanlagen sowie dem vermehrten Einsatz dezentraler Anlagen aufgrund des demografischen Wandels wird sich dieser Anteil aller Voraussicht nach erhöhen.

Weltmarktanteile am Absatzmarkt – Nachfrage



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 68: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]

Europäische Unternehmen haben nach eigenen Aussagen auf der Angebotsseite einen Anteil am weltweiten Membrantechnikmarkt von etwa einem Fünftel (vgl. Abbildung 68 rechts). Angaben der Unternehmen schwanken zwischen 3 und über 30 Prozent. Nach Unternehmensangaben ist eine genaue Bestimmung des Anteils aufgrund der unterschiedlichen Anwendungen der Membrantechnologie schwierig. Zum einen wurden in diesem Zusammenhang die Unterschiede zwischen porösen und nicht-porösen Membranen erwähnt, zum anderen spielt das Ausschließen bzw. Einbeziehen der Membrantechnologie in industriellen Anwendungen eine große Rolle.

Die befragten Unternehmen betrachten amerikanische Membrantechnologie-Unternehmen als weltweit führend. Die Größe des Marktes in den Vereinigten Staaten und in Kanada, so sagen sie, ermögliche es den Unternehmen, schneller zu wachsen und eine kritische Produktionsmenge zu erreichen. Europäische Unternehmen haben es schwerer, weil die Absatzmärkte in Europa aufgrund national orientierter Regelungen stark fragmentiert sind. Trotz ihrer geringen Anzahl und durchschnittlichen Größe ist der Marktanteil europäischer Unternehmen hoch, was insbesondere auf die starke Position in der Ultrafiltration zurückzuführen ist. Hier sehen die befragten Unternehmen Europa als Marktführer. Bei der Produktion von Umkehrosmosemembranen und deren Modulen spielen europäische Firmen nur eine untergeordnete Rolle.

Bis 2020 wird sich der Anteil europäischer Membrantechnologie-Unternehmen am Weltmarkt voraussichtlich leicht verringern. Begründet wird dies vor allem mit der zunehmenden Konkurrenz aus Asien. Neben der allgemein kostengünstigeren Produktion wird vor allem die steigende Qualifikation der Ingenieure eine Rolle spielen, besonders in China, Indien und Korea. Nach Aussagen der Interviewpartner wird die mittelständisch geprägte Industriekultur in Europa den europäischen Unternehmen hinsichtlich ihrer Wettbewerbsfähigkeit im wachsenden globalen Markt zunehmend Schwierigkeiten bereiten.

Der Marktanteil deutscher Unternehmen auf der Angebotsseite beträgt nur knapp 5 Prozent, da es nur wenige global positionierte deutsche Anbieter gibt, die außerdem vergleichsweise klein sind. Diese Position ist jedoch ausbaufähig, da Deutschland vor allem über hervorragendes technologisches Know-how verfügt.

Auf der Nachfrageseite ist der deutsche Markt für Membranen und Membranmodule durch die Etablierung konventioneller, zentraler Wasseraufbereitungsanlagen und die hohe Anschlussquote der Bevölkerung weniger bedeutend. Bei den Industrieanwendungen ist der deutsche Markt hingegen schon weit entwickelt, die Technologie wird bereits großflächig eingesetzt.

Die Wettbewerbsintensität ist nach Unternehmensaussagen sehr unterschiedlich. Der Markt für Umkehrosmosemembranen ist bereits seit Jahren etabliert und bezüglich der installierten Leistung (Leistung gemessen in m^3 gereinigtes Wasser pro Stunde) der größte Membrantechnikmarkt. Experten sehen hier weltweite Überkapazitäten, was einen sehr intensiven Wettbewerb und hohen Preisdruck nach sich zieht.

Der Markt für die noch relativ junge Technologie der Ultrafiltration ist nach Ansicht der Unternehmen derzeit noch stärker durch Kooperationen als durch Konkurrenz geprägt. In den Interviews gaben Unternehmen darüber hinaus an, dass sie mit innovativen, technologisch hoch entwickelten Produkten einen Wettbewerb über den Preis teilweise

vermeiden können. Zur Durchsetzung der Membranen in der Wasserwirtschaft wird in Europa ein Verdrängungswettbewerb erwartet, da die konventionellen Technologien weit entwickelt und etabliert sind.

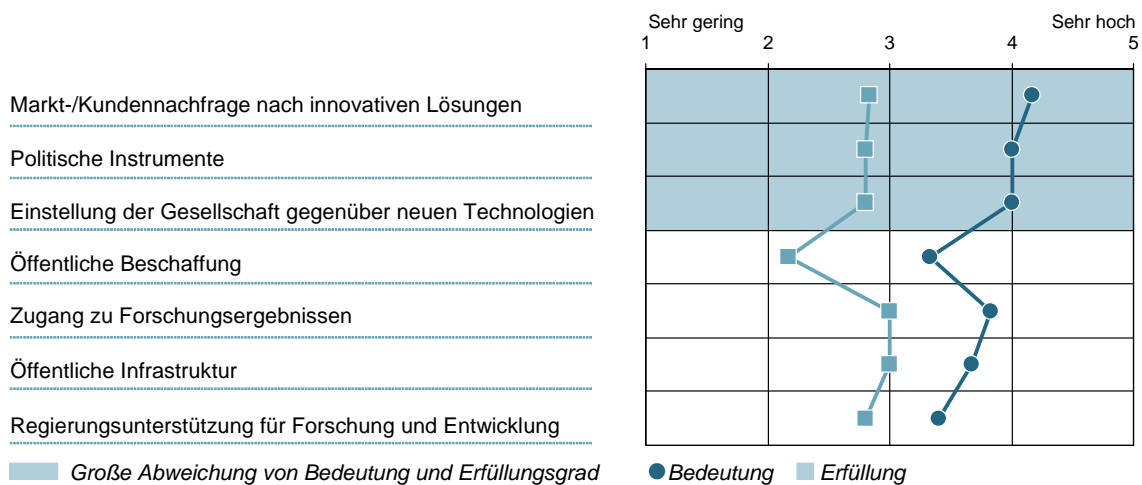
Folgende Übersicht zeigt die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken in Europa für die Membrantechnologie.

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none">• Wettbewerbsvorteile durch gutes technologisches Know-how der Unternehmen im Bereich der Ultrafiltration• Hohe Standards für Trink- und Abwasser, die den Einsatz von Membranen begünstigen (und damit einen Markt schaffen)	<ul style="list-style-type: none">• Millennium Development Goals, deren Erfüllung mit Ultrafiltrationsmembranen erreicht werden kann• Internationales Interesse an europäischer Technologie und Know-how (z.B. in China)• Steigender Bedarf in China und Indien und Durchführung von Pilotprojekten in diesen Ländern durch europäische Unternehmen
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none">• Überwiegend kleine und mittelständische Unternehmen, für die das Erschließen der Weltmärkte schwierig ist• National orientierte, nicht harmonisierte Gesetzgebung, die schnelle Zulassungsverfahren für neue Membranen behindert• Starke Fragmentierung des europäischen Nachfragemarktes, der aufwendige, national ausgerichtete Wachstumsstrategien verlangt	<ul style="list-style-type: none">• Potenzielle Verlagerung der Wertschöpfung durch Übernahmen dominierender Großunternehmen aus den USA• Zunehmende Konkurrenz durch Unternehmen mit qualifizierten Ingenieuren aus Asien• Mögliche Patentrechtverletzungen, Kopieren technologischer Lösungen von Unternehmen in Ländern mit niedrigeren Produktionskosten

Tabelle 9: Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zur Membrantechnologie in Europa

7.5 Erfolgsfaktoren und Hindernisse für Umweltinnovationen

In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten externen und unternehmensbezogenen Faktoren für den Erfolg von Innovationen zu nennen. Abbildung 69 zeigt die Auswertung der externen Faktoren, geordnet nach ihrer Differenz zwischen Bedeutung und Erfüllungsgrad.



Frage D.1: Wie wichtig sind aus Ihrer Perspektive die folgenden externen Faktoren zur Förderung von Innovationen? Wie beurteilen Sie darüber hinaus den gegenwärtigen Einfluss dieses Faktors auf Ihre Innovationstätigkeit, d.h. wie gut sehen Sie diesen Faktor aus Ihrer Perspektive als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 69: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Die Unternehmen sehen in der Nachfrage für innovative Produkte, der Regierungspolitik sowie der Akzeptanz der Gesellschaft für neue Technologien die wichtigsten externen Erfolgsfaktoren für Innovationen. Für diese Faktoren ist auch die Differenz zwischen Bedeutung und Erfüllung am größten, was einen großen Handlungsbedarf impliziert.

Die Kundennachfrage ist aus Sicht der Unternehmen für einen Innovationserfolg der Membrantechnologie sehr wichtig, allerdings bleibt die tatsächliche Nachfrage hinter den Erwartungen zurück. Ein Grund für diese Zurückhaltung liegt sicherlich in den noch vergleichsweise hohen Preisen dieser Technologie. Instrumente, die an diesem Punkt ansetzen, könnten daher die Marktposition dieser Unternehmen verbessern. Die Interviewpartner schlugen mehrfach vor, strengere Abwasservorgaben einzuführen und konsequent zu kontrollieren. Alle Richtlinien und Gesetze, die hohe Anforderungen an die Wasserqualität stellen und aktuelle Forschungsergebnisse einbeziehen, wie etwa die zunehmende Belastung der Gewässer durch endokrine Substanzen, kommen der Membrantechnologie zugute.

Dieser Ansatz korreliert eng mit dem Faktor Regierungspolitik, den die befragten Unternehmen ebenfalls nur als wenig erfüllt einstufen (vgl. Abbildung 69). Als positives Beispiel nannten Unternehmensvertreter die deutschen Abwassergebühren. Durch den Einsatz von Membranen lassen sich industrielles Prozesswasser wieder verwenden, Schadstoffe effizienter aus dem Abwasser abtrennen und Abwasserkosten sparen. Es wird daher erwartet, dass der weitere Fortschritt des Gewässerschutzes sowie steigende Gebühren für Abwässer die Nachfrage nach Membrantechnologie steigern werden.

Als nächsten, gleichwertig wichtigen und wenig erfüllten Erfolgsfaktor für Innovationen sehen die Unternehmen die Einstellung der Gesellschaft gegenüber neuen Technologien. Insbesondere bei der Trinkwasseraufbereitung bestehen aus Sicht der Unternehmen noch Vorbehalte gegenüber Membranen. Hier könnten gemeinsame politische und unter-

nehmerische Initiativen zur Information und Aufklärung (Unternehmensverbände, Verbraucherzentralen, Informationsveranstaltungen an Universitäten) der Bevölkerung Abhilfe leisten und der Membrantechnologie in den Fällen zur stärkeren Anwendung verhelfen, in denen eine Rohwasserqualität vorliegt, die mehr als reine Filtration erfordert.

Der Zugang zu Forschungsergebnissen, die Regierungsunterstützung für Forschung und Entwicklung sowie die öffentliche Infrastruktur werden als etwas weniger wichtig und weitgehend zufriedenstellend erfüllt angesehen. Die öffentliche Beschaffung ist verglichen mit den anderen Faktoren weniger wichtig, aber auch am wenigsten ausgeprägt. Da Regierungen und die öffentliche Hand jedoch erheblichen Einfluss auf die Wasserwirtschaft haben, sollte dieser Faktor verbessert werden. Das könnten zum Beispiel finanzielle Anreize für Kommunen sein, die sich beim Bau und der Sanierung von Abwasserbehandlungsanlagen für die Membrantechnologie entscheiden.

Für alle befragten Unternehmensvertreter ist qualifiziertes Personal der wichtigste unternehmensbezogene Erfolgsfaktor für Innovationen (vgl. Abbildung 70).

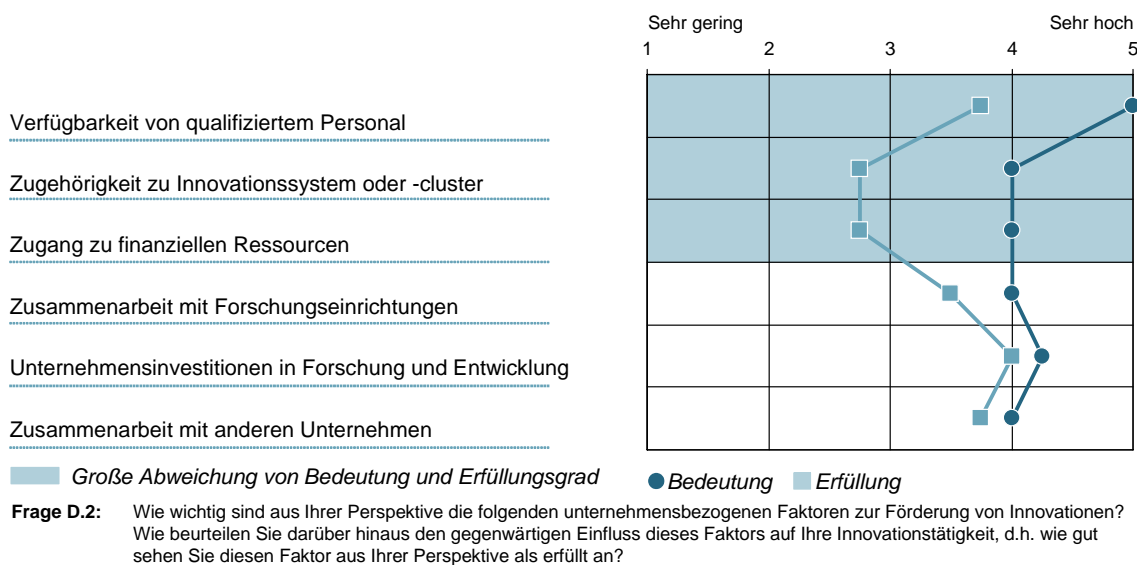


Abbildung 70: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Die Membrantechnologie verlangt nicht nur Know-how bei der Herstellung von Membranen, sondern auch bei ihrer Anwendung, beispielsweise beim Prozessdesign, der Prozesssteuerung und -überwachung. Die Unternehmen stellten diesbezüglich heraus, dass es Europa nicht gelingen wird, kostengünstiger als in anderen Ländern zu produzieren und dass demzufolge besonderes Augenmerk auf die technologische Führungsposition Europas gelegt werden muss. Auch mit Blick auf die zukünftige Entwicklung äußerten sich die Unternehmensvertreter zurückhaltend. Sie bieten größtenteils ihrem Personal firmeninterne Weiterbildungen an, sehen jedoch auch die Politik in der Pflicht, die Ausbildung von Ingenieuren und Wissenschaftlern mehr zu unterstützen. Zur erfolgreichen Weiterentwicklung der Membrantechnologie sind neben spezialisierten und hoch-

qualifizierten Fachleuten auch "Querdenker" nötig, die die einzelnen, für Innovationen wichtigen Bereiche, verknüpfen. Sie erschließen so zum Beispiel für ingenieurtechnische Probleme Quellen für finanzielle Förderungen oder steuern Produktoptimierungen nicht nur aus technischer Sicht, sondern auch unter Marktgesichtspunkten. Hier wird insbesondere für die angestrebte technologische Marktführerschaft Europas Handlungsbedarf gesehen. Diese Querschnittstechnologie sollte stärkeren Eingang in die Universitäten finden. Sie bietet eine Chance für qualifizierte Arbeitskräfte in einem sich etablierenden Zukunftsmarkt.

Die Zugehörigkeit zu Innovationsclustern sowie der Zugang zu finanziellen Ressourcen werden in der Bedeutung gleich gewichtet. Innovationssysteme sind insofern von Bedeutung, da sie Spezialisten zusammenbringen, um sich fachübergreifend auszutauschen. In diesem Zusammenhang schätzen einige Unternehmensvertreter auch den Austausch mit Kollegen über ihre Forschungsergebnisse.

Mangelnde finanzielle Ressourcen benannten Unternehmen explizit als Hemmnis für Innovationen. Die Membrantechnologie-Branche in Europa ist überwiegend von mittelständischen Unternehmen geprägt, für die eine Bewerbung um EU-Unterstützungsprogramme einen unverhältnismäßig großen bürokratischen und administrativen Aufwand bedeutet. In diesem Zusammenhang wurden auch fehlende Informationen über relevante Förderungen als innovationshemmend genannt. Während große Unternehmen durchaus die personellen Kapazitäten haben, um diese Informationen zu beschaffen und Fördermittel zu beantragen, ist dies aus Kostengründen bei kleinen und mittleren Unternehmen häufig nicht der Fall.

Was Forschung und Entwicklung betrifft, und hier vor allem die Grundlagenforschung, fühlen sich die Unternehmen im Allgemeinen von der Politik ausreichend unterstützt. Da der Erfolg von Innovationen jedoch stark vom Überleben der Produkte am Markt abhängt, nannten die befragten Unternehmen die fehlende Unterstützung für die Markteintrittsphase als ein wesentliches Hemmnis. Hier könnten Experten Empfehlungen geben, wie die risikoreiche Markteinführung von innovativen Produkten erfolgreich gestaltet werden kann. Diese Experten könnten den Unternehmen mit Informationen über rechtliche Vorschriften, den Markt oder Marketingaspekten sowie strategischen Ratschlägen zur Seite stehen.

Als größtes Hindernis für Innovationen nannten die befragten Unternehmen sowohl die oben angesprochenen fehlenden Informationen über relevante Förderprogramme als auch den Mangel an qualifiziertem Personal. Als Erfolgsfaktoren nannten die Befragten die Entwicklung von Differenzierungsfaktoren im Wettbewerb durch die Unternehmen und die gemeinsame Produktentwicklung mit Kunden, um die Technologie an deren individuelle Bedürfnisse anpassen zu können.

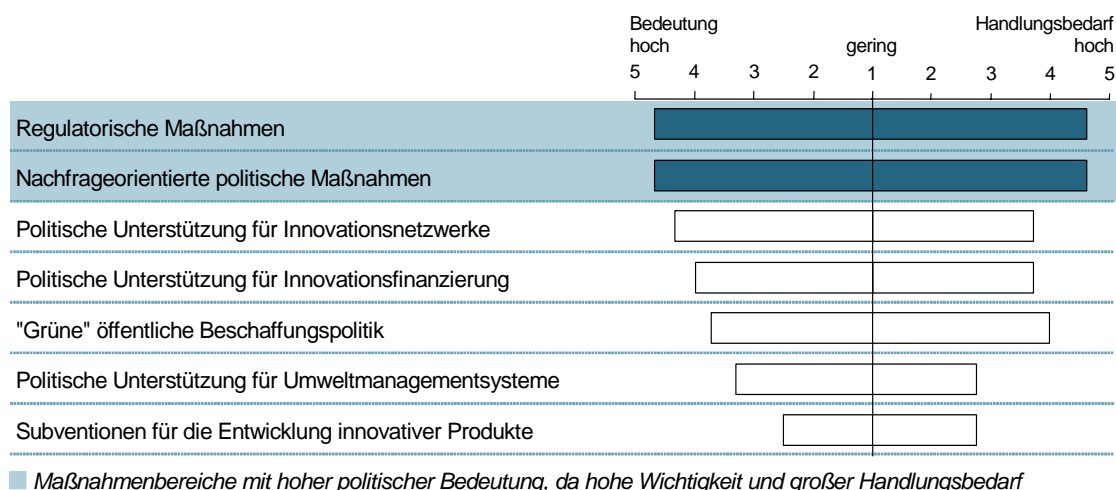
Auf die Frage, welches politische Instrument zur Unterstützung der internationalen Marktdurchdringung noch nützlich ist, verweisen die Unternehmen auf die bereits angesprochene Vereinheitlichung der Zulassungsvoraussetzungen.

7.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Im Verlauf der Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten und eine Handlungsnotwendigkeit für jedes Instrument zu definieren. Abbildung 71 zeigt die Zusammensetzung der Antworten.

Die Unternehmen beurteilen die Regulierungen auf europäischer Ebene mit Abstand als die bedeutendsten Vorschriften, gefolgt von den nationalen Regulierungen der einzelnen Staaten. Internationale und regionale Regulierungen spielen für sie hingegen nur eine untergeordnete Rolle.

Als politisches Instrument mit besonders positiven Auswirkungen nannten die Unternehmen die EU-Trinkwasser-, Badewasser- und Abwasserrichtlinien. Politische Instrumente mit negativen Auswirkungen sind nach Meinung der Unternehmen dagegen die uneinheitlichen Verfahren und Vorschriften für die Zulassung der Membranen in den verschiedenen EU-Ländern.



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich Membrantechnologie zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 71: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente

Aus Unternehmenssicht haben regulatorische und nachfrageorientierte politische Maßnahmen die größte Bedeutung für die Förderung von Innovationen. Gleichzeitig sehen die Unternehmen diesbezüglich auch den größten Handlungsbedarf. Wie bereits erwähnt, verbinden die Unternehmen mit regulatorischen Maßnahmen besonders die stringente Umsetzung und Kontrolle rechtlicher Vorgaben. Membranproduzenten begrüßen jedes Gesetz, das die Anforderungen an die Wasserqualität erhöht. Eine Zielgruppe für nachfrageorientierte politische Instrumente könnte nach Ansicht der Unternehmen beispielsweise die Industrie sein. Dort ergeben sich Einsparpotenziale durch Prozesswasserrecycling oder die Rückgewinnung von Wertstoffen aus Abwässern mit Hilfe von Membranen. Allerdings merkten die Unternehmen auch an, dass industrielle Betriebe

wahrscheinlich aufgrund steigender Wasser- und Rohstoffpreise auch ohne politischen Einfluss zunehmend Membranen einsetzen werden.

Wie erwähnt, messen Unternehmen Innovationssystemen und -clustern eine hohe Bedeutung bei, für die auch ein hoher Handlungsbedarf besteht. Hier könnte die Politik zum Beispiel Kongresse und Ausstellungen unterstützen oder Internetseiten finanzieren und betreiben, auf denen Membrantechnologieunternehmen ihr Portfolio präsentieren und auf denen die Kontaktaufnahme zu relevanten Partnern angeboten wird.

Ein Beispiel für eine internationale Kooperation ist die Initiative "European Water Partnership" (EWP). Die EWP ist ein handlungsorientiertes Forum, deren Mitglieder Vertreter von Unternehmen (besonders kleinen und mittelständischen), aus dem öffentlichen und privaten Finanzsektor, von Forschungseinrichtungen, aus der Politik, von Nichtregierungsorganisationen sowie aus der Gesellschaft sind. Ihr gemeinsames Ziel ist es, über Informationsaustausch, Kooperationen und der Förderung technologischer Innovationen Lösungen für die Probleme des Wassersektors in Europa zu finden. Eine Stärke der EWP liegt im Zusammenschluss verschiedener Beteiligter aus mehreren Ländern, der es ermöglicht, auch kleineren Akteuren auf europäischer Ebene eine Stimme zu geben. Aus Sicht der im Membrantechnologiesektor überwiegend klein- und mittelständischen Unternehmen bietet das Forum eine Chance, ihre Interessen auch gegenüber dominierenden großen Wasserversorgungsunternehmen an die Öffentlichkeit zu bringen.

Auf EU-Ebene wirken verschiedene Politiken, die den Markt für Membransysteme bei Wasseranwendungen beeinflussen (können). Den übergeordneten Rahmen bildet die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG), die bis 2015 einen guten ökologischen und chemischen Zustand aller Gewässer erreichen will (wobei "gut" mit verschiedenen Parametern definiert ist). Sie ist von den Mitgliedstaaten umzusetzen, rechtlich verpflichtend und hat das Ziel, einen europaweit gültigen Ordnungsrahmen zum Schutz der Binnenoberflächengewässer, der Übergangsgewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers zu schaffen.

Mit der Wasserrahmenrichtlinie eng verbunden sind die Trink- und Abwasser-richtlinien, die aus Sicht der Unternehmen für den Einsatz der Membrantechnik relevant sind oder werden können. Die Direktiven machen strenge Vorgaben bezüglich der Wasserqualität, die von den Mitgliedstaaten eingehalten und an die Europäische Kommission berichtet werden müssen. Angaben über die anzuwendenden Technologien enthalten diese Richtlinien jedoch nicht. Sollte ein Land die Anforderungen nicht erfüllen, kann es dafür vor dem Europäischen Gerichtshof zur Verantwortung gezogen werden.

Die EU Trinkwasserrichtlinie (98/83/EG) **RICHTLINIE 98/83/EG DES RATES vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch** (L 330/32; Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften; 5.12.98) wurde häufig von den Unternehmen als ein wichtiges politisches Instrument auf europäischer Ebene genannt. Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass Trinkwasser den in der Richtlinie festgelegten Mindestanforderungen entspricht und keine Stoffe in einer Konzentration enthält, die eine potenzielle Gefährdung der Gesundheit darstellt. Obwohl in der Richtlinie Membranen nicht explizit erwähnt werden, bewerten die Unternehmen sie aufgrund der beschriebenen Anforderungen an die Wasserqualität als positiv.

Als Beispiel sei hier die Desinfektion genannt, für welche die Richtlinie verlangt, dass "die Wirksamkeit des angewendeten Desinfektionsverfahrens überprüft wird und dass jegliche Kontamination durch Desinfektionsnebenprodukte möglichst gering gehalten wird, ohne jedoch die Desinfektion zu beeinträchtigen."³⁵ Da durch die sichere Entfernung von Bakterien und Viren über Ultrafiltrationsmembranen weitere chemische Behandlungen entfallen können und damit die Gefahr von Rückständen im Trinkwasser sinkt, bietet die Membrantechnologie hier deutliche Vorteile gegenüber anderen Technologien, zumindest in den Fällen, in denen eine Desinfektion überhaupt notwendig ist.

Die **EU Kommunalabwasser-Richtlinie** (91/271/EWG) legt für eine Reihe von Stoffen Grenzwerte fest, die im Abwasser nicht überschritten werden dürfen. Die befragten Unternehmen halten es für sehr wichtig, dass die Einhaltung dieser Abwasserwerte genau kontrolliert wird und empfindliche Strafen bei Nichterfüllung der Vorgaben drohen. Das sehen auch Experten so, denn ihrer Ansicht nach schaffen erst Druck und die Sanktion mit hohen Bußgeldern einen Anreiz, um in die Membrantechnologie zu investieren.

Ziel der **EU Badegewässerrichtlinie** (76/160/EWG) ist es, mit Grenzwerten für Schadstoffe eine hohe Qualität von Badegewässern zu gewährleisten. Da das Baden in Gewässern immer wieder negative gesundheitliche Folgen, vor allem durch Bakterien ausgelöst hat, müssen Abwässer, die in oder in die Nähe von Badegewässern eingeleitet werden, bestimmte Anforderungen erfüllen. Ein Einsatz von Membranen zur Reinigung der Abwässer in diesen Gebieten kann eine hohe Qualität des abfließenden Wassers gewährleisten.

Die Verantwortung für die Umsetzung der EU-Vorgaben in den nationalen Gesetzgebungen und deren Erfüllung liegt bei den Mitgliedstaaten. Nach Ansicht der Unternehmen wäre es für die Entwicklung der Membrantechnologie von Vorteil, wenn die Membrantechnologie als eine mögliche Form der Wasserbehandlung explizit in den Gesetzgebungen erwähnt würde.

Auf nationaler Ebene geht Großbritannien mit gutem Beispiel voran. Dort gibt es europaweit ein einmaliges Gesetz, das Membrantechnologie für die Trinkwasseraufbereitung in besonderer Weise favorisiert. Ein solches Gesetz existiert auch in den USA. Nach einem Kryptosporidium-Ausbruch (Kryptosporidien sind Bakterien) in den Neunzigerjahren legte die Drinking Water Inspectorate (DWI) fest, dass die Wasserbehandlung für Partikel größer als ein Mikrometer eine physikalische Barriere beinhalten muss.³⁶ Eine effektive Hürde für Stoffe dieser Größenordnung bieten ausschließlich Membranen. Überlegungen, dieses Gesetz wieder abzuschaffen, werten die befragten Unternehmen als problematisch. Der Grund für diese Überlegungen sind die höheren Kosten für Membranapplikationen im Vergleich zur UV-Behandlung (Verhältnis etwa 3:1). Nachteil letzterer Behandlung ist jedoch, dass die Keime nicht aus dem Wasser entfernt, sondern nur abgetötet werden.

³⁵ Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (L 330/32; Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften; 5.12.98)
98/83/EC Artikel 7, Abs. (1). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. 5.12.1998

³⁶ Vgl. <http://www.dwi.gov.uk/regs/crypto/approval.shtml>

7.7 Handlungsempfehlungen

Entscheidend für die Durchsetzung der Membrantechnologie in der Wasserwirtschaft – das zeigen die Aussagen der befragten Unternehmen – ist die nationale Umsetzung und strenge Kontrolle der Wasserqualitäts-Vorgaben aus den EU-Richtlinien. Dies ist insbesondere in Hinblick auf die neuen EU-Mitgliedstaaten von Bedeutung, die ihre Wasserversorgungssysteme grundlegend sanieren müssen.

Durch viele nationale Regulierungen wird Europa von den Unternehmen als stark fragmentierter Markt wahrgenommen, wodurch Wettbewerbsnachteile entstehen. Eine europäische Harmonisierung und Vereinfachung der Zulassungsverfahren für Membranprodukte wird daher als notwendig erachtet. Aus Sicht der Unternehmen sollten Membranen, die für die Trinkwasseraufbereitung verwendet werden, bei Zulassung in einem europäischen Land grenzüberschreitend in der EU eingesetzt werden dürfen. Für die Zulassung der Membranen müssten europaweit einheitliche Kriterien auf hohem Niveau festgelegt werden. Ansonsten besteht die Gefahr, dass eine Zulassung einer minderwertigen Membran in einem Land erreicht wird und dann ganz Europa die Folgen zu tragen hat.

Bei der Zulassung von Membranen zur Anwendung im Trinkwasserbereich müssen auch die Leitlinien des UBA (ehemals KTW – Zulassung) eingehalten werden. Eine europaweite Zulassung nach einem gleichen Standard (Prüfverfahren usw.) auf hohem Niveau ist wünschenswert. Darüber hinaus sollte über eine Verkürzung des Zulassungsverfahrens nachgedacht werden, da die langwierigen Prozesse bislang eine schnelle und erfolgreiche Markteinführung innovativer Membranprodukte behindern. Bei sensiblen Produkten wie Trinkwasser wird eine hohe Sicherheit und damit Bewährung der Membranen in der Praxis zur Garantie der Sicherstellung der Bevölkerung mit Trinkwasser erwartet.

Eine weitere Handlungsempfehlung ist die stärkere Beachtung von Wasseraufbereitungs- und -behandlungstechniken mit Membranen durch die öffentliche Hand. In erster Linie richtet sich diese Empfehlung an die Kommunen, die die Wasseraufbereitungs- und Kläranlagen betreiben.

Trotz der unbestreitbar notwendigen politischen Signale entwickelt sich der Markt für die Membrantechnologie auch autonom weiter. Ein wesentlicher Treiber für diese Entwicklung ist die Industrie. Aufgrund der zunehmenden Wasserverschmutzung, der steigenden Preise und der Lebensnotwendigkeit von sauberem Trinkwasser werden Membranen zur Wasseraufbereitung unabhängig von politischen Einflüssen an Bedeutung gewinnen.

Europa kann Vorreiter werden, was die Entwicklung von Lösungen für die weltweite Wasserproblematik betrifft, wenn Unternehmen und Politik zusammenarbeiten. Eine Anregung hierfür ist eine politisch begleitete Kooperation der stärksten europäischen Unternehmen für eine Ausarbeitung einer globalen Strategie, die das Ziel einer europäischen Führungsposition in einer nachhaltigen Wasserwirtschaft hat.

8. Biopolymere/Biokunststoffe

8.1 Überblick

Im Vertiefungsfeld Biopolymere/Biokunststoffe wurden auf europäischer Ebene Gespräche mit Unternehmen geführt, deren Kerngeschäft die Herstellung von Biopolymeren auf Basis nachwachsender Rohstoffe und die Weiterverarbeitung dieser Polymere zu Biokunststoffen ist. Biopolymere, die für andere Anwendungsgebiete produziert werden, beispielsweise für die Lebensmittelindustrie, die Medizin oder die pharmazeutische, chemische oder kosmetische Industrie, werden nicht behandelt.

Als Biopolymere können allgemein alle Polymere definiert werden:³⁷

- die aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugt werden
- die meist biologisch abbaubar und ungiftig/ungefährlich in der Herstellung sind oder
- die durch biologische Systeme (zum Beispiel Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere) produziert oder aus biologischen Ausgangsstoffen (wie Zucker, Stärke, Fette, Öle) chemisch synthetisiert werden können.

Trotz einer Vielzahl natürlich vorkommender Biopolymere, wie Proteine, Chitin, Baumwolle oder Kautschuk, eignen sich nur wenige zur Herstellung von Biokunststoffen. Die wichtigsten Biopolymere als Rohstoffe für Biokunststoffe sind:

- **Stärke**

Mit ca. 80 Prozent hält thermoplastische Stärke (TPS), die aus natürlich vorkommender Stärke und natürlichen Weichmachern sowie Plastifizierungsmitteln wie etwa Glycerin oder Sorbitol besteht, den größten Marktanteil der Biokunststoffe. Dieser Rohstoff wird zur Herstellung verschiedener Produkte verwendet, etwa von Joghurt- und Trinkbechern, Pflanztöpfen, Besteck, Windelfolien, beschichteten Papieren und Pappen oder für Stärke-Schaumstoff als Verpackungsmaterial.

- **Zellulose**

Sie findet bereits weit verbreitete Anwendung in der Papier- und Textilindustrie, beispielsweise bei Viskosefasern. In Bezug auf Kunststoffe bietet Zellulose großes Potenzial für die Herstellung von Garten- und Friedhofsartikeln.

- **PLA (Polymilchsäure)**

Dieser Rohstoff wird biotechnisch produziert und bietet durch die Steuerung der Eigenschaften bei der Herstellung (zum Beispiel durch die unterschiedliche Verknüpfung einzelner, chemisch unterschiedlich aufgebauter Monomere) ein großes Spektrum an Einsatzmöglichkeiten. Für seine Herstellung können auch Ausgangs-

³⁷ Quelle: Biopolymer.net [19.12.2006] <http://www.biopolymer.net/>

stoffe wie Agrar- oder Lebensmittelabfälle verwendet werden. Mit Hinblick auf die künftig steigende Produktion von Biopolymeren als Ausgangsstoffe für die Herstellung von Biokunststoffen werden diese Rohstoffe zunehmend an Bedeutung gewinnen. Da für den Herstellungsprozess von PLA die Biotechnologie eine große Rolle spielt, ist technologisches Know-how auch für die Biokunststoffindustrie sehr wichtig.

- **PHA (Polyhydroxyalkanoate)**

PHA besitzen ein breites Anwendungsspektrum und werden zum Beispiel zu Folien, Fasern oder thermoplastischen Werkstoffen verarbeitet.

Die Definition von Biokunststoffen ist international noch nicht einheitlich geregelt und erfolgt zurzeit aus zwei Perspektiven: Auf der Input-Seite muss die Basis für Biokunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen. Auf der Output-Seite spielt die biologische Abbaubarkeit die entscheidende Rolle. Für einen Input bestehen jeweils zwei Output-Möglichkeiten, die zu unterschiedlichen (Bio-) Kunststoffen führen (siehe Abbildung 72).

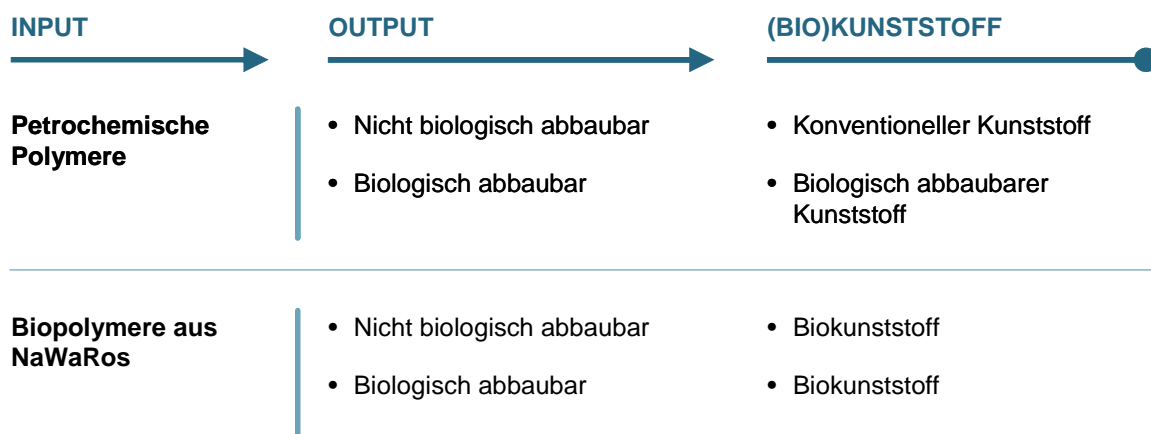


Abbildung 72: Nomenklatur der Biokunststoffe

Das größte Anwendungspotenzial für Biokunststoffe haben Verpackungen, gefolgt von Cateringartikeln (beispielsweise Teller oder Besteck aus Biokunststoffen) und kompostierbaren Bioabfallsäcken. Konventionelle Kunststoffe für Bauteile in der Automobilindustrie sowie Unterhaltungselektronik sollen in naher Zukunft ebenfalls durch Biokunststoffe ergänzt oder ersetzt werden.

Da nachwachsende Rohstoffe die vielversprechendste Variante für Biokunststoffe bieten, werden die auf petrochemischer Basis hergestellten Biokunststoffe, die biologisch abbaubar sind, nicht betrachtet. Ebenfalls nicht im Fokus dieser Studie sind naturfaserverstärkte Kunststoffe. Sie bestehen aus Kunststoffen mit eingearbeiteten Naturfasern und werden bereits in der Automobilindustrie eingesetzt.

