



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Masterplan Umwelttechnologien

12. November 2008

INHALT

1.	Zielsetzung	3
2.	Stellenwert des Masterplans für Umwelt und Wirtschaft	9
3.	Zielfelder für die Leitmarkterschließung	13
3.1	Wassertechnologie	13
3.2	Technologien für Rohstoffproduktivität	27
3.3	Klimaschutztechnologien	46
4.	Die Umsetzung des Masterplans – Instrumente und Prozessgestaltung	67
5.	Referenzen	73

1. ZIELSETZUNG

Mit neuen Technologien die Zukunft ökologisch und wirtschaftlich gestalten: der Masterplan Umwelttechnologien

Klimaschutz, Luftreinhaltung, Schonung von Rohstoffen, Gewässer- und Bodenschutz, der Erhalt von Biodiversität – in all diesen Bereichen sind bereits heute eine Reihe leistungsstarker und verlässlicher Technologien im Einsatz. In den vergangenen Jahrzehnten ist mit ihrer Hilfe viel zum Wohl der Umwelt erreicht worden. Auch in Zukunft werden neue Technologien und Organisationsformen eine bedeutende Rolle einnehmen: Nur mit Innovationen lassen sich Wirtschaftswachstum und Schutz von Klima und Umwelt nachhaltig verknüpfen. Deutschland nimmt seine Verantwortung als eine der führenden Industrienationen wahr und hat sich mit der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie ehrgeizige Ziele für gesteckt. Vor dem Hintergrund der UN-Millenniumsziele wird die Aufgabe der Bundesrepublik, Umwelttechnologien gerade für den Export zu entwickeln, immer mehr an Gewicht gewinnen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit haben sich auf den Weg gemacht, einen ersten Aufschlag für eine ineinander greifende Umwelt- und Innovationspolitik zu entwickeln. Die Bundesregierung verfolgt mit der Hightech-Strategie das Ziel, integrierte Konzepte für die Innovationspolitik in Deutschland zu entwickeln. Durch Nutzung des technologischen Fortschritts sollen die Märkte der Zukunft für wirtschaftlichen Erfolg, Wohlstand und Beschäftigung in Deutschland erschlossen werden. Daran knüpft der Masterplan Umwelttechnologien an. Er ist zugleich Ausdruck des Leitgedankens, den das Bundesumweltministerium mit seiner innovativen Umweltpolitik in den Vordergrund stellt: Umweltschutz bedeutet auch eine große wirtschaftliche Chance.

Die nachfolgenden Ausführungen behandeln in diesem ersten Schritt (Phase 1) einen Ausschnitt der relevanten Themen und Maßnahmen in diesem Feld. Dieser wird in weiteren Schritten durch Maßnahmen der gesamten Bundesregierung angereichert.

Einige der aufgeführten Aktivitäten sind Gegenstand bereits bestehender mehrjähriger Forschungsprogramme und werden im Rahmen dieser Programme abgestimmt und fortentwickelt. Dies wird in der Phase 2 des Umwelttechnologiemasterplans noch weiter ausgeführt.

Wir stellen uns der globalen Verantwortung – und nutzen Innovationschancen

Das Beispiel Klimaschutz macht Deutschlands globale Verantwortung deutlich. Denn für den vom Menschen verursachten Treibhauseffekt sind vor allem die Industriestaaten verantwortlich – rund die Hälfte des Kohlestoffdioxidausstoßes geht auf ihr Konto: Während ein Bewohner Indiens jährlich etwa eine Tonne CO₂ verursacht, entfallen auf einen Europäer neun, auf einen US-Bürger sogar 20 Tonnen.

Unseren Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern, ist daher nicht zuletzt ein Gebot globaler Gerechtigkeit. Erreichen lässt sich das durch neue Verhaltensmuster und organisatorische Innovationen, aber auch mit Hilfe moderner Technologien, die in den Industriestaaten selbst eingesetzt oder auch in Entwicklungs- und Schwellenländer exportiert werden. Der wirksame Einsatz von Umwelttechnologien ist dabei ein wichtiger Beitrag zu globaler Verantwortung und Zukunftsvorsorge. Dies spiegelt sich auch in den Aktivitäten der Bundesregierung im Bereich Klimaschutz.

Mit den vorgelegten Eckpunkten für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm setzt die Bundesregierung die europäischen Richtungsentscheidungen auf nationaler Ebene durch ein konkretes Maßnahmenpaket um. Leitschnur bleibt das Zieldreieck aus Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit. Das integrierte Energie- und Klimaprogramm greift die Aussagen der Regierungserklärung vom 26. April und die Ergebnisse des Energiegipfels vom 3. Juli 2007 auf.

Mit unserer nationalen Klimaschutzpolitik stellen wir uns unserer Verantwortung und geben Beispiel für andere.

Die Bundesregierung (2007), Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm

Wir zielen auf Leitmärkte – und schützen die Umwelt

Energie und Rohstoffe werden nicht nur knapper, sondern auch teurer. Eine kluge Zukunftsvorsorge ist daher im doppelten Sinne zu verstehen: Ökologisch und ökonomisch. Die ökologische Frage ist auch zu einem wirtschaftlichen Faktor geworden – das hat beispielsweise der Stern-Report zur Bewältigung des Klimawandels sehr deutlich vor Augen geführt.

Wir müssen daher die ökonomische Bedeutung der Umwelttechnologien bei der Förderung von Forschung und Entwicklung wie auch beim Transfer von Innovationen in die gesellschaftliche und wirtschaftliche Praxis stärker berücksichtigen. Alle bekannten Prognosen sagen eine expansive Entwicklung für Umwelttechnologien auf den Weltmärkten voraus.

Im Zentrum des Masterplans steht in Folge einer genauen Situationsanalyse daher eine Ausrichtung der deutschen Umwelttechnologien auf Leitmärkte – auf Märkte mit hohem Wachstumspotenzial für Forschung, Güter und Dienstleistungen. So werden frühzeitig neu entstehende Marktchancen, aber auch Hemmnisse erkannt. Technologien im Umweltbereich besitzen das Potenzial, sich selbst zu einem Leitmarkt zu entwickeln – wenn sie zentrale und strategische Bedarfe der Zukunft abdecken und den technologischen Fortschritt voranbringen.

Treffen für einen Technologiebereich in einer Region begünstigende Faktoren zusammen, kann diese Region selbst zum „Lead Market“ werden, zu einem Leitmarkt für neue Innovations- und Absatztrends der jeweiligen Branche. Voraussetzung dafür sind adäquate Rahmenbedingungen sowie eine hohe Innovationskraft und Nachfrage. Deutschland hat die Chance, sich zu einem Leitmarkt für Umwelttechnologien zu entwickeln. Denn die hiesige Umweltschutzwirtschaft besitzt ein großes Potenzial, um in den neu entstehenden „grünen Leitmärkten“ eine technologische Vorreiterrolle zu übernehmen. Das bekräftigt der aktuelle „Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland“.

Deutschlands Potenzial als Leitmarkt der Zukunft nutzen

Innovationen werden von Marktimpulsen und Marktdynamik geprägt. Leitmärkte entstehen, wo eine hohe Anzahl von Innovationen auftreten, die in einem systematischen Zusammenhang stehen und die nur im Kontakt mit anspruchsvollen, interessierten und innovativen Kunden heranreifen. Unternehmen in Hochtechnologiebranchen führen neue Produkte und Dienstleistungen dort ein, wo die Märkte besonders aufnahmebereit und innovationsfreundlich sind.

BMBF (2007), Die Hightech-Strategie für Deutschland

Dort wo nötig wird die Bundesregierung die Branche auf dem Weg an die Weltspitze unterstützen. Der Masterplan bündelt das Engagement für die Umwelttechnologien. Mit Blick auf konkrete Leitmärkte stellt er ein abgestimmtes Bündel an Maßnahmen zur Verfügung – die Ausgestaltung innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen, Unterstützung beim Technologietransfer und bei der Markteinführung, Internationalisierungs- und Qualifizierungsmaßnahmen sowie auch die gezielte Unterstützung von KMU. Dabei beschränkt sich diese erste Phase des Masterplans weitgehend auf die Darstellung der Maßnahmen, die in die Zuständigkeit des BMU und BMBF fallen. In einer zweiten Fassung werden auch die vielfältigen Maßnahmen der anderen Ressorts berücksichtigt. Beispielsweise sind dies die Aktivitäten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie und des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, die wichtige Märkte der Umwelttechnologien berühren.

Die Ausgangslage Deutschlands auf den internationalen Märkten im Umweltbereich ist gut. Die hiesige Industrie hat im Jahr 2004 so genannte potentielle Umweltschutzgüter im Wert von 42 Milliarden Euro ausgeführt. Das entspricht 6,2 % der Industriewarenausfuhren insgesamt. Das deutsche Exportvolumen dieser Güter übersteigt mittlerweile deutlich das von Industriezweigen wie Nahrungs- und Genussmittel oder Textil/Bekleidung/Leder.

Wir fördern Innovationskraft und Wachstum – mit einem übergreifenden Ansatz

Neue Technologien zu schaffen und auf den Markt zu bringen gelingt nur, wenn die Rahmenbedingungen dafür stimmen. Deswegen müssen wir sie optimal gestalten – politisch und rechtlich. Die politische Flankierung der Umwelttechnologien betrifft die Schaffung innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen, marktwirtschaftlicher Anreize sowie auch zukunftsweisender Regelungen, technischer Normen, gesetzlicher Grenzwerte und Vollzugsstandards. Der Masterplan berücksichtigt mit seinem übergreifenden Ansatz diese wichtigen Rahmenbedingungen und sieht vor, sie gegebenenfalls anzupassen.

Wie die Entwicklung seit den 1970er Jahren zeigt, verdankt die deutsche Umweltschutzindustrie ihre international anerkannte Stellung nicht zuletzt auch den günstigen regulativen Rahmenbedingungen. Speziell umweltbezogene Innovationen und die breite Einführung von Technologien sind häufig durch staatliche Regulierungen erreicht worden. Oftmals werden Umweltschutzregulierungen, die in einem bestimmten Land zuerst eingeführt worden sind, später von anderen Ländern übernommen und haben dadurch den Unternehmen des Pionierlandes Exportvorteile verschafft. Umweltregulierung kann so zu einem Instrument werden, das einen „Lead Market“ für Innovationen entstehen lässt. Ein Beispiel: Das Verbot der die Ozonschicht schädigenden Fluorchlorkohlenwasserstoffe durch den deutschen Gesetzgeber Anfang der 1990er Jahre zog eine Reihe von Produktinnovationen nach sich.

Durch die Gestaltung des ordnungspolitischen Rahmens und ambitionierter Grenzwerte in den verschiedenen Leitmärkten setzte und setzt die deutsche Umweltpolitik immer wieder Innovationsanreize. Deutsche Unternehmen können dadurch Wettbewerbsvorteile im Vergleich zu Konkurrenten aus Ländern erzielen, deren gesetzliche Rahmenbedingungen weniger anspruchsvoll sind. Die Umweltpolitik trägt daher maßgeblich dazu bei, dass Deutschland dank innovativer Technologien mit einem Welthandelsanteil von über 16 % größter Exporteur von Umwelttechnologien ist.

BMU (2007), Umwelttechnologieatlas für Deutschland

Eine solche Lead-Market-Funktion wird ein Land vor allem dann einnehmen, wenn es dem nationalen Gesetzgeber gelingt, internationale Trends frühzeitig wahrzunehmen und Umweltregulierung so zu gestalten, dass sie für die Übernahme durch andere Länder geeignet sind. Der Masterplan möchte künftige Lead-Market-Potenziale für Deutschland ausloten und nutzen. Durch verstärkte Investitionen in Forschung und Entwicklung und eine verlässliche und umsichtige Planung der fördernden Rahmenbedingungen soll die Innovationskraft im Bereich Umwelttechnologien gestärkt werden.

Das Jahr 2007 hat gezeigt, wie die Umweltschutzwirtschaft von Initiativen der Bundesregierung profitieren kann: Die Hightech-Strategie hat entscheidende Akzente gesetzt. Im Mai vergangenen Jahres wurde zudem der Klima-Forschungsgipfel einberufen und die Hightech-Strategie für den Klimaschutz initiiert. Im September hat die Bundesregierung ein neues Modul zur Forschungsförderung im Bereich Ressourcen- und Energieeffizienz gestartet, das mittelständischen Unternehmen den Zugang zur Förderung der Spitzenforschung deutlich erleichtert: „KMU-innovativ“. Das Programm wird seine Wirkung weiter entfalten, da es darauf angelegt ist, breit in die Fachprogramme übernommen zu werden.

Mit dem Netzwerk Ressourceneffizienz führt das Bundesumweltministerium die für eine ökologisch ausgerichtete Umwelt- und Innovationspolitik maßgeblichen Akteure in Politik, Wirtschaft, Gewerkschaften und Wissenschaft zusammen. Auch der Forschungsschwerpunkt Ressourceneffizienz des BMU trägt der wachsenden Bedeutung eines sparsamen und ressourcenleichten Umgangs mit Material, Energie und Rohstoffen Rechnung. Mit der Einrichtung der „Servicestelle Umwelttechnologieexport und CDM-Vorhaben“ unterstützt das Bundesumweltministerium deutsche Unternehmen dabei, Umwelttechnologie- und CDM-Projekte im Ausland zu realisieren – ein wichtiger Beitrag für den internationalen Klimaschutz.

Die BMU-Ausbildungsinitiative „Umwelt schafft Perspektiven“ zielt im Verbund mit Unternehmen und Verbänden darauf, den „Vorsprung durch Technik“ durch einen „Vorsprung durch Bildung“ zu sichern. Langfristig können so Kompetenzen erhalten und aufgebaut werden und das gesellschaftliche Bewusstsein für umweltgerechtes Verhalten geschärft werden.

Die Ressortvereinbarung zur verstärkten Innovationsorientierung der öffentlichen Beschaffung, an der sechs Bundesministerien beteiligt sind, kommt auch der Umweltschutzwirtschaft zugute. Vor allem aber wird der Kabinettsbeschluss vom 5. Dezember 2007 zur öffentlichen Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen auch dazu führen, dass die Bundesverwaltung zum Innovationsmotor für Umwelttechnologien wird.

Deutschland ist Weltmarktführer in den Umwelttechnologien – wir stärken die Position

Deutschland ist im Hightech-Bereich führend. Das belegt eine Untersuchung zur technologischen Leistungsfähigkeit.

„Insgesamt gesehen verfügt Deutschland in der Umwelttechnik über eine ausgezeichnete Weltmarktposition. Die für die Entwicklung der Umwelttechnik zentralen Wirtschaftszweige (z. B. Maschinen- und Anlagenbau) stehen im internationalen Innovationswettbewerb ausgesprochen gut da und die Unternehmen der Umweltwirtschaft sind trotz des intensiven Preiswettbewerbs und des zunehmenden technologischen Wettbewerbs überdurchschnittlich innovativ.

Eine gute wissenschaftliche Basis und die intensive Kooperation von Wirtschaft und Forschung bei der Entwicklung in neue (Umweltschutz)Technologien zählen zu den Erfolgsfaktoren. Die Vorteile im Bereich der Umwelttechnik beruhen nicht zuletzt auch darauf, dass der Umweltschutz lange Zeit ein im internationalen Vergleich außerordentlich hohes Gewicht im FuE-Portfolio Deutschlands aufwies. Jedoch ist zu konstatieren, dass das Gewicht der Umweltforschung im Lauf der 1990er Jahre deutlich abgenommen hat und erst in den letzten Jahren wieder ein zunehmendes Gewicht zu verzeichnen ist. Gleichwohl liegt Deutschland, hinsichtlich des Anteils der Umwelt-FuE am BIP mit an der Spitze der OECD-Länder.“

BMBF (2007), Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands

Die Spitzenstellung auf den internationalen Märkten hat sich auch in einer vorteilhaften Außenhandelsposition niedergeschlagen. Der Anteil von Umwelttechnologien daran ist bereits bedeutend und nimmt weiter zu. Deutschland ist damit Weltmarktführer in Umwelttechnologien. Einer Reihe von Studien zufolge hat die Bundesrepublik beim Export von potenziellen Umweltschutzgütern die USA überholt und ist damit seit einem Jahrzehnt wieder größter Exporteur in diesem Wirtschaftsbereich. Im Jahr 2006 machten die deutschen Produkte mit einem Exportvolumen von 56 Mrd. € einen Marktanteil von 16,1 % in dieser Branche aus und lag damit vor den USA (14,9 %) und deutlich vor Japan (9,2 %) – gefolgt von Italien, Großbritannien und Frankreich. Die Länder der EU-15 erreichen gemeinsam einen Anteil von 45,2 % (2005) am Weltmarkt der Umwelttechnologien. Dies verdeutlicht: Nicht nur Deutschland allein, sondern auch die Europäische Union kann mit diesen Technologien auf den internationalen Märkten punkten.

2. STELLENWERT DES MASTERPLANS FÜR UMWELT UND WIRTSCHAFT

Seit Beginn der Umweltpolitik in den 1970er Jahren wird der wissenschaftlich-technische Fortschritt dafür eingesetzt, schädliche Folgen der menschlichen Wirtschaftsweise für die Natur zu vermeiden. Wie auch in anderen Ländern erfolgte eine Entwicklung von ersten „end-of-pipe“-Technologien hin zu modernen Lösungen im Bereich des integrierten Umweltschutzes, der Kreislaufwirtschaft und der Ressourceneffizienz. In allen wichtigen umweltbezogenen Handlungsfeldern heute, wie z.B. Klimaschutz, Luftreinhaltung, Gewässerschutz/Wasserwirtschaft, Abfallbehandlung, Bodenschutz, Naturschutz/Biodiversität, Schonung endlicher Ressourcen, sind erprobte Technologien im Einsatz und weitere Innovationen in der Entwicklung.

Dabei ändert sich der Einsatzbereich von Umweltinnovationen ständig. Leitgedanke des Umweltmasterplans ist, technologische Entwicklungen nicht isoliert zu betrachten, sondern die Anwender und weitere betroffene Gruppen sowie die sozioökonomischen Rahmenbedingungen und auch mögliche Folgewirkungen der Technologien im Blick zu halten. Wichtig ist auch, sich nicht nur am gegenwärtigen Bedarf, sondern vor allem auch an den zukünftigen Erfordernissen zur Schonung unserer Umwelt auszurichten.

Die Bedeutung des Masterplans für die Umwelt liegt darin

- dass er in gezielten Bereichen auf einen Innovationsschub abzielt, um wichtige umweltbezogene Handlungsfelder weiter voranzubringen
- dass er nach systembezogenen Lösungen und nach Lösungen in großen Schritten sucht und dabei Technologiesprünge initiiert, um bestmögliche Wirkungen zu erzielen
- dass er Impulsgeber sein soll für die Weiterentwicklung des umweltpolitischen Regelwerks und Schaffung eines innovationsfreundlichen regulativen Umfelds
- dass er zur Lösung der drängenden globalen Umweltprobleme wie Klimaänderung, Ressourcen- und Wasserknappheit beiträgt.

Die Tendenz des Exportes von Umweltschutzgütern ist steil steigend. Ihr Welthandelsvolumen hat sich mit einem jahresdurchschnittlichen Zuwachs von 8,6 % seit 1993 mehr als verdoppelt - und hat sich damit relativ stärker entwickelt als das Welthandelsvolumen insgesamt. Für umwelt- und ressourcenschonende Produkte, Prozesse und Dienstleistungen wird in verschiedenen Abschätzungen mittel- und langfristige ein hohes Nachfragepotenzial erwartet: Auf

etwa 1.000 Milliarden Euro beziffert zum Beispiel eine von BMU in Auftrag gegebene Studie der Roland Berger Unternehmensberatung das Weltmarktvolumen der Umwelttechnologien in 2005. Seine weitere Entwicklung wird in der Untersuchung mit einer jährlichen Wachstumsrate von über 5 % auf rund 2.200 Milliarden Euro im Jahr 2020 abgeschätzt. Für die Leitmärkte Energieeffizienz und nachhaltige Wasserwirtschaft wurde dabei die größte absolute Zunahme der Marktvolumina erwartet.

Der Masterplan soll auch dazu beitragen, Synergieeffekte beim Einsatz von Umwelttechnologien auszuschöpfen. Ein Beispiel: Ressourcenintensive Produktionszweige wie die Stahl- und Zementherstellung sind auch mit überdurchschnittlich hohen CO₂-Emissionen verbunden. Deshalb könnte die Verwendungen bestimmter Leichtbautechniken etwa im Bereich des Hochbaus oder des Automobilbaus nicht nur den Ressourcenverbrauch reduzieren, sondern zugleich einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Ähnliche Synergieeffekte bietet der Einsatz von erneuerbaren Energien im Bereich dezentraler Wasserver- und Entsorgungsstrukturen. In der Entwicklung solcher Technologien, die Win-Win-Situationen zwischen verschiedenen Bereichen der Umweltpolitik versprechen, liegt ein besonders großes Wachstumspotenzial für deutsche Unternehmen.

Die Bedeutung des Masterplans für die Wirtschaft ergibt sich aus seinem Ziel, die deutsche Position zu sichern und auszubauen. Der Umwelttechnikmasterplan bietet der Wirtschaft

- Orientierung z. B. durch die Zusammenführung des vorhandenen Wissens über die neu entstehenden Leitmärkte. Verschiedene Studien hat das Bundesumweltministerium hierzu bereits erarbeiten lassen.
- Mitgestaltungsmöglichkeiten an der Innovationspolitik z. B. über die neu eingerichtete Deutsche Innovationsplattform Wasser (siehe Kapitel 3.1)
- Möglichkeiten zur strategischen Zusammenarbeit über den Aufbau von Innovationsallianzen (siehe Kapitel 3.3)

Wissenschaftliche Erkenntnisse sind eine wichtige Basis des Masterplans. Die Akteure, die ihn weiterentwickeln und umsetzen, werden daher fortlaufend auf die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung „Umwelttechnologien 2020“ zurückgreifen. In diesem Projekt werden mittel- bis langfristige Entwicklungspfade in relevanten Feldern der Umwelttechnologie erforscht, eine Roadmap erstellt sowie – über den heutigen Erkenntnisstand hinaus – Leitmärkte in diesem Bereich identifiziert. Daher werden sich künftige Impulse für die Weiterentwicklung des Masterplans aus dieser Studie ergeben.