Die Wertschöpfungskette für Biokunststoffe beginnt mit der Herstellung der Biopolymere aus nachwachsenden Rohstoffen. Als Ausgangsstoffe kommen hier beispielsweise Kartoffeln oder Mais in Frage. Die landwirtschaftlichen Aspekte werden in dieser Studie in der Wertschöpfungskette jedoch nicht betrachtet. Die Biopolymerherstellung kann auf mechanischem und/oder chemischem Wege sowie unter Nutzung biotechnologischer Verfahren³⁸ geschehen. Für die Produktion von Biokunststoffen können den Biopolymeren weitere Additive hinzugefügt, und die Mischung über chemische und physikalische Verfahren verarbeitet werden. In einem letzten Schritt werden die in Form von Granulaten oder Kunststoffblends vorliegenden Biokunststoffe in die gewünschten Endprodukte wie Folien, Verpackungen oder Spielzeug umgewandelt.

Nach ihrem Gebrauch lassen sich Biokunststoffe, ähnlich wie konventionelle Kunststoffe, erneut stofflich verwerten, kompostieren oder einer energetischen Verwertung zuführen.

In Europa beträgt der Anteil der Biokunststoffe am Gesamtmarkt für Kunststoffe derzeit weniger als ein Prozent. Nach Ansicht der befragten Unternehmen befinden sie sich in der Markteinführungs- beziehungsweise frühen Marktdiffusionsphase. So ist etwa der Markt für Verpackungen mit einer Reihe von Anwendungen (Verpackungen für Lebensmittel, Tragetaschen, Serviceverpackungen an Kiosken) bereits etabliert. Im Vergleich zu PLA-basierten Kunststoffen stellen hier die stärkebasierten Kunststoffe aufgrund besserer Rohstoffverfügbarkeit sowie geringerer Herstellungskosten den größeren Anteil. Unternehmensaussagen zufolge findet gleichzeitig eine intensive, anwendungsbezogene Entwicklungsarbeit statt. Diese umfasst die Erhöhung der Produktvielfalt auf Basis der bisher hauptsächlich genutzten Rohstoffe Stärke und PLA (etwa für Bauteile in der Automobilindustrie) sowie Forschungen zur Nutzung alternativer Rohstoffe (zum Beispiel PHA). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Anwendungen von Biokunststoffen in verschiedenen Phasen ihres Lebenszyklus befinden.

8.2 Technologische Entwicklungen

Biopolymere werden mit verschiedenen Verfahren aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen. Die heutigen technologischen Möglichkeiten zu ihrer Gewinnung umfassen zum einen die direkte Extraktion aus Biomasse durch mechanische und/oder chemische Prozesse (etwa bei Stärke und Zellulose). Zum anderen werden komplexere Prozesse wie biotechnologische Verfahren (zum Beispiel bei PHA) und die klassische chemische Polymerisation aus Biomonomeren (zum Beispiel bei PLA) eingesetzt.

In einem weiteren Schritt werden die gewonnenen Biopolymere auf verschiedenen Wegen zu Biokunststoffen weiterverarbeitet. Durch die Beimischung von Additiven zu den ursprünglichen Polymeren lassen sich bestimmte gewünschte Eigenschaften des späteren Produktes erreichen. Ein Beispiel für diesen Prozess sind Kunststoffe auf Stärkebasis. Die

³⁸ Unter Biotechnologie versteht man technische Verfahren, in denen Organismen, Zellen oder Zellbestandteile zum Einsatz kommen. Ziel dieser Verfahren sind die Herstellung von Produkten der Pharma-, Lebensmittel- und Kosmetikindustrie sowie ein Schadstoffab- und -umbau im Bereich der Umweltbiotechnologie.

http://www.uni-hohenheim.de/biotech/ger/def_biotech.htm

natürliche Stärke kann in verschiedenen Verfahrensschritten chemisch modifiziert und/oder mit weiteren Additiven wie Plastifizierungsmitteln, wasserabweisenden Polymeren oder Farbstoffen vermischt werden (sogenanntes Blending). Die thermoplastische Stärke (TPS) ist ein Anwendungsbeispiel für dieses Verfahren.

Eine technisch anspruchsvolle Produktionsweise zur Herstellung von Biokunststoffen ist eine Kombination von chemischer Polymerisation und Biotechnologie. Der Produktionsprozess des Kunststoffes Polymilchsäure beispielsweise umfasst zwei Schritte. Zunächst produzieren Mikroorganismen in einem biotechnischen Fermentationsverfahren³⁹ aus Zuckern Milchsäuremonomere. Anschließend findet die chemische Verknüpfung dieser Monomere zum Endprodukt Polymilchsäure statt. Da die Milchsäure bereits aufgrund ihrer Molekülstruktur variable chemische Eigenschaften aufweist, lassen sich durch die unterschiedliche Verknüpfung der Monomere die gewünschten Eigenschaften des hergestellten PLA-Kunststoffs realisieren.

Die Eigenschaften der Biokunststoff-Zwischenprodukte sind mittlerweile mit denen auf petrochemischer Basis vergleichbar. Aus diesem Grund lassen sich Biokunststoffe ohne weiteres mit konventionellen technischen Geräten verarbeiten.

Auch nach der Gebrauchsphase können Biokunststoffe unterschiedlich weiter behandelt werden. Sofern sie biologisch abbaubar sind, lassen sie sich auf zwei Wegen biologisch verwerten. Sie können entweder in einer Kompostieranlage von Mikroorganismen aerob, also in Anwesenheit von Sauerstoff, zu den Endprodukten Kompost oder Dünger abgebaut werden. Alternativ können Biokunststoffe während eines anaeroben Abbauprozesses, das heißt ohne Sauerstoff, für die Produktion von Biogas verwendet werden. Diese Kaskadennutzung bewirkt nach Experteneinschätzung einen äußerst effizienten Einsatz der Rohstoffe. Eine weitere ökonomisch interessante Option, Energie aus Biokunststoffen zu gewinnen, ist ihre direkte Verbrennung zur Strom- und/oder Wärmeerzeugung. Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bieten hier Vorteile gegenüber konventionellen Kunststoffen, weil sie CO₂-neutral und damit klimaschonend verbrennen.

Über die bisherigen Möglichkeiten hinaus beschreiben die befragten Unternehmen zukünftige Trends in der Technologieentwicklung. Eine der grundlegenden Herausforderungen sind ihrer Ansicht nach die Technologien zur Verarbeitung der Biopolymere zu Biokunststoffen. Der steigende Anteil nachwachsender Rohstoffe als Basis für Biokunststoffe erfordert eine breitere Entwicklungsarbeit hinsichtlich der zeitlich und quantitativ effizienten Verarbeitung dieser Werkstoffe mit heutigen Standard-Maschinen. Biokunststoffe haben andere Charakteristika als konventionelle Kunststoffe, wie etwa einen höheren Wassergehalt, worauf im Herstellungsprozess Rücksicht genommen werden muss.

Notwendig dafür ist weitere Entwicklungsarbeit zur Verbesserung der Bedingungen in den Verarbeitungsprozessen, zum Beispiel effizientere Strangpressen oder Spritzgießen.

In enger Verbindung zum Herstellungsprozess gibt es technologische Herausforderungen im Bereich der Rezepturforschung für verschiedene Werkstoffe und zur Verbesserung der

³⁹ Fermentation = Umsetzung von biologischen Materialien mit Hilfe von Organismen (Bakterien-, Pilz-, Zellkulturen) oder durch Zusatz von Enzymen.

Produkteigenschaften, etwa, um ein Produkt hitzebeständiger oder feuchtigkeitsresistenter zu gestalten.

Ein weiteres wesentliches Entwicklungsfeld ist die Sicherstellung geeigneter Rohstoffe. Nach Aussagen der befragten Unternehmen hat die Nutzung von Bioabfällen als Rohstoffquelle zur Herstellung von Biokunststoffen Zukunft. Dazu sind jedoch weitere technische Fortschritte nötig. Auch bei der Optimierung der Produktion von Biokunststoffen mit biotechnischen Verfahren (zum Beispiel PLA-Kunststoffe) besteht Forschungsbedarf.⁴⁰ Um die Produktionsmengen zu steigern, sind unter anderem neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Fermentationsprozesse wichtig. Zudem sind die befragten Unternehmen überzeugt, dass die Produktionskapazitäten ausgeweitet werden müssen. Ihrer Ansicht nach ist der Bau größerer Anlagen ein bedeutender Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Biokunststoffbranche.

Die Zukunft sehen die befragten Unternehmen aus mehreren Gründen optimistisch. Erstens könne der Einsatz von Biokunststoffen einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen, biobasierten Wirtschaft, zur Ressourcenproduktivität, zum Klimaschutz und zu einer wachsenden Unabhängigkeit von Rohöl-Importen leisten. Zweitens liege eine große Chance in der regionalen Wertschöpfung und der damit verbundenen Schaffung von Arbeitsplätzen. In Systemzusammenhänge gebracht, können Biokunststoffe drittens Teil einer Kaskadennutzung sein oder zur Schließung von Kreisläufen beitragen. So könnten landwirtschaftliche Abfallprodukte zu Biokunststoff verarbeitet werden, deren Vergärung nach Gebrauch zur Biogasherstellung dient und Energie und Dünger für die Landwirtschaft liefert.

Eine aus Unternehmenssicht mittelfristige Perspektive ist schließlich die Herstellung von Biokunststoffen und weiteren Stoffen in Bioraffinerien. Ihre Funktionsweise ähnelt den konventionellen Raffinerien, die den Ausgangsstoff Erdöl zu Produkten wie Benzin, Diesel oder Kunststoffen verarbeiten. In Bioraffinerien werden analog mit Biomasse Produkte wie Biodiesel, Biogas und Biokunststoffe hergestellt.

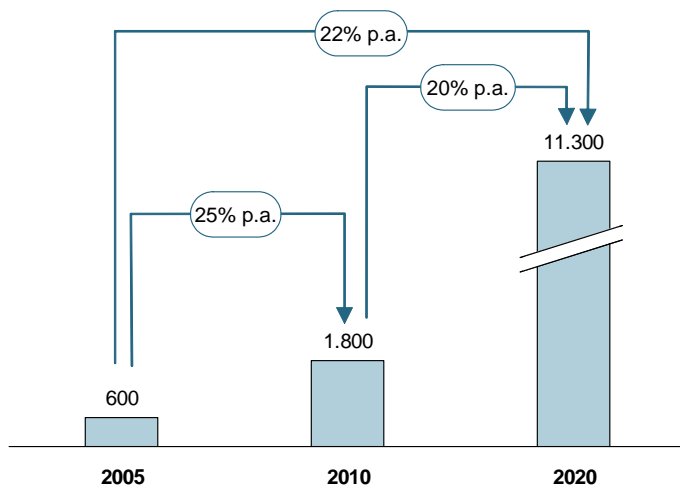
Ein Problem sehen die Unternehmen im (noch) mangelnden Verständnis für Biokunststoffe in der Gesellschaft. Da Biokunststoffe außerdem auf europäischer Ebene weder eindeutig definiert noch über legislative Instrumente erfasst sind, kommen sie im Augenblick einer Nischenanwendung gleich und bleiben hinter ihren Potenzialen zurück. Als Risiko bewerten die befragten Unternehmen zudem die Lücke zwischen Angebot und Nachfrage, da das verfügbare Angebot die existierende Nachfrage am Markt nicht deckt. Bleibt diese Unsicherheit bestehen, sehen Experten die Gefahr, dass das Interesse an Biokunststoffen sinkt und der Markt stagniert oder sich sogar rückläufig entwickelt.

8.3 Marktentwicklungen

Im Vergleich zum weltweiten Kunststoffmarkt steckt der Markt für Biokunststoffe noch in den Kinderschuhen. Die befragten Unternehmen schätzten das Weltmarktvolumen für

⁴⁰ Vgl. zu den weiteren technologischen Herausforderungen den parallelen Bericht des Fraunhofer Instituts für Innovationsforschung.

Biokunststoffe im Jahr 2005 auf durchschnittlich etwa 600 Mio. Euro, die Experten bezifferten die weltweite Produktionskapazität im Mittel auf rund 250.000 Tonnen. Zum Vergleich: Die weltweite Produktion konventioneller Kunststoffe lag 2005 bei etwa 200 Mio. Tonnen.



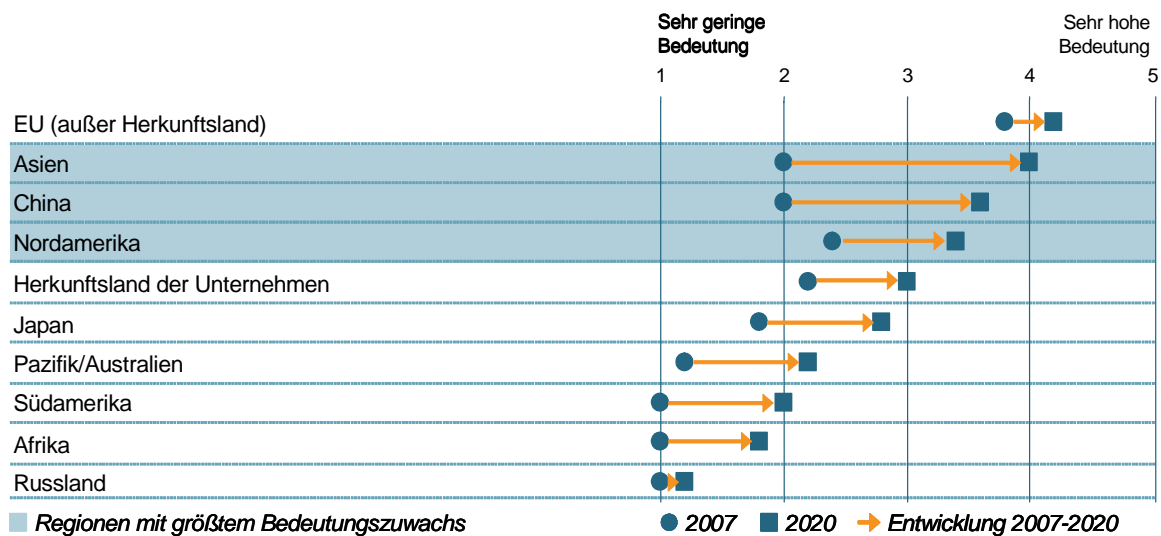
Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 73: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mio. EUR]

Ausgehend von der noch geringen Größe des Biokunststoffmarktes und der hohen Nachfrage rechnen die befragten Unternehmen bis 2010 im Schnitt mit jährlichen Wachstumsraten von durchschnittlich 25 Prozent. Die optimistischsten Schätzungen halten in einzelnen Jahren sogar eine Steigerung von bis zu 100 Prozent jährlich für möglich. Zusätzlich zur Erschließung neuer Anwendungsbereiche (wie etwa kompostierbare Mulchfolien) könnten mit den heute verfügbaren Biokunststoffen bereits 5 Prozent der konventionellen Kunststoffe ersetzt werden. Längerfristig wird dieses Potenzial mit dem Schwerpunkt auf nachwachsende Rohstoffe deutlich höher eingeschätzt.

Auch über das Jahr 2015 hinaus wird es nach Ansicht der Unternehmen ein Wachstum von jährlich knapp über 20 Prozent geben. Diese Entwicklung ist nach ihren Aussagen durch die absehbaren Investitionen in größere Anlagen zur Produktionssteigerung möglich. Für die in Abbildung 73 dargestellte Marktprojektion bis 2020 wurde aufgrund der hohen Unsicherheit bezüglich der langfristigen Marktentwicklungen (Investitionssicherheit etc.) ein Wachstumsszenario am unteren Ende der Unternehmenseinschätzung zugrunde gelegt. Außerdem ist in diesem sich vergrößernden Markt mit einer Erhöhung der Anzahl an Rohstoffzulieferern sowie Biokunststoffherstellern zu rechnen.

Wie Abbildung 74 zeigt, befanden sich 2005 die wichtigsten Absatzmärkte für Biokunststoffe in Europa und Nordamerika. Ihre Bedeutung wird sich nach Aussagen der Unternehmen künftig jedoch verschieben.



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 74: Bedeutung regionaler Absatzmärkte für Biokunststoffe 2007 und 2020

Innerhalb Europas ist England bisher ein Vorreiter beim Einsatz von Verpackungen aus Biokunststoff. Diese Entwicklung geht vor allem auf die Initiative der Supermärkte zurück. Sainsbury's zum Beispiel verwendet seit 2001 Lebensmittelverpackungen aus Biokunststoff. Insgesamt sehen Experten in den letzten Jahren EU-weit den Trend, dass verschiedene Supermarktketten verstärkt Bioverpackungen in ihr Sortiment aufnehmen. Dies gilt besonders für Verpackungen von ökologisch erzeugten Lebensmitteln. Deutschland, die Niederlande, Österreich, Italien und Frankreich sind hier schon aktiv.

In den Interviews beurteilten die Unternehmensvertreter auch ihr jeweiliges Herkunftsland als Absatzmarkt. Ihren Aussagen zufolge haben nationale Märkte heute eine wichtige Bedeutung. Diese wird auch in Zukunft steigen, jedoch im Vergleich zu den aufstrebenden Märkten in Asien und Nordamerika geringer werden. Die befragten Experten erwarten in Asien, speziell in China, einen überproportionalen Anstieg der Nachfrage, da die Unternehmen in China auch aufgrund heutiger Umweltprobleme mit einer steigenden Sensibilisierung für dieses Thema rechnen. Auch in China gibt es bereits Unternehmen, die Biokunststoffe in geringen Volumina produzieren. Für europäische Unternehmen ist es daher wichtig, sich in diesem stark wachsenden Markt schnell zu positionieren.

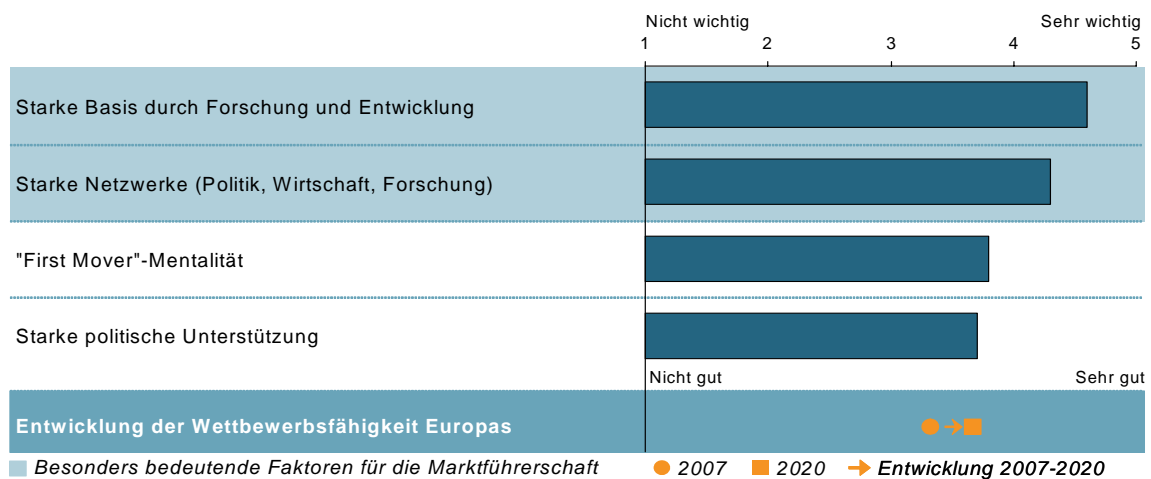
Nach Unternehmensaussagen spielen politische Rahmenbedingungen für die bisherige Marktentwicklung eine geringe Rolle. Allerdings wurde angemerkt, dass politische Regulierungen durchaus einen starken Einfluss auf das Marktvolumen haben können. Eine Politik, die die Biokunststoffe fördert, etwa durch Steuererleichterungen für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe, sei daher für die Weiterentwicklung der Industrie wichtig und wünschenswert. Unternehmensvertreter begründen diese Aussage mit der starken Wettbewerbsposition der konventionellen Kunststoffindustrie und dem heutigen Nischencharakter vieler Biokunststoffanwendungen.

Die Gesprächspartner erwähnten darüber hinaus, dass die Biokunststoffbranche zurzeit stark von der aktuellen Klimaschutz- und Ressourcendiskussion profitiert. Die öffentliche Aufmerksamkeit eröffnet nach Meinung der Unternehmen eine große Chance für die zunehmende Nutzung von Biokunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen im Alltag. Sie schafft in der Gesellschaft ein großes Bewusstsein für diese Produkte, die hohe Konsumentenakzeptanz und Nachfrage nach sich ziehen.

8.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

Die Unternehmen machten in den Interviews deutlich, dass die Anzahl der Marktteilnehmer je nach Betrachtungsebene sehr unterschiedlich ist. Während es für die Biokunststoffherstellung nur etwa ein halbes Dutzend Anbieter gibt, verarbeiten weit mehr als 100 Unternehmen Biopolymere zu Endprodukten. Das Angebot von Biokunststoffen wird nach Ansicht der Gesprächspartner heute im Wesentlichen von zwei Unternehmen bestimmt. Bei der Herstellung stärkebasierter Kunststoffe hat Europa die Marktführerschaft. Allerdings gibt es für die Produktion von PLA-Kunststoffen derzeit in Europa nur geringe Kapazitäten, nach Expertenaussage wird dieses Feld von Nordamerika dominiert.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen eine starke Basis durch Forschung und Entwicklung sowie starke Netzwerke zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik als bedeutendste Faktoren. Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute als relativ gut – erwarten jedoch eine weitere Verbesserung bis 2020 auf eine starke Wettbewerbsposition (vgl. Abbildung 75).



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

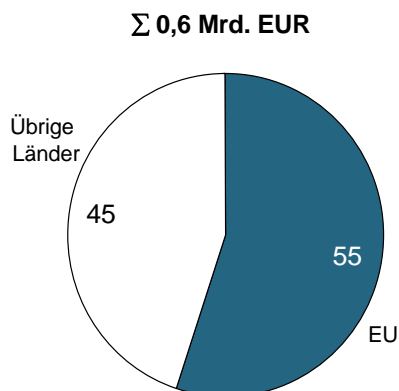
Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

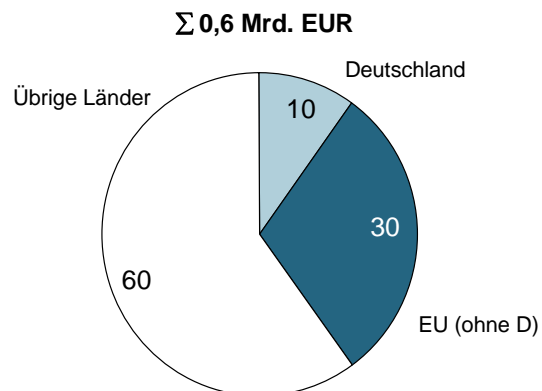
Abbildung 75: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Nach Ansicht der Unternehmen lassen sich nur schwer genaue Aussagen über europäische Anteile auf der Nachfrage- und Angebotsseite machen. Kalkulationen der befragten Unternehmen zufolge liegen die Marktanteile Europas auf der Nachfrageseite bei knapp über 50 Prozent (vgl. Abbildung 76). Europäische Unternehmen tragen heute jedoch nur zu etwa 40 Prozent des Angebots bei. Dies bestätigt die Aussagen der Unternehmen, dass in Europa nicht genügend Produktionskapazität vorhanden ist, um den eigenen Bedarf zu decken.

Weltmarktanteile am Absatzmarkt – Nachfrage



Weltmarktanteile Unternehmen – Angebot



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 76: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]

Obwohl sich die europäischen Unternehmen ihren Aussagen zufolge mit dem wachsenden Markt ebenfalls vergrößern, wird ihr relativer Anteil am Marktvolumen bis zum Jahr 2020 sinken. Die Gründe dafür sehen sie vor allem in der bereits heute schon sehr starken Präsenz nordamerikanischer Unternehmen, den vergleichsweise geringen Produktionskapazitäten und hohen Produktionskosten in Europa sowie der zunehmenden Konkurrenz durch weitere Hersteller von Biokunststoff-Granulaten (Zwischenprodukte) aus Asien. Nach eigenen Angaben sind die Unternehmen bereit, hohe Summen in die Vergrößerung der Produktionsanlagen zu investieren. Die bisherige Zurückhaltung bedeutet jedoch auch, dass in Europa die notwendigen (politischen) Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen, um die Produktion und den Einsatz von Biokunststoffen in großem Maßstab zu gewährleisten.

Ein besonderes Augenmerk gilt dabei dem Unterschied in der Herstellung von Kunststoffen auf PLA- und auf Stärke-Basis. Für die Herstellung der PLA-Kunststoffe ist biotechnologisches Know-how sehr wichtig. In diesem High-Tech-Bereich ist eindeutig Nordamerika marktführend. Europäische Unternehmen dagegen dominieren den Markt der Stärke-Kunststoffe, der weniger technologieintensiv ist. Dafür muss hier eine leistungsfähige Landwirtschaft zur Versorgung mit den notwendigen Rohstoffen mit einbezogen werden. Die Konzentration auf stärkebasierte Kunststoffe erfordert daher eine langfristig

ausgerichtete, über die Biokunststoffherstellung hinausgehende Gesamtstrategie. Welche Strategie für die europäischen Biokunststoffhersteller am günstigsten ist, bleibt offen.

Der Ausbau der Marktführerschaft im Bereich Stärke kann über die Einbeziehung der Landwirtschaft zusammen mit der Förderung von Technologien zur Materialverarbeitung geschehen. Für eine aussichtsreiche Wettbewerbsposition im Bereich der PLA-Kunststoffe muss die Biotechnologie für den Einsatz in der Biokunststoffherstellung gestärkt werden, da Nordamerika hier bereits Wettbewerbsvorteile aufweist. Dieses Gebiet ist jedoch auch für Europa als Technologieregion hochinteressant, zumal, wie bereits erwähnt, die Basis der Ausgangsstoffe bei der PLA-Herstellung breiter ist als bei Stärke-Kunststoffen.

Der Anteil deutscher Unternehmen auf der Angebotsseite liegt Unternehmensschätzungen zufolge zwischen 6 bis 10 Prozent. Über einen genauen Nachfrageanteil Deutschlands lassen sich derzeit noch keine Aussagen treffen.

Aus Sicht der Unternehmen zeichnet sich der Biokunststoffmarkt zurzeit noch durch einen moderaten Wettbewerb aus. Das liegt daran, dass die Biokunststoffindustrie noch stark durch Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung geprägt ist. Außerdem gibt es strategische Kooperationen, um diesen Markt durch gemeinsame Anstrengungen zu entwickeln. Ein Beispiel für solche Kooperationen ist die Zusammenarbeit des europäischen Verbands European Bioplastics mit der japanischen Biodegradable Plastics Society, der Biobased Material Group in China und dem US-amerikanischen Biodegradable Products Institute. Das Produktangebot der verschiedenen Biokunststoffhersteller betrachten die befragten Unternehmen als komplementär zueinander, da sie die Produktionskapazitäten im Verhältnis zur Nachfrage als gering und die Produkteigenschaften als nicht vergleichbar einstufen. So können Biokunststoffe aus Stärke beispielsweise aufgrund ihrer natürlichen Atmungsaktivität gut für Lebensmittelverpackungen eingesetzt werden.

Diese Eigenschaft trägt zur längeren Haltbarkeit der Lebensmittel bei. PLA-Kunststoffe zeichnen sich wiederum durch ihre hohe Transparenz und ihren überdurchschnittlichen Glanz aus.

Alle befragten Unternehmen gehen davon aus, dass mit steigendem öffentlichem Interesse an den Biokunststoff-Produkten die Anzahl der am Markt tätigen Unternehmen wächst. Sie rechnen daher damit, dass der Wettbewerb in den kommenden Jahren zunehmend intensiver wird. Diese Intensität wird sich besonders innerhalb der Biokunststoffbranche zwischen Anbietern aus Nordamerika, Asien und Europa erhöhen. Zudem ist mit einem wachsenden Wettbewerbsdruck durch Hersteller konventioneller Kunststoffe zu rechnen, die mit ihren herkömmlichen Produkten Marktanteile verlieren werden.

Nach Expertenansicht korreliert die Marktführerschaft direkt mit der Produktionsmenge: Das Unternehmen, das weitere 3 bis 5 Prozent des Kunststoffmarktes mit dem Substitut Biokunststoff abdecken kann, wird aller Wahrscheinlichkeit nach für die nächsten Jahre Marktführer sein. In den nächsten 5 bis 10 Jahren wird sich demnach entscheiden, wer den Biokunststoffmarkt über die nächsten 20 oder 30 Jahre hinaus dominiert. Da neben einer verlässlichen Rohstoffverfügbarkeit auch ein ausreichend großer, homogener Nach-

fragemarkt nötig ist, bietet Nordamerika aufgrund seiner Größe für dort tätige Unternehmen bedeutende Vorteile.

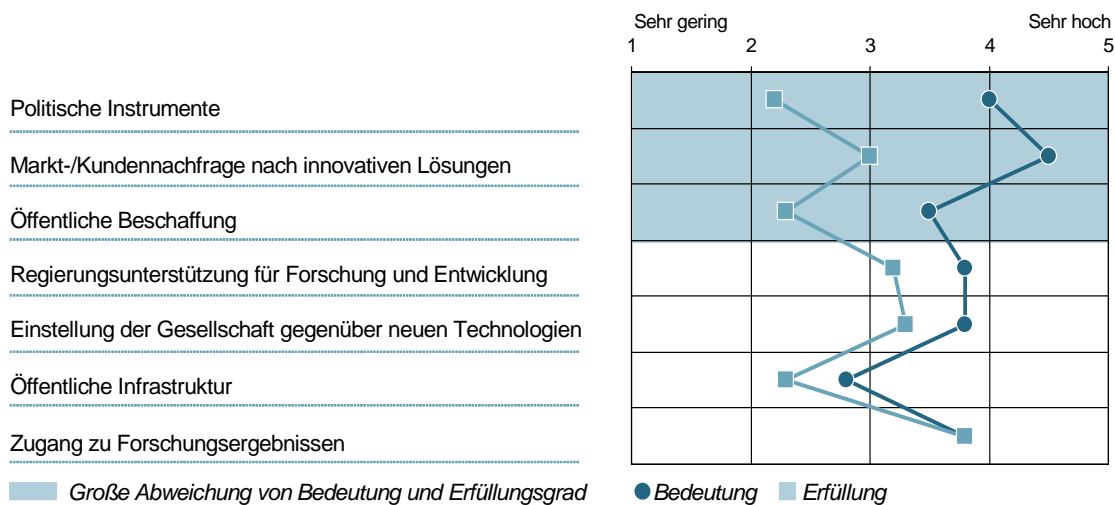
Um Europas Rolle in dieser Entwicklung und seine künftigen Potenziale genauer einschätzen zu können, wurden die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken analysiert (vgl. Tabelle 10).

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none">• Hervorragendes technologisches Know-how in Ingenieurs- und vor allem Materialwissenschaften• Derzeitige europäische Marktführerschaft für stärkebasierte Biokunststoffe	<ul style="list-style-type: none">• Nachhaltig steigende Nachfrage in Amerika durch US-amerikanischen Ansatz, eine biobasierte Wirtschaft aufzubauen
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none">• Fehlende eindeutige Definition von Biokunststoffen und harmonisierte Unterstützung der Politik (auf EU-Ebene)• Geringe Produktionsvolumina und damit fehlende Skaleneffekte• Hohe Kapitalinvestment-Kosten bei Anlagenneubau	<ul style="list-style-type: none">• Vorherrschende Stellung amerikanischer Unternehmen im Bereich PLA-Kunststoffe (starke Position in der Biotechnologie)• Mögliche Flächenkonkurrenz zur Lebensmittelproduktion (vgl. Bioethanol)• Umfangreicher Ausbau der Produktionskapazitäten in USA und Asien

Tabelle 10: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu Biokunststoffen in Europa

8.5 Erfolgsfaktoren und Hindernisse für Umweltinnovationen

In den Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten externen und unternehmensinternen Faktoren für den Erfolg von Innovationen zu bewerten. Abbildung 77 zeigt die Auswertung der externen Faktoren, geordnet nach der Differenz zwischen Bedeutung eines Erfolgsfaktors und dem Grad seiner Erfüllung.



Frage D.1: Wie wichtig sind aus Ihrer Perspektive die folgenden externen Faktoren zur Förderung von Innovationen? Wie beurteilen Sie darüber hinaus den gegenwärtigen Einfluss dieses Faktors auf Ihre Innovationstätigkeit, d.h. wie gut sehen Sie diesen Faktor aus Ihrer Perspektive als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 77: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Die beiden aus Sicht der Unternehmen bedeutendsten externen Erfolgsfaktoren für Innovationen, politische Instrumente und die Markt/Kundennachfrage nach innovativen Lösungen, sind relativ gesehen am wenigsten erfüllt. Dies lässt auf Handlungsbedarf schließen.

Den Einfluss politischer Instrumente bewerteten die befragten Unternehmen allerdings unterschiedlich. Je nach Gestaltung können sie einen positiven Beitrag zum Markterfolg eines innovativen Produktes leisten. Dies kann beispielsweise durch eine erhöhte Nachfrage über Marktanreize oder durch Kostensenkungen dank Steuererleichterungen erfolgen. Andererseits besteht die Gefahr, dass die politischen Instrumente als Hemmnis für die Einführung und Überleben innovativer Produkte im Markt wirken, etwa durch einen hohen Zeit- und Kostenaufwand aufgrund langwieriger Zulassungsverfahren. In ihrer momentanen Bewertung sehen die Unternehmen einen Biokunststoffmarkt, der sich auch ohne wesentliche politische Beeinflussung als Nischenmarkt etabliert hat. Um allerdings darüber hinaus zu wachsen, fordern sie deutliche politische Signale.

Dies bestätigt sich bei der Diskussion der Marktnachfrage. Politische Initiativen könnten die Nachfrage aus Sicht der Gesprächspartner stimulieren. Als Möglichkeit schlagen sie vor, Aufklärungs- und Marketingkampagnen durchzuführen, die das Thema Biokunststoffe in die Medien bringen und einen möglichst großen Verbraucherkreis erreichen. Abweichend von diesen Aussagen erklären die Unternehmen jedoch auch, dass die heutige Nachfrage bereits das Angebot übersteigt, was eine weitere Nachfrageförderung in Frage stellt. Allerdings gab es aus Sicht der befragten Unternehmen 2006 einen kleinen Boom für Biokunststoffe, der hauptsächlich durch steigende Rohölpreise getrieben wurde. Bei einem sinkenden Ölpreis wird sehr wahrscheinlich das Interesse an Biokunststoffen nachlassen. Dieser Trend könnte sich durch eine Abschwächung der momentanen Aufmerksamkeit für den Klimaschutz verstärken. Diese unsichere Nachfrage kann nach Einschätzung der Unternehmen durch politische Initiativen stabilisiert werden und den

Unternehmen damit eine längerfristige Investitionssicherheit erhalten.

Der Einsatz des Instruments der öffentlichen Beschaffung wurde in den Interviews als hilfreich für den Erfolg von Innovationen bei Biokunststoffen eingestuft. Öffentliche Beschaffung könnte durch eine garantierte Nachfrage einen wichtigen Beitrag für die Entwicklung der Industrie leisten. Eine Möglichkeit ist nach Unternehmensangaben beispielsweise die Bestellung von Büroartikeln aus Biokunststoffen für Behörden und staatliche Einrichtungen.

Diese Art politischer Unterstützung existiert in den USA bereits mit dem "Federal biobased products preferred procurement program". Es legt fest, dass Bundesagenturen bei ihren Kaufentscheidungen biobasierten Produkten den Vorzug geben müssen. Gründe für die Einführung des Programms waren neben der gewünschten Nachfragestimulierung für biobasierte Produkte eine Förderung der ländlichen Entwicklung und landwirtschaftlicher Produkte sowie die Steigerung der nationalen Unabhängigkeit von petrochemischen Produkten. Gemäß diesem Programm müssen staatliche Agenturen biobasierte Produkte kaufen, es sei denn diese sind nicht ausreichend verfügbar, entsprechen nicht den Qualitätsanforderungen oder sind nur zu überhöhten Preisen erhältlich. Diese drei Ausnahmen weisen wieder darauf hin, wie wichtig die von den Unternehmen genannten Erfolgsfaktoren der Ausweitung der Produktionskapazitäten sowie der einheitlichen Definition und qualitativen Standardisierung der Produkte sind.

Weiterhin erachten die Unternehmen den Zugang zu Forschungsergebnissen, die Regierungsunterstützung von Forschung und Entwicklung sowie die Einstellung der Gesellschaft gegenüber neuen Technologien als wichtig für den Erfolg von Innovationen. Die Umsetzung des Zugangs zu Forschungsergebnissen bewerten sie als sehr positiv (vgl. Abbildung 80). Die Faktoren "Unterstützung der Regierung für Forschung und Entwicklung" und "Einstellung der Gesellschaft" hingegen sehen die Unternehmen als weniger erfüllt. Sie haben im Moment jedoch für die Unternehmen eine weitgehend zufriedenstellende Wirkung. Das Vorhandensein einer öffentlichen Infrastruktur hat für die meisten Unternehmen einen geringeren Einfluss auf ihre Innovationsaktivitäten.

Über die externen Faktoren hinaus bewerteten die befragten Unternehmen die Bedeutung und Erfüllung von unternehmensbezogenen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen (vgl. Abbildung 78).