Umgekehrt wird der Masterplan auch forschungspolitische Impulse setzen: Technologien im Kontext der Rahmenbedingungen zu betrachten stärkt den systembezogenen Anspruch moderner Forschung und Entwicklung.

Masterplan Umwelttechnologien – von der Planung zur Realisierung

Auf den folgenden Seiten werden erste Analysen, Konzepte und Maßnahmen des langfristig und ressortübergreifend angelegten Masterplans vorgestellt. Er orientiert sich an den Leitmärkten der Umwelttechnologie, wie sie beispielsweise eine Studie im Auftrag des Bundesumweltministeriums durch Befragungen von Unternehmen und Marktanalysen identifiziert hat. Die nachfolgenden Kapitel befassen sich in der Leitmarktentwicklung mit den drei Zielfeldern Wassertechnologien, Technologien für Rohstoffproduktivität und Klimaschutztechnologien. Im Bereich Klimaschutz kann auf bestehende Initiativen und Prozesse – u. a. das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, das Integrierte Energie- und Klimaprogramm und die Hightech-Strategie zum Klimaschutz - aufgebaut werden (siehe Kapitel 3.3).



Abb. 1: Leitmärkte der Zukunft aus Sicht der Unternehmen

Die Zielfelder des Masterplans können – aus der Perspektive der Studie – den verschiedenen Leitmärkten (Abb. 1) zugeordnet werden, weil sie für diese wichtige und grundlegende Technologien zur Verfügung stellen:

- Zielfeld „Wassertechnologien“ dem Leitmarkt „Nachhaltige Wasserwirtschaft“
- Zielfeld „Technologien für Rohstoffproduktivität“ den Leitmärkten „Natürliche Ressourcen und Materialeffizienz“ sowie „Kreislaufwirtschaft, Abfall und Recycling“
- Zielfeld „Klimaschutztechnologien“ den Leitmärkten „Energieeffizienz“, Teilen des Leitmarktes „Energieerzeugung“ und erste Ansätze zum Leitmarkt „Nachhaltige Mobilität“, die in der zweiten Phase des Masterplans aufgrund der Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung vertieft wird. Wesentliche Punkte der Leitmärkte „Energieeffizienz“ und „Energieerzeugung“ sind Gegenstand des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung und werden in diesem Programm bereits erheblich vorangetrieben.

3. ZIELFELDER FÜR DIE LEITMARKTERSCHLIESSUNG

3.1 WASSERTECHNOLOGIE

A) Ausgangslage und Ziele

Wasser als Lebensgrundlage und Klimafaktor

Weltweit sind rund 1,2 Mrd. Menschen ohne angemessenen Zugang zu sauberem Trinkwasser und rund 2,4 Mrd. Menschen ohne Zugang zu sanitären Einrichtungen. Die Verbesserung dieser Situation ist eine der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Internationale Studien weisen auf die Dringlichkeit eines regionalen Wasserressourcenmanagements in allen Ländern dieser Erde hin. Dies betrifft u. a. die Felder der wasserwirtschaftlichen Zusammenarbeit zwischen wachsenden Ballungsräumen und ihrem Umland, die Schließung von Wasserkreisläufen im produzierenden Gewerbe und die Einführung innovativer Bewässerungstechniken in der Landwirtschaft. Es ist damit zu rechnen, dass der Klimawandel einen hohen Einfluss auf den globalen Wasserhaushalt hat, regional ist vermehrt mit Dürren oder auch Hochwasserereignissen zu rechnen. Vor diesem Hintergrund kommt einer zukunftsgerichteten Wasserbewirtschaftung eine besondere Rolle zu. Der Einsatz innovativer Technologien ist hierfür unabdingbar – diese Feststellung aus der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro ist und bleibt aktuell:

Wasser wird in allen Lebensbereichen benötigt. Oberstes Ziel ist die gesicherte Bereitstellung von Wasser in angemessener Menge und guter Qualität für die gesamte Weltbevölkerung bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der hydrologischen, biologischen und chemischen Funktionen der Ökosysteme, Anpassung der Aktivitäten des Menschen an die Belastungsgrenzen der Natur und Bekämpfung der Vektoren wasserinduzierter Krankheiten. Nur durch innovative Technologien sowie eine Verbesserung einheimischer Verfahrenstechniken wird es möglich sein, vollen Nutzen aus den begrenzt vorhandenen Wasserressourcen zu ziehen und diese Ressourcen vor einer Verschmutzung zu bewahren.

Agenda 21 – Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung, 1992

Ausgewiesene Stärken nutzen – Deutschlands Startposition weiter verbessern

Nicht nur im Hinblick auf unsere Partnerschaft mit Entwicklungsländern, sondern auch wirtschaftlich sind Wasserver- und Entsorgungstechniken sowie wasserbezogene Dienstleistungen als Markt ein wichtiger Faktor. Auf vielen Gebieten sind deutsche Anbieter weltweit gut



Abb. 2: Sauberes Wasser durch Licht: Photokatalytische Verfahren können zur Reinigung von Industrieabwässern z. B. in der Textilindustrie eingesetzt werden

positioniert. Im Hinblick auf eine nachhaltige Bewirtschaftung der Wasserressourcen stellen deutsche Unternehmen eine Vielfalt von Technologien und Dienstleistungen zur Verfügung, u.a.:

- Planung, Bau, Instandhaltung und Sanierung von Wasserverteilungsnetzen
- Technologien zur Wiedernutzung von Regenwasser und Grauwasser
- Verbesserungen der mechanischen/biologischen Prozesse in der Abwasserbehandlung
- Entsalzungstechnologien zur Nutzung von Meer- und Brackwasser
- Moderne Filtertechniken auf der Basis der Membran- und Biotechnologie
- Beratungs- und Planungsdienstleistungen wie Wasserwirtschafts-/Betreiberkonzepte
- Technische Komponenten und Anlagen, z.B. für dezentrale Systeme.

Die **deutsche Wassergesetzgebung** zeichnet sich durch einen hohen Standard aus. Zum Nutzen für Mensch und Umwelt auf globaler Ebene, aber auch mit Blick auf entstehende Leitmärkte ist die Verbreitung dieses Standards im Sinne eines „Politikexports“ erstrebenswert.

Der **Leitmarkt Wassertechnologien** weitet sich aufgrund des wachsenden Bedarfs an angepassten Technologien und Systemlösungen immer weiter aus. Der Weltmarkt für die Wasserver- und Abwasserentsorgung beläuft sich auf jährlich etwa 200 Mrd. € und verspricht exorbitante Zuwachsraten auf jährlich über 400 Mrd. € aufgrund der zunehmenden Nachfrage. Für Deutschland ist es eine große Chance, an diesem Markt teilzuhaben. Der Umsatz in Deutschland kann mit ca. 15 % des globalen Umsatzes angenommen werden. Neben dem laufenden Betrieb und Dienstleistungen belaufen sich die jährlichen Investitionen derzeit weltweit auf ca. 55 Mrd. €, wobei sie auf ca. 120 Mrd. € steigen müssen, um den Bedarf zu decken.

Neben dem Weltwassermarkt besteht auch in Deutschland ein beträchtlicher Markt für innovative Wassertechnologie durch einen Re-Investitionsbedarf auch in den alten Bundesländern: die jährlichen Investitionen belaufen sich in Deutschland auf rund 8 Mrd. €.

Die Bedeutung künftiger Märkte für Deutschland kann durch ein Beispiel illustriert werden: In Industrieländern und den reichen Ballungsräumen vieler Schwellen- und Entwicklungsländer besteht enormer Re-Investitionsbedarf in die Leitungsnetze und andere Infrastruktureinrichtungen. Einer Studie zur Folge sind in den nächsten 25 Jahren weltweit 27 Billionen € notwendig, um die Infrastruktur von Städten instand zu halten, wobei der Hauptteil der Sanierung dem Ausbau des Wasser- und Abwassernetzes zukommen dürfte. Deutschland gehört hinsichtlich des Planungs-Know-hows sowie der Wartung und Schadensbehebung von Rohrnetzen zu den fortschrittlichsten Nationen. Während die Rohrleitungsverluste weltweit durchschnittlich 30 % betragen, sind diese in Deutschland geringer als 5 %. Deutschland hat für die Erschließung dieses Marktsegments ein hohes Potential.

Deutsche Technik und Ingenieurleistungen sind international als innovativ und hochwertig, effizient und verlässlich anerkannt. Dennoch kann unsere Weltmarktposition noch weiter verbessert werden. Dabei gibt es für die verschiedenen Bereiche der deutschen Wasserwirtschaft Unterschiede:

Die **Ver- und Entsorgungsunternehmen der deutschen Wasserwirtschaft** sind insgesamt weitgehend auf den Binnenmarkt konzentriert. Aufgrund der überwiegend kommunalen Organisationsstruktur gibt es in Deutschland im Gegensatz etwa zu britischen oder französischen Firmen nur wenige Versorgungsunternehmen, die groß genug sind, um auf Auslandsmärkten agieren zu können und zu wollen. Von der Art des Engagements her überwiegen Management- und Leasing-Verträge, die sich durch begrenztes operatives Risiko und geringen (privaten) Investitionsbedarf auszeichnen.

Die großen französischen, britischen und US-amerikanischen Unternehmen, die auf dem Markt der Paketlösungen agieren, werden im Wassersektor als „Champions“ präsentiert, obwohl sie insgesamt am Weltmarkt nur einen Anteil von knapp 5 % bedienen. Diese Unternehmen greifen häufig auf deutsche Technik zurück, da diese Technologien qualitativ überdurchschnittlich sind, in einzelnen Bereichen auch Alleinstellungsmerkmale aufweisen: Unternehmen wie Siemens, Linde und ThyssenKrupp sind daher ausgezeichnet positioniert. Zudem beteiligen sich die deutschen Energiekonzerne am globalen Geschäft mit dem Wasser. Im Unterschied zu den deutschen Wasserunternehmen haben die Energiekonzerne die kritische Größe erreicht, um am globalen Wassermarkt zu bestehen. Zudem kann das gekoppelte Angebot von (erneuerbaren) Energien mit exzellenter Abwasser- und Wasserversorgungstechnik z.B. bei dezentralen Versorgungsstrukturen künftig auf besondere Nachfrage stoßen. Im Dialog mit den deutschen Betreibern ist die Frage zu klären, ob es in ihrem Interesse liegt, sich auf breiterer Basis als bisher auf den Exportmarkt hin zu orientieren.