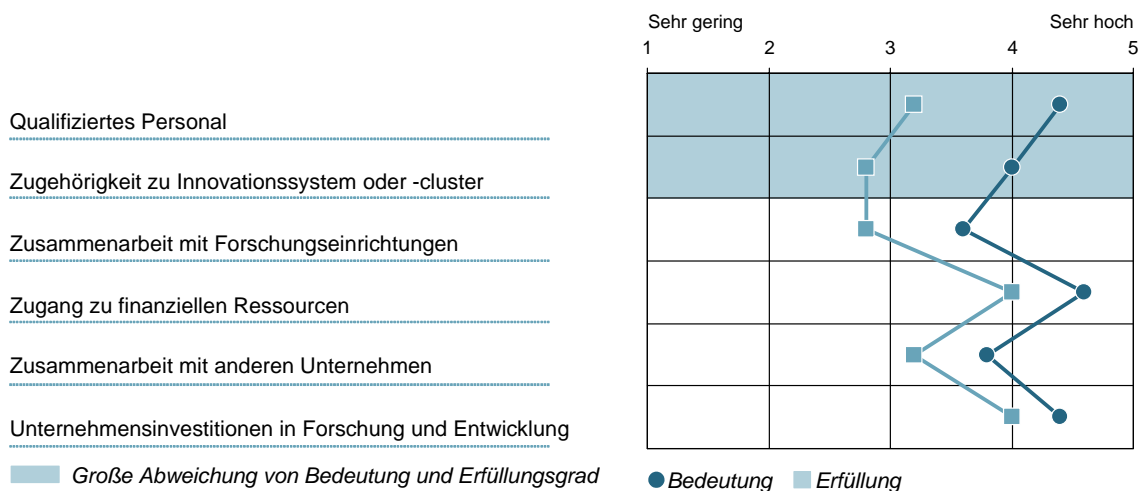


Abbildung 78: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Qualifiziertes Personal ist für die befragten Unternehmen sehr wichtig, sie sehen diesen Faktor jedoch als kaum erfüllt an. Besonders im Hinblick auf die zunehmende Konkurrenz asiatischer Unternehmen und die europäische Wettbewerbsfähigkeit wird dieser Aspekt künftig noch an Bedeutung gewinnen. Hier sehen die Gesprächspartner Handlungsbedarf. So könnten und sollten sie gemeinsam mit den politischen Akteuren zum Beispiel die Ausbildung an Universitäten unterstützen oder Informationsmaterialien für Schulklassen entwickeln. Experten schlagen vor, die Themen Bio-Rohstoffe und Biomasse-Konversionstechnologien in verschiedene natur- und ingenieurwissenschaftliche Studiengänge aufzunehmen und vor allem junge Menschen aufzuklären und für diese Themen zu begeistern.

Der Faktor mit der zweitgrößten Differenz zwischen Bedeutung und Erfüllung ist die Zugehörigkeit zu einem Innovationscluster. Aus Sicht der Unternehmen ist Informations- und Erfahrungsaustausch mit anderen Marktteilnehmern und damit die Nutzung von Synergien sehr wichtig. Außerdem bieten diese Cluster einzeln agierenden Unternehmen die Möglichkeit, stärker öffentlich präsent zu sein. Die Existenz von Innovationsclustern ist aus Sicht der Unternehmen derzeit nicht zufriedenstellend erfüllt. Ein Aufbau solcher Cluster könnte beispielsweise durch staatlich unterstützte Messen vereinfacht werden. Allerdings liegt die Bildung von Clustern auch in der Verantwortung der Unternehmen. Erste Initiativen gibt es bereits, so etwa den Verband European Bioplastics. Es sollte nach Ansicht von Experten in jedem Fall darauf geachtet werden, dass verschiedene Akteure, beispielsweise aus Wissenschaft, (Land-)Wirtschaft, Politik und Umweltschutz miteinander ins Gespräch kommen. Nur so werden die unterschiedlichen Perspektiven berücksichtigt, die für den Erfolg von Innovationen entscheidend sind.

Die Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen wird von den Unternehmen zwar als weniger wichtig, jedoch auch als wenig erfüllt beschrieben. Begründet werden kann dies mit der Tatsache, dass viele Unternehmen eigene, direkt am Markt orientierte Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten verfolgen. Weiterhin erwähnenswert ist die große Bedeutung des Zugangs zu finanziellen Ressourcen für den Erfolg von Umweltinnovationen. Dieser Erfolgsfaktor ist zwar durchschnittlich gut erfüllt, jedoch weisen hier insbesondere klein- und mittelständische Unternehmen auf Probleme hin – weniger bei der Finanzierung der Forschung als bei der risikoreichen Phase der Markteinführung der Produkte. Den Wunsch einer gezielten Mittelstandsförderung durch die Politik, äußerten mehrere Unternehmen.

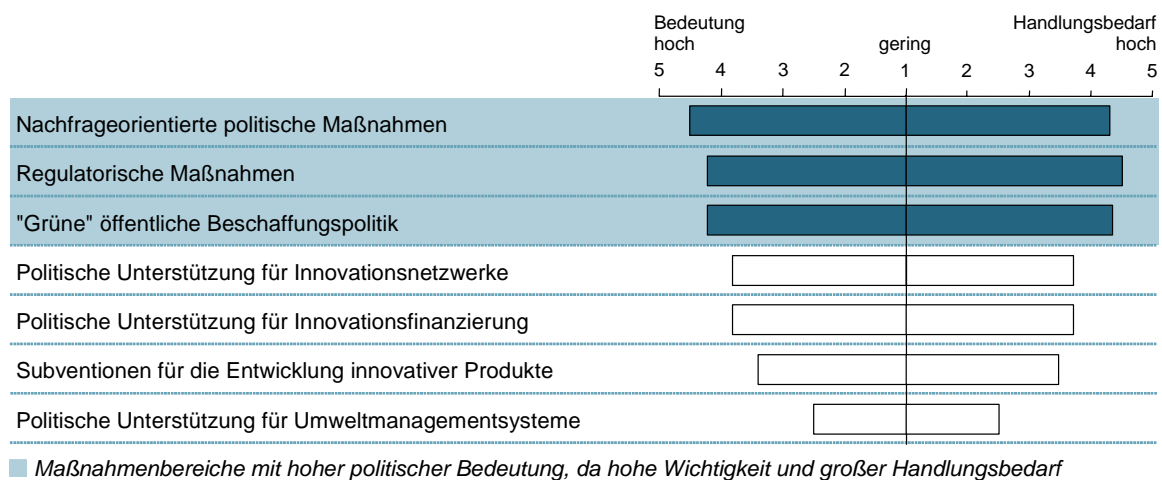
Als größtes Hindernis für Innovationen nannten die befragten Unternehmen das Vorhandensein finanzieller Mittel und die momentan noch unklaren langfristigen Perspektiven für Umsätze und Gewinne. Auf die Nachfrage nach weiteren Erfolgsfaktoren oder Hemmnissen nannten die Unternehmen die Zurückhaltung der Kunden gegen neue technologischen Lösungen sowie die relativ hohen Preise der Rohmaterialien.

8.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Im Verlauf der Interviews bewerteten die befragten Unternehmen verschiedene umweltpolitische Instrumente nach ihrer Bedeutung und Handlungsnotwendigkeit. Als politisches Instrument mit besonders positiven Auswirkungen nannten die Unternehmen die EU-Verpackungsverordnung sowie die deutsche Verpackungsverordnung. Politische Instrumente mit negativen Auswirkungen gibt es nach Meinung der Unternehmen derzeit keine. Jedoch erwähnten die Unternehmen, dass die Düngemittel- und Bioabfallverordnung geändert werden musste, um die Möglichkeit zu schaffen, Bioabfälle zu kompostieren.

Die Unternehmen beurteilen die Regulierungen auf europäischer und auf nationaler Ebene als die bedeutendsten Vorschriften. Auf dem dritten Platz folgen die internationalen Regulierungen. Regionale Regulierungen spielen für die Unternehmen hingegen nur eine untergeordnete Rolle.

Abbildung 79 macht deutlich, dass nach Auswertung der Ergebnisse die durchschnittliche Bewertung der Handlungsnotwendigkeit sich mit der Bedeutung des Faktors deckt.



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich Biokunststoffe zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 79: Bedeutung und Handlungsbedarf unterschiedlicher politischer Instrumente

Aus Sicht der Unternehmen haben nachfrageorientierte politische Maßnahmen die größte Bedeutung für die Förderung von Innovationen im Bereich Biokunststoffe. Die Handlungsnotwendigkeit in diesem Feld wird ebenfalls als sehr hoch bewertet. Eine Möglichkeit, hier anzusetzen, bietet die bereits erwähnte Sensibilisierung der Verbraucher durch Aufklärungskampagnen, wie etwa durch die Einführung einer EU-weit anerkannten Kennzeichnung für Biokunststoffe. Die Erkennbarkeit bietet zusammen mit der komfortablen Entsorgung dem Verbraucher einen starken Anreiz, Produkte aus Biokunststoffen zu kaufen, da sie über den Bio- oder Haushaltsabfall beseitigt werden dürfen. Die freie Wahl des Entsorgungsweges ist in der deutschen Verpackungsverordnung festgelegt, nach der für zertifizierte kompostierbare Kunststoffverpackungen bis zum Jahr 2012 keine flächendeckende Entsorgung gewährleistet sein muss.

Die öffentliche Beschaffungspolitik ist für die Unternehmen eng mit der Nachfrageförderung verbunden. Sie kann einerseits einen sicheren Absatzmarkt schaffen und andererseits als Vorbild für den Verbraucher dienen. Das bereits beschriebene "Federal biobased products preferred procurement program" in den USA ist ein sehr gutes Beispiel hierfür. Ähnliche Maßnahmen können auch in Europa in den Mitgliedsstaaten oder auf gesamt-europäischer Ebene durchgeführt werden. Dieses Programm hat deshalb Vorbildcharakter, weil es mit "biobasiert" explizit die Input-Seite der Produkte betont.

Im Allgemeinen bezeichnen die Unternehmen die Einführung von Instrumenten zur Förderung innovativer Produkte immer als effektiver als das Durchsetzen von Verboten konkurrierender Erzeugnisse.

Den größten Handlungsbedarf sehen die interviewten Unternehmen bei den regulatorischen Maßnahmen. Sie schlagen deshalb zum Beispiel die Einführung von Quoten für Biokunststoffe nach dem Vorbild des Biokraftstoffquotengesetzes vor. Eine mögliche Auflage könnte etwa lauten, bis zum Jahr 2020 5 Prozent aller in Europa verwendeten Ver-

packungen aus Biokunststoffen herzustellen. Diese Menge würde die notwendige Investitionssicherheit in neue Anlagen bieten und die für die Wettbewerbsfähigkeit wichtige Ausweitung der Produktionskapazitäten vorantreiben. Auch für Standards zur Gewährleistung einer hohen Qualität der Produkte sehen die Unternehmen die Politik in der Pflicht. Dazu gehört die genaue Definition von Biokunststoffen ebenso wie eine Vorgabe über ihre Zusammensetzung, um einen möglichst hohen Anteil nachwachsender Rohstoffe als künftige Rohstoffquelle für Biokunststoffe zu etablieren.

Der bereits erwähnte hohe Stellenwert von Innovationsclustern spiegelt sich auch in diesem Teil der Befragung. Hier wünschen sich die Unternehmen ein stärkeres Engagement der Politik. Ansätze zur Unterstützung von Innovationsnetzwerken wurden bereits diskutiert. Die Förderung der Innovationsfinanzierung sollte sich nach Ansicht der Unternehmen hauptsächlich auf die Markteinführung der Produkte konzentrieren. Eine solche Förderung könnten Zuschüsse für den Bau von Produktionsanlagen in Europa sein. Auch Steuererleichterungen für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe gehören dazu. Sie würde gleichzeitig den Markt in die gewünschte Richtung treiben.

Auf europäischer Ebene existieren bereits zahlreiche Ansätze, die die Entwicklung der Biokunststoffbranche indirekt unterstützen, so etwa die Ressourcenstrategie der EU. Ihr übergeordnetes Ziel ist es, die negativen ökologischen Auswirkungen zu verringern, die die Nutzung natürlicher Ressourcen in einer wachsenden Wirtschaft mit sich bringen. Bedingung dieser Strategie ist eine am Nachhaltigkeitsgrundsatz ausgerichtete Produktion und ein nachhaltig orientierter Konsum. Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Herstellung von Biokunststoffen unterstützt daher diese Ressourcenstrategie.

Ein wichtiges politisches Instrument auf EU-Ebene ist für die befragten Unternehmen die Verpackungsrichtlinie (2004/12/EG). Ihr Ziel ist die Harmonisierung der einzelstaatlichen Maßnahmen zur Bewirtschaftung von Verpackungen und Verpackungsabfällen. Gemäß den Vorgaben müssen bis zum Jahr 2008 22,5 Prozent der Kunststoffe wiederverwertet werden.

Eine Möglichkeit der Wiederverwertung stellt dabei die biologische Abbaubarkeit im Sinne einer Kompostierung dar. Dieser Weg ist zusätzlich zur stofflichen oder energetischen Verwertung hauptsächlich für Verpackungen aus Biokunststoffen eine Alternative. Ein flächendeckender Einsatz vollständig kompostierbarer Biokunststoffe wäre eine mögliche Lösung. Die Unternehmen schlagen daher vor, Biokunststoffe in der Verpackungsrichtlinie explizit zu nennen, um in anderen Richtlinien oder Gesetzen auf die besondere Stellung der Biokunststoffe verweisen zu können. So erhielten Biokunststoffe und ihre Produkte auf europäischer Ebene einen eigenen Status, und ihre Vorteile wären auch in der Legislative anerkannt.

Auch auf nationaler Ebene gibt es für die Biokunststoffindustrie wichtige regulatorische Instrumente. In Deutschland sind dies die Bioabfall- (BioAbfV) und die Düngemittelverordnung (DüMV). Gemäß diesen Verordnungen müssen die Produkte "aus nachwachsenden Rohstoffen" bestehen, um für den Verwertungsweg der Kompostierung zugelassen zu werden. Nach der europäischen Norm DIN EN 13432 können Biokunststoffe jedoch unabhängig von ihren petrochemischen oder biobasierten Ausgangsstoffen als kompostierbar zertifiziert werden. Obwohl viele Biokunststoffprodukte gemäß dieser Norm nachweislich kompostierbar sind, verbieten die Regelungen die Anwendung daraus hergestellter

Komposte wegen des petrochemischen Anteils in den Biokunststoffen. Experten bestätigen, dass auch Biokunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen zu einem gewissen Anteil synthetische Stoffe beigemischt werden – und das wird auch in Zukunft so bleiben. Dieser Anteil ist sinnvoll und notwendig, um die gewünschten Material- und Produkteigenschaften, wie Verformbarkeit, Bruchfestigkeit oder Farbigkeit zu erreichen. Die befragten Unternehmen fordern daher die Novellierung dieser Verordnungen.

Ein möglicher Ansatz ist die Festlegung eines bestimmten Anteils an nachwachsenden Rohstoffen im Endprodukt. Die geänderten Verordnungen könnten demnach Biokunststoffe mit einem biobasierten Anteil von beispielsweise mehr als 80 Prozent zur Kompostierung oder Düngemittelherstellung zulassen, sofern die restlichen 20 Prozent ebenfalls kompostierbar beziehungsweise biologisch abbaubar sind.

Vorteilhaft für Biokunststoffe ist in Deutschland die Verpackungsverordnung (VerpackV). Gemäß § 6 der Verordnung muss für zertifizierte kompostierbare Kunststoffverpackungen während der Phase der Markteinführung keine flächendeckende Entsorgung gewährleistet sein. Diese Ausnahmeregelung gilt bis 2012. Damit stehen Biokunststoffen nach der Gebrauchsphase alle Möglichkeiten der Verwertung offen.

Für das Wachstum der Biokunststoffindustrie ist aus Sicht der Unternehmen die politische Regulierung in Frankreich sehr fortschrittlich. Im Rahmen eines Gesetzes zur Förderung der französischen Landwirtschaft wurde eine Regelung erlassen, nach der kurzlebige Plastiktragetaschen ab 2010 biologisch abbaubar sein müssen. Obwohl sich dieses Gesetz nicht unmittelbar auf den Einsatz nachwachsender Rohstoffe bezieht, ist es dennoch geeignet, den Marktanteil für Biokunststoffe zu erhöhen. Hat dieses Gesetz Erfolg, bieten sich Überlegungen an, ähnliche Regulierungen auf europäischer Ebene einzuführen.

Allerdings wären in diesem Fall zwei wesentliche Aspekte zu beachten. Zum einen ist durch die derzeitige Produktionsmenge eine Deckung der Nachfrage, wie sie bei europaweiter Einführung eines solchen Gesetzes entstehen würde, nicht sichergestellt. Der Anlagenneubau ist sehr kosten- und zeitintensiv, und aus Unternehmenssicht muss im Vorfeld Planungssicherheit bestehen.

8.7 Handlungsempfehlungen

Die Recherchen und Aussagen der befragten Unternehmen ergeben fünf Handlungsempfehlungen für die Politik. Allen voran muss das öffentliche Bewusstsein für systematische Ansätze geschärft werden, die sich einer biobasierten Wirtschaft verpflichten. Dazu gehört etwa die anwendungsorientierte Förderung von Bioraffinerien.

Zweitens ist es wichtig, dass sich die Politik auf nachwachsende Rohstoffe als Basis für Biokunststoffe konzentriert und abfallseitig orientierte Regulierungen ändert. Im Sinne eines nachhaltigen Ansatzes wünschen sich die Unternehmen Biokunststoffe nicht über ihre Eigenschaften als Abfall zu definieren werden, sondern über ihre Zusammensetzung sowie eine möglichst lange Phase der Nutzbringung.

Daraus ergibt sich als dritte Handlungsempfehlung für die Politik die zwingend notwendige Etablierung einer einheitlichen europäischen Definition von Biokunststoffen und ihre Zertifizierung. Erste Grundlagen hierfür wurden bereits in verschiedenen Ländern gelegt. Diese gilt es weiterzuentwickeln und auf europäischer Ebene zu harmonisieren.

Ein viertes wichtiges Handlungsfeld betrifft die Harmonisierung der aktuellen, überwiegend nationalen politischen Regulierungen. Die dadurch in Europa etablierte Fragmentierung des Marktes bedeutet im globalen Kontext für europäische Unternehmen Wettbewerbsnachteile, wie etwa das Zulassungsverfahren für Produkte in einzelnen Ländern.

Eine fünfte für die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Unternehmen wesentliche Handlungsempfehlung betrifft das Garantieren eines Marktes. Nur unter verlässlichen Bedingungen können die Biokunststoff-Unternehmen in Europa wachsen, ihre Wettbewerbsposition im globalen Markt behaupten und einen Beitrag zur Erfüllung der Lissabon-Strategie leisten.

9. Dezentrales Wassermanagement

9.1 Überblick

Die klassischen und bis heute dominierenden Systeme der Wasserver- und entsorgung sind zentral organisiert. Rohwasser wird an einem zentralen Punkt zu Trinkwasser aufbereitet, über weite Strecken zum Verbraucher transportiert und nach Gebrauch wieder an einem entfernten und zentralen Ort entsorgt. Das hochwertige Trinkwasser wird dabei nur zu drei Prozent für die menschliche Nahrungsaufnahme genutzt, der Rest wird für Waschen, Spülen, Toilettenspülung, Gartenbewässerung etc. verwendet. Regenwasser und sämtliches Abwasser bleiben ungenutzt und werden nach der Ableitung durch die Kanalisation und anschließender Aufbereitung in ein Oberflächengewässer eingeleitet. Weit verzweigte Kanalisationsnetze erfordern hohe Investitionen für Bau und Instandhaltung. So ist vor allem der Transport mit einem Anteil von 80 Prozent der Haupttreiber für die Gesamtkosten der Abwasserbehandlung.

Der Ansatz des dezentralen Wassermanagements ist es, Ressourcen, wie beispielsweise die im Abwasser enthaltenen Nährstoffe und das Wasser selbst effizient zu nutzen und Stoffkreisläufe kleinräumig zu schließen. Wassermanagement bedeutet in diesem Zusammenhang das Sammeln der verschiedenen Arten von Rohwasser, Abwasser und Regenwasser, eine dem Verwendungszweck entsprechende Aufbereitung sowie die Speicherung und Leitung zur späteren Wiederverwendung.

Die dezentrale Perspektive dieses Ansatzes bezieht sich auf einzelne Gebäude, Straßenzüge und Wohngebiete sowie kleine Kommunen. Der Übergang zu kleinen zentralen Systemen ist fließend. Während die Wasseraufbereitung für einen einzelnen Gebäudekomplex (Hotelanlage, Hochhaus) mit einer großen Nutzerzahl als dezentral bezeichnet werden kann, handelt es sich bei einer Anlage für dieselbe Personenzahl in Einfamilienhäusern vielmehr um eine kleine zentrale Lösung. Entscheidend ist die notwendige Infrastruktur. Die Versorgung in der Fläche durch eine Anlage erfordert ein weitaus umfangreicheres Leitungsnetz als in einem einzelnen Gebäudekomplex. Generell ist eine Größenordnung von bis zu 1.000 Nutzern pro Anlage ein geeigneter Richtwert zur Einstufung als "dezentral". Die Wasserver- und -entsorgung von Kommunen und Stadtteilen mit höheren Einwohnerwerten kann jedoch durch den Einsatz mehrerer Anlagen ebenfalls dezentral erfolgen.

Dezentrales Wassermanagement nutzt das vorhandene Wasser effizient und ermöglicht so die Reduzierung des Wasserverbrauchs. Eine weitgehende Aufbereitung und Entsorgung vor Ort senkt die Infrastrukturkosten durch vermindertes Transportvolumen, da kleinere Rohrquerschnitte eingesetzt werden können oder das kollektive Leitungssystem komplett durch dezentrale Anlagen ersetzt werden kann. Technologien des dezentralen Wassermanagements können zentrale Systeme ergänzen und in Regionen mit dünner Besiedlung oder ohne bestehende Wasserinfrastruktur vollständig ersetzen. Dezentrales Wassermanagement unterteilt sich in drei Anwendungsbereiche: die Aufbereitung von Trinkwasser, die effiziente Wassernutzung und die Behandlung von Abwasser. Die entsprechenden Technologien umfassen Anlagen und Systeme für folgende Anwendungsbereiche:

Trinkwasseraufbereitung

Dies ist der fachliche Oberbegriff für die Gesamtheit der Maßnahmen zur Verbesserung der Trinkwasserbeschaffenheit. Trinkwasseraufbereitung ist die in verschiedenen Prozessen ablaufende Behandlung des Rohwassers mit physikalischen, chemischen und biologischen Wirkungsmechanismen, um seine Beschaffenheit dem jeweiligen Verwendungszweck anzupassen. Dabei ist es nicht Zweck der Trinkwasseraufbereitung, die Wasserabnehmer mit bestimmten Medikamenten (z. B. Fluor) zu versorgen oder das Wasser so zu verändern, dass es für bestimmte technische Anwendungen geeigneter wird (z. B. weitgehende Enthärtung), sondern lediglich, dass es den Anforderungen an ein gutes Trinkwasser genügt. Zur Trinkwasseraufbereitung zählen u. a. die Filtration, die Oxidation (z. B. Enteisenung, Entmanganung), die Entsäuerung, die zentrale Enthärtung, die Sedimentation, die Entkeimung und die Sterilisation. Rohwasser aus Quell- oder Grundwasser wird durch lokale Aufbereitung und ggf. Desinfektion zu Trinkwasser aufbereitet. Technisch ist auch die Aufbereitung von Oberflächenwasser (Flüsse, Seen, Meer) und Regenwasser zu Trinkwasser möglich. Aufgrund hoher hygienischer Standards in den Industrieländern ist diese Variante jedoch nur für Katastrophengebiete, extrem trockene Regionen und Entwicklungsländer relevant.

Regenwassernutzung

Regenwasser wird gesammelt, gefiltert, gespeichert und für Gartenbewässerung oder im Haus für Toilettenspülung, Waschmaschine und Klimaanlage verwendet. Die Kosten für eine Regenwassernutzungsanlage betragen für ein Einfamilienhaus etwa 4.500 Euro, für Mehrfamilienhäuser, Hotels oder öffentliche Gebäude 15.000 bis 30.000 Euro.

Grauwasserrecycling

Leicht verschmutztes Abwasser aus Badewanne, Dusche und Waschbecken wird getrennt gesammelt, gefiltert und wie Regenwasser wiederverwendet. Die Kosten für Systeme zur Grauwassernutzung entsprechen denen von Regenwassernutzungsanlagen. Bei integrierten Systemen für Regen- und Grauwasser sind Kostensynergien von bis zu 20 Prozent möglich.

Abwasserbehandlung

Abwasser wird vor Ort gereinigt und anschließend abgeleitet oder wiederverwendet. Während bislang durch die Reinigung von Abwasser in erster Linie die Gewässerverschmutzung verhindert werden soll, steht zunehmend auch die Behandlung von Abwasser für den weiteren Gebrauch (Toilettenspülung, Bewässerung) im Vordergrund. Technisch ist eine Aufbereitung von Abwasser zu Trinkwasser möglich, stößt jedoch auf wirtschaftliche, rechtliche und gesellschaftliche Grenzen. Grauwasserrecycling ist eine erste Stufe der Wiederverwendung von Abwasser. Prinzipiell ist eine getrennte Sammlung der Abwasserarten Grauwasser, Gelbwasser (Urin) und Schwarzwasser (Fäkalien) nicht zwingend erforderlich. Das Abwasser kann auch zusammen gefiltert und wiederverwendet werden. Bislang wird aufbereitetes Schwarzwasser jedoch nur im Nahen Osten (Vereinigte Arabische Emirate, Israel, Kuwait) und ausschließlich zur Bewässerung genutzt. Die dezentrale Aufbereitung von Abwasser erfolgt durch Kleinkläranlagen. Die Kosten einer Anlage für bis zu 20 Nutzer liegen zwischen 5.000 und 10.000 Euro, für bis

zu 200 Nutzer zwischen 35.000 und 100.000 Euro und für bis zu 5.000 Nutzer zwischen 150.000 und 1,5 Mio. Euro.

Bislang kommen die verschiedenen Elemente des dezentralen Wassermanagements nur partiell und in der Regel getrennt voneinander zum Einsatz. Eine Integration der einzelnen Technologien wird jedoch an Bedeutung gewinnen. Hinsichtlich der Systemkomponenten beinhaltet dezentrales Wassermanagement Technologien für die Wasseraufbereitung (Klärung, Reinigung und Desinfektion), Anlagen zum Sammeln und Transportieren von Wasser sowie Technologien für Betrieb und Monitoring der Systeme.

Die entscheidenden Komponenten für dezentrales Wassermanagement sind Tanks, Rohre, Pumpen, Filter und die Steuerungstechnik (Hardware und Software). Die Wertschöpfungskette lässt sich folgendermaßen beschreiben:

1. Tanks, Pumpen und Membranfolien bzw. fertige Membranfilter werden zugeliefert. Membranhersteller fertigen vollständige Filter und – zusammen mit lokalen Partnern in den Zielländern – komplette Aufbereitungssysteme.
2. Komponenten werden zu Systemen zusammengebaut, Filter und Steuerungstechnik werden von Systemherstellern selbst oder extern entwickelt und produziert.
3. Bei komplexen und großen Projekten entwickeln Beratungsunternehmen das Konzept, Planungsbüros den Bauplan.
4. Installateure erledigen den Einbau. Sie haben einen starken Einfluss auf die Kaufentscheidung des Kunden und sind daher ein wichtiger Vertriebskanal. Qualifikation und Erfahrung der Installateure in Technologien zum dezentralen Wassermanagement sind entscheidende Voraussetzungen für deren Verbreitung. Die unzureichende Erfüllung dieser Faktoren stellt bislang ein wichtiges Hemmnis für die Marktentwicklung dar.
5. Bauherren bzw. Hauseigentümer sind Abnehmer und Nutzer von dezentralen Wassermanagementsystemen.
6. Nach Kauf und Betrieb ist eine regelmäßige Wartung und Überprüfung der Anlagen wesentlich für einen zuverlässigen Anlagenbetrieb und je nach Komplexität der Anlage mehr oder weniger kostenintensiv.
7. Wasserver- und -entsorger erledigen, abhängig von der lokalen Abdeckung des Wasserkreislaufs, die Belieferung mit Trinkwasser und Ableitung des restlichen Abwassers.

Die Produkte für die einzelnen Teilbereiche des dezentralen Wassermanagements befinden sich in unterschiedlichen Phasen ihres Lebenszyklus.

Anlagen zur dezentralen **Trinkwasseraufbereitung** befinden sich in der Diffusionsphase. Die dezentrale Aufbereitung von Trinkwasser wird in Regionen ohne bestehende Infrastruktur oder mit unzureichender Wasserqualität heute weltweit eingesetzt. Ihre Nutzung

konzentriert sich jedoch in den Industrienationen und in anderen Weltregionen auf einzelne, besondere Gebäudekomplexe und Projekte der Entwicklungshilfe. In Deutschland sind 600.000 Trinkwasseraufbereitungsanlagen für Hausbrunnen im Einsatz.

Moderne Systeme der **Regenwassernutzung** haben sich in den vergangenen 15 Jahren von Deutschland ausgehend verbreitet. In Deutschland sind mittlerweile 500.000 Anlagen installiert und jährlich kommen etwa 25.000 hinzu. Auch in anderen europäischen Ländern sind Regenwassernutzungssysteme am Markt mit einem jährlichen Absatz von 25.000 Stück. Regenwasser wird auch in den USA und Australien genutzt, jedoch bislang auf einfachem technischem Niveau ohne Haus- und Steuerungstechnik und in erster Linie zur Gartenbewässerung mit Regentonnen. Aus globaler Perspektive befinden sich Regenwassernutzungssysteme in der Markteinführungsphase.

Systeme für **Grauwasserrecycling** sind erst seit wenigen Jahren auf dem Markt und sind deutlich weniger verbreitet. In Deutschland werden jährlich etwa 1.000 Anlagen verkauft, in Großbritannien ca. 100, in Frankreich kommen die ersten Anlagen gerade auf den Markt. Grauwasserrecycling ist noch in einer frühen Phase der Markteinführung.

Unter den dezentralen Lösungen der **Abwasserbehandlung** befinden sich Kleinkläranlagen in der Diffusionsphase. Sie sind bereits am Markt etabliert und werden weltweit genutzt. Insbesondere in Europa sind sie weit verbreitet. Viele der konventionellen Kleinkläranlagen entsprechen jedoch nicht dem heutigen Stand der Technik und erfüllen nicht die verschärften EU Richtlinien. Ein Umrüstungsprozess in Westeuropa und ihre Verbreitung in Osteuropa sind daher im Gange. Systeme zur Wiederverwendung von Abwasser befinden sich jedoch noch in der Entwicklungsphase. Aufbereitetes Abwasser wird im Moment nur im Mittleren Osten (Vereinigte Arabische Emirate, Kuwait) und ausschließlich für Bewässerungszwecke wiederverwendet. Die entsprechenden Technologien haben noch nicht die Marktreife erreicht.

Gleiches gilt für **integrierte Systeme** dezentralen Wassermanagements, die es bislang ausschließlich in Form von Pilotprojekten gibt. Die umfassende Umsetzung eines dezentralen Konzeptes, das heißt die Organisation der Wasserversorgung- und -entsorgung eines ganzen Dorfes oder Stadtteiles mit dezentralen Anlagen, existiert weltweit noch nicht.

9.2 Technologische Entwicklungen

Zur dezentralen Behandlung und Aufbereitung von Wasser werden chemische (auf Basis von Oxidation), biologische (aerobe und anaerobe Verfahren) und physikalische (Aktivkohlefilter, Membranfiltration) Verfahren eingesetzt. Die Membranfiltration erzielt eine große Wasserreinheit. Vorteilhaft ist die Membrantechnologie vor allem für Kleinkläranlagen, da die im Vergleich zu konventionellen Klärverfahren platzsparenden Membranfilter kleinere Anlagengrößen ermöglichen. Ein großer Nachteil von Membranfiltern ist jedoch ihr hoher Energieverbrauch sowie ihre Wartungsintensität und ihre verhältnismäßig kurze Lebensdauer. Hier bieten biologische Verfahren Vorteile. Biologische und auch chemische Verfahren bieten zudem die Möglichkeit, Schadstoffe nicht nur herauszufiltern, sondern auch stofflich zu zerlegen.

Trinkwasser ist nicht keimfrei. Auch nach sachgerechter Aufbereitung enthält es noch Mikroorganismen. Um sicherzustellen, dass die Bakterien und Viren nach der Aufbereitung des Wassers nur noch in gesundheitlich unbedenklicher Konzentration vorhanden sind, gibt es strenge Anforderungen an die Trinkwasserqualität. Falls das Trinkwasser desinfiziert werden muss, wird heute in erster Linie Chlor verwendet. Es tötet Bakterien und schützt das Wasser vor späterer Verseuchung im Leitungssystem oder Tank. Mit 85 Prozent ist die Chlorung nach wie vor das dominierende Desinfektionsverfahren. Wegen eines vermuteten Krebsrisikos und häufiger Unfälle beim Umgang mit dem giftigen Chlor ist dieses Verfahren jedoch umstritten und wird in Zukunft vermutlich seltener eingesetzt. Effiziente und anerkannte Ersatzmethoden sind die Oxidation durch Bestrahlung mit UV-Licht oder Elektrolyseverfahren. Der Nachteil der alternativen Verfahren besteht jedoch darin, dass sie keine dauerhafte, präventive Desinfektion (Netzschutz) gewährleisten.

Die befragten Unternehmen stufen die weitere Optimierung der Membrantechnik als die entscheidende technologische Entwicklung der kommenden Jahre ein. Sie erwarten eine Verfeinerung der Filtration, die Reduzierung des Energieverbrauchs, die Verlängerung der Lebensdauer und eine Verringerung des Wartungsbedarfs. Im Zuge dieser Entwicklung wird auch die Weiterentwicklung der Wieder- und Mehrfachverwendung von Abwasser aus Haushalten (Schwarzwasser) vorangetrieben.

Ein zentraler Aspekt der Technologieentwicklung wird eine Verbesserung der Steuerung, des Monitoring und der Wartung der Systeme sein. Da die Anlagen sehr komplex sind, stellen die Bedienbarkeit durch die Nutzer und die Betriebssicherheit, also das Erkennen technischer Probleme und deren Behebung, bislang eine große Hürde für die Technologie dar. Kontrolle, Wartung und Problembehebung auf Distanz (remote control) werden dabei der zentrale Lösungsansatz sein.

Ein weiterer Trend ist die zunehmende Trennung der Stoffströme in der Abwasserbehandlung. Dies beinhaltet eine Rückgewinnung des Urins als nährstoffreichen Dünger und vor allem die Abscheidung von Phosphaten. Phosphat fördert einerseits das Algenwachstum und ist somit schädlich für die Gewässerökologie, andererseits ist Phosphat als Pflanzendünger ein knapper Rohstoff, der in immer schlechterer Qualität verfügbar ist. Vorreiter in der Stofftrennung sind bislang Schweden und Südkorea.

Wasserknappheit ist bereits heute in vielen Regionen ein akutes Problem, das sich global weiter verschärfen und ausbreiten wird. Die bestehende Wasserinfrastruktur ist weltweit unzureichend. In weiten Teilen der Entwicklungsländer ist sie gar nicht vorhanden und in den Großstädten der Schwellenländer häufig überlastet oder veraltet. Ein Großteil der Weltbevölkerung lebt ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser. Vor allem in Ballungsräumen wird die Trinkwasserqualität trotz mitunter bestehender Leitungsnetze durch fehlende oder unzureichende Abwasserentsorgung beeinträchtigt. In ländlichen Gebieten der Schwellenländer und in Osteuropa ist ein flächendeckendes Kanalisationsnetz so gut wie nicht vorhanden. Die fehlende Abwasserbehandlung gefährdet so den Zugang zu hygienisch sauberem Trinkwasser.

Starkes Bevölkerungswachstum und voranschreitende Urbanisierung (Megacities) in Entwicklungs- und Schwellenländern werden eine weitere Belastung der Infrastruktur bewirken. Auf der anderen Seite führen Bevölkerungsschwund und -konzentration in

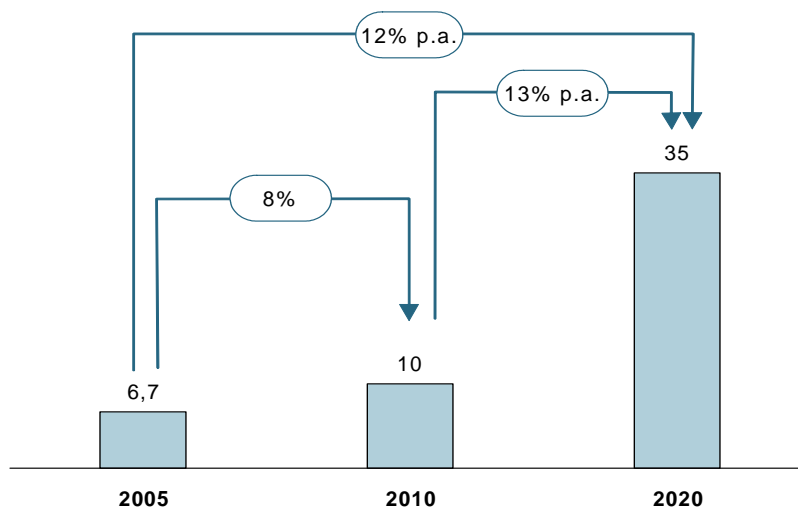
Industrieländern zu einer überdimensionierten Infrastruktur in schrumpfenden Regionen und Städten, etwa in den ostdeutschen Bundesländern. Sinkende Fließgeschwindigkeiten bringen dabei wachsende hygienische Risiken mit sich. Dezentrales Wassermanagement kann angesichts dieser Probleme dazu beitragen, die Wasserressourcen möglichst effizient zu nutzen.

Das primäre Risiko von Technologien zum dezentralen Wassermanagement liegt in der Schwierigkeit, Aufbereitungssicherheit und hygienische Standards zu gewährleisten. Diese Faktoren bilden den historischen Vorteil zentraler Systeme und sind bis heute das Hauptargument gegen dezentrale Lösungen. Potenzielle Gesundheitsrisiken sind insbesondere für die Wiederverwendung von Wasser relevant. Die Bedenken gelten dabei vor allem der unbekannten Vorbelastung des wiederverwerteten Abwassers und der unzureichenden Erfassung durch die Filtertechnik. Hier sind besonders mögliche Arzneimittelrückstände zu nennen, die über den Gartenschlauch oder die Waschmaschine in Kontakt mit dem menschlichen Körper kommen könnten. Ein weiteres Risiko dezentralen Wassermanagements betrifft die Betriebssicherheit. Da die Technologien sehr komplex sind, besteht die Gefahr, dass die Nutzer die Anlagen nur unzureichend steuern und kontrollieren und Störungen unentdeckt bleiben.