Wie in den meisten Branchen des **Maschinen- und Anlagenbaus** liegt die Stärke deutscher Unternehmen bei technisch anspruchsvollen und innovativen Lösungen. Kompetenzschwerpunkte liegen daher z.B. in der Abwasserbehandlung, Membrantechnologie und Meerwasserentsalzung. Die Spitzenposition des deutschen Anlagen- und Maschinenbaus auf den Weltmärkten findet im Wassersektor ihren deutlichen Niederschlag: Die Hersteller von Anlagen und Komponenten (z.B. Pumpen) können 64 % Auslandsengagement vorweisen, weshalb die deutsche Wasserwirtschaft als Ganzes im Vergleich der führenden OECD-Länder auf Platz 1 liegt. Im deutschen Ausfuhrsortiment liegt die Wassertechnologie nach der Mess-, Steuer- und Regeltechnik (11,4 Mrd. €) an zweiter Stelle mit 10,2 Mrd. €.

Die deutsche **Consultingwirtschaft** hat einen guten Ruf bezüglich der technischen Expertise, was ihr ermöglicht hat, ihre Stellung am Markt zu halten. Bei Vorhaben mit Privatsektorbeteiligung und der zunehmend wichtigen Transaktionsberatung ist es einigen Firmen gelungen, durch die Beteiligung an internationalen Konsortien auch in diesem Marktsegment Fuß zu fassen. Unternehmen, die in der Wasserwirtschaft ausschließlich Dienstleistungen erbringen, sind unterdurchschnittlich im Auslandsgeschäft vertreten und betreiben dies häufig nur punktuell, im europäischen Ausland oder in nur einer Zielregion.

Kompetenzen bündeln und auf die dynamischen globalen Märkte ausrichten

Mit über 14 % Anteil an der staatlichen Forschungsprojektförderung in Deutschland in den Jahren 1995 bis 2005 steht der Wassersektor hinter der Energie an zweiter Stelle. Auch die deutschen Unternehmen der Wasserwirtschaft investieren vergleichsweise viel in Forschung und Entwicklung, bei kleinen und mittleren Unternehmen sind es ca. 15 %, da sie ihren technologischen Vorsprung ausbauen möchten. Die Patentspezialisierung Deutschlands in den Teilbereichen der Umwelttechnologien weist für den Teilbereich Wasser positive Werte auf, jedoch mit starkem Rückgang in den letzten Jahren (2002-2004).

Innovationshemmnisse bestehen u. a. darin, dass von den Unternehmen oft Entwicklungen verfolgt werden, die kurz- bis maximal mittelfristig gewinnbringend erscheinen, langfristige Möglichkeiten des Marktes werden jedoch meist aus finanziellen Gründen nicht oder nur unzureichend aufgegriffen. Zudem kommen innovative Lösungen, die in kommunalen Ver- und Entsorgungsbetrieben entwickelt werden, oft gar nicht auf den Markt, da kein Interesse dieser Unternehmen besteht, ihre Innovation zu verbreiten. Die Zusammenarbeit der Wirtschaft mit wissenschaftlichen Einrichtungen, die in Deutschland ein hohes Niveau aufweisen, kann zudem noch verbessert werden.

Innovation spielt im Bereich der nachhaltigen Wasserwirtschaft jedoch insgesamt eine wichtige Rolle. Wissenschaftlichen Untersuchungen zufolge wird die Innovationsdynamik im Bereich der semizentralen/dezentralen Konzepte als sehr hoch, der im Bereich Wasserversorgung, Wassernutzungseffizienz und des Hochwasserschutzes als hoch und nur in der Abwasserentsorgung und Schlammbehandlung als mittel eingestuft.

Sehr wichtige Innovationstreiber sind aus Sicht der deutschen Wasserwirtschaftsunternehmen sowohl die Schaffung einer möglichst großen Nachfrage im Markt als auch die direkte finanzielle Förderung von Innovationstätigkeiten. Vor dem Hintergrund des massiv expandierenden Weltmarktes wird damit die **Verbindung von Innovationsförderung und Exportorientierung** zum entscheidenden politischen Ansatz. Internationale Aktivitäten bergen trotz sorgfältiger Vorbereitung, Einsatz beträchtlicher Ressourcen und Erfahrungen in der internationalen Geschäftstätigkeit ein relativ großes Risiko.

Beispiele des Anlagen- und Komponentenbaus in der Wasserwirtschaft zeigen, wie Innovationen genutzt werden können, um Unternehmen am Weltmarkt erfolgreich zu machen.

Um auf den globalen Wassermärkten in größerer Breite wettbewerbsfähig zu sein, müssen künftig **neue Wege des Technologieexportes gebündelt erschlossen werden**. Wissenschaftskooperationen sind dabei auch als „Vehikel“ nutzbar, um Technologien in den internationalen Märkten zu verankern. Dabei können vorhandene wissenschaftliche Stärken – z.B. Expertise über die Einbringung von Technologien in einen sozio-ökonomischen Kontext – genutzt werden, auch Nachfrage nach deutscher Technologie zu wecken. Nicht selten ziehen international ausgerichtete Verbundforschungsprojekte Gespräche mit beteiligten deutschen Firmen über neue Technologieaufträge nach sich.

Wenn also Deutschland über weltweit anerkannte „Spitzenplayer“ in Wissenschaft und Wirtschaft verfügt, aber die deutschen Initiativen im globalen Kontext bisher punktuell, sektoral und wenig abgestimmt sind, bedarf es nun **einer neuen Konzeption für die internationale Positionierung**. Noch fehlt eine Koordinierung der verschiedenen Aktivitäten zur Exportförderung und der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, noch ist **Innovationsförderung** breit und nicht **nachfrageorientiert bzw. fokussiert** aufgestellt. Auch fehlt ein Informationssystem für Wissenschaft und Wirtschaft z.B. über Marktstudien oder über Referenzprojekte mit Langzeitwirkung.

Wir unterstützen die Wissenschaft und Wirtschaft, um Weltmärkte zu erschließen

Deutschlands Ausgangssituation kann in einer SWOT-Analyse dargestellt werden:

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hoher Stand, Innovationskraft und Anerkennung deutscher Technik im Komponenten- und Anlagenbau ▪ Gutes Know-how in verschiedenen technischen Bereichen der Wasserwirtschaft und in Dienstleistungen ▪ Institutionelles Know-how z.B. erfolgreiche Modelle der Kooperation zwischen Land- und Wasserwirtschaft ▪ Exzellenz in F&E einschließlich sozio-ökonomischer Einbettung von Technologien und Entscheidungsunterstützung ▪ Innovation und Diffusion durch Umweltpolitik getrieben 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wachsende globale Nachfrage nach lokal angepassten Technologien, massiver Reinvestitionsbedarf für den Einsatz innovativer (dezentraler) Lösungen ▪ UN-Dekade „Water for life“ wird bessere länderspezifische und lokale Bedarfs- und Marktanalysen liefern ▪ Nutzung der German Water Partnership für eine erfolgreiche Innovations- / Exportoffensive ▪ Mit Forschungsprojekten sind ideale Startpunkte aufgebaut, um wirksame deutsche Wasserversorgungsinitiativen in die Praxis umzusetzen
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe politische Sichtbarkeit aufgrund der wenig abgestimmten politischen Konzeptionen ▪ Deutsche Initiativen im globalen Kontext zwar erfolgreich, aber punktuell und sektoral ▪ Potentiale der deutschen Wasserwirtschaft werden nicht ausreichend kommuniziert 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mangelnde Akzeptanzfindung in der globalen Wirtschaft für komplexe, aber lokal angepasste Lösungen ▪ Mangelnde finanzielle Absicherung für Bietergemeinschaften, die als Komplettanbieter für Großaufträge auftreten wollen

Der Masterplan strebt einen größeren und wirksamen deutschen Beitrag zum Millennium-Ziel „Verbesserung der globalen Wasserver- und Entsorgung“ und die Erschließung des Leitmarktes Wassertechnologie für Deutschland an. Die operationellen Ziele sind:

- die Fokussierung der Forschungspolitik auf einen nachfrageorientierten Ansatz, der auf den Technologiebedarf von ausgewählten Zielländern ausgerichtet ist,
- die Erschließung neuer Wege des Technologieexportes,
- die Abstimmung und Umsetzung einer neuen Konzeption für die internationale Positionierung gemeinsam mit der deutschen Wissenschaft und Wirtschaft.

B) Maßnahmen

Forschungsförderung und Exportunterstützung werden neu konzipiert

Das BMBF hat in den Jahren 1995 bis 2006 im Wasserbereich 1200 Vorhaben gefördert, in die, bei einem Gesamtbudget von 470 Mio. €, 370 Mio. € an Fördermittel geflossen sind. Zunächst standen die sichtbaren Gewässerbelastungen im Vordergrund, nach der Wiedervereinigung die speziellen Probleme der neuen Bundesländer. Mitte der 1990er Jahre erfolgte mit dem „Programm Forschung für die Umwelt“ der Bundesregierung ein Paradigmenwechsel von der Nachsorgeforschung hin zu Ansätzen des vorsorgenden Umweltschutzes, das 2004 mit dem BMBF-Rahmenprogramm FONA - Forschung für die Nachhaltigkeit präzisiert und fortgeschrieben wurde.

Technologien standen neben neuen Erkenntnissen immer im Vordergrund der Forschungspolitik. Zentrale Themen waren bzw. sind z. B. die Grundwasser-/Bodensanierung, die Kostenreduzierung der Wasserver- und Entsorgung, die Beherrschung extremer Hochwasserereignisse, dezentrale Systeme in der Wasserver- und Abwasserentsorgung und der zunehmend wichtige Bereich der Wertstoffrückgewinnung (vgl. auch Kapitel 3.2) aus Abwässern und Klärschlämmen, speziell die Phosphorrückgewinnung. Seit etwa zehn Jahren wird die BMBF-Wasserforschung verstärkt im internationalen Umfeld gesehen und ausgebaut, internationale Kooperationen bestehen u. a. mit den Ländern Israel, Palästina, Jordanien, China, Russland, Indonesien, Vietnam, Iran und Südafrika. Der Anteil der international ausgerichteten Projekte liegt nunmehr bei 30 bis 40 %. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass angesichts der großen Weltmärkte weniger der nationale Technologietransfer, sondern vor allem Technologieanpassung und Technologieexport von entscheidender Bedeutung sind.

Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) werden aktiv in die Forschungsförderung des BMBF einbezogen. Von den 500 zurzeit laufenden Vorhaben im Wasserbereich werden 130 von kleinen und mittleren Unternehmen durchgeführt, wobei von den 175 Mio. € eingesetzter Zuwendung 31 Mio. € an KMU gehen, die darüber hinaus noch 20 Mio. € Eigenmittel einsetzen.

Während die vergangene Förderung vorwiegend sektoral ausgerichtet war, führt der **BMBF-Förderschwerpunkt „Integriertes Wasserressourcenmanagement“ (IWRM)** technologische und wissenschaftliche Expertise problemlösungsorientiert zusammen. Die Durchführung des im Jahr 2004 veröffentlichten Ideenwettbewerbes erfolgt unter den Zielvorgaben der

Hightech-Strategie, da das Förderkonzept diese Ziele bereits adressiert hat. Anhand von Modellregionen in verschiedenen Partnerländern (Vietnam, Indonesien, Mongolei und Israel/Jordanien/Palästina, Südafrika, Namibia) wird das Konzept des IWRM erprobt, angepasst und weiterentwickelt. Der Technologieanpassung wird dabei besonderes Augenmerk zukommen. Der Beitrag dieser Maßnahme zur Erschließung neuer Wege des Technologieexportes liegt darin, dass an verschiedenen Standorten der Welt Referenzprojekte mit Langzeitwirkung entstehen, deren Akteure deutsche Technologien in integrierte Wassermanagementkonzepte einbringen und dabei in unmittelbarem Kontakt zu den dortigen Entscheidungsträgern stehen.

Technologietransfer und -export aus Deutschland soll ferner künftig gebündelt, profiliert und unter einer gemeinsamen Dachmarke erfolgen. BMBF und BMU haben im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung in Abstimmung mit BMZ, BMWi und AA eine Initiative zur Gründung einer gemeinsamen deutschen Innovationsplattform Wasser mit Vertretern von Wissenschaft, Wirtschaft und Verbänden gestartet. Die im April 2008 gegründete **Deutsche Innovationsplattform Wasser - German Water Partnership (GWP) ist gemeinsames Kernstück beider Ressorts zum Umweltmasterplan** im Themenbereich Wassertechnologie. Die GWP verfolgt als Zielsetzung,

- die Wettbewerbsstellung der deutschen Wasserwirtschaft auf internationalen Zielmärkten durch Bündelung von Kompetenzen, strategisches Marketing sowie Koordination privater und öffentlicher Aktivitäten im Ausland zu stärken,
- die Akteure in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zu vernetzen, um die Kommunikation und den Erfahrungsaustausch zwischen den verschiedenen Partnern zu verbessern, Potenziale zu bündeln und dadurch die Innovationsorientierung zu erhöhen,
- den deutschen Beitrag zur Lösung wasserwirtschaftlicher Problemstellungen in Entwicklungs- und Schwellenländern zu steigern.

Zusammen mit der GWP wird die Bundesregierung das **künftige Konzept zur internationalen Positionierung Deutschlands im Wasserbereich** entwickeln. Für BMU und BMBF wird die GWP auch als strategisches Forum für künftige Aktivitäten zum Leitmarkt Wasser dienen. Die konzeptionellen Überlegungen des BMBF zu einem **neuen, nachfrageorientierten forschungspolitischen Ansatz** werden mit der GWP diskutiert und anschließend in die künftige Forschungsstrategie des BMBF einfließen. Die GWP soll auch genutzt werden, um Innovationspartnerschaften zwischen der Wirtschaft / Wissenschaft und dem BMBF im Bereich der



Abb. 3: Neue Dachmarke für deutsche Wassertechnologie

Wassertechnologie zu generieren, damit Deutschland in besonders attraktiven Leitmarktsegmenten der Wassertechnologie gezielt nach vorne gebracht werden kann.

Hohe deutsche Standards liefern Optionen für Politikexport

Abwasserverwaltungsvorschriften bzw. die Abwasserverordnung mit ihren branchenbezogenen Festlegungen an die Einleitungen von Abwasser in Gewässer wurden in den letzten 20 Jahren fortlaufend an den neuesten Stand der Technik angepasst und in ihrer Umsetzung durch die Anreizpotenziale des Abwasserabgabengesetzes unterstützt.

Die Weiterentwicklung des Standes der Technik hat insbesondere zur verstärkten Einführung von Membrantechniken, abwasserarmen bzw. abwasserfreien Verfahren in der Produktionstechnik, teilweise kombiniert mit Wertstoff- und Energierückgewinnung geführt. Mit der großflächigen Erstellung von Abwasserkatastern konnte für den Vollzug die Grundlage geschaffen werden, in intensiver Zusammenarbeit mit der Industrie und den Kommunen Reduzierungspotenziale aufzuzeigen und erforderliche Maßnahmen gemeinsam festzulegen.

Die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG hat in weiten Bereichen der Wasserwirtschaft die Grundlagen geschaffen, Schwerpunkte für Umweltentlastungen genauer zu erkennen und gemeinsam entsprechende Strategien und integrierte Lösungsansätze unter weitgehender Aufrechterhaltung der vorhandenen Nutzungen wie z.B. Schifffahrt, Trinkwassergewinnung, Wasserverbrauch zur Energieerzeugung und Tourismus zu formulieren und zu realisieren.

Innerhalb der deutschen Wasserwirtschaft wird allgemein anerkannt, dass die existierenden regulativen Maßnahmen von Europäischer Union, Bund und Ländern, auch wenn zu ihrer Umsetzung anfangs z.T. umfangreiche Investitionen nötig waren, die Exportchancen der deutschen Wasserwirtschaft erheblich gefördert haben. In einem weiteren Schritt wird es verstärkt darum gehen, über internationale Kooperationen die Übernahme höherer Standards und deren Umsetzung in anderen Ländern anzuregen. Über politische Verhandlungen, spezifische Twinning-Programme und nicht zuletzt über die Aktivitäten der Fachverbände wird über den deutschen Regelungsrahmen informiert und Möglichkeiten der Anpassung diskutiert. Zielregion ist in erster Linie der osteuropäische Raum und Russland.

Bei Bildung und Ausbildung steht das globale „Capacity Building“ im Fokus

Durch weltweite Kooperation in der beruflichen Aus- und Weiterbildung werden wichtige Verbindungen zwischen deutschen Technologieentwicklungen und deren Umsetzung durch das Handwerk und Gewerbe in Partnerländern geschaffen. DWA und BIBB haben durch Förder- oder Kooperationsprogramme in über hundert Ländern Voraussetzungen für die Expansion neuer Technologien in den Bereich der Wasser- und Abwassertechnik mitgestaltet. Akademische Programme und Studiengänge an etwa 20 deutschen Universitäten und Fachhochschulen schaffen die Voraussetzungen für den wissenschaftlichen und anspruchsvollen technischen Austausch zwischen Deutschland und Partnerländern in Osteuropa, Südost- und Zentralasien und Lateinamerika. Mit der Errichtung des UN-Programms „UN-Water Decade Programme on Capacity Development“ (UNW-DPC) am UN Campus in Bonn ist darüber hinaus ein intensiver Austausch mit allen Ländern über die Bedarfsdeckung in allen Feldern des wasserbezogenen Capacity Development vorbereitet.

Ein wichtiger Baustein ist das BMBF-Stipendienprogramm IPSWaT (International Post Graduate Studies in Water Technologies), bei dem an inzwischen achtzehn deutschen Universitäten und Fachhochschulen etablierte internationale Studiengänge im Master- (M.Sc.)-Bereich und Promotions-(Ph.D.)-Bereich Stipendien angeboten werden. Besondere Aufmerksamkeit erhalten Vorschläge, die eine Exportorientierung der wissenschaftlichen Arbeit und einen Bezug zu den BMBF-Wasserprogrammen aufweisen. Die durch IPSWaT ermöglichten Arbeiten sollen dazu beitragen, die Ressource Wasser als wichtigen Umweltbereich in der aktuellen Forschung zu bearbeiten (ökologisches Ziel), Kontakte und Wissen dauerhaft gegenseitig nutzbar zu machen (wirtschaftliches Ziel) und durch die Qualifizierung persönliche und gesellschaftliche Vorteile globaler Natur zu ermöglichen (soziales Ziel).

Bleibende Bindungen entstehen (IPSWaT-Alumni-Community), Kontakte zwischen Entscheidungsträgern von morgen werden angebahnt. Indem angehende Fachkräfte lernen, mit den Anforderungen internationaler Märkte umzugehen, fördern sie die Wettbewerbsfähigkeit ihrer zukünftigen Arbeit- bzw. Auftraggeber. Durch ihre Ausbildung an deutschen Hochschulen stellen sie die besten Werbeträger für deutsche Leistungen in Technologie, Wissenschaft und Wirtschaft dar. Inzwischen wurden seit 2001 über 180 Stipendiatinnen und Stipendiaten aus über 50 Ländern in das Programm aufgenommen. Ähnlich angelegte Programme, die gezielt auf die Themen der bilateralen wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit (WTZ) ausgelegt sind, bestehen zurzeit mit China und Israel, wobei in Israel auch Stipendien für deutsche Studierende möglich sind.

Internationale Aktivitäten werden verstärkt und gebündelt

Technologieanpassung, -transfer und -export stehen im Zentrum der wassertechnologiebezogenen Aktivitäten des Umweltmasterplans. Zur Unterstützung der Prozesse haben BMBF und BMU gemeinsam das „Initiativbüro Wasserstrategie“ am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Bonn eingerichtet.

Die internationale Diffusion innovativer Technologien soll künftig über die GWP unter einer einheitlichen, deutschen Dachmarke betrieben werden. Die Bundesressorts werden die Internationalisierung im Schulterschluss unterstützen, z.B. durch gemeinsame Auftritte auf Leitmesse wie die IFAT 2008 in München und in Shanghai. Eine besondere Chance zur Erschließung internationaler Kooperationsbeziehungen ergibt sich durch die Ansiedlung des Programms „UN-Water Decade Programme on Capacity Development“ (UNW-DPC, s. o.), das von BMBF und BMZ gemeinsam gefördert wird und im Sommer 2007 unter Abstimmung aller Ressorts seine Arbeit aufgenommen hat.

Im Hinblick auf Forschungs- und Technologiefelder, die von europäischem Interesse sind, wird die europäische Forschungspolitik eng einbezogen. Im 6. Europäischen Forschungsrahmenprogramm wurden für die Wasserforschung ca. 170 Mio. € bereitgestellt. Deutsche Einrichtungen waren mit ca. 38 Mio. € sehr erfolgreich vertreten. Das BMBF hält enge Kontakte mit der Europäischen Technologieplattform Wasser und beteiligt sich an europäischen ERA-Nets in den Themenbereichen Hochwasserschutz (ERA-Net CRUE) und Integriertes Wasserressourcenmanagement (ERA-Net IWRM).

C) Roadmap

Die Aktivitäten des Umwelttechnikmasterplans im Bereich Wassertechnologien beziehen die für diesen Bereich wichtigen Ressorts mit ein. Dem Umweltministerium kommt in der Regulierung eine zentrale Funktion zu. Die Exportförderung, ein wichtiger Beitrag für die Leitmarkterschließung, liegt in den Händen des Bundeswirtschaftsministeriums. Das Bundesministerium für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit unterstützt aktiv die Erreichung der Millenniumsentwicklungsziele – Deutschland ist weltweit der zweitgrößte bilaterale Geber im Wassersektor.