9.3 Marktentwicklungen

Der Weltmarkt für Technologien des dezentralen Wassermanagements hat heute ein Volumen von 6,7 Mrd. Euro. Davon machen Kleinkläranlagen mit 5 Mrd. Euro den bei weitem größten Teil aus. Der Rest des Umsatzes verteilt sich zu gleichen Teilen auf die lokale Trinkwasseraufbereitung sowie die Regen- und Grauwassernutzung.

Die befragten Unternehmen gehen von einem starken Wachstum des Marktes für Technologien des dezentralen Wassermanagement aus. Insbesondere ab 2010 erwarten sie eine Beschleunigung der Marktentwicklung. Insgesamt erscheint anhand dieser Prognosen ein durchschnittliches jährliches Wachstum des Weltmarktes von 12 Prozent bis 2020 möglich. Im Jahr 2010 würde das Weltmarktvolumen 10 Mrd. Euro, 25 Mrd. Euro im Jahr 2015 und 35 Mrd. Euro im Jahr 2020 erreichen (vgl. Abbildung 80).



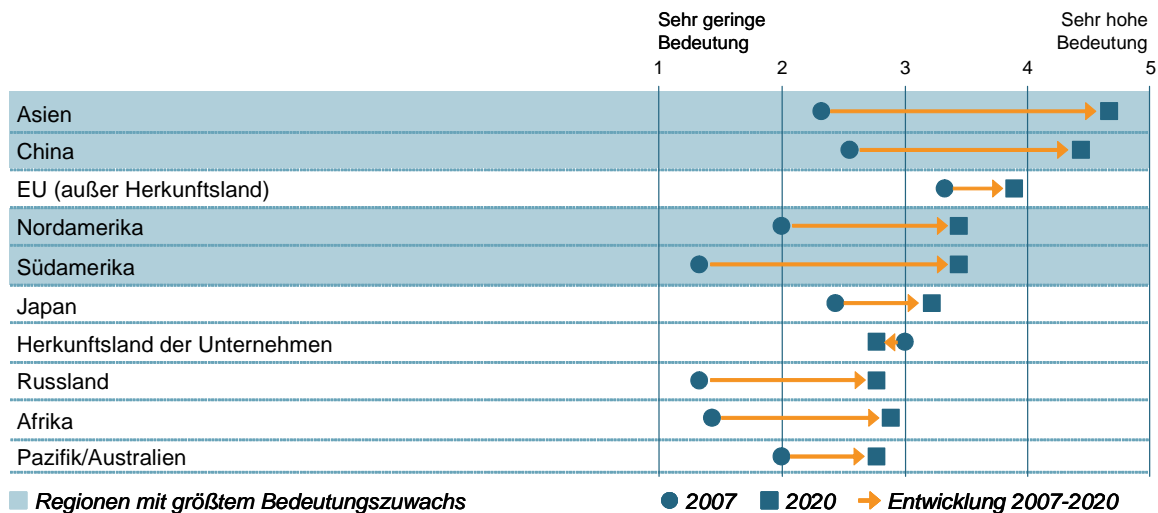
Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 80: Projektion des weltweiten Marktvolumens bis 2020 [Mrd. EUR]

Bislang ist Europa der Schwerpunkt des Marktes für dezentrales Wassermanagement. Das ist zunächst historisch bedingt, denn hier nahm die Entwicklung von Markt und Technologie ihren Ausgang (Regen- und Grauwassernutzung). Die strengen EU-Abwassernormen haben den europäischen Markt weiter wachsen lassen. Darüber hinaus beschränken die hohen Kosten der Produkte die Marktentwicklung in anderen, wirtschaftlich schwächeren Weltregionen, obwohl gerade dort der Bedarf für dezentrales Wassermanagement groß ist. Der kleine Vorreitermarkt für Anlagen zur Wiederverwendung von Abwasser zur Bewässerung hat seinen Schwerpunkt im Mittleren Osten.

Wie sich der Markt geografisch weiterentwickelt, hängt vom regionalen Bedarf ab. So ist zu erwarten, dass sich der Markt für Technologien zur effizienten Wassernutzung (Regen, Grauwasser- und Abwassernutzung; Mehrfachnutzung) vor allem in ariden Regionen wie Südeuropa, Kalifornien, dem Nahen Osten, Afrika und Australien entwickeln wird. Entsprechend wird sich der Markt für dezentrale Aufbereitung von Trink- und Abwasser auf Regionen mit fehlender oder unzureichender Wasserinfrastruktur konzentrieren, also die wachsenden Ballungsräume insbesondere in Asien, Osteuropa und in den Entwicklungsländern.

Kurzfristig wird nach Ansicht der Unternehmen Europa das Zentrum des Marktwachstums bleiben. Die Verschärfung der Standards für die Abwasserbehandlung und die Ausweitung der hohen EU-Standards auf die neuen mittel- und osteuropäischen Mitgliedstaaten ohne bestehendes Kanalisationsnetz bedeuten einen nachhaltigen Schub für den Markt der Kleinkläranlagen und für die Umwelt. Gleichzeitig erwarten die Unternehmen eine Zunahme des öffentlichen Problembewusstseins hinsichtlich der knappen Ressource Wasser und eine weitere Verbreitung von Regen- und Grauwassernutzung, insbesondere in Südeuropa. Langfristig wird sich die Marktentwicklung jedoch verlagern, und zwar vor allem nach Asien (vgl. Abbildung 81).



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 81: Bedeutung regionaler Märkte für dezentrales Wassermanagement 2007 und 2020

Alle befragten Unternehmen heben hervor, dass politische Regulierung die entscheidende Triebkraft für die Entwicklung des Marktvolumens, aber zugleich ihr größtes Hindernis ist.

Für Technologien zur Behandlung von Abwasser sind strenge Vorgaben für die Wasserqualität entscheidend für die Bildung und das Wachstum des Marktes. So würdigten die Unternehmen die positive Wirkung der EU-Abwasserrichtlinie. Mit hohen Standards und Anschlussquoten für die Abwasserbehandlung hat sie die Nachfrage für Kleinkläranlagen erhöht. Die strengeren Standards machen die Installation bzw. Umrüstung von Kleinkläranlagen in großer Zahl erforderlich. Allein in Frankreich, Italien und Deutschland werden derzeit mehr als eine Million neue Anlagen benötigt. Insgesamt schätzten die Unternehmen das entstandene Marktpotenzial für Kleinkläranlagen auf über 20 Mrd. Euro.

Für Technologien zur dezentralen Einsparung und Nutzung verschiedener Wasserquellen (Regen- und Grauwasser) ist Regulierung dagegen oft noch ein Markthemmnis. Verbote oder die Behinderung der Nutzung alternativer Wasserquellen unterbinden die Verbreitung der entsprechenden Technologien. Dazu gehören die Trinkwasserverordnung und der Anschluss- und Benutzungszwang in Deutschland, die alternative Wasserquellen für häusliche Anwendungen verbieten oder beschränken. Auch in Frankreich wird die Nutzung von Regenwasser in Gebäuden nicht gestattet. Andererseits kann Regulierung dem Markt auch positive Impulse geben: Großbritannien etwa macht den Wasserversorgern oder -nutzern Vorgaben zur Wassereinsparung oder Regenwasserrückhaltung. Entscheidende positive und negative Anreize für die Nutzer entstehen aus der Gestaltung von Preisen und Gebühren für Wasserver- und -entsorgung, die in der Regel politischer Regulierung unterliegt. Als entscheidendes Hemmnis für die Nutzung effizienter Wassertechnologien sehen die befragten Unternehmen im Gegensatz zu Deutschland die welt-

weite Subventionierung des Wasserpreises. Der Wasserpreis entspricht vielfach nicht den Kosten für die Wasseraufbereitung und dem realen Ressourcenproblem. Trotz akuter Wasserknappheit sind daher für die Verbraucher Investitionen in Wassertechnologien vielfach unwirtschaftlich.

Den Aussagen der meisten befragten Unternehmen zufolge scheitert eine verbreitete Nutzung dezentraler Lösungen häufig daran, dass öffentliche Institutionen zentrale Systeme bevorzugen. Dies äußert sich neben der rechtlichen Rahmensetzung des Wassermarktes auch in der Gestaltung von Förderprogrammen und -richtlinien, in denen dezentrale Systeme benachteiligt sind. Die Unternehmen sehen die politische Regulierung des Wassersektors auf verschiedenen Ebenen wesentlich durch die Interessen von Betreibern und Ausrüstern zentraler Wasserversorgungssysteme beeinflusst. Diese sehen durch dezentrales Wassermanagement ihr Geschäftsmodell und ihre getätigten Investitionen gefährdet. Aufgrund des wirtschaftlichen Gewichts der betroffenen Branchen und der langjährigen Zusammenarbeit werden nach Ansicht der befragten Unternehmen zentrale Wasserversorgungssysteme von politischen Institutionen bevorzugt. Häufig sind die Kommunen sogar selbst die Betreiber der zentralen Wasserversorgung. In der Folge sehen die befragten Unternehmen die Nutzung dezentraler Ansätze durch Politik und öffentliche Verwaltung vielfach behindert.

Die Unternehmen rechnen vor allem mit einer wachsenden Problemwahrnehmung des Themas Wasserinfrastruktur und Abwasseraufbereitung bei politischen Entscheidungsträgern und Nutzern auf globaler Ebene, vor allem in den Schwellen- und Entwicklungsländern. Bisher liegt das Hauptaugenmerk in diesen Ländern auf der Versorgung mit Trinkwasser. Die Unternehmen erwarten jedoch, dass die Belastung der Trinkwasserqualität durch unzureichende Abwasserentsorgung und undichte Leitungsnetze zunehmend Beachtung finden wird.

Durch eine Ausreifung der Technologien, Serienproduktion und Skaleneffekte aufgrund größerer Stückzahlen können die Anlagenpreise reduziert werden. Dies gäbe der Entwicklung des Marktes einen wichtigen Schub, weil heute noch in Regionen mit besonders dringendem Bedarf der Absatz notwendiger Technologien an der Finanzierung scheitert.

9.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

Der Markt für Technologien des dezentralen Wassermanagements wird von kleinen- und mittleren Akteuren dominiert. Im Bereich der Kleinkläranlagen ist weltweit eine große (>100) Zahl von Unternehmen aktiv, in der Regel mit regionalem Fokus. Der Markt für Regenwassersysteme, der bislang auf Europa beschränkt ist, wird von zehn relevanten Unternehmen bearbeitet. Im Rahmen eines Konsolidierungsprozesses waren in den vergangenen Jahren ein Einstieg der Pumpenhersteller in den Markt (KSB, Wilo) und eine Verdrängung der kleineren Unternehmen zu beobachten. Auf dem noch jungen Markt des Grauwasserrecyclings sind bislang vier Akteure präsent. Marktführer für Regen- und Grauwassernutzung ist mit etwa 30 Prozent Weltmarktanteil die "GEP Umwelttechnik" aus Deutschland. Europäische und insbesondere deutsche Unternehmen sind führend bei den Technologien für dezentrales Wassermanagement. Die Anbieter von Technologien für dezentrales Wassermanagement arbeiten in der Regel mit nationalem Schwerpunkt, auch

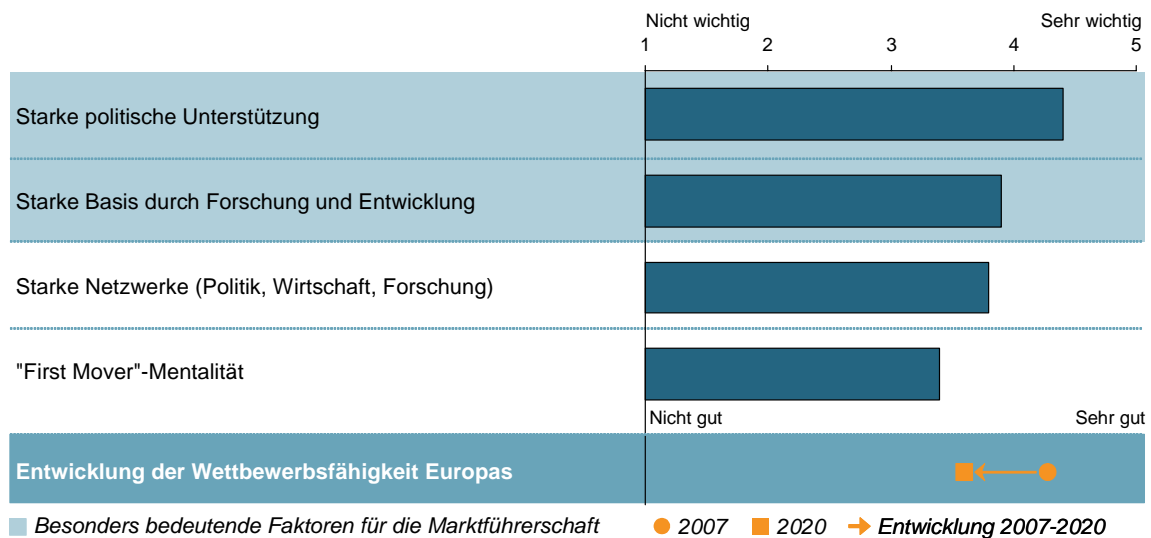
wenn sie ihre Produkte mitunter europa- bzw. weltweit vertreiben. Die fehlende internationale Reichweite der Unternehmen ist bislang ein wichtiges Hemmnis für die globale Verbreitung der Technologien. So berichtete ein Unternehmen von Nachfragen aus afrikanischen Ländern, die nicht bearbeitet werden konnten, weil das Unternehmen über diese Distanz die erforderlichen Wartungsleistungen nicht anbieten kann.

Im Kontrast zum fragmentierten Markt des dezentralen Wassermanagements sind die Zulieferermärkte (Pumpen und Membrane) stärker konzentriert und von größeren Unternehmen geprägt. Insbesondere der Markt für Membrantechnologien wird von fünf Unternehmen aus Nordamerika und Japan dominiert. Die Zulieferer streben danach, die nachfolgenden Stufen der Wertschöpfungskette stärker zu integrieren. Für eine internationale Expansion verfügen sie über größere finanzielle Ressourcen sowie bestehende Vertriebsstrukturen. Der Markt für Regen- und Grauwasser ist aufgrund der großen Bedeutung für Haus- und Steuerungstechnik für Pumpenhersteller und Tankhersteller interessant. Durch die hohe Anforderung an die Filtertechnik in der Wasseraufbereitung kommt dieser Bereich in erster Linie für die Membranhersteller infrage. So stellt beispielsweise der Weltmarktführer in Membrantechnologie, das kanadische Unternehmen Zenon, das seit 2006 Tochter des US-Konzerns GE ist, nicht nur Membranfolien her, sondern bereits komplette Filtersysteme. In Kooperation mit lokalen Partnern ist das Unternehmen auch im Bereich Wassermanagementsysteme aktiv.

Die befragten Unternehmen stufen die Wettbewerbsintensität von Kleinkläranlagen als hoch ein. Bei Regen- und Grauwassernutzung dagegen ist der Konkurrenzdruck bislang moderat. Der Markt ist noch klein und in Entstehung und Wachstum begriffen. Besonders in jungen Märkten wie Großbritannien ist nach Aussage der Unternehmen die Nachfrage größer als das bestehende Angebot. In Deutschland jedoch verschärft sich der Wettbewerb für Regenwassersysteme bereits spürbar. Künftig rechnen die Unternehmen aufgrund der wachsenden Bedeutung des Marktes mit steigendem Wettbewerbsdruck und weiteren Marktteilnehmern. Einzelne Gesprächspartner gehen davon aus, dass im Rahmen der internationalen Expansion lokale Konkurrenz auf den Zielmärkten entstehen wird. Als Folge des steigenden Preisdrucks und der wachsenden Bedeutung von Skaleneffekten halten die Unternehmen anschließend eine Konsolidierung des Marktes und eine Konzentration von Unternehmen für sehr wahrscheinlich.

Mit zunehmendem Marktvolumen, so die Einschätzung der Befragten, könnte auch ein Einstieg für große internationale Unternehmen interessant werden. Dies wären zum einen die großen Wasserversorger wie Veolia, zum anderen Ausrüster und Anlagenbauer für zentrale Wassersysteme wie General Electric und Siemens. Wie wahrscheinlich ein solcher Einstieg der genannten Konzerne ist und wann er erfolgt, schätzen die befragten Unternehmen unterschiedlich ein. Angesichts der positiven Entwicklung von General Electric und Zenon erscheint ein solches Szenario jedoch bereits kurz- bis mittelfristig realistisch.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen für das dezentrale Wassermanagement die politische Unterstützung und eine starke Basis für Forschung und Entwicklung als wichtigste Faktoren. Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute als relativ gut – erwarten jedoch einen Rückgang der Wettbewerbsposition bis 2020 (vgl. Abbildung 82).



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

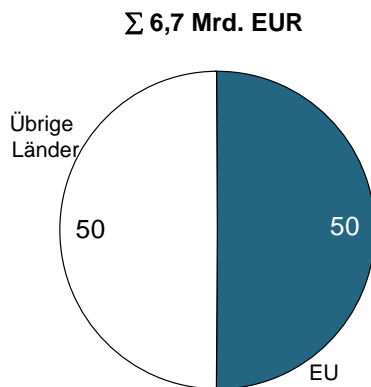
Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 82: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

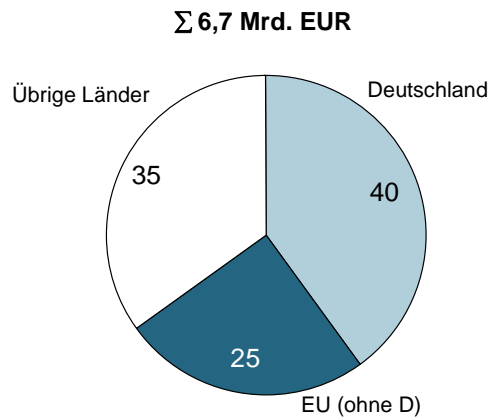
Dank ihres deutlichen Technologievorsprungs bei Anlagen des dezentralen Wassermanagements sind die europäischen Unternehmen nach eigener Aussage im Wettbewerb gut aufgestellt. Hier hat Europa eindeutig die Vorreiterrolle. Beeinträchtigt wird die Wettbewerbsposition Europas jedoch dadurch, dass sie gegenüber amerikanischen und japanischen Unternehmen im Bereich Membrantechnologie zurückbleiben; außerdem sind israelische und arabische Unternehmen bei der Wiederverwendung von Abwasser bereits führend. Die befragten Unternehmen prognostizieren daher für die Zukunft eine nach wie vor gute, insgesamt aber schwächere Position europäischer Unternehmen im internationalen Wettbewerb. Die stärkste Konkurrenz erwarten die Unternehmen aus Amerika und Japan. Insbesondere die Membranhersteller aus diesen Ländern könnten durch eine Anpassung der bestehenden Filtertechnologien auf kleinere Anlagen leicht in den Markt einsteigen. Darüber hinaus rechnen sie mit zunehmendem Wettbewerb durch lokale Unternehmen aus den wachsenden Zielmärkten, insbesondere China.

Europa ist heute wichtigster Absatzmarkt für Technologien des dezentralen Wassermanagements und macht alleine knapp die Hälfte des Weltmarktes aus. Der Verkauf von Systemen der Regen- und Grauwassernutzung konzentriert sich bislang ausschließlich auf Europa. Auf der Angebotsseite ist das Übergewicht Europas noch deutlicher: etwa zwei Drittel des Weltmarktes werden von europäischen Unternehmen produziert (vgl. Abbildung 83).

**Weltmarktanteile am Absatzmarkt –
Nachfrage**



**Weltmarktanteile Unternehmen –
Angebot**



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 83: Marktanteile europäischer Unternehmen 2005 auf Nachfrage- und Angebotsseite [in %]

Die befragten Unternehmen erwarten einen Rückgang des heute dominierenden europäischen Marktanteils, rechnen jedoch damit, dass europäische Unternehmen 2020 immer noch etwa die Hälfte des Weltmarktes halten werden. Innerhalb Europas spielen deutsche Unternehmen mit 40 Prozent Weltmarktanteil eine dominierende Rolle. Aufgrund seiner flächendeckenden, hochwertigen zentralen Wasserversorgung ist Deutschland als Absatzmarkt für Kleinkläranlagen zwar nachrangig. Für Systeme der Regen- und Grauwassernutzung jedoch ist Deutschland mit 50 Prozent der größte Absatzmarkt. Die Wettbewerbsposition Europas im dezentralen Wassermanagement ist in Tabelle 11 in Form einer Analyse zu Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zusammengefasst.

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Europa ist Vorreiter bei Systemen für dezentrales Wassermanagement und in der Konsequenz Technologie- und Marktführer • Europäische Unternehmen verfügen über eine gute Forschungsbasis und -kultur 	<ul style="list-style-type: none"> • Außerhalb Europas liegen große potenzielle Zielmärkte mit hohem Bedarf aber wenig Erfahrung und Know-how in dezentralem Wassermanagement
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Europa hat eine schwache Wettbewerbsposition in der Membrantechnologie, einer wichtigen Zulieferindustrie • Europäischen Unternehmen werden Defizite in der Vermarktung von Innovationen sowie Langsamkeit und Risikoscheue bei Markterschließung und Expansion attestiert • Die Produkte sind für den Absatz in anderen Weltregionen zu teuer 	<ul style="list-style-type: none"> • Außereuropäische Anbieter mit geringem technologischen Rückstand aber größeren finanziellen Ressourcen, besserem Marketing – insbesondere die Membranhersteller aus USA und Japan – sind schneller • Wettbewerber aus Ländern mit niedrigem Lohnniveau produzieren zu konkurrenzlosen Preisen

Tabelle 11: Übersicht zu Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu dezentralem Wassermanagement in Europa

9.5 Hindernisse und Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Die Unternehmen wurden gebeten, die Bedeutung verschiedener Faktoren für den Erfolg von Innovationen zu bewerten und einzuschätzen, inwieweit diese Faktoren gegenwärtig erfüllt sind. Politische Instrumente, die Einstellung der Gesellschaft gegenüber neuen Technologien sowie die Kundennachfrage nach innovativen Lösungen wurden als wichtigste externe Erfolgsfaktoren eingestuft. Darüber hinaus besteht Handlungsbedarf nach Ansicht der Unternehmen auch bei der öffentlichen Beschaffung (vgl. Abbildung 84).

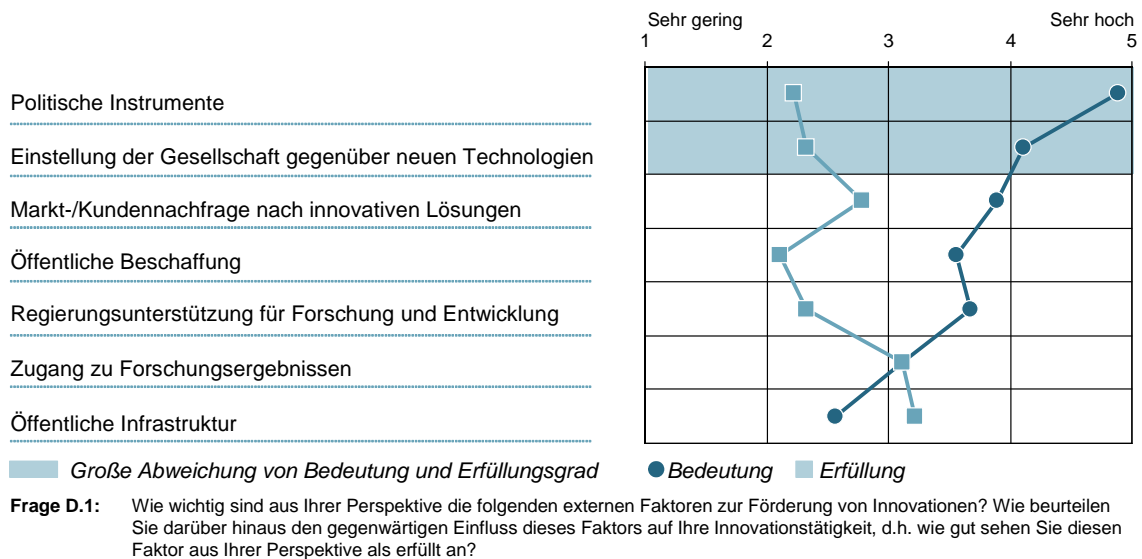


Abbildung 84: Bedeutung und Erfüllung externer Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Politische Instrumente wurden von den Unternehmen als wichtigster Faktor für den Erfolg von Innovationen im Bereich dezentrales Wassermanagement genannt. Politische Initiativen und Rahmensetzungen sind entscheidend für die Entwicklung eines Marktes für diese Technologien. Diesen Faktor sehen die Unternehmen im Vergleich zu seiner Bedeutung jedoch nur unzureichend erfüllt. Die Unternehmen wünschen sich in dieser Hinsicht einerseits positive rechtliche und finanzielle Anreize sowie andererseits den Abbau bestehender Hemmnisse in Form rechtlicher Einschränkungen bzw. expliziter Verbote und negativer Anreize wie die Subventionierung des Wasserpreises.

Die Einstellung der Gesellschaft gegenüber dezentralem Wassermanagement wird von den Unternehmen ebenfalls als sehr wichtig eingestuft. Diese ist ihrer Ansicht nach jedoch noch unzureichend ausgeprägt. Fehlende Akzeptanz oder mangelndes Bewusstsein für Notwendigkeit und Nützlichkeit dezentraler Wassertechnologien in der Bevölkerung sind bislang ein wichtiges Hemmnis für die Verbreitung von Innovationen in diesem Bereich.

Die Nachfrage des Marktes reicht nach Angaben der Unternehmen infolge fehlender Akzeptanz und Problemwahrnehmung der Gesellschaft noch nicht aus. Nur eine ausreichende Nachfrage sichert den Erfolg und die Verbreitung von Innovationen im dezentralen Wassermanagement.

Öffentliche Beschaffung wird von den Unternehmen als ein wichtiger Erfolgsfaktor beschrieben. Sie könnte durch ihre Signalwirkung einen wichtigen Beitrag dazu leisten, Akzeptanz, Bewusstsein und Nachfrage von dezentralem Wassermanagement zu erhöhen. Der Einsatz von dezentralen Technologien in öffentlichen Gebäuden würde die Wahrnehmung für Probleme und Lösungen in der Bevölkerung sowie das Vertrauen in die Technologie erhöhen und dadurch wichtige Impulse für die Verbreitung der Innovationen setzen. In diesem Bereich sehen die Unternehmen bislang jedoch nur wenige Initiativen.

Hinsichtlich der unternehmensinternen Erfolgsfaktoren stellten die Unternehmen qualifiziertes Personal, Zugang zu finanziellen Ressourcen und Investitionen in Forschung und Entwicklung als besonders bedeutend heraus (vgl. Abbildung 85).

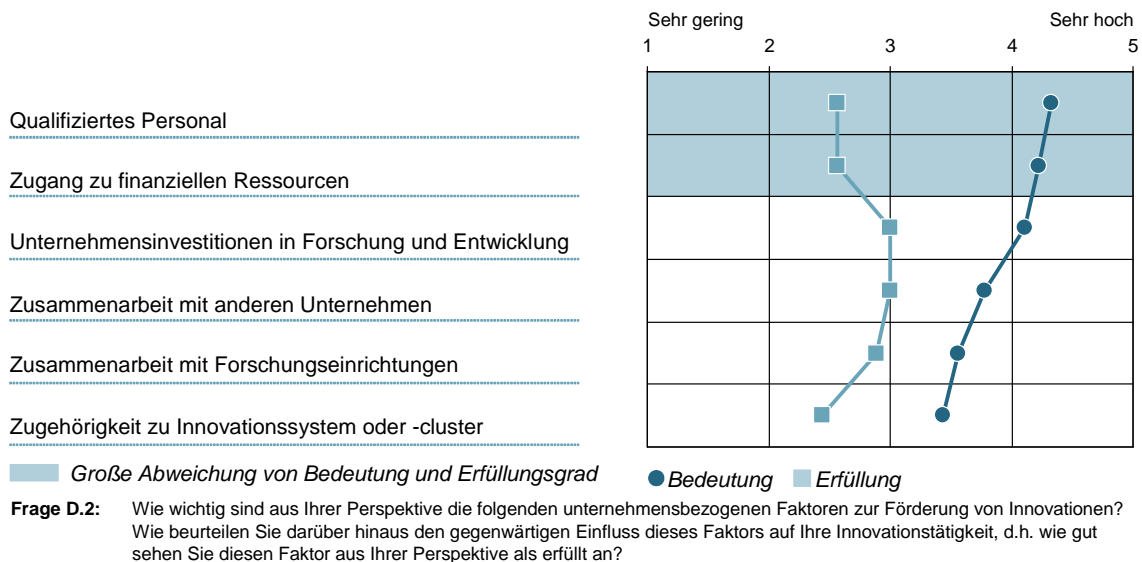


Abbildung 85: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

Insbesondere die Bedeutung von qualifiziertem Personal heben die Unternehmen hervor. Fachleute mit Kenntnissen und Erfahrung im dezentralen Wassermanagement sind jedoch rar, da dezentrales Wassermanagement an den Universitäten vor allem in der Lehre bislang kaum eine Rolle spielt. Die Ausbildung der Bauingenieure ist nach wie vor auf den Betonbau ausgerichtet, dem klassischen Element zentraler Wassermanagementsysteme. Ein Mangel an qualifizierten Installateuren hemmt zudem die Marktentwicklung dezentraler Wassertechnologien.

Den Zugang zu finanziellen Ressourcen stufen die Unternehmen als den zweitwichtigsten Erfolgsfaktor ein. Für kleine und mittlere Unternehmen im dezentralen Wassermanagement sind finanzielle Ressourcen knapp. Entsprechend niedrig ist Erfüllung dieses Faktors aus Sicht der Unternehmen.

Kooperationen mit anderen Unternehmen sind für die Hersteller von Technologien zum dezentralen Wassermanagement ebenfalls bedeutend, da die verschiedenen Technologien stark miteinander verbunden und verschiedene Akteure an der Wertschöpfung im dezentralen Wassermanagement beteiligt sind. Insgesamt zeigen sich die befragten Unternehmen zufrieden mit den bestehenden Kooperationen mit anderen Unternehmen.

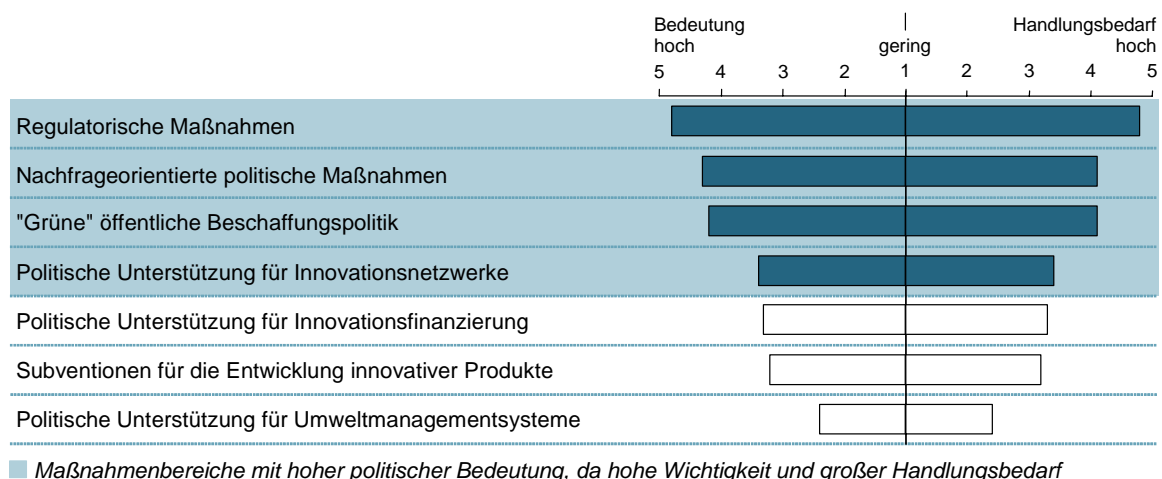
Als größtes Hindernis für Innovationen nannten die befragten Unternehmen die fehlende Investitionsbereitschaft sowie die mangelnde Akzeptanz bei Verbrauchern und Politikern. Darüber hinaus nannten die Unternehmen keine weiteren Erfolgsfaktoren oder Hemmnisse.

9.6 Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Die Unternehmen beurteilen die Regulierungen auf nationaler Ebene als die bedeutendsten, dicht gefolgt von sowohl den Regulierungen auf europäischer Ebene und den regionalen Vorschriften. Internationalen Regulierungen nehmen aus Sicht der Unternehmen nur eine untergeordnete Rolle ein.

Als politisches Instrument mit besonders positiven Auswirkungen nannten die Unternehmen die EU-Abwasserdirektive und einzelne regionale Regulierungen. Politische Instrumente mit negativen Auswirkungen sind nach Meinung der Unternehmen dagegen der Anschluss- und Benutzungszwang sowie Verbote der Nutzung von Brauch- und Regenwasser im Haus.

Die Unternehmen wurden gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten und den Handlungsbedarf für jedes Instrument zu definieren. Regulatorische Maßnahmen, nachfrageorientierte Maßnahmen und öffentliche Beschaffung wurden von den Unternehmen als wichtigste politische Instrumente eingestuft (vgl. Abbildung 86).



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich dezentrales Wassermanagement zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 86: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Instrumenten

Regulierende Maßnahmen stehen im Zentrum des Interesses der Unternehmen. Sie haben aus ihrer Sicht eine herausragende Bedeutung für den Erfolg von Innovationen im dezentralen Wassermanagement. Gleichzeitig sehen sie dort sehr großen Handlungsbedarf. So wünschen sie sich zum einen den Abbau bestehender Hemmnisse. Dabei geht es insbesondere um die politisch-rechtliche Behinderung von Technologien zum dezentralen Wassermanagement durch rechtliche Einschränkungen und Verbote sowie die unzureichende öffentliche Infrastrukturförderung. Die bislang verbreitete Subventionierung des Wasserpreises ist ebenfalls ein großes Hemmnis für die Verbreitung des dezentralen

Wassermanagements. Gleichzeitig fordern die Unternehmen Standards für die Abwasserbehandlung und deren Kontrolle, um positive Anreize für dezentrales Wassermanagement zu schaffen. Um die Akzeptanz der Nutzung von aufbereitetem Regen- und Grauwasser zu erhöhen, sind aus Sicht der betroffenen Akteure Normen für Qualität und Anwendung von Brauchwasser wichtig.

Die Förderung der Nachfrage nach dezentralen Technologien durch Zuschüsse oder Steuererleichterungen für die Käufer ist aus Sicht der Unternehmen ein wichtiges und wirksames Instrument zur Entwicklung der Märkte für diese Technologien. Erfahrungen mit Instrumenten dieser Art in einzelnen deutschen Bundesländern sowie in Großbritannien waren sehr erfolgreich. In Hamburg, Hessen und Nordrhein-Westfalen wurde in der Vergangenheit die Anschaffung von Regenwassernutzungssystemen finanziell gefördert. Dadurch gelang es, den Markt für diese Technologie anzukurbeln, und ihre Nutzung liegt heute in den beiden Flächenstaaten über dem Niveau anderer Bundesländer. Die Unternehmen wünschen sich daher, dass diese öffentliche Förderung fortgeführt und verstärkt wird und sehen weiterhin großen Handlungsbedarf für nachfrageorientierte Maßnahmen. Die öffentliche Subventionierung der Anschaffung innovativer Technologien ist in Regionen, in denen die finanziellen Ressourcen der potenziellen Kunden begrenzt sind, besonders wichtig. Dazu zählen innerhalb der EU die neuen mittel- und osteuropäischen Mitgliedstaaten sowie weltweit die Entwicklungsländer.

Die Bedeutung öffentlicher Beschaffungspolitik wird von den Unternehmen ebenfalls als hoch eingeschätzt. Wie sich bereits bei den externen Erfolgsfaktoren gezeigt hat, sehen die Unternehmen den Einsatz dezentraler Technologien in öffentlichen Gebäuden als wichtigen Beitrag, um die Wahrnehmung der Bevölkerung für solche Produkte zu schärfen. Aus Sicht der Unternehmen besteht daher ein großer Handlungsbedarf für die öffentliche Beschaffung von Technologien zum dezentralen Wassermanagement.

Aus Sicht der Unternehmen stellt sich die gegenwärtige Situation politischer Rahmenbedingungen gemischt dar. Neben vielversprechenden politischen Initiativen und Ansätzen zur Regulierung mit positiven Effekten für die Entwicklung und Verbreitung von dezentralem Wassermanagement auf regionaler und globaler Ebene existieren nach wie vor entscheidende politische und rechtliche Hindernisse für die Nutzung dieser Technologien.

Weltweit steht das Thema Wasserversorgung immer häufiger auf der politischen Agenda. Technologien des dezentralen Wassermanagements können von dieser Entwicklung profitieren. Das UN Millennium Development Goal Nr. 7 gibt vor, bis 2015 die Zahl der Menschen ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser um die Hälfte zu reduzieren. Die Umsetzung dieses Vorhabens, für die dezentrale Technologien eine wichtige Rolle spielen könnten, verläuft jedoch aufgrund von Finanzierungsproblemen nur schleppend. Insbesondere in Regionen, in denen der Handlungsbedarf hoch ist, sind die finanziellen Ressourcen für notwendige Investitionen nicht annähernd vorhanden, so vor allem in Afrika. Daher ist die Förderung entsprechender Projekte durch nationale oder supranationale Instrumente der Entwicklungshilfe beispielsweise durch die Weltbank ein wichtiger Faktor. Die Berücksichtigung dezentralen Wassermanagements in diesen Programmen kann sowohl dazu beitragen, dieses Ziel umzusetzen als auch helfen, die Technologie zu verbreiten.