Schritte, Meilensteine	Akteure	Federführungen
<u>Basis:</u>		
Gründung der German Water Partnership 04/08 gemäß Vereinbarung in 12/07	Deutsche Wissenschaft, Wirtschaft und Verbände, BMU, BMBF, BMWi, BMZ, AA	German Water Partnership, BMBF, BMU
Internationale Präsenz der deutschen Dachmarke „German Water Partnership“ auf der IFAT München 05/08 und IFAT Shanghai 09/08	German Water Partnership, beide Ressorts zusammen mit BMZ, BMWi	German Water Partnership
Aufbau einer gemeinsamen Informationsplattform im Herbst 2008	German Water Partnership, Initiativbüro Wasserstrategie	Initiativbüro Wasserstrategie, German Water Partnership
<u>Fortschreibung:</u>		
bis Ende 2008: Verständigung auf Leitmarktsegmente mit hohem Marktpotenzial und dazu gehörigen Technologien und Länderschwerpunkten im Rahmen der GWP	German Water Partnership, beide Ressorts	German Water Partnership
bis Frühjahr 2009: Harmonisierung der verschiedenen Capacity Building Programme am Standort Deutschland und Verknüpfung mit dem UNW DPC	Initiativbüro Wasserstrategie, BMBF	Initiativbüro Wasserstrategie

bis April 2009: Neukonzeption der BMBF-Förderstrategie	BMBF in Abstimmung mit BMU und weiteren Akteuren	BMBF
bis April 2009: Etablierung erster Innovationspartnerschaften	German Water Partnership, beide Ressorts	German Water Partnership, beide Ressorts
Sommer 2009: Förderbekanntmachung des BMBF zum Förderschwerpunkt Wasser	BMBF, Wissenschaft, Wirtschaft	BMBF
bis Ende 2009 Bilanzierung und Fortschreibung der Aktivitäten zum Politikexport	BMU, BMBF	BMU
Sommer 2010 Kickoff-Veranstaltung zum Förderschwerpunkt Wasser	BMBF, BMU, Wissenschaft, Wirtschaft	BMBF

3.2 TECHNOLOGIEN FÜR ROHSTOFFPRODUKTIVITÄT

A) Ausgangslage und Ziele

Steigerung der Rohstoffproduktivität - eine Zukunftsaufgabe

Rohstoffe für die industrielle Produktion werden knapp. Bevölkerungszunahme, Wirtschaftswachstum und steigender Wohlstand vor allem in Schwellenländern haben die Nachfrage und damit die Preise sprunghaft steigen lassen. Analysten erwarten für den Zeitraum bis etwa 2025 eine Verdoppelung oder sogar Verdreifachung der Rohstoffnachfrage. Damit verbunden sind verstärkte Umweltbelastungen – Eingriffe in den Naturhaushalt, Wasser- und Energieverbrauch und die Mobilisierung von Schadstoffen. Da ressourcenintensive Industriezweige überdurchschnittlich zur Emission von Treibhausgasen beitragen, kann die Schonung der Rohstoffe wesentlich zum Klimaschutz beitragen. Ziel der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie ist, die Rohstoffproduktivität – gemessen als das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zum Verbrauch an nicht erneuerbaren Rohstoffen – in Deutschland bis zum Jahr 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln.

Rohstoffe und technologischer Fortschritt sind gerade mit Blick auf den Leitgedanken einer nachhaltigen Entwicklung untrennbar miteinander verbunden. Forschung und Technologie haben zwar mittlerweile bewirkt, dass schadstoffhaltige oder besonders kosten- und energieintensive Materialien substituiert, dass effektivere Gewinnungs- und Verarbeitungsverfahren eingeführt, und dass Rohstoffe letztlich immer effizienter genutzt und wieder verwendet werden konnten. Gleichwohl sind weitere Anstrengungen erforderlich.

Die Bundesregierung (2007), Bericht Deutschlands an die EU-Kommission zur Umsetzung der Europäischen Nachhaltigkeitsstrategie

Große Potenziale und diverse Optionen erschließen

Für ein rohstoffarmes Land wie Deutschland ist der **Druck auf die Rohstoffmärkte** besonders spürbar. Betroffen ist vor allem das produzierende Gewerbe. Hier betragen die Materialkosten rund 40 % des Bruttoproduktionswertes, während Personalkosten nur 25 % ausmachen. Dennoch liegt der Anstieg der Rohstoffproduktivität mit 75 % im langjährigen Mittel weit unterhalb des Anstiegs der Arbeitsproduktivität mit 270 % seit 1990. Der Indikatorenbericht 2006 zur Nachhaltigkeitsstrategie stellt zwischen 1994 und 2005 eine Erhöhung der Rohstoffproduktivität um 33,5 % fest. Diese günstige Richtung ist auf einen Strukturwandel hin zu weniger rohstoffintensiven Branchen zurückzuführen, nicht aber auf einen sparsameren Ein-

satz der Rohstoffe. Zwischen 2000 und 2005 hat sich der Anstieg der Produktivität verlangsamt. Um den Materialeinsatz in KMU unter Verwendung bestehender Techniken zu verbessern und so Material und Rohstoffe einzusparen, fördert das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie bereits seit 2005 entsprechende Maßnahmen. Innovative Technologien und Verfahren werden darüber hinaus im Rahmen des Energieforschungsprogramms behandelt. Des Weiteren hat das Bundesumweltministerium im März 2007 unter anderem mit der Gründung des **Netzwerkes Ressourceneffizienz** einen Prozess eingeleitet, um zusammen mit den Akteuren aus Wirtschaft, Gesellschaft, Politik und Forschung auf die spürbare Steigerung der Effizienz in der Ressourcennutzung hinzuwirken.

Die Schonung von Rohstoffen kommt Umwelt *und* Wirtschaft zugute. Jüngste Untersuchungen bescheinigen Unternehmen, die sich mit Ressourcen schonenden Technologien beschäftigen, gute Wachstumsaussichten. Bis 2016 könnte in Deutschland etwa 20 % der in der Produktion verbrauchten Rohstoffe eingespart und die Materialkosten für kleine und mittelständische Betriebe zwischen 6,4 und 13 Mrd. € pro Jahr gesenkt werden. Für ganz Deutschland ergäbe sich ein Kostensenkungspotenzial von 27 Mrd. € pro Jahr.

Die Strategien zur Erhöhung der Rohstoffproduktivität beruhen, wie in Tabelle 1 dargestellt, auf einem breiten Spektrum an Technologien und adressieren unter den im Auftrag des BMU identifizierten Leitmärkten (Abb. 1) insbesondere die Bereiche „Kreislaufwirtschaft, Abfall und Recycling“ und „Natürliche Ressourcen & Materialeffizienz“.

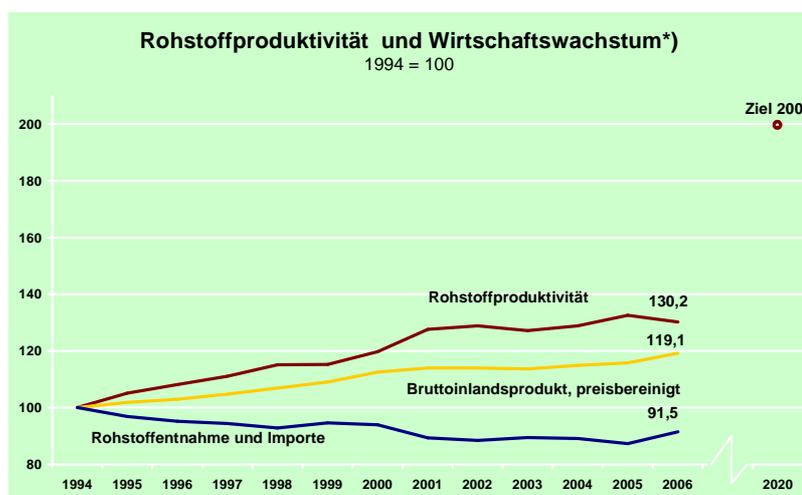


Abb. 4: Entwicklung der Rohstoffproduktivität in Deutschland

Tab. 1: Strategische Pfade zur Erhöhung der Rohstoffproduktivität

STRATEGISCHE PFADE	BEISPIELTECHNOLOGIEN
A) Leitmarkt Kreislaufwirtschaft - 30 Mrd. € geschätzter Weltmarkt, 50 % Marktanteil europäischer Unternehmen	
(1) Recycling, Nutzung von Sekundärrohstoffen, Kaskadennutzung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rohstoffrückgewinnung aus Elektronikschrott ▪ Qualitätsgesicherte Altholzverwertung ▪ Rückgewinnung von Faserstoffen aus Abfällen der Papierindustrie ▪ Ökodesign: Entwicklung energie- und materialeffizienter recycelbarer Produkte
B) Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz - 40 Mrd. € geschätzter Weltmarkt, 10 % Marktanteil europäischer Unternehmen	
(2) Substitution knapper nicht erneuerbarer Rohstoffe durch reichlich vorhandene oder nachwachsende Rohstoffe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Substitution von Kupfer durch Aluminium in der Energieversorgung ▪ Polymere auf Stärkebasis ▪ Substitution von CKW durch Reinigungsmittel auf wässriger Basis
(3) Rohstoff schonende und abfallarme Produktionsverfahren	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulverlackierung ▪ Stahlfentfettung ▪ Optimierung der Verwendung von Hilfsstoffen (Wasser, Schmiermittel etc.) ▪ Optimierung der Produktionsabläufe (Reduktion von Ausschuss, produktionsbedingten Resten, Verschnitt und Abfall)
(4) Verbesserung der Materialeffizienz i. e. S. (produktbezogen)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Miniaturisierung ▪ Leichtbautechnik / Bionik ▪ Neue Werkstoffe
(5) Verlängerung der Produktlebensdauer: Oberflächenbehandlung, reparaturfreundliches Design	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Beschichtungen zum Korrosionsschutz ▪ Entwicklung selbst reinigender Oberflächen

Im Bereich **Kreislaufwirtschaft/Recycling** hat Deutschland einen Weltmarktanteil von 25 % und nimmt in Europa eine Vorreiterrolle ein. Als erstes Land hat es 1995 mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz einen regulativen Rahmen für rohstoffeffizientes Wirtschaften geschaffen. Rücknahmeverordnungen für Verpackungen, Batterien, Altholz und Alautos traten in Kraft, bevor der europäische Gesetzgeber diese Materien aufgegriffen hat. Auf einigen Gebieten hat Deutschland die höchste Recyclingquote weltweit (Bsp. Kupfer: D 56 %, EU 45 %, USA 41 %, Welt 13 %). Die globale Nachfrage nach Recyclingtechniken ist beträcht-

lich, allein der Dienstleistungsmarkt wird auf ca. 55 Mrd. € geschätzt. Recyclinganlagen haben global ein Marktvolumen von 5 Mrd. €. Vor allem in Europa ist aufgrund steigender gesetzlicher Anforderungen (geschlossene Produktkreisläufe bzgl. Autos, Elektrogeräte) eine um bis zu 15 % wachsende Nachfrage festzustellen. Dadurch verschiebt sich die Nachfrage hin zu integrierten, größeren und technologieintensiven Konzepten, ein Segment, in dem kleine Unternehmen schwer konkurrenzfähig sind. Neben den westeuropäischen Staaten sind Osteuropa und Russland wichtige Exportmärkte mit hohen Wachstumsraten. Auch Nordamerika und Indien werden an Bedeutung gewinnen. Die Verbesserung des Recyclings ist eines der Handlungsfelder der **Nachhaltigkeitsstrategie Deutschlands** („Schritte zu einer Nachhaltigen Rohstoffwirtschaft“).