Die gegenwärtige Entwicklung der Regulierung auf europäischer Ebene hat überwiegend positive Auswirkungen auf die Verbreitung von Technologien des dezentralen Wassermanagements. Einen wichtigen und positiven Impuls für dezentrale Abwasserbehandlung (Kleinkläranlagen) gibt die Abwasserrichtlinie (Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser, 91/271/EWG geändert durch 98/15/EG). Ziel der Richtlinie ist, die Schadstoffbelastung von Gewässern (Flüsse und Grundwasser) durch Abwasser zu reduzieren. Die Richtlinie verpflichtet zur Sammlung und Behandlung von Abwasser. Sie schreibt Standards für die Qualität von Abwasser sowie die Entsorgungsverfahren vor. Sie setzt den Mitgliedstaaten darüber hinaus Quoten für die Abwasserbehandlung durch die Haushalte in der EU. Demnach sollten bis Ende 2005 alle Gemeinden mit mehr als 2.000 Einwohnern Abwasser gemäß den EU-Normen entsorgen. Dies entspräche einem Anschlussgrad von 90 Prozent der Haushalte. Während Deutschland, dessen Niveau der Abwasserbehandlung im europäischen Vergleich sehr hoch ist, einen Anschlussgrad von 95 Prozent aufweist, liegt dieser Wert in Ländern wie Frankreich, Spanien und Italien zwischen 70 und 80 Prozent. Die Unternehmen begrüßen diese Richtlinie und unterstreichen ihre große Bedeutung für die Marktentwicklung. Eine Reihe von Mitgliedstaaten ist bislang mit der Umsetzung der Auflagen in Verzug. Aus diesem Grund äußerten die befragten Unternehmen ihr Interesse an einer zügigen, europaweiten Umsetzung der Richtlinie sowie deren effektiver Kontrolle.

Durch die Ausweitung der EU-Normen auf die neuen mittel- und osteuropäischen Mitgliedstaaten entsteht ein weiteres signifikantes Marktpotenzial für Technologien der Wasserver- und -entsorgung. Bei der Anpassung der Wasserinfrastruktur in Osteuropa wird auch finanzielle Förderung durch EU-Institutionen eine wichtige Rolle spielen. Die Unternehmen sehen jedoch dezentrale Lösungen von der geltenden Förderpraxis benachteiligt. So könnte beispielsweise eine osteuropäische Kommune für den Bau einer zentralen Kläranlage und eines Kanalisationsnetzes finanzielle Förderung von der EU erhalten. Für eine dezentrale Lösung durch den Bau mehrerer Kleinkläranlagen wäre diese Förderung den Angaben der Unternehmen zufolge aber schwieriger. Eine wichtige Hürde stellt in diesem Zusammenhang die Frage nach Betrieb und Zuständigkeit dar. Abnehmer und Betreiber von Kleinkläranlagen sind in der Regel Privatpersonen, EU-Fördergelder hingegen richten sich in erster Linie an öffentliche Körperschaften und Unternehmen. Eine mögliche Lösung könnte die Anschaffung und der Betrieb der Kleinkläranlagen durch die Kommune sein. Diese Alternative könnte auch das Problem der Wartung und Betriebssicherheit dezentraler Anlagen lösen. Als Betreiber würde die Kommune für die Investitionskosten aufkommen und die Wartung und Sicherheit der Anlagen verantworten. Wie in zentralen Versorgungssystemen würden die Nutzer durch Gebühren an den Kosten beteiligt und die öffentlichen Akteure hätten bessere Möglichkeiten, die Sicherheit und Standards der Wasserver- und -entsorgung zu überwachen. Die Unternehmen wünschen sich daher eine faire Berücksichtigung dezentraler Technologien bei der Vergabe von Fördergeldern, sodass diese in Fällen, in denen es technologisch und wirtschaftlich sinnvoll ist, zum Einsatz kommen können. Eine faire Berücksichtigung in der Förderpraxis ist angesichts der bestehenden Finanzierungsprobleme entscheidend dafür, dass dezentrale Technologien ihren Anteil am großen Marktpotenzial für Wasserinfrastruktur in Mittel- und Osteuropa behaupten können.

Die in vielen Mitgliedstaaten praktizierte Subventionierung des Wasserpreises ist in den Augen der Unternehmen ein zentrales Hemmnis für Investitionen in Technologien zur

effizienteren Wassernutzung. Als Folge der Subventionierung liegen insbesondere in trockenen Ländern wie Spanien und Italien die Wasserpreise unter einem Euro pro Kubikmeter. Auch in Frankreich ist der Wasserpreis mit 1,19 Euro deutlich niedriger als in Dänemark (1,84 Euro) und Deutschland (1,72 Euro). Die Unternehmen knüpfen daher große Hoffnungen an die Umsetzung der Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG). Die zentralen Ziele der Richtlinie sind der Schutz und die Verbesserung aller Gewässer (Fließgewässer, See, Küstengewässer, Grundwasser) sowie eine nachhaltige Nutzung der Wasserressourcen. Eine der zur Erreichung dieses Ziels festgelegten Maßnahmen ist die Durchsetzung des Kostendeckungsprinzips. Die Richtlinie fordert daher, dass die Mitgliedstaaten das Prinzip der Kostendeckung bei Wasserdienstleistungen berücksichtigen und Wasserpreise angemessene Anreize für die effiziente Nutzung der Ressource Wasser darstellen müssen; außerdem müssen die Nutzer unter Berücksichtigung des Verursacherprinzips angemessene Beiträge erbringen. Diese Forderungen sind von den Mitgliedstaaten bis 2010 umzusetzen.

Die "Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch" (98/83/EG) setzt europäische Normen für die Qualität von Trinkwasser. Sie räumt die Möglichkeit der Nutzung anderer Wasserarten für einzelne Anwendungen im Haus ein, stellt also kein Hindernis für entsprechende Technologien dar. So gewährt die Richtlinie den Mitgliedstaaten explizit die Möglichkeit, Ausnahmen von den gesetzten Normen für einzelne Anwendungsbereiche zuzulassen, von deren Unbedenklichkeit für die menschliche Gesundheit die nationalen Behörden überzeugt sind.

Ein wichtiges Anliegen der Anbieter von Technologien zur Regenwassernutzung und Wiederverwendung von Wasser hinsichtlich europäischer Regulierung ist die Festlegung von Normen für Qualität und Anwendungen von Brauchwasser. Von der Einführung eigener Qualitätsstandards für Brauchwasser und der expliziten rechtlichen Klarstellung, für welche Anwendungen die Nutzung unbedenklich ist, versprechen sich die Unternehmen eine bessere Akzeptanz dieser Technologien. Dies würde nach ihren Aussagen die Kommunikation gegenüber den Kunden erheblich erleichtern. Bislang orientieren sich die Anbieter von Systemen zur Regen- und Grauwassernutzung an der Badegewässerrichtlinie (76/160/EWG) als freiwillig gewähltem Qualitätsstandard für die Vermarktung ihrer Produkte.

Die politischen und rechtlichen Hindernisse, denen sich die Hersteller von Technologien des dezentralen Wassermanagements gegenüber sehen, liegen ihren Angaben zufolge vor allem auf nationaler Ebene. In Deutschland gibt es innerhalb der Bundesregierung und -verwaltung (BMU, UBA, Gesundheitsministerium, Gesundheitsamt) bislang noch keine einheitliche Position zum dezentralen Wassermanagement. Vielmehr wird das Thema kontrovers diskutiert. Die Möglichkeiten und Vorteile der Technologien werden zwar anerkannt, insbesondere als mögliche Reaktion auf klimatische und demografische Veränderungen. Doch haben Fachpolitiker und Beamte Bedenken, wie hygienische Standards gewährleistet und kontrolliert werden können. Viele Akteure ziehen daher zentrale Systeme der Wasserversorgung vor.

Die befragten Unternehmen sind sich weitgehend einig, dass die Interessen von Betreibern (Versorger) und Konstrukteuren (Anlagen- und Betonbauer) zentraler Systeme im politischen Entscheidungsprozess eindeutig berücksichtigt werden. In der Konsequenz sehen sie die Entwicklung und Verbreitung ihrer Technologien durch politische

Institutionen gehemmt. Die von den Unternehmen genannten Hemmnisse reichen von hemmender Regulierung bis hin zu negativer Kommunikation öffentlicher Institutionen in Deutschland. So beklagen die Anbieter von Technologien zur alternativen Wassernutzung, dass Regierung und Verwaltung wiederholt in ihren Veröffentlichungen die Notwendigkeit und den Sinn der Regenwassernutzung in Deutschland infrage gestellt oder abgestritten haben. In der Tat ist die Kommunikation öffentlicher Institutionen in Deutschland häufig voreingenommen oder ablehnend gegenüber dezentralen Konzepten.

Hinsichtlich der rechtlichen Rahmensetzung nannten die Unternehmen wiederholt den im Wasserhaushaltsgesetz fixierten Anschluss- und Benutzungszwang als großes Hindernis für die Nutzung des dezentralen Wassermanagements in Deutschland. Dadurch sind Hauseigentümer verpflichtet, sich an die öffentliche Kanalisation anzuschließen und das vom Wasserversorger gelieferte Trinkwasser für sämtliche häusliche Anwendungen zu nutzen. Der Zwang gilt bis zu einer Zumutbarkeitsgrenze von 16.000 Euro für die Anschlusskosten, auch wenn die Installation dezentraler Technologien günstiger wäre. Haushalte, die alternative Wasserquellen nutzen wollen, müssen bei ihrem Wasserversorger für jeden Anwendungsbereich (Toilette, Waschmaschine etc.) einen Antrag auf Teilbefreiung stellen. Es ist mittlerweile jedoch rechtlicher Standard, dass Brauchwassersysteme grundsätzlich betrieben werden dürfen und die Wasserversorger die Befreiung für Toilette und Waschmaschine gewähren müssen, solange ihr wirtschaftliches Überleben dadurch nicht gefährdet ist. Von einer Freigabe der Wahl der Wasserquelle für die Nutzer erhoffen sich die befragten Unternehmen eine Belebung des Marktes für Regen- und Grauwassersysteme. In der Ausführung des Bundesgesetzes ist der Anschluss- und Benutzungszwang auch in den Satzungen der Kommunen fixiert. Aus der traditionellen Verantwortung der Kommunen für die Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung ergibt sich ihr Interesse an der Beibehaltung und Auslastung zentraler Wasserversorgungssysteme, die sie in der Regel direkt oder indirekt betreiben und finanzieren.

Eine umstrittene Regulierung hinsichtlich der Nutzung alternativer Wasserquellen in Deutschland stellt die Trinkwasserverordnung ("Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch") dar. Sie ist die nationale Umsetzung der Trinkwasserrichtlinie und regelt Standards für Aufbereitungsverfahren und die Qualität von Trinkwasser. Die Verordnung ermöglicht grundsätzlich für einzelne Anwendungen im Haushalt die Verwendung von Wasser, das nicht Trinkwasserqualität hat. Für andere Anwendungen schreibt sie jedoch Trinkwasserqualität vor. Dazu zählen neben der Nahrungsaufnahme, Körperreinigung, Reinigung von Nahrungsmitteln auch die "Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen" (§ 3, Nr.1). In der Folge ist die Nutzung anderer Wasserarten als Trinkwasser für die Waschmaschine umstritten. In einem Kommentar zur Verordnung wurde zwar die Nutzung von Regen- und Grauwasser für Waschmaschinen in Privathaushalten gestattet. Auch Vermieter dürfen dies ihren Mietern anbieten, sind jedoch verpflichtet, darauf hinzuweisen und Wahlfreiheit einzuräumen. In öffentlichen Gebäuden ist die Nutzung von Regen- und Grauwasser für Waschmaschinen jedoch nicht erlaubt.

In den vergangenen Jahren gab es im Zuge von Gesetzgebungsverfahren wiederholt Ansätze, um durch einen Zusatz in der Verordnung die Nutzung von Regen- und Grauwasser für Waschmaschinen generell zu verbieten. Die Argumentation stützte sich dabei in erster Linie auf potenzielle hygienische Risiken. Ein entsprechendes Verbot wurde bislang nicht umgesetzt, im laufenden Prozess einer Novellierung der Trinkwasser-

verordnung gibt es jedoch erneut Bestrebungen, die Regen- und Grauwassernutzung für Waschmaschinen zu untersagen. Die Anbieter von Regen- und Grauwassernutzungssystemen können sich nach eigenen Aussagen mit der gegenwärtigen Regelung arrangieren. Sie weisen jedoch auf die negative Signalwirkung des geltenden Verbots der Nutzung in öffentlichen Gebäuden hin. Eine Rückkehr zu einem generellen Verbot der Waschmaschinennutzung würde ihre Geschäftstätigkeit nachhaltig beeinträchtigen. Generell stellt die Nutzung von Regen- und Grauwasser für Bewässerung, Toiletten-spülung und Waschmaschine kein echtes hygienisches Risiko dar. Die Filtertechnologien ermöglichen heute eine hohe Wasserqualität, die die von Badegewässern übertrifft, deren Kontakt mit dem menschlichen Körper rechtlich als unbedenklich gilt. Eine Einschränkung der Nutzung alternativer Wasserarten aus hygienischen Gründen ist daher nicht plausibel.

Als eindeutig positiven und wirksamen Impuls haben die Unternehmen nachfrageorientierte Maßnahmen wie die finanzielle Förderung von Regenwassernutzungsanlagen in einzelnen Bundesländern und Kommunen bewertet. In Hamburg, Hessen und Nordrhein-Westfalen gab es in der Vergangenheit Förderprogramme, die beim Einbau von Regenwassernutzungssystemen Zuschüsse bis zu 1.500 Euro gewährten. Diese Förderung bedeutete einen Schub für die Entwicklung des Marktes. Das Marktwachstum hat sich in der Folge auch nach der Einstellung der Förderprogramme fortgesetzt.

Ein weiterer wirksamer Hebel auf Landes- und kommunaler Ebene ist die Gebühren-gestaltung. So zeigt sich, dass die Nutzung von Regenwassersystemen besonders in Bundesländern und Kommunen verbreitet ist, die eine Versiegelungsgebühr erheben. Die Hauseigentümer können diese Abgaben, die sich nach der verbauten Fläche richten, durch die Nutzung von Regenwassersystemen einsparen.

Auch in Frankreich ist die Regulierung der Nutzung alternativer Wasserquellen für Anwendungen im Inneren des Hauses ein Hindernis für die Verbreitung von Technologien des dezentralen Wassermanagements. In der französischen Umsetzung der Trinkwasser-richtlinie (Décret 2001-1220) wird Trinkwasserqualität neben der Nahrungsaufnahme und -zubereitung auch für "andere häusliche Anwendungen" gefordert. Die Folge ist eine rechtliche Grauzone. Eigenheimnutzer können durch eine weite Interpretation der Verordnung Regenwasser für Toiletten-spülung und Waschmaschine verwenden, zumal sie keiner effektiven Kontrolle durch die Behörden unterliegen. Gebäude zur öffentlichen Nutzung – darunter fallen auch private Wohn- und Bürogebäude – brauchen jedoch eine Genehmigung der regionalen Behörde (Direction Départementale d'Action Sanitaire et Sociale/DASS). Da bislang eine Position von Regierung und Verwaltung auf nationaler Ebene fehlt, variieren die Auslegungen der regionalen DASS, und nicht selten wird die Nutzung von Regenwasser im Innenbereich von Gebäuden einschließlich der Toiletten-spülung untersagt. Die Unternehmen sehen durch diese rechtliche Situation die Verbreitung von dezentralen Technologien erheblich behindert, und zwar sowohl direkt durch die Verbote für die betroffenen Nutzer als auch indirekt durch die negative Signalwirkung für die generelle Akzeptanz. Die Unternehmen beklagen in diesem Kontext einen erheblichen politischen Einfluss der Wasserversorger auf nationaler wie regionaler Ebene in Frankreich. Der französische Markt für Regenwassernutzung entwickelt sich bislang dementsprechend verhalten.

Positive Ansätze und Entwicklungen politischer Regulierung verzeichnen die Anbieter von Regen- und Grauwassernutzungssystemen in Großbritannien. Dort werden die Wasserversorger durch eine staatliche Institution zum Wassersparen angehalten. Die staatliche Regulierungsbehörde für Wasserdienstleistungen in England und Wales (Ofwat) macht den Versorgern Auflagen für einen effizienten Wasserverbrauch, die sie erfüllen müssen, damit ihre Wasserpreise genehmigt werden. So sind die Wasserversorger verpflichtet, durch eine entsprechende Preispolitik Anreize für sparsamen Wasserverbrauch zu setzen und Informationskampagnen durchzuführen, um die Bevölkerung dazu anzuhalten, ihren Wasserverbrauch zu reduzieren. Britische Wasserversorger haben vor diesem Hintergrund auch damit begonnen, ihren Kunden Regenwassertonnen anzubieten. Diese politisch geförderte Entwicklung hat nach Aussagen der Unternehmen einen wichtigen Beitrag dazu geleistet, das Bewusstsein in der britischen Öffentlichkeit für die Notwendigkeit eines effizienteren Wasserverbrauchs zu steigern.

Ein weiteres Element politischer Unterstützung in diesem Kontext war die finanzielle Förderung von Unternehmen, die den Kauf einer Regenwassernutzungsanlage von der Unternehmenssteuer absetzen konnten. Den gegenwärtigen Wachstumsschub des Marktes für Regenwassersysteme in Großbritannien interpretieren die Unternehmen als Folge dieser politischen Initiativen. Einen weiteren positiven Impuls erwarten sie zudem von einem laufenden Gesetzgebungsverfahren, das die Ausarbeitung eines rechtlichen Standards für Brauchwasser beinhaltet.

9.7 Handlungsempfehlungen

Dezentrales Wassermanagement kann dazu beitragen, knappe Wasserressourcen effizient zu nutzen und eine kostengünstige Infrastruktur für die Wasserver- und entsorgung aufzubauen. Mögliche hygienische Risiken sollten nicht vernachlässigt werden, sie sind jedoch mit dem heutigen Stand der Technik und angesichts der relevanten Anwendungsbereiche kontrollierbar. Die potenziellen hygienischen Risiken von Systemen des dezentralen Wassermanagements sind dabei gering im Vergleich zu den heute weltweit bestehenden hygienischen Problemen, die aus unzureichender Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung resultieren.

Angesichts eines großen und wachsenden Bedarfs auf globaler Ebene ist das Marktpotenzial für Technologien dezentralen Wassermanagements hoch. Europa und besonders Deutschland als bislang führende Produzenten der Technologien sollten dieses Potenzial nutzen. Damit Technologien des dezentralen Wassermanagements tatsächlich zur Lösung globaler Probleme beitragen können, sollten sie im Rahmen von Projekten der Entwicklungshilfe auf unterschiedlichen Ebenen (Weltbank, UNDP, EU, GTZ) stärker berücksichtigt und eingesetzt werden.

Auf EU-Ebene sollten die Standards der Abwasserrichtlinie sowie das Kostendeckungsprinzip der Wasserrahmenrichtlinie in allen Mitgliedstaaten umgesetzt und kontrolliert werden. Die Einführung rechtlicher Normen für die Qualität und Anwendungen von Brauchwasser würde dessen Nutzung fördern, eine bessere Kontrolle und Gewährleistung hygienischer Standards ermöglichen und so Gesundheitsrisiken minimieren. Um das Einsparpotenzial von dezentralem Wassermanagement in der Bereitstellung der

Wasserinfrastruktur zu nutzen, sollten die entsprechenden Technologien in die Vergabe von Fördergeldern einbezogen werden.

Auf nationaler Ebene sollten bestehende rechtliche Hindernisse für die Nutzung von dezentralem Wassermanagement abgebaut werden. In Deutschland könnte dies vor allem durch eine Öffnung des Anschluss- und Benutzungszwangs für Toilettenspülung und Waschmaschine erfolgen. Darüber hinaus sollte die Nutzung von Nicht-Trinkwasser für Toilettenspülung und Waschmaschine explizit und generell erlaubt werden. Sofern nicht bereits auf europäischer Ebene vorhanden, könnten Normen für Brauchwasser auf nationaler Ebene dazu beitragen, hygienische Risiken weiter zu minimieren. Eine frühe nationale Regulierung könnte dabei durch die Vorreiterrolle des deutschen Marktes die Wettbewerbsposition deutscher Unternehmen langfristig stärken. Aus dieser Perspektive ist es auch wichtig, dass die Kommunikation öffentlicher Institutionen in Deutschland vermehrt die Vorteile und das Potenzial von dezentralem Wassermanagement wahrnimmt und hervorhebt. Auch wenn in Deutschland Wasserknappheit und die Wasserinfrastruktur noch keine akuten Probleme sind, bietet die Technologie auch hierzulande deutliche Chancen. In erster Linie bietet dezentrales Wassermanagement für die in der Technologie führenden Unternehmen ein erhebliches Exportpotenzial. Darüber hinaus kann es im Rahmen anstehender Erneuerungen und Anpassungen der Infrastruktur (Lebensdauer 50-100 Jahre, demografischer Wandel) auch in Deutschland volkswirtschaftliche Einsparungen ermöglichen.

10. Synthetische Biokraftstoffe

10.1 Überblick

Unter synthetischen Biokraftstoffen versteht man den aus Biomasse gewonnenen und über einen Vergasungs- und nachfolgenden Syntheseprozess erzeugten hochreinen Dieselmotorkraftstoff. Dieser lässt sich in hohen Anteilen herkömmlichem Mineralölmotordiesel beimischen und bietet so die Möglichkeit, die Anteile von Biodiesel an normalem Kraftstoff über die heute diskutierten technischen Grenzen hinaus zu steigern.⁴¹

Biokraftstoffe, wie sie heute in Form von Biodiesel und Bioethanol eingesetzt werden, haben außerdem den Nachteil, dass sie sehr hochwertige Inputstoffe verlangen, die in der Regel in Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion stehen, und deren CO₂-Bilanz je nach verwendeten Anbau- und Herstellungsverfahren umstritten ist. Dagegen haben synthetische Biokraftstoffe den Vorteil, aus ganzen Pflanzen – und nicht etwa nur aus Ölfrüchten – erzeugt zu werden, was den landwirtschaftlichen Flächenertrag solcher Kraftstoffe auf bis zu 4.000 l/ha erhöhen als auch die CO₂-Bilanz verbessern kann.

Synthetische Biokraftstoffe stehen gegenwärtig in Europa in einer weit fortgeschrittenen Entwicklungsphase. Eine Reihe von Versuchs- und Demonstrationsanlagen zur Erzeugung dieser Kraftstoffe sind europaweit in Betrieb, mit einer breiteren Markteinführung wird von den in dieser Studie befragten Unternehmen aber nicht vor dem Jahr 2010 gerechnet. Einzelne – in der Entwicklung der Anlagentechnologie weiter fort geschrittene – Unternehmen gehen davon aus, dass die Marktreife der entsprechenden Anlagen und damit des Kraftstoffes schon in den nächsten Jahren bevor steht.

10.2 Technologische Entwicklungen

Sehr einfach formuliert sind zur Erzeugung synthetischer Biokraftstoffe drei bis vier Prozessschritte erforderlich: erstens der fakultative Schritt der Vorbehandlung der (zerkleinerten) Biomasse durch Pyrolyse, zweitens die Biomasse-Vergasung, drittens die Reinigung des Synthesegases und viertens die abschließende Kraftstoffsynthese.

Innerhalb dieser Prozessschritte gibt es verschiedene Varianten. Zunächst wird der Pyrolyseschritt nicht in allen gegenwärtig erprobten Verfahren genutzt. Die Direktvergasung ohne Pyrolyse ist technisch allerdings noch anspruchsvoll. Zudem wird diskutiert, ob die Pyrolyse dann, wenn sie eingesetzt wird, zentral in derselben Anlage wie die BTL-Produktion oder dezentral und näher bei der Biomasseerzeugung erfolgen soll.

Zum zweiten können bei der Vergasung der Biomasse Wirbelschicht- oder Flugstromvergaser zum Einsatz kommen. Ersteres Verfahren kommt nach heutigem Entwicklungsstand besser mit Biomasse zurecht, die Flugstromvergasung bietet dagegen bessere Voraussetzungen für eine großtechnische Anwendung.

⁴¹ Nicht betrachtet werden hier die Biokraftstoffe der zweiten Generation im Bereich der Substitution von Otto-Kraftstoffen durch Ethanol, das z.B. aus Lignozellulose gewonnen wird, da diese eine eigene Technologie und ein eigenes Marktumfeld repräsentieren.

Auch beim dritten Schritt der Reinigung des erzeugten Synthesegases ist noch einiges an Entwicklungsarbeit zu leisten, um die Prozesse auch mit größeren Volumina funktionsfähig und vor allem wirtschaftlich vertretbar zu gestalten.

Bei der Kraftstoffsynthese ist es schließlich möglich, entweder Methanol oder über ein Fischer-Tropsch-Verfahren den Diesel-Ersatzkraftstoff BTL zu erzeugen. Dieser letzte Prozessschritt wird heute technologisch und auch im großtechnischen Maßstab beherrscht, da die gleiche Technologie verwendet wird, die in der heute schon weiter verbreiteten Erzeugung von Kraftstoffen aus Erdgas (Gas-to-liquid, GTL) zur Anwendung kommt.

Alle befragten Experten gehen davon aus, dass bei den möglichen Technologievarianten bisher kein klar dominierender Pfad existiert und es sich erst mittelfristig erweisen wird ob ein Technologiepfad dominieren wird.

Die größten Herausforderungen für die Verfahrensentwickler liegen heute nach Aussagen der Experten im Feld der Pyrolyse, in der großtechnischen und wirtschaftlichen Realisierung der Biomassevergasung sowie in der vor der Kraftstoffsynthese notwendigen Gasreinigung.

Darüber hinaus ist insbesondere die Wirtschaftlichkeit nach Meinung der befragten Unternehmen das größte Problem für den Einsatz von BTL im großen Maßstab. Bereits der viel einfachere Prozess der Kraftstoffsynthese aus Erdgas ist dort, wo das Erdgas sehr kostengünstig zur Verfügung steht, nur schwer wirtschaftlich zu betreiben. Aktuelle Studien gehen davon aus, dass bei einer großtechnischen BTL-Produktion Erzeugungskosten zwischen 80 und 90 Eurocent pro Liter erreichbar sind. Damit wird BTL selbst bei einer kompletten Befreiung von der Mineralölsteuer, wie sie in Deutschland gegenwärtig bis 2015 gegeben ist, kaum wettbewerbsfähig werden, wenn die Preise für fossile Kraftstoffe sich nicht deutlich nach oben bewegen werden. Letzteres ist entsprechend der Marktprognosen aus dem Frühjahr 2007 für die Zeit bis 2010 aber nicht zu erwarten. Demnach steht zu erwarten, dass es dafür, dass BTL mittelfristig in größerem Umfang eingesetzt wird, noch bedeutender öffentlicher Subventionen bedarf.

Eine weitere große Herausforderung bildet nach Meinung der Experten die Sicherstellung einer ausreichenden Biomasseverfügbarkeit und die Organisation der dahinter liegenden landwirtschaftlichen Erzeugungs- und Logistikketten. Die für die BTL-Produktion geeigneten Holzpflanzen, etwa spezielle, schnell wachsende Weidendarten, werden in dieser Form in Europa bisher nicht angebaut. Eine großvolumige Produktion dieser Pflanzen hätte enorme Effekte für die europäische Landwirtschaft, die heute immer sehr stark auf die Nahrungserzeugung ausgerichtet ist. Ein langjähriger Transformationsprozess der Landwirtschaft in Richtung der Produktion entsprechender Energiepflanzen ist hier aus Sicht der Experten vonnöten, und diese muss durch die staatliche und EU-Regulierungen in Gang gesetzt und unterstützt werden.

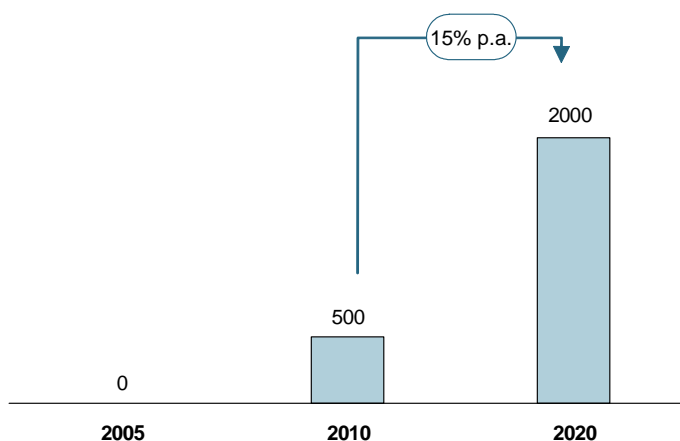
Mittelfristig erscheint es den befragten Unternehmen auch riskant, sich als Anlagenbetreiber alleine auf in Europa selbst produzierte Biomasse als Inputstoff zu verlassen. Auf den Weltmärkten ist Biomasse häufig zu viel geringeren Preisen als in Europa zu erhalten, und wenn steuerliche Begünstigungen weg fallen wie etwa für Biodiesel in Deutschland schrittweise seit 2006, müssen sich potentielle Betreiber von Anlagen schnell auf billigere Inputstoffe umstellen können, um marktfähig zu bleiben. Auch aus diesem

Grund konzentrieren sich die Standortplanungen für Anlagen auf Orte mit guten logistischer Bedingungen, idealerweise einer Hochseehafenanbindung. Bzgl. der Standortfrage erscheint aufgrund zu erreichender Synergien aus heutiger Sicht außerdem die Einbindung von BTL-Anlagen in bestehende Raffinerie-Anlagenparks sinnvoll, da Anlagen "auf der grünen Wiese" mit deutlich höheren Investitionen verbunden sind.

10.3 Marktentwicklungen

Aktuell existiert noch kein Markt für synthetische Biokraftstoffe. Die EU-Kommission hat sich in ihrer "Vision für das Jahr 2030 und darüber hinaus" das Ziel gesetzt, bis 2030 einen Biokraftstoffanteil von 25% am Gesamtkraftstoff zu erreichen. Da die Beimischung der heute schon verfügbarer Biokraftstoffe aufgrund der gegebenen Motorentechnik limitiert ist, gehen die befragten Unternehmensvertreter davon aus, dass je nach Intensität der politischen Förderung bis 2030 bis zu 20% des Gesamtkraftstoffbedarfs durch BTL abgedeckt werden könnte. Ein starkes Wachstum dieses Marktes wird allerdings erst nach 2020 erwartet. Bis 2020 wird erwartet, dass zwischen drei und fünf Prozent des dann benötigten Kraftstoffs in der EU durch BTL abgedeckt werden können.

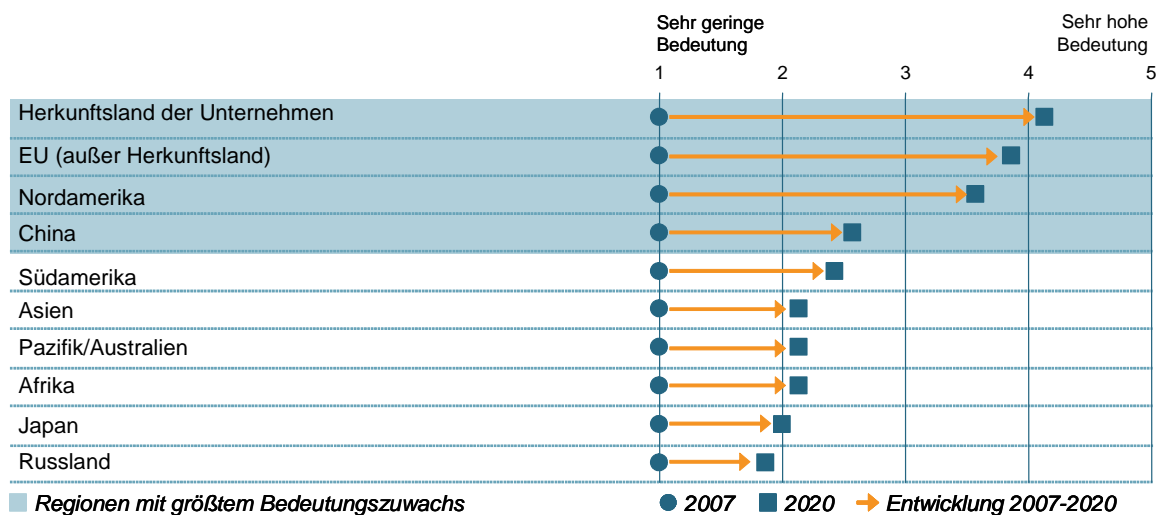
Im Schnitt rechnen die Unternehmen mit dem Beginn einer Marktentwicklung für die Anlagentechnologie für BTL zwischen 2010 und 2015. Im Mittel gehen sie davon aus, dass zwischen 2010 und 2015 die ersten kommerziellen BTL-Anlagen in Betrieb gehen werden, bis 2015 wird mit jährlich etwa einer Anlage mit mittleren Investitionsvolumina von 500 Mio. EUR gerechnet. Bis 2020 wird erwartet, dass die Zahl der jährlich errichteten Neuanlagen gleicher Größenordnung auf ca. 3 - 4 ansteigen wird. Dies entspräche 2020 einem jährlichen Marktvolumen von ca. 2 Mrd. EUR für den Anlagenbau (vgl. Abbildung 87).



Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 87: Projektion des weltweiten Marktvolumens für BTL-Anlagentechnologie bis 2020 [Mio. EUR]

Die befragten Unternehmen erwarten, dass die meisten der Anlagen zunächst in Deutschland und in anderen europäischen Ländern entstehen werden. Die USA und Asien werden als weitere Standorte ins Auge gefasst, weil dort auch günstige Biomasse-Voraussetzungen bzgl. Verfügbarkeit, Preis und logistischer Anbindung gegeben sind (vgl. Abbildung 88).



Frage B.8: Welche Bedeutung haben regionale Märkte (Länder/Regionen) bzgl. des aktuellen und zu erwartenden Marktvolumens heute und 2020?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 88: Bedeutung regionaler Märkte für Anlagen zur Erzeugung synthetische Biokraftstoffe heute und 2020

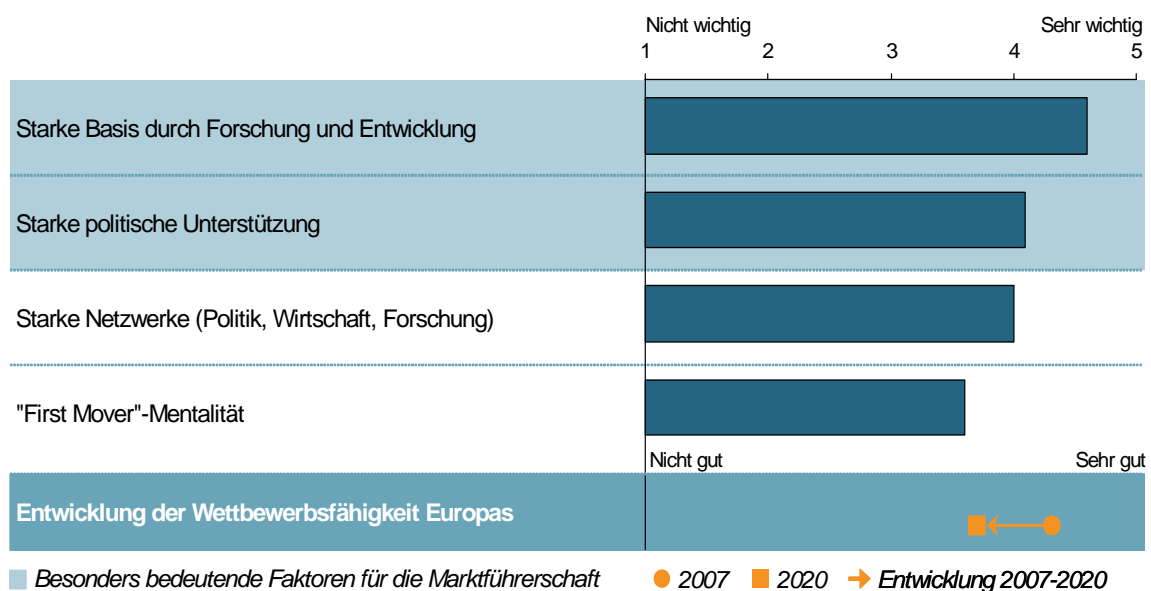
Einzelne Unternehmen haben auch Südamerika und hier insbesondere Brasilien als denkbare Standorte für BTL-Anlagen ins Spiel gebracht, weil die heute schon in großen Volumina anfallenden holzartigen Rückstände aus dem Zuckerrohr-Anbau, die bisher meist verbrannt oder gar nicht verwertet werden, für die Produktion synthetischer Kraftstoffe genutzt werden könnten. Perspektivisch wird von anderen Marktteilnehmern erwartet, dass gleichfalls in der heute vorrangig auf fossile Kraftstoffe setzenden Golfregion, die aktuell erste Erfahrungen mit synthetischen Kraftstoffen auf Basis von Erdgas sammelt, mittelfristig großvolumige BTL-Anlagen entstehen, die ihre Biomasse aus dem afrikanischen Raum beziehen könnten.

Gegenwärtig wird insbesondere in Deutschland die BTL-Technologie von einem Konsortium aus Automobilindustrie und Mineralölkonzernen sehr stark nach vorne getrieben. Dabei stehen vor allem Interessen der Vereinfachung im Vordergrund, da sowohl die Prozesse in den Raffinerien als auch die Motorenentwicklung von hoch reinen Kraftstoffkomponenten der zweiten Generation profitieren. So können BTL-Kraftstoffe in beliebiger Menge normalem mineralischen Kraftstoff beigemischt werden und sind daher ein probates Mittel zur angestrebten Erhöhung der Biokraftstoffquoten auf europäischer Ebene, ohne dass die heutige Fahrzeugtechnologie berührt wäre. Perspektivisch lassen sich durch synthetische Kraftstoffe auch neue und effizientere Motorenkonstruktionen realisieren, wenn sie als Reinkraftstoff zur Verfügung stünden.

10.4 Wettbewerbsposition Europas und Deutschlands

Zurzeit sind auf europäischer Ebene verschiedene Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Bereich der Entwicklung von Technologien für die Erzeugung synthetischer Biokraftstoffe aktiv. Allein in Deutschland als dem weltweiten Schwerpunktland für die Entwicklung dieser Technologie existieren vier relevante Forschungsgruppen bzw. Unternehmen, die die Entwicklung mit verschiedenen technologischen Varianten (z.B. in der Frage der Pyrolyse oder der Vergasungstechnologie) aktiv vorantreiben. Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer relevanter Entwicklungszentren in Skandinavien, den Niederlanden und Österreich.