Wichtig ist insbesondere die **Verwendung von Sekundärrohstoffen**. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist, dass in der Europäischen Union funktionierende Märkte Sekundärrohstoffe wie z.B. Kunststoffe und Buntmetalle geschaffen werden. Zunehmend gerät auch der Wohnbestand von Städten und Gemeinden als Sekundärrohstoffquelle in den Blick. Zurzeit befinden sich im Wohnungsbestand ca. 10,5 Mrd. t mineralische Baustoffe wie Ziegel und Beton, ca. 220 Mio. t Holz und insbesondere ca. 100 Mio. t Metalle. Nach derzeitigen Erkenntnissen wird dieses gigantische Materiallager bis 2025 um ca. 20 % wachsen. Mit der Erschließung von Sekundärrohstoffen aus dem Wohnbestand und aus anderen Kompartimenten des „Urban mining“ wird sich die zweite Phase des Umwelttechnikmasterplans befassen. Dieser Bereich birgt noch hohe Potenziale.

Der **Leitmarkt Rohstoff- und Materialeffizienz** lässt ebenso wie die Kreislaufwirtschaft hohe Wachstumsraten erwarten. Knapp die Hälfte der deutschen Unternehmen ist hier international aktiv, sie erwirtschaften im Durchschnitt mehr als ein Drittel ihres Umsatzes im Ausland, bei größeren Unternehmen sogar die Hälfte. Für die Zukunft erwarten die Unternehmen Wachstumsraten von bis zu 26 % im Auslandsgeschäft, bei bleibender Bedeutung des nationalen Marktes. Man befürchtet jedoch steigenden Wettbewerb und eine Schmälerung der deutschen Position. Rohstoffeffizienz kann durch Substitution knapper Rohstoffe, durch neue Produktionsverfahren sowie durch materialeffiziente oder langlebige Produkte erreicht werden. An diesen Punkten setzt die **Nachhaltigkeitsstrategie** in den Handlungsfeldern „Verbesserung der Materialeffizienz“ und „Entwicklung neuer Werkstoffe“ an.

- Im Rahmen der **Substitution** gewinnt die stoffliche Nutzung von Biomasse zunehmend an Bedeutung. Zur Zeit stammen ca. 12 % der in Deutschland produzierten Chemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen. Große Wachstumschancen von über

20 % pro Jahr werden jungen Technologien mit Entwicklungspotenzial wie den Biokunststoffen eingeräumt. Deren Produktionskapazität wird derzeit auf ca. 250 000 t geschätzt, bei einer weltweiten Kunststoffproduktion von 200 Mio. t (in 2005). Der Anteil deutscher Unternehmen liegt Schätzungen zu Folge bei 6 - 10 % der Weltproduktion. Verwendung finden Biokunststoffe z.B. in Verpackungen, Spielzeug, Tragetaschen und Biomüllsäcken. Stärkebasierte Kunststoffe haben aufgrund von Rohstoffverfügbarkeit und Herstellungskosten den größten Anteil am europäischen Biokunststoffmarkt. Während heute Europa und die USA die wichtigsten Absatzmärkte bilden, erwarten Experten künftig eine besonders hohe Nachfrage in Asien, speziell in China.

- **Rohstoff schonenden und abfallarmen Produktionsverfahren** wird generell sehr hohes Marktpotenzial zuerkannt. Der mit steigender Tendenz auf 2,5 Mrd. € geschätzte Weltumsatz an Pulverlacken verdeutlicht dies exemplarisch. Deutschland hat in vielen Branchen mit großen Massenströmen (Chemie, Metallverarbeitung etc.), in denen noch hohe Einsparmöglichkeiten bestehen, eine internationale Spitzenstellung. Große Bedeutung für Rohstoffeffizienz in der Produktion hat die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR) mit einem Marktvolumen von weltweit ca. 100 Mrd. €, an denen Deutschland einen Anteil von über 15 % hat. Noch gilt Westeuropa als wichtigster Absatzmarkt, doch Osteuropa, Russland, China, Indien sowie der Nahe Osten gewinnen an Bedeutung. Ein zweites deutsches Standbein ist der Anlagenbau, der mittelständisch geprägt und international ebenfalls führend ist. Ferner sind Beratungsdienstleistungen bedeutsam, wie z.B. betriebliche Ressourcenkostenrechnungen, Materialflusscontrolling und Ökoeffizienzanalysen. Hier stellt sich in Zukunft die Herausforderung, sachgerechte Indikatoren für die Messung der Ressourceneffizienz zu entwickeln, welche die Kosten, die Gewinne, aber auch weitere Auswirkungen wie z.B. Umweltbelastungen mit berücksichtigen.
- Sehr schwer abschätzen lassen sich die Marktpotenziale der **produktbezogenen Materialeffizienz**. Beispiele sind die Miniaturisierung von Bauteilen (z.B. Speicherchips) und Produkten (z.B. Mobiltelefonen) oder Leichtbautechniken (z.B. Tailored Components) im Automobilbau. Der Trend zur Miniaturisierung hält nach Meinung von Experten an und führt im Ergebnis zu erheblichen Rohstoffeinsparungen, selbst wenn diese nicht immer primäres Motiv waren. Auch bionische Konstruktionsprinzipien kommen im Leichtbau zum Tragen, etwa im Hochbau. Insgesamt hat das Feld ein hohes Innovationspotenzial und große Wachstumschancen. Gleichzeitig sind Auswir-

kungen auf die Kreislaufwirtschaft/Recycling, z.B. hinsichtlich der hochwertigen stofflichen Verwertbarkeit (Recyclingfähigkeit) solcher innovativer Produkte mit einzubeziehen.

- Im Bereich **langlebiges und reparaturfreundliches Produktdesign** besitzen deutsche Unternehmen bei Materialien und Beschichtungen einen Wettbewerbsvorsprung und können laut ihrer Geschäftsberichte Umsatzsteigerungen von etwa 6 % aufweisen. Beschichtungen finden Anwendung bei der Herstellung langlebiger Industrie- und Investitionsgüter in den Branchen Automobil, Eisenbahn, Schiffe, Bauwirtschaft, Luft- und Raumfahrt oder Elektro- und Elektronik. Lacke und Beschichtungen auf Wasserbasis stoßen auf erhebliches Industrieinteresse in der Region Asien/Pazifik.

Durch kohärente Innovationspolitik einen Paradigmenwechsel anstoßen

Das Spektrum an Technologien, die zur Steigerung der Rohstoffproduktivität beitragen, umfasst **Spitzentechnologien** wie z.B. die (weiße) Biotechnologie, **hochwertige Technologien** (Anlagenbau, MSR) und innovative **Dienstleistungen**. Wie bei den Umwelttechnologien insgesamt ist das Feld forschungs- und wissensintensiv. Es sind im Durchschnitt steigende deutsche Patentaktivitäten zu verzeichnen. Anspruchsvolle Innovationstätigkeiten sind zunehmend erforderlich, da das Paradigma „Ressourcenmanagement“ die verschiedensten Wirtschaftsbereiche erreicht. Eine Herausforderung besteht darin, die deutsche Wirtschaft bei der Annahme des Paradigmenwechsels zu unterstützen und ihr somit Wettbewerbsvorteile bei steigendem Druck auf den Markt zu ermöglichen.

In der **industriellen Produktion** ist die Ressourcenverfügbarkeit ein Veränderungstreiber geworden. Damit gewinnen Prozessinnovationen zunehmend an Bedeutung, die an der Material- und Energieersparnis angreifen. Konkrete Wirtschaftsinvestitionen in neue Technologien sind bei biokatalytischen Prozessen und in der Entwicklung spezifischer Katalysatoren zu erwarten. Hohes Innovationspotenzial liegt in der rohstoffintensiven Produktion (Branchen mit großen Massenströmen), z.B. hinsichtlich des Einsatzes von Sekundärrohstoffen und der branchenübergreifenden Kreislaufführung. Hier ist es erforderlich, mehr als bisher quantitativ wirkungsvolle Innovationen (Technologiesprünge) zu erzielen. An dieser Stelle setzt das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung mit dem Förderschwerpunkt des BMWi „Energieeffizienz in der Industrie und im Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ an. Die Einführung umweltfreundlicher Verfahren in der industriellen Produktion scheitert oft daran, dass sie sich häufig nicht unmittelbar in etablierte Prozessketten einbinden lassen bzw. zu-

nächst einmal höhere Kosten verursachen als der Weiterbetrieb vorhandener Anlagen. Ein Innovationshemmnis für branchenübergreifende Ansätze liegt in der z.T. noch geringen Vernetzung der Unternehmen.

Ein spezifisches Gebiet, das hohe Innovationsdynamik erwarten lässt, ist die **Bioraffinerie**. Deutschland könnte eine Technologieführerschaft bei der Aufschluss- und Konversionstechnologie einnehmen. In anderen Bereichen der **stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe** ist die Entwicklung fortgeschritten. Dies betrifft innovative Werkstoffe zur Wärmedämmung, Schmierstoffe, langlebige Biokunststoffe und biomassebasierte Herstellung von Bulkchemikalien. In den letzten Jahren gewinnt der **Rohstoff Holz** zunehmend an Bedeutung, zumal seine Verwendung zum Klimaschutz beiträgt. Die Europäische Technologieplattform Forest Based Sector“ verfolgt das Ziel, den von der Europäischen Kommission identifizierten Leitmarkt „Bio-basierte Produkte“ durch Innovationen in den Bereichen Forst, Holz und Papier zu erschließen.

Deutschland ist im globalen Innovationswettbewerb bei **Recycling** positiv spezialisiert (RPA = 41), jedoch mit rückläufiger Tendenz. Die Innovationsdynamik der Kreislaufwirtschaft ist weitgehend konstant, die des Rohstoffmanagements dagegen stark steigend.

Neben den branchenbezogenen Innovationen spielen die Querschnittstechnologien bzw. „Enabling Technologies“ eine wichtige Rolle. In der **Werkstoffforschung** ist der Faktor-4-Ansatz - doppelte Leistung bei halbiertem Ressourceneinsatz - als Leitbild seit Jahren etabliert. Dabei ist Sorge zu tragen, dass die effizienzsteigernden Maßnahmen keine negativen Auswirkungen auf die Rückführbarkeit von Produkten in den Stoffkreislauf auslösen. Besondere Impulse sind auch aus der **Bionik** zu erwarten. In der Natur gibt es erstaunliche Beispiele für einen besonders effizienten Umgang mit knappen Ressourcen und damit mögliche Vorbilder für Nachhaltigkeit in ressourcenökonomischer Sicht, die teilweise bereits in die bionische Anwendung gebracht worden sind (Abb. 5).

Trotz der differenzierten Lage haben die vom Umweltministerium in Auftrag gegebenen Studien einige allgemeine Befunde zum Innovationsgeschehen im Bereich Rohstoffeffizienz offen gelegt, darunter auch Gesichtspunkte mit Bezug auf die F&E-Politik, auf die Diffusion neuer Technologien und auf innovationsfreundliche Rahmenbedingungen:



Abb. 5: Eine bionische Anwendung für Materialeffizienz: der anhand von Schwungfedern des Vogelflügels optimierte Propeller.

Marktreife bionische Innovationen sind der Werkstoff Schaumaluminium, der natürliche Knochengewebe imitiert oder auch gewichtsreduzierte Autoreifen, die sich an der Kraftverteilung von Katzenpfoten orientieren. In der Entwicklung sind selbstreparierende Werkstoffe nach dem Vorbild von Süßgräsern und Schachtelhalmen.