Auf die Frage nach den bedeutendsten Faktoren, um eine Marktführerschaft zu erreichen, nannten die befragten Unternehmen eine starke Basis für Forschung und Entwicklung und die politische Unterstützung als wichtigste Faktoren. Die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Unternehmen beurteilten sie heute als sehr gut – erwarten jedoch einen leichten Rückgang der Wettbewerbsposition bis 2020 (vgl. Abbildung 89).



Frage C.2: Welche der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Perspektive essentiell, um die Marktführerschaft in Ihrem Technologiebereich zu erlangen?

Frage C.3: Wie würden Sie die globale Wettbewerbsfähigkeit Europas im Vergleich zu anderen Regionen beurteilen?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 89: Wichtige Faktoren zur Erlangung der Marktführerschaft und Einschätzung der Wettbewerbsfähigkeit Europas heute und 2020

Insgesamt gehen die befragten Unternehmen davon aus, dass man in Europa im Bereich der synthetischen Biokraftstoffe einen Technologievorsprung von 3-5 Jahren vor dem internationalen Wettbewerb hat. International wird die Diskussion und Entwicklungsarbeit im Bereich BTL also von europäischen Firmen dominiert. Außereuropäische Spieler sind gegenwärtig kaum relevant und allenfalls bei großtechnischen Anlagen zur Kraftstoffsynthese (GTL-Bereich) präsent.

Die gute Wettbewerbsposition bei der Forschung/Entwicklung führt bei den Unternehmen zu der Einschätzung, dass in der Perspektive bis 2020 Europa den allergrößten Teil des Marktes für synthetische Kraftstoffe sowohl auf der Absatz- wie auf der Angebotsseite bilden wird. Deutschland wird hier auf der Angebots- und Absatzseite in der Perspektive bis 2020 nach Einschätzung der Unternehmen mindestens Anteile von 60 - 70% am Weltmarkt haben.

Erst wenn synthetische Biokraftstoffe in Europa eine höhere Bedeutung auf den Kraftstoffmärkten erlangt haben, wird von den Experten damit gerechnet, dass auch in anderen Ländern Technologieanbieter auf den Markt treten werden. Bis 2020 werden nach Einschätzung der befragten Unternehmen Europa und europäische Unternehmen den Markt dominieren. Die befragten Unternehmen warnen aber auch davor, dass der heutige Technologievorsprung eingeholt werden kann, wenn sich die Entwicklung der Märkte und entsprechender Großanlagen, mit denen im industriellen Maßstab Erfahrungen gewonnen werden können, nachhaltig verzögern sollte.

Die Einschätzung zukünftiger Marktanteile Europas basieren auf den von Unternehmen genannten Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der BTL-Technologie in Europa (vgl. Tabelle 12).

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none">• Führende Technologieposition europäischer Unternehmen• Klare politische Bekenntnisse zur Technologie• Starke Unterstützung der Automobilbranche und einzelner Mineralölkonzerne	<ul style="list-style-type: none">• Hohe Flächenproduktivität und gute CO₂-Bilanz• Mittelfristig sehr gute Exportchancen für europäische Technologieanbieter• Weltweit hohe und wachsende Bedarf an biogenen Kraftstoffen ohne die Nachteile der Kraftstoffe der ersten Generation
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none">• Wirtschaftlichkeit der Technologie ist noch nicht gegeben• Zersplitterte und heterogene Technologieansätze• Sehr hohe Investitionsvolumina für BTL- Anlagen	<ul style="list-style-type: none">• Bisher keine klar fokussierte Markteinführungsstrategie für BTL-Kraftstoff auf europäischer Ebene• Hohe technologische Risiken für Großanlagen• Hohe finanzielle Anforderungen für die Anlagenerrichtung und daraus resultierende Herausforderungen für Finanzierungskonzepte• Flächenkonkurrenz zur Lebensmittelproduktion bei der Erzeugung der benötigten Biomasse

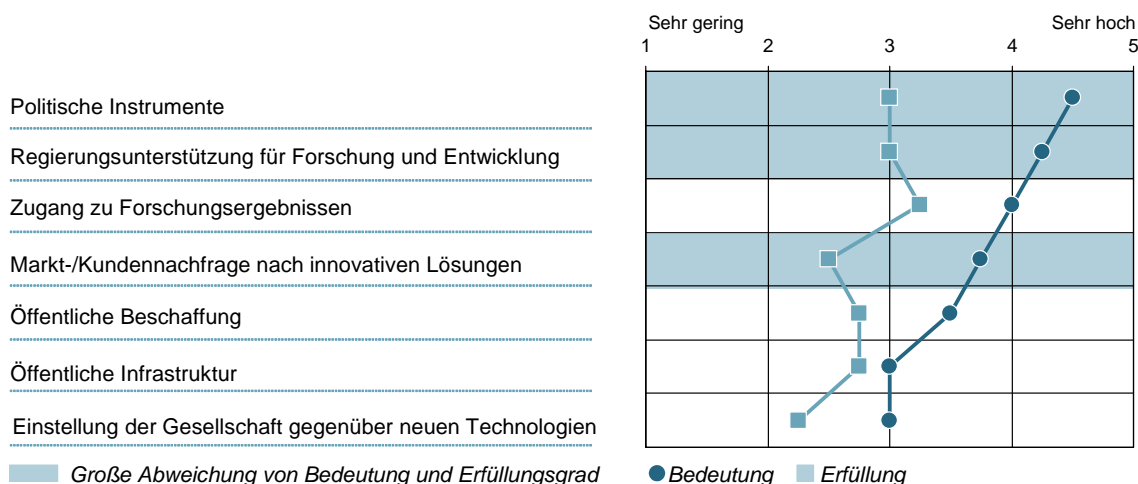
Tabelle 12: Übersicht der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu BTL-Technologien in Europa

10.5 Hindernisse und Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

In den Gesprächen wurden die Unternehmen gebeten, die aus ihrer Sicht wichtigsten Faktoren für den Erfolg von Innovationen – sowohl in der unternehmensexternen wie der unternehmensinternen Perspektive – zu nennen.

Die wichtigsten externen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen mit dem größten Unterschied zwischen wahrgenommener Bedeutung und Erfüllungsgrad sind nach Unternehmenseinschätzung (vgl. Abbildung 90):

- Politische Instrumente
- Regierungsunterstützung für Forschung und Entwicklung
- Markt-/Kundennachfrage nach innovativen Lösungen



Frage D.1: Wie wichtig sind aus Ihrer Perspektive die folgenden externen Faktoren zur Förderung von Innovationen? Wie beurteilen Sie darüber hinaus den gegenwärtigen Einfluss dieses Faktors auf Ihre Innovationstätigkeit, d.h. wie gut sehen Sie diesen Faktor aus Ihrer Perspektive als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 90: Bedeutung und Erfüllung externe Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

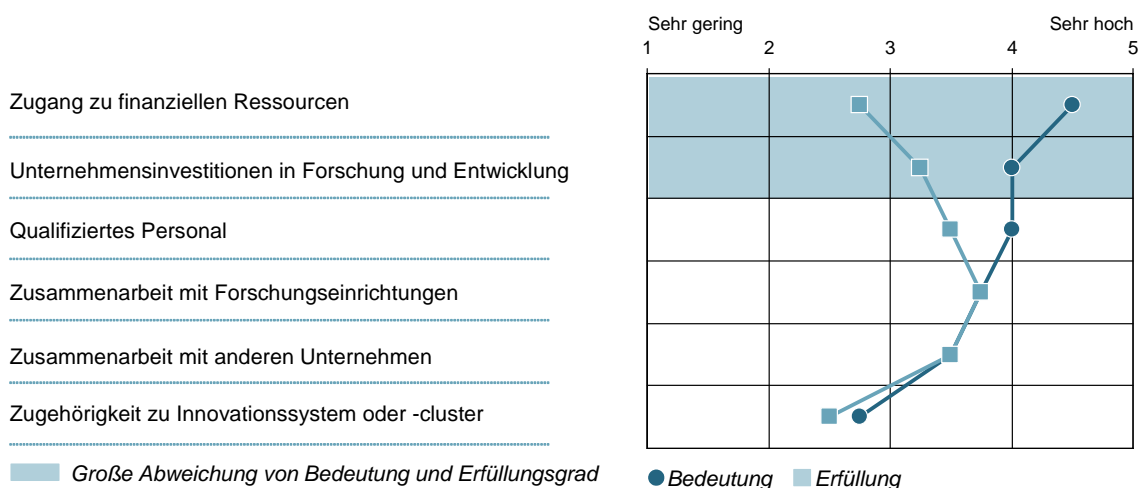
Als wichtigsten externen Erfolgsfaktor erachten fast alle Unternehmen politische Instrumente zur weiteren Unterstützung der Innovationstätigkeiten und ganz konkret die Regierungsunterstützung für Forschung und Entwicklung. Insgesamt sehen die Unternehmen noch erheblichen Forschungs- und Entwicklungsbedarf in der BTL-Technologie, insbesondere bei der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und bei größeren Anlagen. Aufgrund der schon bei den technologischen Entwicklungen dargestellten Herausforderungen ist die Technologie noch auf erhebliche politische Unterstützung angewiesen. Dies reicht von der Finanzierung entsprechender Forschungsaktivitäten auf nationaler und auf EU-Ebene über die Unterstützung bei Finanzierung und Risikoabsicherung für Pilotanlagen bis zur Hilfe bei der Beschaffung der notwendigen Biomasse aus der Landwirtschaft.

Ein weiterer wichtiger Faktor für weitere Innovationsbemühungen, mit dessen gegebener Situation die Unternehmen relativ wenig zufrieden sind, ist die Marktnachfrage nach entsprechenden Lösungen. Für Biokraftstoffe der ersten Generation haben die Gesetzgeber europaweit Rahmenbedingungen für eine Förderung der Marktentwicklung geschaffen, insbesondere durch Steuererleichterungen. Da Kraftstoffe wie BTL zwar eine höhere Leistungsfähigkeit haben, aber auch gegenüber Biokraftstoffen der ersten Generation noch nicht wettbewerbsfähig, ist aus Sicht der Unternehmen eine zusätzliche und gezielte Unterstützung dieser Technologien erforderlich, wenn man die avisierten Biokraftstoffquoten sowie nachhaltige CO₂-Reduktionen im Verkehr realisieren will.

Absolut hohe Bedeutung hat auch der Zugang zu Forschungsergebnissen von Universitäten und Technologiezentren, mit dem die Unternehmen aber relativ zufrieden sind. In der Regel arbeiten sie sehr eng mit Forschungseinrichtungen zusammen und haben einen regen gegenseitigen Austausch. Andere externe Erfolgsfaktoren wie öffentliche Beschaffung, öffentliche Infrastruktur oder die Einstellung der Öffentlichkeit sind zwar wichtig für die Innovationstätigkeit der Unternehmen, aktuell in ihrer Ausprägung aber weniger kritisch.

Betrachtet man die Ergebnisse der Diskussion zu externen Erfolgsfaktoren, ist das Ergebnis der Gespräche zum Thema interne Erfolgsfaktoren nur konsequent. Die wichtigsten unternehmensbezogenen Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen sind nach Unternehmensbewertung (vgl. Abbildung 91):

- Zugang zu finanziellen Ressourcen
- Investitionen der Unternehmen in Forschung und Entwicklung
- Qualifiziertes Personal



Frage D.2: Wie wichtig sind aus Ihrer Perspektive die folgenden unternehmensbezogenen Faktoren zur Förderung von Innovationen? Wie beurteilen Sie darüber hinaus den gegenwärtigen Einfluss dieses Faktors auf Ihre Innovationstätigkeit, d.h. wie gut sehen Sie diesen Faktor aus Ihrer Perspektive als erfüllt an?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 91: Bedeutung und Erfüllung unternehmensbezogener Erfolgsfaktoren für Umweltinnovationen

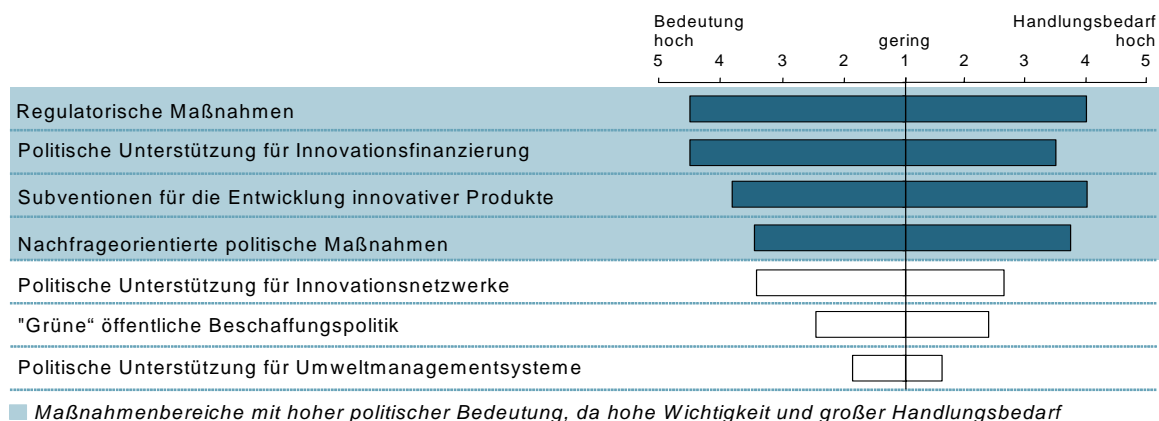
Den größten Engpass für Innovationen sehen die Unternehmen bei der Finanzierung ihrer eigenen Entwicklungsaktivitäten sowie im Zugang zu entsprechenden externen Finanzierungsmitteln. Für einige Unternehmen stellt es ein Problem dar, das gegebene technologische Risiko bei der Realisierung großer Pilot-Anlagen mit mehreren hundert Millionen Euro Investitionsvolumen abzubilden. Hier fühlen sie sich auf politische Unterstützung angewiesen. Alle anderen internen Erfolgsfaktoren für die Realisierung von Innovationen im Bereich BTL sehen die Unternehmen als zufriedenstellend erfüllt an und es wurde diesbezüglich auch kein politischer Handlungsbedarf signalisiert.

10.6. Bewertung umweltpolitischer Instrumente

Im Verlauf der Interviews wurden die Unternehmen gebeten, die Bedeutung verschiedener politischer Instrumente zu bewerten sowie die darauf bezogene Handlungsnotwendigkeit zu definieren. Politischen Rahmenbedingungen auf EU-Ebene wurde dabei insgesamt die größte Bedeutung zugesprochen, gefolgt von nationalen Regeln. Über die EU-Ebene hinausweisende Regulierung oder regionale Politiken sind weniger relevant, letztere vor allem dann, wenn es um die Unterstützung von konkreten Investitionsmaßnahmen in Anlagen geht.

Insgesamt haben sich in den Gesprächen folgende politische Instrumente als die wichtigsten erwiesen (vgl. Abbildung 92):

- Regulatorische Maßnahmen
- Politische Unterstützung der Innovationsfinanzierung
- Subventionen für Forschung und Entwicklung



Frage E.4: Welche politischen Instrumente sind aus Ihrer Sicht wichtig, um Innovation im Bereich BTL zu unterstützen? Wo sehen Sie den größten Handlungsbedarf zur Verbesserung politischer Maßnahmen der Innovationsförderung?

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 92: Bedeutung und Handlungsbedarf bei verschiedenen politischen Maßnahmen

Auf der Ebene der regulatorischen Maßnahmen sind die Unternehmen mit der Situation in Deutschland bislang zufrieden, wo BTL-Kraftstoffe wesentliches Element der nationalen Biokraftstoffstrategie und steuerlich bis 2015 bevorteilt sind. Allerdings reicht diese Frist aus Sicht der Unternehmen aufgrund der langen Vorlaufzeiten bis zur Errichtung von Großanlagen (ca. 2-3 Jahre) und der hohen Investitionssumme mit entsprechenden betriebswirtschaftlichen Belastungen durch Abschreibungen und Finanzierungsanforderungen kaum, funktionierende Geschäftsmodelle zu etablieren.

Den größten Handlungsbedarf sahen die Unternehmen beim Thema Finanzierung der Anlagenerrichtung. Gegenwärtig ist es aufgrund fehlender Erfahrungen und daraus resultierender Risiken kaum möglich, übliche Finanzierungen für großtechnische BTL-Anlagen zu erhalten. Außerdem übersteigen die Investitionsvolumina mit mehreren hundert Millionen Euro deutlich die Grenzen typischer Fördervolumina öffentlicher Programme. Daher ist es notwendig, insbesondere die Realisierung von Demonstrationsanlagen in größerem Maßstab durch öffentliche Risikoabsicherungen auf Bundes oder Landesebene zu unterstützen.

Auch die auf europäischer Ebene angesiedelten Förderprogramme werden von den Unternehmen heute positiv bewertet. Das Biofuels Research Advisory council (BIOFRAC) der europäischen Kommission hat sich in seinem Visionsreport ebenso wie die Kommission klar zur Bedeutung synthetischer Biokraftstoffe bekannt um die angestrebten Biokraftstoffquoten erfüllen zu können. Die auf Vorschlag dieses Reports eingerichtete European Biofuels Technology Platform hat seit 2006 die Aufgabe übernommen, in verschiedenen Arbeitsgruppen die dargelegte Vision für den Einsatz von Biokraftstoffen in den verschiedenen Technologielinien zu realisieren. Dazu wird im Jahre 2007 eine erste "Strategic Research Agenda" erwartet, die die anstehenden Forschungs- und Entwicklungsaufgaben darlegen und die Basis für entsprechende Förderungen zum Beispiel im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU darstellen soll.

Die Industrie tut – teilweise mit politischer Unterstützung – darüber hinaus selbst auch einiges, um die Entwicklung synthetischer Kraftstoffe voran zu bringen. So hat die Industrieinitiative RENEW mit insgesamt 33 Partnern und Teilnehmern aus 9 europäischen Ländern sich das Ziel gesetzt, die Forschung an verschiedenen alternativen Kraftstoffen und ihrer Erzeugungstechnologien voran zu treiben und die Entwicklungsergebnisse zu evaluieren. Eine weitere Industrieinitiative ist die ASFE (Alliance for synthetic fuels in Europe), in der sich führende Automobil- und Mineralölkonzerne in Europa zusammen geschlossen haben, um die Einführung und Verbreitung synthetischer Kraftstoffe, und das heißt in diesem Fall auch GTL- (Gas-to-liquid) oder CTL-(Coal to liquid), zu fördern.

Insgesamt beurteilen die befragten Unternehmen die Netzwerkaktivitäten und die Möglichkeiten, an gemeinsamen Forschungsvorhaben auf europäischer Ebene mit zu wirken, als ausreichend. Als wichtiger für die Weiterentwicklung von BTL wird gesehen, dass die Politik den Schritt von der Forschungs- und Entwicklungsförderung hin zur Realisierung von Pilotanlagen und zur Markteinführung der Kraftstoffe mitgeht.

Um BTL-Kraftstoffen am Markt eine bessere Chance zu geben, sollte nach Einschätzung der Mehrzahl der befragten Experten die Kraftstoffbesteuerung für alle Kraftstoffe an der jeweiligen Emissions- und CO₂-Bilanz ausgerichtet werden. Basis dafür können sogenannte Well-to-wheel Analysen sein, bei denen Antriebs- oder Kraftstoffalternativen einer

ökonomischen und ökologischen Bewertung entlang ihrer gesamten Wertschöpfungskette unterzogen werden.⁴² Allerdings müssten solche Regelungen relativ einheitlich in der europäischen Union gelten, um wirksam zu werden.

Außerdem kann über mögliche Zwischenlösungen auf dem Weg zu BTL-Kraftstoffen nachgedacht werden, die zunehmend in die Diskussion kommen. Hochreine Biokraftstoffe können nämlich auch auf Basis von Pflanzenöl durch Hydrierung erzeugt werden. Solche Biokraftstoffe haben ähnliche Eigenschaften wie BTL-Kraftstoff, können heute aber insbesondere in bestehenden Raffineriestandorten nach Aussagen einiger befragter Experten kostengünstiger und mit vorhandener Technologie produziert werden. Zur Realisierung entsprechender Projekte existieren gegenwärtig Anstrengungen einiger großer europäischer Mineralölkonzerne in England, Finnland und Österreich.

10.7 Handlungsempfehlung

BTL-Technologien bieten die einzige echte technologische Alternative, langfristig und nachhaltig größere Biokraftstoffanteile an der Gesamtkraftstoffmenge zu erreichen, als dies mit heutiger Motoren- und Fahrzeugtechnologie mit derzeitigen Biokraftstoffen der ersten Generation möglich wäre, ohne eine weitgehende Umstellung etwa auf (Erd- oder Bio-)gasbetriebene Fahrzeuge vorzunehmen. Daher sind sie für eine langfristig orientierte Biokraftstoffstrategie unverzichtbar.

Allerdings müssen die heute noch offenen Fragen der Wirtschaftlichkeit der Technologie gelöst werden. Einen Beitrag dazu kann die Technologieentwicklung leisten, ein weiterer Beitrag kann von mittelfristig wieder deutlich steigenden Preisen für fossile Kraftstoffe kommen. Einen wichtigen Teil kann die Politik durch entsprechende Anreizsysteme – wie etwa eine CO₂-bezogene Steuer auf Kraftstoffe, leisten.

⁴² Zum Beispiel: Europäische Kommission: Well-to-Wheels Analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, 2006.

F. Beispiele für erfolgreiche Regulierungen und Innovationsförderungen von Umwelttechnologien

Politische Regulierungen können für die Entwicklung von Innovationen ausschlaggebend sein. Besonders auf dem Markt für Umweltgüter bedarf es Regulierungen, um neue Technologien, die gegenüber herkömmlichen Alternativen wirtschaftlich oft noch nicht konkurrenzfähig sind, in ihrer Weiterentwicklung zu fördern.

Die Wirtschaftspolitik verfügt über eine Vielzahl an umweltpolitischen Instrumenten, mit denen Innovationen gefördert werden können. Die hoheitlichen Instrumente lassen sich in ordnungsrechtliche und ökonomische Instrumente unterteilen. Daneben gibt es auch jene Instrumente, die von den Akteuren selbst freiwillig angewendet werden und die auf ungewungenen Vereinbarungen basieren.

Für die Unternehmensstudie wurden die Teilnehmer zu politischen Regulierungen in den jeweiligen Technologielinien befragt. Sie sollten die Relevanz der Regulierungen bewerten und benennen, welche sich auf die Innovationstätigkeit im Umweltbereich besonders positiv ausgewirkt haben.

Einige bestehende oder geplante Regulierungen für den Umweltschutz haben zu herausragenden Innovationsschüben geführt oder sind dabei, diese zu initialisieren. In der durchgeführten Befragung wurden Unternehmen gebeten, aus Ihrer Sicht beispielhafte Regulierungen darzustellen und ihre Auswirkungen einzuschätzen. Im Folgenden sind diese international wegweisenden Regulierungen dargestellt.

Erfolgreiche Förderung erneuerbarer Energien durch das EEG

Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vom 21. Juli 2004 werden Stromnetzbetreiber in Deutschland verpflichtet, Strom aus erneuerbaren Energien vorrangig abzunehmen und dafür einen festgelegten Preis zu zahlen. Damit wird der Ausbau der erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung gefördert. Die Vergütungen werden an die Übertragungsnetzbetreiber (Hochspannungsnetze) mit der Pflicht zum bundesweiten Ausgleich der unterschiedlichen Belastungen weitergeleitet. Darüber hinaus besteht in anteiliger Menge eine Kaufpflicht der Energieversorgungsunternehmen, die den Strom an die Endverbraucher liefern.

Im Rahmen des EEG werden Windkraft, Solarstrahlung, Biomasse, Geothermie und Grubengas gefördert. In Folge der Verabschiedung des EEG-Vorläufergesetzes im Jahr 1990 hatte sich zunächst die Windenergie kräftig entwickelt. Mit dem Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 weitete sich der Boom auf Biomasse und Photovoltaik aus. Bemerkenswerte Entwicklungen sind auch bei der zunehmenden Nutzung der Erdwärme zur Stromproduktion zu beobachten. Erneuerbare Energien sind so in Deutschland – unterstützt durch das EEG – zu einem zunehmend bedeutenderen Wirtschaftsfaktor geworden. Der mit erneuerbaren Energien erreichte Inlandsumsatz im Jahr 2006 von rd. 21,6 Mrd. Euro ist die beste Bestätigung dafür; erreicht wurde der Umsatz vor allem durch Biomasse, Solar- und Windenergie. Das EEG ist zu einem beispielhaften und erfolgreichen Instrument geworden.

Mit Hilfe des EEG ist der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch im Jahr 2006 auf 12 Prozent gestiegen. Bis 2020 sieht die Bundesregierung vor, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Strombereitstellung auf mindestens 20 Prozent und am Primärenergieverbrauch auf mindestens 10 Prozent zu erhöhen. Langfristig, d.h. bis Mitte dieses Jahrhunderts, soll sogar rund die Hälfte der Energieversorgung mit erneuerbaren Energien bestritten werden.⁴³

Erfolgreiche Förderung solarthermischer Kraftwerke: spanische Einspeisevergütung

2004 wurde in Spanien die Einspeisevergütung "Decreto Real 436/2004" eingeführt. Sie ist ein gutes Beispiel, wie politische Regulierungen den Einsatz und die Entwicklung solarthermischer Kraftwerke vorangebracht haben. Das spanische Decreto Real 436 trat am 12. März 2004 in Kraft. Es regelt die Abnahme von Windenergie, geothermischer Energie, Energie aus Wasserkraft, Biomasse, Müll und Sonne sowie deren Einspeisevergütung.

Die Einspeisevergütung garantiert den Betreibern solarthermischer Kraftwerke für die ersten installierten 200 MW Leistung einen Zuschuss zum Abnahmepreis von 0,21 Euro/kWh und für die nächsten 300 MW Leistung noch einen Zuschuss von 0,18 Euro/kWh. Dabei orientiert sich die Vergütung an der Entwicklung des durchschnittlichen Strompreises. Die Förderung ist langfristig: Die Laufzeit wurde auf 25 Jahre festgelegt.

Angesichts der langen Bauzeit und der hohen Investitionskosten ist Planungssicherheit ein zentraler Faktor für den Bau und Betrieb der Anlagen. Der gesetzlich garantierte Zuschuss und die fünfundzwanzigjährige Förderung bieten den Unternehmen diese Sicherheit für Investitionen in solarthermische Kraftwerke. Dadurch wird sowohl die Investitionsbereitschaft als auch der Bau von Kraftwerken positiv beeinflusst. Zudem haben die Unternehmen auch ihre Forschungsaktivitäten intensiviert und suchen nach weiteren Verbesserungen der Kraftwerke. Die finanziellen Subventionen der Einspeisevergütung haben bedeutenden Anteil daran, dass Spanien heute die wichtigste Region für solarthermische Energieerzeugung ist und ihm auch für die Zukunft das größte Potenzial für Energiegewinnung aus Solarthermie in Europa zugeschrieben wird.

Die intensive Förderung hat die Aufmerksamkeit und das Interesse von Gesellschaft und Öffentlichkeit an solarthermischer Energie geweckt und potenzielle Investoren angezogen. Durch das Decreto Real wurde der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung gezielt angehoben. Spanien nimmt dank der Einspeiseregulierung eine Vorreiterrolle in Europa ein und wurde Vorbild für andere Mittelmeeranrainer mit ähnlichem Potenzial.

Erfolgreiche Innovationsförderung: Subventionen für Kauf von Hybridfahrzeugen

Japan hat politische Programme zur Förderung von Hybridfahrzeugen eingeführt, die als Vorbild für Europa gelten können: Das "Clean Energy Vehicles Introduction Project" hat

⁴³ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Kurzinfo Erneuerbare Energien, http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/kurzinfo/doc/3988.php

einen wichtigen Impuls für die Entwicklung und Verbreitung von Hybridfahrzeugen gegeben. Diese nationale Initiative des Ministeriums für Wirtschaft, Handel und Industrie will erreichen, dass in Japan bis 2010 insgesamt 2,1 Millionen Hybridautos gefahren werden. Das Clean Energy Vehicles Introduction Project subventioniert beim Kauf eines Hybridfahrzeugs bis zu 50 Prozent der Preisdifferenz gegenüber konventionellen Fahrzeugen.

Die teilweise Übernahme der Preisdifferenz sowie die ohnehin langfristig günstigeren Betriebskosten setzen ausreichend Anreize für die Bevölkerung: Im Rahmen des Programms wurde bereits zwischen 1998 und 2006 der Kauf von etwa 140.000 Hybridfahrzeugen gefördert. Das Förderprogramm bewirkte, dass die Nachfrage nach Hybridautos in Japan heute deutlich höher ist als in anderen Ländern – ausgenommen die USA.

Seit beinahe 30 Jahren unterstützt die japanische Politik die Entwicklung alternativer und umweltschonender Fahrzeuge. Seit 1978 gibt es bereits ein Programm zur Förderung elektrischer Autos, und seit 1998 werden Hybridfahrzeuge begünstigt. Wegen der zugesicherten politischen Unterstützung hat die japanische Autoindustrie intensiv in die Entwicklung der Hybridtechnologie investiert. Mit dem Ergebnis: Japan ist heute nicht nur ein bedeutender Absatzmarkt für Hybridfahrzeuge, sondern gleichzeitig ist die japanische Autoindustrie mit deutlichem Abstand weltweiter Markt- und Technologieführer.

Bedeutende Effizienzverbesserungen: Wettbewerb durch Top-Runner-Produkte

Ebenfalls in Japan wurden beispielhafte Regulierungen zur erfolgreichen Innovationsförderung für höhere Energieeffizienz getroffen. Eine erfolgreiche Maßnahme zur Förderung der Energieeffizienz ist die japanische Spitzenreiter- oder Top-Runner-Regulierung.

Nachdem Energieeffizienzvorschriften in Japan zuerst nur für Kühlschränke, Klimaanlage und Autos galten, wurden sie später auf alle energieintensiven Geräte ausgeweitet. Mit der Novellierung des "Law Concerning the Rational Use of Energy" wurden 1999 durch das sogenannte Spitzenreiter- oder Top-Runner-Programm zusätzliche Anreize geschaffen, um durch Konsum und Mobilität entstehende Emissionen zu verringern.

Die Spitzenreiter-Regulierung ist ein sogenanntes "Maximal-Standardwert-Programm", das Grenzwerte für den Energieverbrauch von ausgewählten energieintensiven Geräten wie Klimaanlage, Kühlschränken, PCs etc. setzt. Dabei orientieren sich die festgesetzten Grenzwerte am jeweiligen Spitzenreiter, also dem jeweils effizientesten Produkt, das zurzeit der Festlegung auf dem Markt ist. Hersteller, denen es nicht gelingt, die geforderte Energieeffizienz innerhalb eines festgesetzten Zeitraums zu erreichen, werden zunächst öffentlich ermahnt, müssen aber auch mit rechtlichen Sanktionen rechnen. Um den Wettbewerb um die niedrigsten Emissionen anzufachen, bezieht sich die Spitzenreiter-Regelung nicht nur auf japanische, sondern auch auf importierte Produkte. Flankierend werden die entsprechenden Produkte mit einem Label gekennzeichnet, auf welchem angegeben wird, inwieweit das Produkt dem Top-Runner Standard genügt. Somit ist Transparenz über die reale Energieeffizienz der Produkte geschaffen.

Das Spitzenreiter-Programm führt zu kontinuierlichen Produktverbesserungen, da die Standards mit zunehmenden Effizienzverbesserungen der Produkte stetig steigen. Japan konnte deutliche Effizienzsteigerungen bei den Produkten erzielen und dabei 16 Prozent

seiner im Kyoto-Protokoll eingegangenen Verpflichtungen zur Reduktion der CO₂-Emissionen mit Hilfe der Top-Runner-Regulierung erfüllen: So wurde die Energieeffizienz von Klimaanlage um 66 Prozent, von Videorekordern um 59 Prozent und von Kühlschränken um 30 Prozent verbessert, indem alle Hersteller am Spitzenreiter-Produkt gemessen und dadurch automatisch zu wettbewerblichen Anstrengungen gezwungen wurden.

Förderung des Einsatzes von Sonnenenergie: fortschrittliche Gebäuderichtlinie

Die in Spanien geltende Regulierung zur obligatorischen Nutzung der Sonne als Energiequelle ist ein Beispiel für eine erfolgreiche Förderung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien.

Die 2006 in Spanien eingeführte Gebäuderichtlinie "Código Técnico de la Edificación" (CTE) fördert die Nutzung solarer Energie. Die Richtlinie schreibt vor, dass alle neuen oder renovierten Gebäude sowie überdachte Schwimmbecken 30 bis 70 Prozent ihres Warmwasserbedarfs mit Solarenergie decken müssen. Der genaue Anteil der vorgeschriebenen Mindestnutzung solarer Energie richtet sich nach dem Standort des Gebäudes in einer der fünf Klimazonen, in die Spanien für das Gesetz unterteilt wurde.

Die Gebäuderichtlinie stellt zusätzlich Mindestanforderungen an den Wirkungsgrad der einzelnen technologischen Komponenten der eingesetzten Systeme. Damit soll sichergestellt werden, dass die solaren Anlagen die Energie auch möglichst effizient nutzen. Beispielsweise darf ein nach CTE eingesetzter Heiztauscher den Effizienzgrad der Kollektorsysteme nicht verringern.

Die Richtlinie übt einen doppelt positiven Effekt aus, indem einerseits der Verbrauch konventioneller Energien sinkt und andererseits die Nachfrage nach Solarenergie steigt. Der dadurch erwartete Umsatzanstieg der Solarbranche erhöht wiederum Planungssicherheit und Investitionen der Hersteller und setzt positive Anreize für die Weiterentwicklung der Technologie.

Spanien ist das erste Land in der EU, das den Einsatz von Sonnenenergie in Gebäuden durch obligatorische Quoten vorschreibt. Die spanische Regulierung hat Vorbildcharakter für andere Länder. Mit einem sichtbaren Effekt der Regulierung für den spanischen Solarenergiemarkt ist ab 2008 zu rechnen.

Förderung der Nachfrage nach Biokunststoffen: Richtlinie für Verpackungsmaterialien

In Frankreich und Italien zeichnen sich momentan Regulierungsvorhaben ab, die voraussichtlich die Verbreitung von Biokunststoffen bewirken werden. In Frankreich wurde ein Gesetz zur Förderung der französischen Landwirtschaft verabschiedet, demzufolge es ab 2010 verboten sein wird, Plastik-Einwegtüten, die nicht biologisch abbaubar sind, kostenlos an Kunden abzugeben.⁴⁴ Zudem wird das Gesetz regeln, welche Kunststoffe mit

⁴⁴ Vgl. Art. 47 Gesetz zur Förderung der Französischen Landwirtschaft, NOR: AGRX0500091L: "Zum Schutz der Umwelt und zur Förderung biologisch abbaubarer Produkte bestimmt eine Ver-

welchem obligatorischen Anteil an biologischen Stoffen zur Herstellung verwendet werden dürfen und wie die biologische Abbaubarkeit der ausgegebenen Plastiktüten überprüft wird. Eine ähnliche Regulierung ist auch in Italien geplant.

Die Gesetzesvorhaben werden momentan von der EU-Kommission auf mögliche Wettbewerbsverzerrungen überprüft. Sollten die Regulierungen umgesetzt werden, würden sie einen Wachstumsschub für den Markt von Biokunststoffen auslösen und einen wichtigen Impuls für die Verbreitung von nachhaltigen, biobasierten Kunststoffherzeugnissen geben. Der zu erwartende Nachfrageanstieg gäbe den Herstellern genügend Investitionssicherheit, um die Entwicklung von Biokunststoffen voranzutreiben und die Produktionskapazitäten auszubauen.

Effiziente Wassereinsparung: Marktnahe Standards für Wasserversorger

Durch politische Regulierungen in Großbritannien erhalten dezentrale Technologien zu effizienter Wassernutzung positive Impulse. In England und Wales bestimmt die staatliche Regulierungsbehörde für Wasserdienstleitungen, die OFWAT (Water Services Regulation Authority), den Preis für Wasser. Die Wasserversorgungsunternehmen schlagen der Behörde Wasserpreise für den Verbraucher vor, die sie für angemessen halten. Die OFWAT kontrolliert diese Preise letztlich durch ihre Zustimmung oder Ablehnung.

Seit 1996 setzt die OFWAT den Unternehmen Auflagen zur effizienten Wassernutzung: Die Unternehmen müssen die Verbraucher umfassend informieren, durch spezielle Preispolitik Anreize zum Wassersparen bieten und die Ressourcen optimal einsetzen. Diese Regulierung hat beispielsweise dazu geführt, dass britische Wasserversorger auch Regenwassertonnen an ihre Kunden vertreiben, um die Bevölkerung zur Reduzierung des Wasserverbrauchs anzuhalten.

Mit Hilfe der OFWAT mildert die britische Regulierung den Interessenkonflikt zwischen schonender Ressourcennutzung und Einnahmemaximierung der Wasserversorger: Während britische Wasserversorger ihre Kunden zum Sparen anregen, verfolgen Wasserversorger anderer Länder mit ihren Kommunikationskampagnen häufig das Ziel, die Nutzer zu höherem Verbrauch zu animieren.

Die britische Direktive hingegen trägt zu einem gesteigerten Bewusstsein der Bevölkerung für die Problematik der Wasserknappheit bei.

Energieeffizienz für Haushalte und Unternehmen

Die britische Regierung und die öffentlichen Energieunternehmen in Großbritannien haben 1992 einen Energiesparfonds, den sogenannten "Energy Saving Trust" (EST) ins Leben gerufen. Der EST schafft Anreize für Energieeffizienzmaßnahmen und unterstützt Haushalte und Unternehmen dabei, ihren Energieverbrauch effizienter zu gestalten.

ordnung ab 1. Januar 2010 die Voraussetzungen für das Verbot, nicht biologisch abbaubare Einwegplastiktüten gratis an den Endverbraucher zu verteilen."

Er setzt dabei für jedes Jahr Meilensteine, und wirkt auf das Ziel der britischen Regierung hin, die CO₂-Emissionen bis 2010 auf 80 Prozent des Niveaus von 1990 zu reduzieren.

Der EST wurde als gemeinnützige Gesellschaft gegründet, zu deren Mitgliedern beispielsweise Energieunternehmen wie BP Oil UK Ltd, EDF Energy Plc, Calor Gas Ltd, Innogy Plc. sowie Vertreter und Institutionen der Politik zählen. Der Fonds erhält den Hauptteil seiner Mittel aus Regierungsgeldern und bekommt darüber hinaus weitere Mittel von Unternehmen. Die Arbeit beruht auf enger Kooperation und kritischer Begleitung durch die Regulierungsbehörde (OFGEM) und das Umweltministerium (DEFRA).

Im Rahmen des EST wurden verschiedene Projekte ins Leben gerufen wie zum Beispiel eine Informationskampagne für Energieeffizienz, zur Beratung der Verbraucher, in deren Rahmen Energieeffizienzberatungsstellen und internetbasierte Informationsplattformen entstanden sind. Darüber hinaus wurde ein Energieeffizienzlogo eingeführt, das den Verbrauchern energiesparende Geräte kenntlich macht und von den Herstellern als Werbemaßnahme eingesetzt werden kann. Weitere Aktivitäten sind zum Beispiel die Mitwirkung an der Erstellung von Energiestandards oder politische Einflussnahme und Lobbying.

Die Erfolge sind beachtlich: im Rahmen des "Warm Front" Programms zur Steigerung der Energieeffizienz für einkommensschwache Haushalte wurden von April 2002 bis März 2003 beispielsweise die Realisierung von 240.000 Wärmedämm-Maßnahmen, der Einbau von 20.000 neuen Gas-Zentralheizungssystemen sowie 15.500 Durchlauferhitzern sowie zahlreiche weitere Verbesserungen erreicht.

Der ESF ist damit ein Beispiel, wie Energieeffizienz durch Zusammenarbeit von Unternehmen, Regierung und privaten Haushalten gesteigert werden kann.

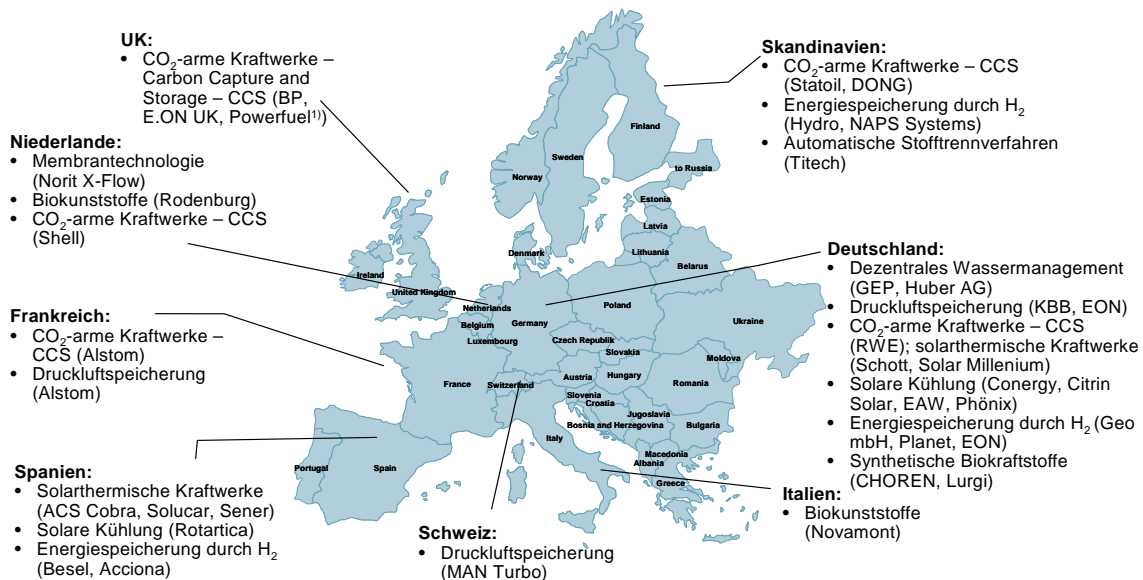
G. Fazit

Die vorliegende Bestandsaufnahme der europäischen Umweltindustrie und die Analyse der ausgewählten Techniklinien haben gezeigt, dass Europa in allen betrachteten Technologien – mit Ausnahme der Hybridtechnologie – eine gute bis sehr gute Stellung im Weltmarkt besetzt. Die europäischen Unternehmen sind vielfach Marktführer. Diese Einschätzung gilt auch für Deutschland: Sowohl in den sechs Leitmärkten für Umwelttechnologien als auch in den ausgewählten Techniklinien sind viele deutsche Unternehmen unter den Besten. Deutschland nimmt in nahezu allen betrachteten Umwelttechnologien eine wichtige Position in Europa ein. Die Unternehmensbefragungen haben dargelegt, dass Umweltinnovationen mit geeigneten politischen Instrumenten noch wirkungsvoller gefördert werden können.

Die Wirtschaft und insbesondere die nationale und europäische Politik müssen aktiv werden, um die Wettbewerbssituation Europas langfristig zu sichern und innovationsfördernde Rahmenbedingungen zu schaffen.

Position Europas

Vor allem Deutschland, Spanien, Skandinavien, die Niederlande, Großbritannien, Frankreich und die Schweiz sind in der Entwicklung der ausgewählten Produktlinien in Europa führend. Die Analysen und Unternehmensbefragungen zeigen, dass in diesen Ländern zahlreiche innovative Unternehmen in den untersuchten Feldern existieren. Einen Überblick über führende Positionen einzelner Länder in den ausgewählten Technologie-

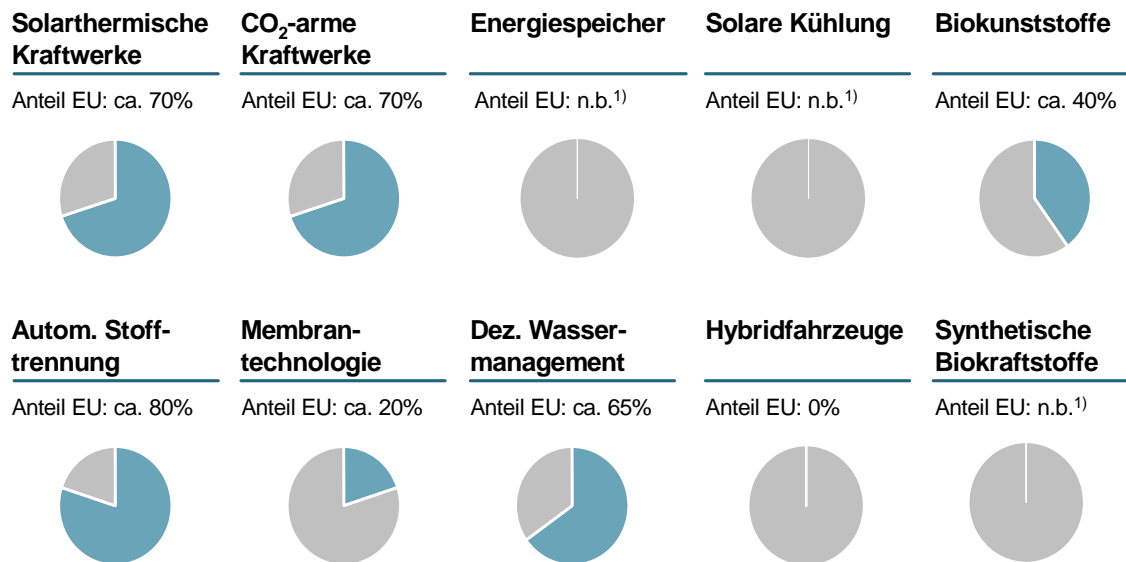


1) Hauptteigener von Powerfuel: Kuzbassrazrezugol (RU)

Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 93: Stellung einzelner europäischer Länder in den betrachteten Technologielinien

Ausgehend von den Leitmärkten wurde in der vorliegenden Unternehmensbefragung die Marktposition Europas in zehn ausgewählten Techniklinien detaillierter untersucht. Auch hier präsentiert sich ein insgesamt sehr positives Bild (vgl. Abbildung 94).



1) Aufgrund noch nicht etablierter Märkte kann nicht sinnvoll von Marktanteilen gesprochen werden

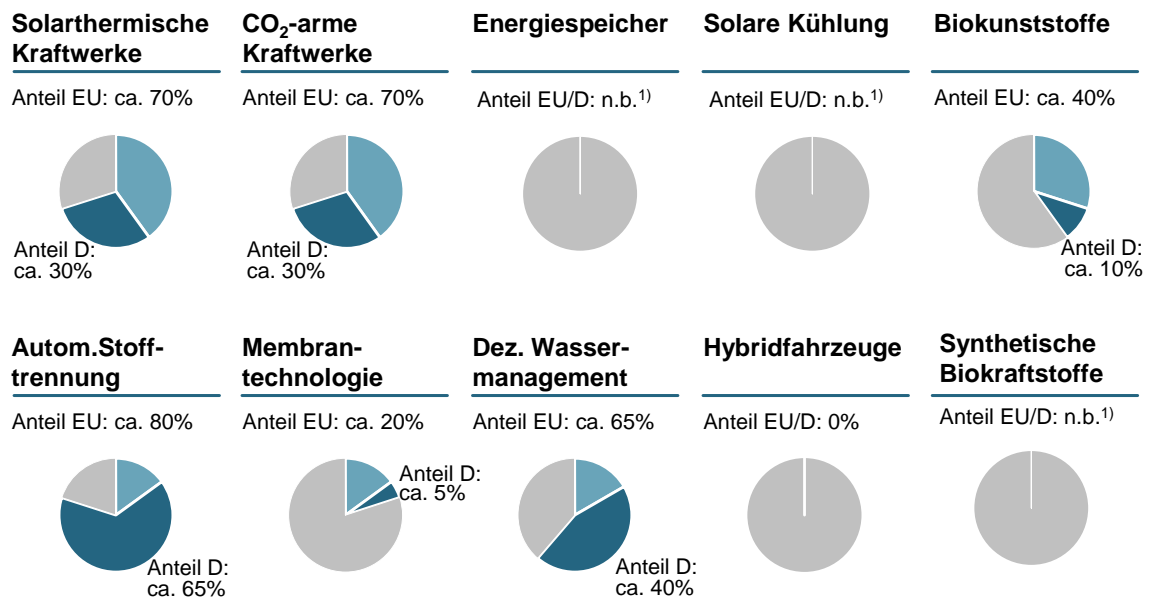
Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 94: Weltmarktanteile europäischer Unternehmen an den betrachteten Technologielinien 2005 in %

Bei solarthermischen und CO₂-armen Kraftwerken oder automatischen Stofftrennverfahren erreichen europäische Unternehmen Marktanteile von mindestens 70 Prozent. Ebenfalls in den Feldern, in denen heute noch kein etablierter Weltmarkt existiert, wie etwa bei synthetischen Kraftstoffen oder Energiespeicherverfahren, hat die Untersuchung gezeigt, dass europäische Unternehmen an vorderster Stelle die Marktentwicklung mit gestalten werden. Allein bei Hybridfahrzeugen stehen europäische Unternehmen gegenwärtig relativ schlecht da: Hier sind die USA und Japan weit überlegen. Gleichfalls besteht bei der Membrantechnologie Nachholbedarf; die europäischen Unternehmen können ihren Marktanteil noch deutlich verbessern

Position Deutschlands

In der Unternehmensbefragung wurde in den zehn ausgewählten Vertiefungsbereichen analog zur Position Europas auch die Position deutscher Unternehmen angesprochen. Hier zeigt sich ein ähnliches Bild wie bereits auf der Ebene der Leitmärkte: Deutsche Unternehmen erreichen einen bedeutenden Marktanteil. Dieser ist bei den Verfahren zur automatischen Stofftrennung und beim dezentralen Wassermanagement am größten (vgl. Abbildung 95).



1) Aufgrund noch nicht etablierter Märkte kann nicht sinnvoll von Marktanteilen gesprochen werden
 Quelle: Unternehmensbefragung 2007

Abbildung 95: Weltmarktanteile europäischer und deutscher Unternehmen an den betrachteten Technologielineien [2005] in %

Konsequenzen für die politische Innovationsförderung

Trotz dieser guten Stellung müssen in Europa und insbesondere in Deutschland Innovationen weiter gefördert werden: Zwar wird bis 2020 die Nachfrage nach Umwelttechnologien vor allem in Asien und Nordamerika wachsen. Doch diese Regionen holen auch als Anbieter von Umwelttechnologien rasant auf. Damit Europa in einer führenden Rolle bleiben kann, muss die Politik handeln.

Eine politische Strategie zur Förderung von Umweltinnovationen sollte aus Sicht der Unternehmen folgende Punkte umfassen:

- **Durch Regulierung klare rechtliche Rahmenbedingungen schaffen**

Die befragten Unternehmen wünschen sich klare und ambitionierte rechtliche Vorgaben, die die Weiterentwicklung von Umwelttechnologien einfordern oder ihren Einsatz vorschreiben. Weiterhin hilfreich wäre eine europaweite Harmonisierung der rechtlichen Rahmenbedingungen und Vorschriften.

- **Marktnachfrage fördern**

Aus Unternehmenssicht sollten zur Unterstützung der Markteinführung und zur Beschleunigung der Marktdurchdringung von Innovationen in Europa nachfragefördernde Maßnahmen eingesetzt werden. Dies kann durch verschiedene umweltpolitische Instrumente erreicht werden. Beispielsweise gewähren Frankreich und Italien schon heute Steuervergünstigungen für den Erwerb eines Hybridfahrzeuges.

- **Weiterentwicklung von ausgewählten Technologien fördern, indem Forschung und Entwicklung zielgebunden unterstützt werden**

Europäische und nationale Forschungs- und Förderprogramme sollten konkrete Ziele und Meilensteine beinhalten. Nur so können Förderinstitutionen den Erfolg ihrer Programme überprüfen und sicherstellen, dass die vergebenen Mittel effizient eingesetzt werden. Beispielsweise gibt es zwar zahlreiche Förderprogramme, um mögliche Einsatzfelder für die Wasserstoffspeicherung zu erforschen, doch ein Forschungsprojekt mit dem Ziel, den Wirkungsgradverlust bei der Elektrolyse um 10 Prozent zu verringern, existiert bisher nicht.

- **Markteinführung der Technologien durch öffentliche Beschaffung, Anreiz- und Kommerzialisierungsprogramme unterstützen**

Europa sollte die Nachfrage nach Umwelttechnologien erhöhen, indem es die öffentliche Beschaffung von Umweltprodukten verstärkt und Markteinführungsprogramme lanciert. Vorbildlich ist hier zum Beispiel das "Biobased Products Public Procurement Program" in den USA, das die öffentliche Hand dazu verpflichtet, bei ihren Kaufentscheidungen biobasierte Produkte zu bevorzugen.

- **Bevölkerung durch Informationskampagnen informieren und Umweltbewusstsein steigern**

Die Politik sollte den Konsumenten bewusster machen, dass es in ihrer Verantwortung steht, die Umwelt zu schützen, damit sie verstärkt Umweltprodukte kaufen und Umwelttechnologien einsetzen. Kampagnen wie Al Gores Film über die Erderwärmung können wirksame Instrumente sein, um sowohl die Bevölkerung als auch die Entscheidungsträger in der Wirtschaft umdenken zu lassen.

- **Zugang zu Forschungs- und Entwicklungsgeldern vereinfachen und KMU gezielt fördern**

Langwierige Bewilligungsverfahren und umfangreiche Anträge bei verschiedenen Behörden erschweren den Zugang zu Geldmitteln aus Förderprogrammen. Ein Bürokratieabbau erleichtert vor allem kleineren Unternehmen, die keine eigene Abteilung zur Akquisition von Fördermitteln haben, den Zugang zu Forschungsgeldern. Das Bundesland Nordrhein-Westfalen geht hier mit dem Programm "progres.nrw" mit gutem Beispiel voran: Dieses unterstützt gezielt mittelständische Unternehmen bei der Entwicklung und Markteinführung regenerativer Energien und Technologien zur Energieeffizienz.

- **Bessere Finanzierungsmöglichkeiten schaffen und Zugang zu günstigen Krediten erleichtern**

Leichter Zugang zu Kapital und günstige Finanzierungsmöglichkeiten erlauben Unternehmen, in ihre Forschung zu investieren. Doch oft mangelt es noch am notwendigen Kapital für innovative Produktentwicklungen. Venture Capital, zinsgünstige Darlehen (beispielsweise durch die KfW) oder Bürgschaften von staatlichen Einrichtungen für Bankkredite können hier Abhilfe schaffen.

- **Planungssicherheit durch langfristige Fördermaßnahmen über 10 bis 20 Jahre schaffen**

Bei Technologien wie Solarthermie, Druckluftspeicherung, CO₂-armen Kraftwerken oder Anlagen zur Herstellung synthetischer Kraftstoffe müssen Unternehmen hohe Investitionen für den Bau der Anlagen tätigen. Damit sie Gewissheit haben, dass die Investitionen in der Zukunft profitabel werden, brauchen sie Planungssicherheit durch langfristige, also auf 10 bis 20 Jahre angelegte Förderprogramme. Neben der Förderdauer sollten die rechtlichen Rahmenbedingungen (beispielsweise die Zielwerte zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes) für denselben Zeitraum fixiert werden, um zusätzliche Sicherheit zu schaffen.

Mit einer integrierten Förderstrategie kann Europa dafür sorgen, dass es seine Marktführerschaft für Umwelttechnologien auch künftig halten kann. Die Technologien, in denen Europa Nachholbedarf hat, sollte es konsequent fördern – also beispielsweise hybrid-motorische Stadtbusse einsetzen, private Photovoltaikanlagen steuerlich begünstigen oder die Nutzung von auf Biokunststoffen basierenden Verpackungen vorschreiben. Denn Umwelttechnologien sind nicht nur die Antwort auf den Klimawandel und knapper werdende Rohstoffe. Sie sichern außerdem Lebensqualität, Arbeitsplätze und künftigen Wohlstand.

H. Quellenverzeichnis

- ABS Energy Research (Hrsg.): Hydropower Report Executive Summary, London, 2005
- Adnot, Jérôme/Orphelin, Matthieu/Lopes, Carlos/Waide, Paul: Limiting the Impact of Increasing Cooling Demand in the European Union: Results from a Study on Room Air-Conditioner Energy Efficiency, 2000
- ALTENER (Hrsg.): Guidelines for Solar Cooling Feasibility Studies & Analysis of the Feasibility Studies, Project Number 4.1030/Z/02-121/2002, 2005
- Altmann, Matthias/ Stiller, Christoph: Wasserstofferzeugung in offshore Windparks, GEO-Studie, 2001
- American Society of Civil Engineers (Hrsg.): Water Infrastructure NOW: Recommendations for Clean & Safe Water for the 21st Century (study by: Water Infrastructure Network (WIN)), New York, 2000
- Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren (ATT)/ Bundesverband der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW)/ Deutscher Bund der Verbandlichen Wasserwirtschaft e.V. (DBVW) u.a. (Hrsg.): Branchenbild der deutschen Wasserwirtschaft, 2005
- Aringhoff, Rainer/Geyer, Michael: Überblick über die Marktsituation in den USA. Für: Sandia National Laboratories, Präsentation 1. Internationales Fachforum Solar Power Plants "Clean Energy Power", Berlin, 2007
- Asendorpf, Dirk: Gegen den Trennt. In: DIE ZEIT Nr.12 2007, Seite 39
- Atkinson, Simon: EU projects to promote innovative wastewater technologies, In: Membrane Technology, Oxford, 2006
- ATV-DVWK & BGW (Hrsg.): Marktdaten Abwasser 2003. Ergebnisse der gemeinsamen Umfrage der ATV-DVWK und des BGW zur Abwasserentsorgung 2003, Zeitschriftenartikel aus: KA ABWASSER ABFALL Jg. 51, Nr.9, 2004
- Bank Sarasin & Cie. (Hrsg.): Studie: Solarenergie – ungetrübter Sonnenschein? Aktuelle und zukünftige Aussichten für Photovoltaik und Solarthermie, Basel, 2004
- Bank Sarasin & Cie. (Hrsg.): Nachhaltigkeitsstudie – Solarenergie 2005, Basel, 2005
- Bank Sarasin & Cie. (Hrsg.): Nachhaltigkeitsstudie – Solarenergie 2006, Basel, 2006
- Beigel, Jürgen: Märkte und Projekte für solarthermische Kraftwerke aus der Sicht von MAN Ferrostaal. Für: MAN Ferrostaal Power Industry GmbH, Präsentation 1. Internationales Fachforum Solar Power Plants "Clean Energy Power", Berlin, 2007
- Benz, Nicolaus: Receiver for Parabolic through Collectors. Für: Schott AG, Präsentation 1. Internationales Fachforum Solar Power Plants "Clean Energy Power", Berlin, 2007
- Bine Informationsdienst (Hrsg.): Energie Sparen bei der Kälteerzeugung, Bonn, 2006

- Bine Informationsdienst (Hrsg.): Solarthermische Kraftwerke, Projektinfo 12/2003, Bonn, 2003
- BMVIT Österreich (Hrsg.): Die Zukunft der Photovoltaik. Chancen für Forschung und Wirtschaft in Österreich, Wien, 2006
- Böing, Georg: Antriebe für solare Konzentratoren. Für: Flender Drives and Automation, Präsentation 1. Internationales Fachforum Solar Power Plants "Clean Energy Power", Berlin, 2007
- Brakmann, Georg: Integrated Combined Cycle Solar Power Plants in Egypt and Morocco. Für: Fichtner Solar GmbH, Präsentation 1. Internationales Fachforum Solar Power Plants "Clean Energy Power", Berlin, 2007
- Brakmann, Georg: Solar Thermal Power Now! Exploiting the Heat from the Sun to Combat the Climate Change. Studie für Greenpeace/European Thermal Power Industry Association (ESTIA)/ solarPACES, 2003
- Brand, Thomas/Bahl, Carsten: Speichertechnik für Solarkraftwerke. Für: Züblin, Präsentation 1. Internationales Fachforum Solar Power Plants "Clean Energy Power", Berlin, 2007
- Brennstoffzellen-Bündnis Deutschland (Hrsg.): Markteinführungsstrategie Brennstoffzelle. Zukunftssicherung durch innovative Energieversorgung, neue Arbeitsplätze und nachhaltigen Umweltschutz, Präsentation, 2004
- Budzinski, Volker: Kleinkläranlagen vor dem Hintergrund der Einführung europäischer Normen, Donaueschingen, 2004
- Bullough, Chris/ Gatzen, Christoph/ Jakiel, Christoph/ Koller, Martin/ Nowi, Andreas/ Zunft, Stefan: Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage for the Integration of Wind Energy, Proceedings of the European Wind Energy Conference, EWEC 2004, London, 2004
- BUND für Umwelt und Naturschutz Deutschland (Hrsg.): Studie: "Umwelt und Beschäftigung 2006. Arbeitsplatz-Potenziale durch ökologischen Strukturwandel in den Sektoren Energie, Energie-Effizienztechnologie, Umwelttechnik, Mobilität, Lebensmittelwirtschaft, Tourismus und Naturschutz," 2006
- BUND für Umwelt und Naturschutz Deutschland (Hrsg.): Studie: "Umwelt und Beschäftigung 2006. Arbeitsplatz-Potenziale durch ökologischen Strukturwandel in den Sektoren Energie, Energie-Effizienztechnologie, Umwelttechnik, Mobilität, Lebensmittelwirtschaft, Tourismus und Naturschutz," Berlin, 2006
- Bundesagentur für Außenwirtschaft bfai (Hrsg.): Wachsende Auslandsmärkte für Entsorger (von Kussel, Barbara), 2006
- Bundesministerium für Umwelt (Hrsg.): Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland, IFEU-Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg, 2005

- Bundesministerium für Umwelt (Hrsg.): Ökologische Industriepolitik – Memorandum für einen „New Deal“ von Wirtschaft, Umwelt und Beschäftigung (von Franz, Peter/ Taeger, Uwe/ Tidow, Stefan), 2006
- Bundesministerium für Umwelt / Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) Bericht der Arbeitsgruppe 3 "Forschung und Energieeffizienz" zum Energiegipfel am 9. Oktober 2006, Berlin, 2006
- Bundesministerium für Umwelt (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung. Stand Mai 2006, Berlin, 2006
- Bundesministerium für Umwelt (Hrsg.): Förderprogramm des BMU zu Forschung und Entwicklung im Bereich Windenergie. Verbesserte Integration großer Windstrommengen durch Zwischenspeicherungsmittels CAES (Compressed Air Energy Storage), Berlin, 2005
- Bundesministerium für Umwelt (Hrsg.): GreenTech made in Germany. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland, München, 2007
- Bundesministerium für Umwelt (Hrsg.): SOKRATES – Solarthermische Kraftwerke zum Schutz des Erdklimas. Forschungsvorhaben des BMU. Zwischenbericht, DLR, Stuttgart, 2003
- Bundesministerium für Umwelt (Hrsg.): Wasserwirtschaft in Deutschland, Teil 1 & 2 , Berlin, 2006
- Bundesministerium für Umwelt und Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (Hrsg.): Meeresumweltsymposium 2005, Vorabdruck, Berlin, 2005
- Bundesministerium für Umwelt / DLR/ ifeu (Hrsg.): Umweltpolitik: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, Wuppertal, 2004
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung: Die Kraftstoffstrategie. Alternative Kraftstoffe und innovative Antriebe. Berlin, 2004
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (VES). Kraftstoff der Zukunft, Berlin, 2007
- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Hrsg.): Innovation und neue Energietechnologien, 5. Energieforschungsprogramm, Berlin, 2005
- Bundesverband der Industrie (BDI) (Hrsg.): Globaler Wettbewerb und Klimaschutz: Deutsche Kernkompetenzen optimal nutzen, Berlin, 2005
- Bundesverband Windenergie e.V. (Hrsg.): Die Windindustrie in Deutschland – Daten, Fakten, Potenziale, 2006

- Bundeswirtschaftsministerium (Hrsg.): Die Brennstoffzelle zwischen Umwelt-, Energie-, und Wirtschaftspolitik. Darstellung der öffentlichen Förderprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Deutschland, der Europäischen Union, den USA und Japan (von Metzner, André/ Rammler, Stephan/ Wieder, Marc), discussion paper, Berlin, 2005
- Bureau of International Recycling (Hrsg.): Jahresbericht 2005, Brüssel, 2005
- Carpe Dies Consulting (Hrsg.) : Customer Relationship Management in der Entsorgungswirtschaft– unterstützt durch SAP Waste & Recycling, Frankfurt, 2004
- Castro, Miguel/ Adya, Atul/ Liskov, Barbara/ Myers, Andrew C.: HAC – Hybrid Adaptive Caching for Distributed Storage Systems, Proceedings of the ACM Symposium on Operating System Principles (SOSP '97), Saint-Malo, 1997
- Christmann, Ralf: Von der Forschung zur Markteinführung – Solarthermische Kraftwerke. Für: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Präsentation 1. Internationales Fachforum Solar Power Plants "Clean Energy Power", Berlin, 2007
- Crotogino, Fritz: Druckluftspeicher-Gasturbinen-Kraftwerke zum Ausgleich fluktuierender Windenergie-Produktion, Vortrag anlässlich der Tagung Fortschrittliche Energiewandlung und Anwendung der VDI-Gesellschaft Energietechnik, Stuttgart, 2003
- DECHEMA e.V . (Hrsg.): Wassertechnologien, Presseinformation: Trendbericht Nr. 12, Frankfurt am Main, 2006
- Deutsche Energie Agentur Dena (Hrsg.): Energiewirtschaftliche Planung für die Netzintegration von Windenergie in Deutschland an Land und Offshore. Endbericht, Köln, 2005
- Deutscher Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband e.V. (Hrsg.): Wasserstoff. Der neue Energieträger. Eine Einführung, Berlin, 2005
- Die Bundesregierung (Hrsg.): Bericht der Bundesregierung zur Modernisierungsstrategie für die deutsche Wasserwirtschaft und für ein stärkeres internationales Engagement der deutschen Wasserwirtschaft, Berlin, 2006
- Diekmann, J./ Hopf, R./ Ziesing, H.-J.: Klimaschutz in Deutschland bis 2030. Endbericht zum Forschungsvorhaben Politiksszenarien III im Auftrag des Umweltbundesamtes. Climate Change 2005
- Dresdener Bank (Hrsg.): Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren, Branchenreport, 2004/05
- Dresdener Bank (Hrsg.): Mess-, Kontroll- und Navigationsinstrumente, Branchenreport, 2005/06
- Dresdner Bank (Hrsg.): Dämmung gegen Kälte, Wärme, Schall und Erschütterung, Branchenreport, 2004

- Drews, A.: Membranverfahren in der industriellen und kommunalen Abwassertechnik. Membranmaterialien und Herstellungsprozesse, Technische Universität Berlin. Fachgebiet Verfahrenstechnik, Berlin
- DTI/Carbon Trust (Hrsg.): Environmental benefits beyond wind, London, 2004
- Duckat, Renate: CO₂-Abscheidung und -Lagerung als Beitrag zum Klimaschutz, Ergebnisse des "IPCC Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage" vom November 2002 und Bewertung durch Germanwatch e.V., 2004
- Dudenhöffer, Prof. Dr. Ferdinand: B&D Forecast. In: Automobil Revue Nr. 4, 2006
- Duncan Dr., Marvin, International Degradable Plastics Symposium: Standards and Status of the Federal Biobased Products Preferred Procurement Program, Chicago, 2006
- Ebert, Steffen: German Wind Market and Industry – Current Developments and Perspectives, Bundesverband Windenergie, 2007
- Edler, Dietmar u. a.: Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Stärkung der Akzeptanz des Umweltschutzes durch Gewinnung und öffentlichkeitswirksame Aufbereitung neuer Daten und Forschungsergebnisse – Vertiefende Analyse zum Thema Umweltschutz und Innovationen, 2006
- Effizienz-Agentur NRW (Hrsg.): Membrantechnik: Besser trennen. Besser wirtschaften. Möglichkeiten einer jungen Umwelttechnologie, Duisburg, 2002
- Eicker, Ursula/ Jakob, Uli: Solar betriebene Diffusions-Absorptionskältemaschinen, HfT News, Dezember 2003, Hochschule für Technik, Stuttgart, 2003
- Eicker, Ursula: Entwicklungstendenzen und Wirtschaftlichkeit solarthermischer Kühlung, HfT Stuttgart, Band 74 – Viertes Symposium "Solares Kühlen in der Praxis", 2006
- Eicker, Ursula: Perspektiven und Entwicklungstendenzen für Solares Kühlen, HfT Stuttgart, Band 65 – Drittes Symposium "Solares Kühlen in der Praxis", 2004
- Eisenbeiß, Gerd/Geyer, Michael: Solarenergie aus dem Sonnengürtel. In: Moderne Wege der Energieversorgung. Hrsg. W. Blum, Deutsche Physikalische Gesellschaft – Arbeitskreis Energie, Leipzig, 2002
- Eisenbeiß, Gerd/Pitz-Paal, Robert: Solare Kraftwerke, Jahrestagung des Forschungsverbunds Sonnenenergie 2002, Stuttgart
- Emobile & energie Schweiz (Hrsg.): Marktübersicht Hybrid-, Erdgas- und Elektrofahrzeuge, 2006
- Ender, Carsten: Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland. In: DEWI Magazin Nr. 20, Wilhelmshaven, 2002
- Environmental Innovations Advisory Group UK (Hrsg.): Bridging the gap between environmental necessity and economic opportunity, 2006

- EPEA – Internationale Umweltforschung GmbH (Hrsg.): Nahrungsmittel als Kraftstoffe? Hamburg, 2006
- EU Kommission (Hrsg.): Wasserstoffwirtschaft: Neue Sofortmaßnahmen der EU zu Wasserstoff und Brennstoffzellen, IP/04/363, Brüssel, 2004
- EU-Kommission (Hrsg.): World Energy.Technology and Climate Policy Outlook (WETO), Brüssel, 2003
- EU Kommission (Hrsg.): Einige Kernpunkte der europäischen Wettbewerbsfähigkeit – Hin zu einem integrierten Konzept, in: KOM(2003) 704 endgültig, Brüssel, 2003
- EU (Hrsg.): EU-25 Energy and Transport Outlook 2030, 2006
http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/trends_2030/5_chap4_en.pdf
- EU Kommission (Hrsg.): European Competitiveness Report 2004, Commission staff working document, SEK (2004) 1397, European Competitiveness report 2004, Brüssel ,2004
- EU Kommission (Hrsg.): European Hydrogen and Fuell Cell Projects, 2004
- EU Kommission (Hrsg.): Hydrogen Energy & Fuell Cells. A vision for our future, Brüssel, 2003
- EU Kommission (Hrsg.): Industriepolitik in einem erweiterten Europa, in: KOM(2002) 714 endgültig, Brüssel, 2002
- EU Kommission (Hrsg.): Waste Generated and Treated in the Europe: Data 1995-2003, Luxemburg 2005
- EU Kommission: Den Strukturwandel begleiten: Eine Industriepolitik für die erweiterte Union, KOM(2004) 274 endgültig
- EU Kommission, DG Environment (Hrsg.): Eco-industry, its size, employment, perspectives and barriers to growth inan enlarged EU, Ernst & Young, Europäische Kommission, 2006
- EU Kommission: Well-to-Wheels Analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, 2006 European Bioplastics (Hrsg.): Pressemitteilung: Biokunststoffe erfahren starken Wachstumsschub im Jahr 2006, Berlin, 21.11.2006
- European Bioplastics (Hrsg.): Pressemitteilung: Kompostierung von Biokunststoffen ermöglichen, Berlin 13.12.2006
- European Hydrogen & Fuell Cell Technology Platform (Hrsg.): Achievements and Perspectives 2006
- European Hydrogen & Fuell Cell Technology Platform: Deployment Strategy. Progress Report, 2005
- European Hydrogen & Fuell Cell Technology Platform (Hrsg.): Strategic Research Agenda, 2005

- European Renewable Energy Council EREC (Hrsg.): Renewable Energy Target for Europe: 20% by 2020, Berlin, 2004
- European Solar Thermal Industry Federation ESTIF (Hrsg.): Solar Thermal Action Plan – Heating & Cooling from the Sun, Brussels, 2007
- European Water Partnership (EWP) & /Water Supply and Sanitation Technology Platform (WSSTP) (Hrsg.): The World's Water Crisis: Turning the Tide. Policies for the Future, Brüssel 2006.
- European Wind Energy Association (EWEA) und Greenpeace (Hrsg.): Wind Force 12. A Blue Print to achieve 12% of the world's electricity from wind power by 2020, Brüssel, 2001
- European Wind Energy Association (EWEA) (Hrsg.): Wind Energy. The facts. An analysis of wind energy in the EU-25, Brüssel, 2002
- Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V. und Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.): Werkstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Berlin, 2007
- Financial Times Deutschland: Sonderthema Energie der Zukunft I, Ausgabe vom 16.5.2006
- Fischer, Axel/ Soliman, Peter/ Truc, Francois/ Williams, Thomas: The Future of Automotive Telematics, Booz Allen Hamilton, 2002
- ForschungsVerbund Sonnenenergie (FVS) und die Landesinitiative Zukunftsenergien NRW (LZE) (Hrsg.): Wärme und Kälte. Energie aus Sonne und Erde. Publikation zur FVS-Jahrestagung, Köln, 2005
- Frankfurter Allgemeine Zeitung: Peugeot-Citroen: Hybrid hat in Europa keinen Sinn – Ausgabe 15.9.2005, Nr. 215, Seite 17
- Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (Hrsg.): Neue Technologien für dezentrales Wassermanagement am Beispiel Bosnien-Herzegowina, Stuttgart, 2005
- Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT (Hrsg.): Abschlussbericht Aqualatina, Oberhausen, 2005
- Frechen, Prof. Dr. Franz Bernd: Die Membrantechnik in der Wasserwirtschaft. Interview der Universität Kassel. In: Report Membrantechnik
- Freie und Hansestadt Hamburg (Hrsg.): Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien als wirtschaftliche Chance für Hamburg, Studie im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg, 2004
- French, Ian: European Biogas Power Plant Markets: Untapped Potential Providing Substantial Growth Opportunities, Frost & Sullivan, London, 2003
- Frost & Sullivan (Hrsg.): Future Prospects for Advanced Gas Turbines in Europe, London, 2006

- Frost & Sullivan (Hrsg.): European Commercial Vehicle Telematics Systems Markets, London, 2006
- Gatzen, Christoph: Modellgestützte Wirtschaftlichkeitsanalyse innovativer Speichertechnologien am Beispiel eines adiabaten Luftdruckspeichers. In: Tagungsband des 8. Symposiums Energieinnovation, „Erfolgreiche Energieinnovationsprozesse“. OVE Schriftenreihe Nr. 36, Graz, 2004
- Gehrer, Elisabeth (Bundesministerium für Bildung Wissenschaft und Kultur, Österreich) und Gorbach, Hubert (Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologien, Österreich) (Hrsg.): Österreichischer Forschungs- und Technologiebericht 2006 , Wien 2006
- Geipel, Helmut: COORETEC – Ein Überblick: Forschung und Entwicklung für Kohle- und Gaskraftwerke 2003 – 2020, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Bonn, 2003
- Geyer, Michael: Annual Report 2004. Solar Power and Chemical Energy Systems, Paris, 2005
- Ghoniem, Ahmed: Integrated Energy Systems for Low-C Production of Electricity and Fuels, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2006
- Global Information Inc. (Hrsg.): Membrane Separation Technologies to 2010 (Abstract), 2007
- Global Market Initiative (Hrsg.): The Palm Springs Protocol for a Concentrating Solar Power, 2nd International Executive CSP Conference in Palm Springs, California, 2003
- Greenpeace (Hrsg.): Global Wind Energy Outlook, Global Wind Energy Council (GWEC), 2006
- Greenpeace International, European Thermal Power Industry Association (ESTIA) und SolarPACES (Hrsg.): Concentrated Solar Thermal Power – Now! Exploiting the heat from the sun to combat climate change, 2005
- Grünert, Prof. Dr. Wolfgang/ Muhler, Prof. Dr. Martin: Katalyse maßgeschneidert: Von 2-Wege Kat bis Brennstoffzelle. In: Rubin Nr. 2/98, Ruhruniversität Bochum, 1998
- Hamburgische Landesbank (Hrsg.): Aktienanalyse New Energy – Windenergie, Hamburg, 2001
- Hassenmüller, Harald: Digitale Verkehrsmanager. In: SIEMENS, Pictures of the Future, 2005
- Hasucha, Thomas: Ein Jahr in Berlin: ALBA Gelbe Tonne Plus. In: Stoffströme der Kreislaufwirtschaft, Schriftenreihe des Fachgebiets Abfalltechnik der Universität Kassel, Band 5, 2006
- Helmut Kaiser Consulting (Hrsg.): Asia Water. Water Market, Technologies, and Projects in Asia 2003 – 2015, Zurich, 2003

- Hennecke, Klaus: F&E-Strategie Direktverdampfung. Für: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Strategiegelgespräch zur Ausrichtung der Forschung im Bereich Solarthermischer Kraftwerke, Berlin, 2004
- Henning, Hans-Martin: Thermodynamische Grundlagen der solaren Kühlung – Ein Weg zur Systemauswahl. Für: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, RENEXPO in Augsburg, 2006
- Hindenburg, Carsten: SolarAirConditioning. Overview and State of the Art. SolCoolAirCon – Consulting Services for Energy Efficient Buildings, San Jose, California, 2006
- Hindenburg, Carsten: Solare Klimatisierung mit offenen Verfahren – Feststoffsorption und Flüssigsorption. Für: SolarAirConditioning, RENEXPO in Augsburg, 2006
- Hoffmeyer, Peter: Wie kann die vollständige Abfallverwertung ab 2020 gelingen? In: Stoffströme der Kreislaufwirtschaft, Schriftenreihe des Fachgebiets Abfalltechnik der Universität Kassel, Band 5, 2006
- Hohmeyer, Olav: Nachhaltige Wasserstoffproduktion in Schleswig-Holstein. Kosten und Perspektiven, Workshop Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Schleswig-Holstein, 2005
- Honsel, Georg: Wind auf Vorrat. In: Technology Review vom 15.6.2006, Hannover, 2006
- Huttrer, G.W.: The status of world geothermal power generation 1995-2000. In: Geothermics, Volume 30, Nr. 1, Frisco Colorado, 2001
- IG Metall, FB Wirtschaft-Technologie-Umwelt (Hrsg.): Branchenanalyse Bahnindustrie, 2003
- Innovationsreport, Forum für Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft (Hrsg.): Biogas – universeller Energieträger, Meldung vom 18.10.2006
- Innovationsreport, Forum für Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft (Hrsg.): VW entwickelt einen Hybrid Antrieb, Meldung vom 17.11.2006
- Innovationsreport, Forum für Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft (Hrsg.): Kompakte Kläranlage für unbeschwerten Urlaub, Meldung vom 19.4.2006
- Institut für Internationale und Europäische Umweltpolitik/Umweltbundesamt (Hrsg.): Strategie für die Zukunft der Siedlungsabfallentsorgung, Berlin, 2003
- Institut für ZukunftsEnergieSysteme (Hrsg.): Wann sind Solar-/Pelletskombinationen auch ohne Förderungen marktwirtschaftlich günstig?, Saarbrücken, 2005
- Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.): Carbon Dioxide Capture and Storage, Summary for Policymakers and Technology Summary, IPCC Special Report (by Metz, Bert/ Davidson, Ogunlade/ de Coninck, Heleen/ Loos, Manuela/ Meyer, Leo), 2005
- International Energy Agency (Hrsg.): World Energy Outlook 2004, Paris, 2004

- International Energy Agency (IEA) (Hrsg.): Geothermal Energy. Annual Report 2005, Paris, 2005
- International Energy Agency IEA (Hrsg.): Hydrogen Production and Storage. R&D Priorities and Gaps, Paris, 2006
- International Energy Agency IEA (Hrsg.): International Energy Outlook 2006, Paris, 2006
- International Energy Agency IEA (Hrsg.): Photovoltaic Power Systems Programme. Trends in Photovoltaic Applications. Survey Teprot of selected IEA countries between 1992 – 2005, Paris, 2005
- International Energy Agency IEA (Hrsg.): Power Generation Investments in Electricity Markets, Paris, 2003
- International Solid Waste Association (ISWA)/United Nations Environment Programme (UNEP) (Hrsg.): Waste Management. Kopenhagen, 2002
- Japan Automobile Research Institute (JARI) (Hrsg.): For the next generation: EV, HEV & FCU. Incentives for EV & HEV, 2003
- Kabelitz, Dr. Klaus-Robert: Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten zur Verwendung von Biomasse, Frankfurt, 2006
- Kampagne "Unendlich viel Energie" (Hrsg.): Deutschland hat unendlich viel Energie. Daten und Fakten, Berlin, 2005
- Kato, Hiroyuki: World Energy Investment Outlook 2003. Erstellt für: International Energy Agency, Beijing, 2003
- Kema-Xenergy for the California Energy Commission: Intermittent Wind Generation: Summary Report of Impacts in Grid System Operations, 2004
- Keppel, Wolfgang: Chancen und Risiken der CO₂-Abscheidung und -Lagerung, Alstom, 2005
- Keppel, Wolfgang: Chancen und Risiken der CO₂-Abscheidung und -Lagerung, Alstom Power Generation AG, 2005
- Kessler, Hermann: Die Zukunft ist gelb und grau. In: Umweltmagazin, Nr. 6 2005.
- Klink, Götz/ Krubasik, Sephan: Vom Auspuff zur mobilen Chemiefabrik. Abgasnachbehandlungssysteme in Dieselfahrzeugen. München, 2006
- Köhler, Angela/ Pfannmüller, Matthias/ Rother, Franz: Mit Doppelherz (Hybridantrieb), Wirtschaftswoche Nr. 29 vom 17.7.2006, Seite 68 ff., Frankfurt, 2006
- Koll, Gerrit: 1,5 MW Solarthermisches Versuchskraftwerk Jülich. Konzept, Hintergrund und Status. Für: Kraftanlagen München GmbH, Präsentation 1. Internationales Fachforum Solar Power Plants "Clean Energy Power", Berlin, 2007

- Kolybaba, M./ Tabil, L..G./ Panigrahi, S./ Crerar, W.J./ Powell, T./ Wang, B.:
Biodegradable Polymers: Past, Present, and Future, Department of Agricultural and
Bioresource Engineering, University of Saskatchewan, 2003
- Krogegaard, Per/ Madsen, Birger T.: International Wind Energy Development. World
Market Update 2005, BTM Consults, Ringkøbing, 2006
- Kühn, Annett/ Petersen, Stefan/ Ziegler, Felix: Kälte aus der Sonne oder "solar ist cool".
In: TU International Nr. 55, Berlin, 2004
- Kutt, Konrad / Mertineit, Klaus-Dieter (Hrsg.): Aktuelle Branchenentwicklung: Windkraft in
Zahlen, IG Metall, 2005
- Landesbank Baden Württemberg (Hrsg.): Branchenanalyse. Photovoltaik 2005. Das
industrielle Zeitalter beginnt, 2005
- L-B-Systemtechnik GmbH (Hrsg.): WHySE Wind-Hydrogen Supply of Electricity. Markets
– Technology – Economics, 2000
- Leckscheidt, Joachim/ Tjaroko, Tjarinto S.: Overview of Mini- and Small Hydropower in
Europe, ASEAN Centre for Energy, Jakarta, 2001
- Leverett, Bill/ Selwyn, Jonathan: Emerging Markets in the environmental sector, UK
CEED, 2006
- Lönker, Oliver: Zukunftsspeicher. In: Neue Energie, das Magazin für erneuerbare
Energien. Ausgabe 04/2005, Osnabrück, 2005
- Lopes, Carlos/ Adnot, Jérôme/ Santamouris, Mattheos/ Klitsikas, Nick/ Alvarez,
Servando/ Sanchez, Francisco: Managing the Growth of the Demand for Cooling in
Urban Areas and Mitigating the Urban Heat Island Effect, 2001
- Lund, John W.: Weltweiter Stand der geothermischen Energienutzung. In:
Geothermische Energie, Heft 28/29, 2000
- Martinot, Eric: Erneuerbare Energien. Globaler Statusbericht 2005. Für: Worldwatch
Institute für REN 21 Netzwerk, Washington DC, 2005
- MCS International GmbH (Hrsg.): CNG-Behälter. High Tech für Speicherung, Transport
und Antrieb, Dinslaken, 2007
- Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Mainz/Der Grüne Punkt – DSD AG,
Köln/Herhof Umwelttechnik GmbH (Hrsg.): Technisch-ökonomische Analyse der
gemeinsamen Erfassung und Aufbereitung von Restabfall und LVP. Schlussbericht
Pilotprojekt, Trier, 2005
- Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des
Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Ökologische und ökonomische Bewertung von
Sammelsystemen für Haushaltsabfälle in Nord-Rhein-Westfalen, Düsseldorf, 2005
- Mohr, Marius: Water management: a case-study, Fraunhofer Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik, Stuttgart, 2005
- Multi Client Studie SCI (Hrsg.): Weltmarkt Bahntechnik 2007 – 2011, Köln, 2006

- Murphy, Pamela: Solar Energy Activities in IEA Countries – A Report of the Solar Heating and Cooling Program, Washington, 2005
- Murphy, Richard/ Bartle, Ian: Biodegradable polymers and Sustainability: Insights from life cycle Assessment, London, 2005
- Murphy-Bokern, Donal: Biodegradable Polymers: the Need to Assess the Environmental Burdens and Impacts. For: National Non-Food Crops Centre NNFCC (Hrsg.): Biodegradable Polymers and Sustainability: Insights from Life Cycle Assessment, Defra, 2004
- Nölke, Marcus: CompressedAir Energy Storage(CAES) – eine sinnvolle Ergänzung zur Energieversorgung?, Promotionsvortrag, Aachen, 2006
- Norsk Hydro Electrolysers AG (Hrsg.): Atmospheric electrolyzers , Notodden, 2007
- Norsk Hydro Electrolysers AG (Hrsg.): High pressure electrolyzers, Notodden, 2007
- Nowi, Andreas: Entwicklung von Großdampfturbinen, Wärmespeichern und Hochtemperatur-Kompressoren für adiabate Druckluftspeicherkraftwerke. Für: Alstom, dena-EnergieForum "Druckluftspeicherkraftwerke", Berlin, 2005
- OHB-Teledata (Hrsg.): Verkehrstelematik Deutschland, Bremen, 1999
- Pehnt, Martin: Parkplatz für Elektronen. In: Die Zeit Nr. 43, 20.10.2005, S. 32, Hamburg, 2005
- Pennekamp, Johannes: Goldgrube Müll. In: Financial Times Deutschland, 15.09.2006
- Pitz-Paal, Prof. Dr. Robert: Roadmap Document SES6-CT-2003-502578, European Concentrated Solar Thermal Road-Mapping, DLR, 2005
- Pitz-Paal, Robert: Concentrating Solar Power – Technologien, Märkte, Kosten, Kostensenkungspotenziale. Für: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Berlin, 2007
- Pitz-Paal, Robert: Ziele bei der Entwicklung von Solarthermischen Kraftwerken. In: Optionen für die Energie der Zukunft. Hrsg. M. Keilhacker, Deutsche Physikalische Gesellschaft – Arbeitskreis Energie (11 Vorträge der Tagung), Hannover, 2003
- Plura, S./ Keil, C./ Kren, C./ Schweigler, C.: Innovative Systemkonzepte für die solar-unterstützte Klimatisierung. Für: Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V., RENEXPO, Augsburg, 2006
- Polymedia Publisher GmbH (Hrsg.): Bioplastics Magazine 02/2006, Mönchengladbach
- PriceWaterhouseCoopers (Hrsg.): Fuel Cells: The opportunity for Canada, 2002
- Ramesohl, Stephan: Energieszenaren für das 21. Jahrhundert und die Rolle der Brennstoffzelle für eine zukünftige Energieversorgung, Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen, 2003

- Read, Andy: Carbon Capture and Storage. An Option for UK Utilities?, E.ON UK, Presentation at Imperial College, London, 2005
- Reimer, Franz: Here comes the sun. Für: Flabeg – Group, Präsentation 1. Internationales Fachforum Solar Power Plants "Clean Energy Power", Berlin, 2007
- Renewable Energy Policy Network (REN 21) (Hrsg.): Globaler Statusbericht 2005, Erneuerbare Energien, 2005
- Renewable Energy Policy Network (REN 21) (Hrsg.): Globaler Statusbericht 2006, Erneuerbare Energien, 2006
- Research and Markets (Hrsg.): Fuel Cell Transportation Market Opportunities, Strategies, and Forecasts, 2007 to 2013, Dublin, 2004
- Research and Markets (Hrsg.): Micro Fuel Cell Market Opportunities, Strategies, and Forecasts, 2005 to 2013 , Dublin, 2005
- Research and Markets (Hrsg.): Stationary Fuel Cell: Market Opportunities, Strategies, and Forecasts, 2005 to 2009, Dublin, 2004
- Safarik, Mathias: Erfahrungen mit Niedertemperatur-Absorptionskältemaschinen in Anlagen der solaren Kühlung. Für: Institut für Luft- und Kältetechnik GmbH, RENEXPO, Augsburg, 2006
- Schindler, J. et al.: Woher kommt die Energie für die Wasserstoffherzeugung. Status und Alternativen, für den Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband E.V., Berlin, 2006
- Schlaich, Bergemann und Partner (Hrsg.): Dish-Stirling Systems for Decentralised Power Generation, Stuttgart, 2000
- Schmidtchen, Ulrich: Wasserstoff und Brennstoffzellen – Chancen und Grenzen, VWEW Energieverlag GmbH, Sonderdruck Nr. 6143, Jg. 106, Frankfurt, 2007
- Schütze, Thorsten: Dezentrale Wassersysteme im Wohnungsbau internationaler Großstädte, Hamburg, 2005
- Seeliger, Andreas: Die Europäische Erdgasversorgung im Wandel. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Köln, 2004
- Selwyn, Jonathan: Environmental Cluster. Peterborough's Environment Businesses: UK and Global Opportunities. In: Peterborough Environmental Summit, Peterborough, 2007
- Simader, Günter R. : Klimatisierung, Kühlung und Klimaschutz: Technologien, Wirtschaftlichkeit und CO₂-Reduktionspotenziale. In: Materialband: Stand der Technologie, Wirtschaftlichkeit, Potenziale, Emissionen und Fallstudien, Austrian Energy Agency, 2005
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Qualitätsbericht: Erhebung der Waren und Dienstleistungen für den Umweltschutz, 2005

- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Umweltökonomische Gesamtrechnungen: Ausgaben für Umweltschutz, Fachserie 19, Reihe 6, 2005
- Steinecker, W.: Das Projekt der Energie AG: Erste Erfahrungen in Österreich mit der Sulzer Hexis SOFC, Wien, 2003
- Stolzenburg, Klaus: Erneuerbare Energien und Wasserstoff, Workshop des BMU – "Perspektiven der Brennstoffzelle", Oldenburg, 2007
- Sustainable Asset Management SAM (Hrsg.): Kostbares Nass: Investitionschancen im Wassersektor, Studie, Zürich, 2006
- The Freedonia Group Report (Hrsg.): World HVAC Equipment to 2010, Cleveland OH, 2006
- The Freedonia Group Report (Hrsg.): World Major Household Appliances to 2009, Cleveland OH, 2006
- The Water Infrastructure Network (WIN) (Hrsg.): Water Infrastructure Now. Recommendations for clean and safe water in the 21st century, New York, 2001
- Umweltbundesamt (Hrsg.): cleaner production Germany: eNewsletter Umwelttechnik Deutschland, Schwerpunktthemen Membrantechnik und Wassermanagement, 1/2006, Berlin, 2006
- Umweltbundesamt (Hrsg.): Versickerung und Nutzung von Regenwasser. Vorteile, Risiken, Anforderungen, Dessau, 2005
- Umweltbundesamt und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation, Dessau, 2007
- U.S. Department of Energy: Energy Efficiency and Renewables (Hrsg.): Gaseous and Liquid Hydrogen Storage, 2006
- Vattenfall Europe (Hrsg.): Klimaschutz durch Innovation - das CO₂-freie Kraftwerk von Vattenfall, Berlin, 2006
- Vattenfall Europe (Hrsg.): Klimaschutz durch Innovation. Das CO₂-freie Kraftwerk von Vattenfall, Berlin, 2006
- VDE Rhein-Main (Hrsg.) Hessen innovativ. Technischer Horizont 2015
- Victoria Versicherungen (Hrsg.): Ratgeber für erneuerbare Energien und Energieeffizienz, Düsseldorf, 2005
- Volksbanken und Raiffeisenbanken (Hrsg.): Entsorgung/Recycling, Branchenbrief 147, Berlin, 2006
- Wenske, Michael: Aufbau von Wasserstoff- Infrastrukturen – Visionen und aktuelle Projekte. Für: Stuart Energy Europe, 1. Dresdener Wasserstofftag, Dresden, 2004
- Wenzlawski, Hajo: The Global CSP Market – Its Industry, Structure and Decision Mechanisms, Diplomarbeit an der Universität Hamburg, Hamburg, 2003

- Wiesmeier, Bernhard: Wasser für alle – eine globale Herausforderung. Diakonisches Werk der Evangelischen Kirche in Deutschland, Stuttgart, 2004
- Wingas (Hrsg.): Gaskraftwerken gehört die Zukunft, Kassel, 2007
- Wisconsin Technology Network (Hrsg.): Johnson Controls reveals new hybrid-electric car batteries. In: WTN News Nr 01/12/05, Madison, 2005
- Wolf, Oliver: Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe. In: Technical Report EUR 22103 EN, European Commission, Brüssel, 2005
- World Wind Energy Association (WWEA) (Hrsg.): Worldwide wind energy boom in 2005, Bonn, 2006
- Worldwatch Institute für REN 21 (Hrsg.): Renewables – Global Status Report 2006 Update, 2006
- Wuppertal Institut für Klima, Energie, Umwelt (Hrsg.): RECCS - Strukturell-ökonomisch-ökologischer Vergleich regenerativer Energietechnologien mit Carbon Capture and Storage, Potsdam, 2007
- Wuppertal Institut/ IE Leipzig/ FHG Umsicht/ GWI (Hrsg.): Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse. Untersuchung im Auftrag von BGW und DVGW. Endbericht, Wuppertal, 2006

Anhang

1. Erfolgsbeispiele innovativer Unternehmen der Umwelttechnologien

Automatische Stofftrennung (Titech, Norwegen): Regulierung schafft Innovationen

Titech ist ein norwegisches Unternehmen, dessen Wertschöpfung und Mitarbeiter jedoch in erster Linie in Deutschland angesiedelt sind. Das Unternehmen beschäftigt 110 Mitarbeiter und machte 25 Mio. Euro Umsatz im Jahr 2006. Titech ist Technologie- und Marktführer für sensorgestützte Sortiertechnologien für Plastik- und Verpackungsabfälle und hat den weltweit ersten Nahinfrarotsensor (NIR) für die Abfallsortierung entwickelt. Heute sind 850 Anlagen in 16 Ländern in Betrieb.

Titech entstand aus einem internen Projekt von Elopak, Hersteller von Getränkekartons. Als die norwegische Gesetzgebung die Aussortierung dieser Getränkeverpackungen aus dem Abfallstrom forderte, wurde 1993 erstmals eine optische Technologie auf NIR-Basis zur Abfallsortierung entwickelt. Die Technologie war erfolgreich, 1996 wurde Titech als eigenes Unternehmen gegründet und entwickelte in der Folge weitere automatische Sortiersysteme.

Die Umweltregulierung hatte also Innovationsdruck ausgelöst und zu einer neuen Technologie geführt, die eine wirksame und effiziente Lösung für die Abfallsortierung bot. Da in den neunziger Jahren die Recyclingwirtschaft in Europa entstand, trafen die automatischen Sortiertechnologien auf wachsende Nachfrage. Dadurch lohnten sich Investitionen der Unternehmen zunehmend, und Weiterentwicklungen der Technologie folgten. Heute ist sie ausgereift und weltweit (Europa, Nordamerika, Japan, Korea) im Einsatz, Tendenz steigend. Aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit werden Sortiertechnologien auch in Ländern ohne Abfallregulierung und mit niedrigem Lohnniveau abgesetzt. Nur so kann eine quantitativ und qualitativ steigende Nachfrage nach Sekundärrohstoffen bedient werden.

Strenge Umweltnormen schaffen Innovationsanreize oder -zwänge. Im Fall von Titech wurde der Verursacher (Verpackungshersteller) selbst durch Regulierung zu umweltfreundlichen Innovationen bewegt. Strenge Emissionsgrenzen für Fahrzeuge könnte z.B. auch ein Weg sein, dieses Erfolgsmodell auf andere Bereiche zu übertragen.

Dezentrales Wassermanagement (Hans Huber AG, Deutschland): Spezialisierung auf Umweltinnovationen bringt Technologieführerschaft

Die Hans Huber AG ist ein deutsches Unternehmen mit 750 Mitarbeitern weltweit und einem Umsatz 2006 von 80 Mio. Euro. Das traditionelle Maschinen- und Anlagenbauunternehmen hat sich sukzessive auf Technologien für die Wasserbehandlung spezialisiert. Sein Produktportfolio beinhaltet Anwendungen für die Aufbereitung von Trinkwasser und Abwasser sowie Betriebswassersysteme für die Industrie. Ein zunehmend wichtiger Produktbereich ist die dezentrale Abwasserreinigung für einzelne Gebäude oder kleine Siedlungen. Die Huber AG ist Technologieführer für Kleinkläranlagen, die mit Membranfiltration arbeiten. Das Unternehmen ist aktiv in der Weiterentwicklung der Aufbereitung

von Abwasser zur späteren Wiederverwendung – einer Zukunftstechnologie mit großem Potenzial.

Der Erfolg des Unternehmens gründet auf intensiver Innovationstätigkeit. Die Huber AG ist konstant mit der Entwicklung neuer Produkte beschäftigt, hat mehrfach neue Technologien auf dem Markt eingeführt und hält zahlreiche Patente. Entsprechend haben sich Umsatz und Mitarbeiterzahl in den letzten 20 Jahren verfünffacht, begleitet von einer internationalen Expansion. Das Unternehmen ist heute weltweit aktiv mit Niederlassungen und Beteiligungen von Chile bis China. Die Huber AG wurde mehrfach für ihre Innovationen ausgezeichnet und ist viel zitiertes Vorzeigeunternehmen für erfolgreiche Umwelttechnologien.

Die Huber AG ist ein interessantes Erfolgsbeispiel, weil es demonstriert, welches Wachstumspotenzial Innovationen in Umwelttechnologien bergen und darüber hinaus Vorbildcharakter hat, weil deutlich wird, wie sehr sich die Ausrichtung auf Umwelttechnologien für Unternehmen lohnen kann, die bislang nur in konventionellen Geschäftsfeldern aktiv sind.

**Hybridfahrzeugen (Toyota, Japan):
Erfolgreiche Innovationsstrategie und vorausschauende Forschungsaktivitäten
verschaffen Toyota einen Platz in der Weltspitze**

Im Jahr 1997 startete Toyota die erste Serienproduktion des Hybridfahrzeuges Prius. Seitdem hat das Unternehmen weltweit mehr als 720.000 Hybridfahrzeuge verkauft.

Toyota erkannte lange vor den europäischen und amerikanischen Autoherstellern das Umweltbewusstsein der Konsumenten und die Nachfrage nach kraftstoffsparenden und kohlendioxidarmen Autos. Vor allem in den USA gelten Hybridfahrzeuge als "trendy". Das treibt die Absatzzahlen hoch. Auch das aufgrund des technischen Vorsprungs größere Fahrvergnügen und die schnellere Beschleunigung der japanischen Hybridfahrzeuge ist ein wichtiges Argument für viele potenzielle Kunden. Der wesentliche Erfolgsfaktor ist die politische Förderung der Hybridtechnologie durch die japanische Regierung.

Der Erfolg Toyotas, vor allem mit seinem Prius, ist einzigartig. Das Unternehmen investierte sehr früh in eine Technologie, deren Entwicklung nicht absehbar und damit risikoreich war, und schaffte sich so eine dominierende Marktposition. Aus unternehmerischer Sicht hat Toyota nicht nur rund 700.000 Hybridautos verkauft, sondern auch seinen Markenwert innerhalb der letzten fünf Jahre um fast 50 Prozent erhöht. Es besitzt damit die weltweit wertvollste Marke im Automobilsektor.

Toyotas Erfolg ist stark mit der Förderung durch die japanische Regierung verknüpft. Das zeigt den positiven Einfluss von Forschungsförderung, öffentlicher Beschaffung und Kaufsubventionen – wie in Japan bei Hybridfahrzeugen – auf die Marktdurchdringung von Umwelt-Innovationen. Zudem ist Toyota ein gutes Beispiel dafür, wie der First Mover Advantage zu einem mittel- bis langfristigen Wettbewerbsvorteil werden kann.

**Solarthermische Kraftwerke (Schott, Deutschland):
Eigeninitiative für technologische Verbesserungen ermöglicht globale
Marktführerschaft**

Schott Solar aus Deutschland produziert Receiver für solarthermische Kraftwerke. Receiver wandeln Solarstrahlung in Wärme um und sind somit Schlüsselkomponenten für Parabolrinnenkraftwerke. Bereits für die ersten solarthermischen Kraftwerke, die 1984 bis 1991 in Kalifornien entstanden, lieferte Schott hochwertige Spezialglasröhren als Hüllen für die Receiver. 2004 führte das Unternehmen einen neuen, selbst entwickelten Receiver mit deutlich verbesserter Qualität in den Markt ein. Das verschaffte Schott die Marktführerschaft für dieses Produkt.

Erfolgsfaktoren sind die frühzeitigen Investitionen in die Technologie, die Förderungsmaßnahmen durch das Bundesumweltministerium und die aufstrebende Branche für solarthermische Kraftwerke. Besonders die zunehmende Diskussion über den Klimawandel und die notwendige Nutzung erneuerbarer Energien treiben die Branche und so auch den Absatz von Receivern voran. Schott profitiert auch von Gesetzgebungen und Regulierungen in anderen Ländern. So verschafft das Einspeisegesetz in Spanien, das die Einspeisevergütung für Solarstrom regelt, den Projektplanern Planungssicherheit, wenn es um den Bau neuer solarthermischer Kraftwerke geht. Die Nachfrage nach Receivern steigt entsprechend.

Die Erfolgsgeschichte von Schott zeigt, wie sich innovative umweltschonende Produkte durchsetzen und den Unternehmen zu einem Alleinstellungsmerkmal verhelfen können. Dabei ist die Unterstützung durch staatliche Forschungsförderung nicht zu unterschätzen, vor allem für kleine und mittlere Unternehmen, die die Investitionsgelder in der Regel alleine nicht aufbringen könnten.

**Membrantechnologie (inge AG, Deutschland):
Produktdifferenzierung für spezielle Nachfrage- und Einsatzbedingungen machen
ein kleines Unternehmen ganz groß**

Die inge AG entwickelte zielgenau und anwendungsbezogen eine Membran, die besonders den Anforderungen des russischen und chinesischen Marktes entspricht. Die Wasseraufbereitung in Russland ist zum Beispiel teilweise sehr schwierig, weil in manchen Regionen eine bis zu dreimonatige Schmelzwasserperiode die Flüsse extrem verschmutzt. Häufig brechen dann die Membranen. Die inge AG hat es nun geschafft, für diese spezielle Anforderung (Erfolgsfaktor Produktdifferenzierung) eine patentierte Multi-bore-Membran zu entwickeln, die auch bei einer derart hohen Beanspruchung keine Faserbrüche zeigt.

Die Entwicklung einer solchen Membran kostet nicht nur Zeit und Geld; die Membran ist zudem nur schwer zu kopieren. Außerdem ist dank mehrerer erfolgreicher Projekte neben ihrer Technologie ihr guter Ruf ein Wettbewerbsvorteil der inge AG.

Zufriedene Kunden geben ihre Empfehlungen weiter. Die enge Zusammenarbeit der inge AG mit ihren Kunden und die anwendungsorientierte Entwicklung von Produkten im Anschluss an eine spezifische Problemanalyse sind vorbildlich.

Biokunststoffe (Novamont, Italien):

Erfüllung von Marktbedürfnissen schafft entscheidende Wettbewerbsvorteile

Novamont produziert innovative Kunststoffe auf Stärkebasis. Diese Biokunststoffe sind konventionellen Kunststoffen in bestimmten Anwendungen, etwa für Lebensmittelverpackungen, deutlich überlegen. Das betrifft vor allem ihre Luftdurchlässigkeit. Die Konsumentenbedürfnisse exakt zu definieren und diese durch entsprechende innovative Produkte zu erfüllen, steht für Novamont an erster Stelle. Die Nachfrage nach diesen Kunststoffen ist daher groß.

Bedeutende Wettbewerbsvorteile erreicht Novamont nicht nur durch Investitionen in die Erforschung solcher Biokunststoffe. Das Unternehmen arbeitet auch eng mit der Landwirtschaft zusammen und stellt so die Rohstoffe für seine Produktion sicher.

Indem Novamont der Landwirtschaft durch Abnahmegarantien und Verwertung unterschiedlicher Produkte neue wirtschaftliche Perspektiven geboten hat, stellt das Unternehmen die Loyalität der Landwirtschaft und die eigene Produktion sicher. Novamont zeichnet sich also durch das Weiterdenken in der Wertschöpfungskette über die eigene Produktion hinaus aus.

2. Fragebogen für die Unternehmensbefragung



Questionnaire

A. Introduction

We are currently conducting a study for the German Ministry for the Environment regarding the importance of innovation in the European environmental industry sector and the position of European companies in key markets.

The aim of this project is to further develop innovation policies in the context of the German EU Presidency. Expert and company interviews play a major role in our project.

One of the technologies we are focussing on is [selected technology]. Based on our previous analysis, we expect this technology to be a major field for innovation and growth for environmental industries in the coming years. We have identified your company as an innovation leader in this area.

Therefore, we would kindly ask you to assist us in our research by addressing a number of questions on key issues in the field of [selected technology], in particular:

- The current market situation and foreseeable market trends
- The competitiveness of European companies and Europe as a region in this field
- Success factors for and barriers to innovation
- The impact of environmental policies on environmental innovation in this field

We assure you that your privacy will be guaranteed and that all information will solely be used for statistical purpose.

Basic Information

Name Interview partner

Job title Interview partner

Date

Interviewer



B. Market Developments

In this section, we would like to hear your thoughts on major current and potential future market developments in the field of [selected technology].

1. According to you, in which phase of market development do you believe the field of [selected technology] to be at the moment?

Please check (✓)

Invention phase

☐

Market introduction phase

☐

Market diffusion phase

☐

Mature Market

☐

Please give a short
explanation

2. What do you expect the key technological developments within the field of [selected technology] to be over the coming years?

3. What major technological challenges does the industry face?

4. What do you estimate the world market size to be in EUR? (alternatively in volume/amount) What will it be in 2010? In 2015? In 2020?

	Unit (EUR/amount)	2005	2010	2015	2020
Market Size (EUR/volume/amount)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Please specify the unit in which market size is indicated

5. What do you believe will be the annual market growth rate between 2005 and 2010? Between 2010 to 2015? Between 2015-2020 (% or percentage range)?

	2005-2010	2010-2015	2015-2020
Growth Rate (% or %-range)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

6. What important market developments are you expecting in this field over the coming years? (demand development, prices, etc.)

7. In terms of sales volume, what is the most important regional market (country/region) for [selected technology]?

	Year		world market share
Most important regional market Please specify country/region	2005	<input type="text"/>	<input type="text"/> (%)
	2020	<input type="text"/>	<input type="text"/> (%)

8. What importance do regional markets (countries/regions) have in terms of market volume today and in the future?

	Today	In 2020
Your home country	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
European countries excluding your home country	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
North America	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
South America	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
Russia	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
Asia	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
China	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
Japan	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
Pacific/Australia	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
Africa	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)



C. Competitive situation of Europe and of European companies in the field of [selected technology]

In this section, we would like you to address Europe's competitive situation and that of European companies in the field of [selected technology].

1. How would you describe the international industry structure in the market today?

Number of players: _____

Market share distribution: _____

Industry leadership:
(country/company) _____

Intensity of competition: _____

Expectations for the development
of competition until 2020: _____

Degree of internationalisation: _____

2. Which of the following factors are most crucial in establishing market leadership in your field?

Please specify on a scale from 1 (not important) to 5 (very important)

	1	2	3	4	5
Strong research base:					
Strong political support:					
"First mover" mentality:					
Strong networks (politics, companies, research):					

3. How would you rate Europe's global competitiveness compared to other regions (e.g. USA, Japan)?

Please specify your answer on a scale from 1 (very poor) to 5 (very good)

	1	2	3	4	5	
Today:						Explanation: _____
In 2020:						Explanation: _____

4. How large do you believe the global market share of European countries to be (demand side, of sales volume)?

Europe's share of global sales 2005 (demand side) Estimate: % or %-range

5. How much of the global supply in the field comes from European companies (supply side)?

Global market share of European companies 2005 (supply side) Estimate: % or %-range

Estimate for 2020 % OR Higher than today Lower than today

World market share of German companies 2005 (supply side) Estimation % or %-range



D. Success factors for and barriers to innovation

In the next section, we would like you to address the main success factors for and barriers to innovation from your point of view.

We have identified key success factors for and barriers to innovation. For each of them, we would ask you to address two questions: First, how important are these specific factors in fostering innovation. Second, how do you rate the positive impact of these factors on your own innovation activities. Please rate your views using a scale from 1 to 5, with "1" equaling unimportant/very low positive impact and "5" equaling very important/very high positive impact

1. External factors

		1	2	3	4	5
1) Market/customer demand for innovative solutions	Importance					
	Current impact					
2) Public procurement for innovative solutions	Importance					
	Current impact					
3) Public infrastructure: traffic, IT, communication, etc.	Importance					
	Current impact					
4) Access to research findings	Importance					
	Current impact					
5) Government support for R&D (we will detail this aspect in part E)	Importance					
	Current impact					
6) Governmental policies (we will detail this aspect in part E)	Importance					
	Current impact					
7) Society's attitude towards new technology	Importance					
	Current impact					

Why is the factor you have rated as "most important" so crucial for your innovation activities?

.....

.....



2. Company related factors

		1	2	3	4	5
1) Company investment in R&D	Importance					
	Current impact					
2) Access to financial resources	Importance					
	Current impact					
3) Supply of qualified personnel	Importance					
	Current impact					
4) Collaboration with research institutions	Importance					
	Current impact					
5) Collaboration with other companies	Importance					
	Current impact					
6) Being part of an innovation system or innovation cluster	Importance					
	Current impact					

For the factor you consider most important, could you give a short explanation why it is most important for your innovation activities?

.....

.....

3. What do you consider the biggest barriers to innovation in the field of [selected technology]?

.....

.....

4. Which other success factors for or barriers to innovation are important for you?

.....

.....

E. Environmental Policy

In this section, we would like you to address the current and future impact of policy and regulation on innovation in the field of [selected technology].

1. Which policy instruments have had a positive impact on your innovation activities? Please explain why!

.....

.....

2. Which policy instruments have had a negative impact on your innovation activities? Please explain why!

.....

.....

3. How important are policies on different political levels for your innovation activities?

Please specify your answer on a scale from 1 (not important) to 5 (very important)

	1	2	3	4	5
1) Regional policies/regulation (e.g. city- or state specific):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2) National policies/regulation:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3) EU policies/regulation:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
4) International policies/regulation (beyond EU):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

4. Which policy instruments are most important to support innovation in the field of [selected technology]? Where do you see further need for action to improve political support for innovation in the field?

Please specify your answer on a scale from 1 (not important/no need for action) to 5 (very important/high need for action)

	Importance	Need for Action
1) Regulatory policy (setting of targets/standards, prescriptive limits, prohibitions, mandatory instructions)	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
2) Demand-oriented policy instruments (market introduction programs, feed-in tariffs etc.)	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
3) Green public procurement	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
4) Subsidies for the development of innovative products	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
5) Political support for innovation financing	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
6) Political support for innovation networks (national or international)	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
7) Political support for environmental management systems in companies	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)
8) Others - Please indicate	<input type="text"/> (1-5)	<input type="text"/> (1-5)

For the instruments, for which you see the highest need for action, what should be done concretely?

.....

5. What other (non-existing) instruments would be useful to support innovation in your field?

.....

.....

6. How do you evaluate the relevance of specific regulation policies in the field of [selected technology]?

- a)
 b)
 c)
 d)

7. What type of political support for international market penetration/export activities do you consider most useful?

.....

.....

F. Company data and statistics

This data will only be used for purpose of statistical analyses. No details about your company or statements will be disclosed

1. What was your turnover in 2005? In 2006?

Turnover 2005 (EUR/USD)	<input type="text"/>	Unit (e.g. EUR, USD) <input type="text"/>
Estimate for 2006 (EUR/USD or amount)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

2. Which part of the turnover was realized by sales of products in the field of [selected technology]?

Share of turnover 2005/06	<input type="text"/>	% or %-range
---------------------------	----------------------	--------------

3. What percentage of your sales was achieved through exports?

Export percentage of sales 2005	<input type="text"/>	% or %-range
---------------------------------	----------------------	--------------

4. What EBIT did your company achieve (2005/06)?

EBIT	<input type="text"/>	Unit (e.g. EUR, USD) <input type="text"/>
------	----------------------	--

5. How many employees do you currently have worldwide? What are your employment plans for the next years?

Employees 2005/06	<input type="text"/>	Full time equivalents
Employees 2008/09	<input type="text"/>	Full time equivalents

6. How many employees do you have working in R&D for the field of [selected technology]?

Employees in R&D 2005/06	<input type="text"/>	Full time equivalents
--------------------------	----------------------	-----------------------

7. What was your R&D investment in 2005 for the field of [selected technology]?

Investment in R&D 2005	<input type="text"/>	Unit (e.g. EUR, USD) <input type="text"/>
------------------------	----------------------	--