- Es bestehen noch größere **Wissenslücken** hinsichtlich der Potenziale zur Rohstoffeinsparung in den einzelnen Wirtschaftssektoren und ihren Produktionsprozessen. Innovationstreiber bezogen auf Forschung und Technologieentwicklung ist vor allem die Verfügbarkeit verwertbarer Ergebnisse der branchenspezifischen und angewandten Forschung. Wichtig ist die **Zusammenarbeit der Wirtschaft mit Forschungseinrichtungen** und der damit verbundene Wissenstransfer, wichtig ist damit auch die **Förderung von F&E** durch den Staat. Auch sind die Innovationskultur und -strategie des einzelnen Unternehmens von Bedeutung, die befragten Firmen sehen Verbesserungsbedarf im aktiven Wissensmanagement und in der systematischen Generierung von Projektideen. Sowohl in der Kreislaufwirtschaft als auch bei der Rohstoff- und Materialeffizienz spielen regionale und überregionale Cluster und Innovationsnetze für das betriebliche Innovationsmanagement eine wichtige Rolle.

- In Deutschland wird die öffentliche Diskussion von Umwelttechnologien durch das Thema erneuerbare Energien dominiert. Unternehmen, die mit Ziel der Rohstoffeffizienz innovieren, wünschen sich eine **verstärkte Wahrnehmung durch die Politik, gebündelte Informationen und einen intensiven Austausch über technologische Entwicklungen**. Unter den politischen Mechanismen werden Anreize im Steuersystem, aufgrund der Planungssicherheit aber auch die Setzung von Ge- und Verboten als wirkungsvoll angesehen. Die Wirtschaftsunternehmen sehen Bedarf, zur Schaffung von Märkten die Umweltpolitik systematischer zu exportieren und ein **enge Abstimmung zwischen den Ministerien sowie auf europäischer Ebene** herbeizuführen. Eine „marktnahe Förderpolitik“ und Unterstützung bei der Diffusion seien geeignete Instrumente, um neue Technologien zu etablieren.

- An die Forschungspolitik gerichtet besteht der Wunsch, die **Förderprozesse zu vereinfachen** und Bürokratie abzubauen. Vor allem **kleine und mittlere Unternehmen** beklagen den Aufwand, der mit Anträgen zur Erlangung von Forschungsförderung verbunden ist. Sie wünschen sich auch eine stärkere Fokussierung der Förderung auf KMU und auf Technologien mit hoher Marktfähigkeit.

Es besteht, wie diese Ergebnisse zeigen, noch Bedarf, aber es bestehen auch Möglichkeiten, um durch eine kohärentere Politik von Forschungs- und Technologieförderung, Wissenstransfer und Diffusion vorhandene Innovationshemmnisse abzubauen und die Innovationsdynamik in Deutschland weiter zu erhöhen.

Wir verstärken Innovation, Vernetzung und Diffusion

Insgesamt ist die deutsche Ausgangslage folgendermaßen gekennzeichnet:

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deutsche Unternehmen sind in vielen Technologiefeldern international gut aufgestellt; Know-how in wichtigen Branchen wie MSR-Technik, Anlagenbau ▪ Enge Vernetzung von Universitäten und Wirtschaft ▪ Deutschland ist im Recycling und anderen Bereichen Vorreiter in der Gesetzgebung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchweg hohe Innovationsdynamik im gesamten Feld, vielfältige technologische Ansatzpunkte und Möglichkeiten ▪ Erhöhte Nachfrage nach Sekundärrohstoffen und nachwachsenden Rohstoffen ▪ Nachholbedarf an Recyclingtechnologien in USA und Schwellenländern ▪ Verzahnung der verschiedenen Maßnahmen zur Innovationspolitik in Deutschland
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mangelndes Wissen über Effizienzpotenziale der Rohstoffnutzung und deren Implikationen für die Rohstoffnachfrage ▪ Noch fehlende Skaleneffekte bei bestimmten Technologielinien z.B. Bionik oder auch Prozessinnovationen in Branchen mit großen Massenströmen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paradigmenwechsel zur Rohstoffforschung ist erforderlich und könnte bei Teilen von Wissenschaft und Wirtschaft auf fehlende Akzeptanz stoßen ▪ Stärker werdende internationale Konkurrenz (z.B. Ausbau von Produktionskapazitäten für Biokunststoffe in USA, Asien)

Übergeordnetes Ziel des Masterplans ist, die technologische Grundlage und das Instrumentarium zur Erreichung des Ziels, bis 2020 eine Verdopplung der Rohstoffproduktivität gegenüber 1994 zu erreichen, auf- und auszubauen. Er unterstützt damit den neuen Schwerpunkt „Wege zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft“ der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie unmittelbar. Die operationellen Ziele sind:

- Schnellere Umsetzung bestehender Effizienztechniken im Mittelstand
- Verstärkung und Bündelung der Förderung von Forschung und Technologieentwicklung
- Mobilisierung des Innovationspotenzials des deutschen Mittelstandes durch Verbesserung der Förderverfahren und Rahmenbedingungen
- Verbindung von Forschungs- und Umweltpolitik zu einer „Innovationspolitik für Rohstoffproduktivität aus einem Guss“.

B) Maßnahmen

Die Hebel in der Förderung von Forschung und Entwicklung setzen breit an

Der enorme Bedeutungsanstieg der Rohstoffproduktivität hat in der Forschungspolitik einen deutlichen Niederschlag gefunden. Während vor zehn Jahren die Minimierung und Verbesserung des Energie- und Ressourceneinsatzes in der industriellen Produktion noch Alleinstellungsmerkmal der Energie- und Umweltforschung war, ist die Rohstoffeffizienz heute ein Kernziel für verschiedene Sektoren der Hightech-Strategie - neben den Umwelttechnologien sind dies die Felder „Pflanzen als Rohstofflieferant“, die Biotechnologie sowie die Produktions- und Werkstofftechnologien. Wie in Tabelle 2 dargestellt, setzen die BMBF-Förderprogramme an unterschiedlichen Hebeln an, um der Vielschichtigkeit der Technologien und Anwender Rechnung zu tragen. In fünf **Maßnahmen der angewandten Forschung steht ein Fördervolumen von ca. 200 Mio. €** für Ressourceneffizienztechnologien zur Verfügung. Um auch übergreifende Ansätze zu ermöglichen, ist die Förderung nicht auf einzelne Branchen, sondern auf definierte Branchengruppen bezogen. Darüber hinaus fördert das BMBF **mit über 250 Mio. €** Maßnahmen mit breiter gefassten Zielsetzungen, die **substanzielle Beiträge zur Ressourceneffizienz** erbringen.

Das zentrale Instrument der BMBF-Forschungsförderung ist die Verbundforschung, bei der **Wirtschaftsunternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen** zusammenarbeiten. Eine Wirkungsanalyse der Förderung belegt, dass solche Projekte einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung verschiedener Wettbewerbsfaktoren - so der technologischen Leistungsfähigkeit und dem Zugang zu wissenschaftlichen Ergebnissen – erbringen und Innovationshemmnisse in den Betrieben abbauen. Zur Verbesserung der Wissensbasis und zur Handlungsorientierung trägt darüber hinaus die Forschungsförderung zum Erkenntnisgewinn z.B. „Wirtschaftswissenschaften für Nachhaltigkeit“ oder auch der geplante Förderschwerpunkt „Gerechtigkeit bei der Verteilung von Ressourcen und Rechten“ bei.

Tab. 2: Aktuelle BMBF-Förderschwerpunkte der angewandten Forschung im Bereich Rohstoffe und ihre Zuordnung zu strategischen Pfaden (vgl. Tab. 1)

Förderschwerpunkt (Veröffentlichung der Förderrichtlinie)	Pfad (vgl. Tab. 1)	Umfang [Mio. Euro]
Maßnahmen für Ressourceneffizienz		
Ressourceneffizienz in der Produktion (2008)	(3), (4), (5)	50
Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Rohstoffintensive Produktionsprozesse (2007)	(3), (4)	30
KMU-innovativ Ressourcen- und Energieeffizienz (2007)	(1), (2), (3), (4), (5)	75 ¹⁾
ERA-Net SUSPRISE „Sustainable Enterprise“(2007)	(1), (2), (3), (4), (5)	1,5
Funktionsintegrierter Leichtbau (2006)	(4)	25
Werkstoffe für Produkte und Verfahren mit hoher Ressourceneffizienz (2005)	(4)	25
Maßnahmen mit substanziellen Beiträgen zur Ressourceneffizienz		
Höchstleistungswerkstoffe (2007)	(4)	25
NanoTextil (2007)	(4), (5)	20
Nanotechnologie im Bauwesen - NanoTecture (2007)	(5)	20
BIONA - Bionische Innovationen für nachhaltige Produkte und Technologien (2006)	(1), (2), (3), (4), (5)	20
Bioindustrie 2021 (2006)	(1), (2), (3)	60
Nachhaltige Bioproduktion (2000-2004)	(1), (2), (3)	30
Nachhaltige Waldwirtschaft (2004)	(2)	25
Innovationen als Schlüssel für Nachhaltigkeit in der Wirtschaft (2004)	(1), (2), (3), (4), (5)	100

¹⁾ Maßnahme mit kontinuierlichem Förderverfahren, Budgetangabe für den Planungszeitraum von fünf Jahren

Mit der Gesamtheit der Aktivitäten geht es darum, einen wirkungsvollen **Förderimpuls und Innovationsschub in Richtung Ressourcenproduktivität** in Deutschland einzubringen. In diesem Sinn hat das Thema ein hohes Gewicht im Portfolio des BMBF erhalten. Bei der Vertiefung des Umweltmasterplans stehen die nachfolgenden Förderinitiativen im Vordergrund, welche explizit auf die Nachhaltigkeitsziele ausgerichtet sind.

- In den Projekten des Förderschwerpunktes „**Innovationen als Schlüssel für Nachhaltigkeit in der Wirtschaft**“ werden Verfahren und Technologien entwickelt, die sich durch große Umweltverträglichkeit und Anwendungsbreite auszeichnen, wobei Effizienzpotenzialen hohe Bedeutung zukommt. Beispiele sind die Fertigung von Leichtbauteilen aus Holz, Kunststoffen und Metallen z.B. für die Automobilindustrie, umweltschonende Verfahren zur Herstellung funktionaler Oberflächen oder auch sensorische Verfahren zur Zustandüberwachung von Windenergieanlagen und Gasleitungen.
- Ziel der Förderaktivität „**BIONA**“ ist die Umsetzung bionischer Ansätze als Wegbereitung für eine industrielle Anwendbarkeit, um das Potenzial der Bionik für nachhaltige Produkte und Technologien verstärkt nutzbar zu machen. Ein wissenschaftliches Begleitvorhaben wird sich mit der Bewertung der Wirkungen dieser Förderung im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung befassen.
- Die Maßnahme „**Rohstoffintensive Produktionsprozesse**“ zielt auf Industrien mit hohem Primärmaterialansatz ab. Im Fokus stehen z.B. die Herstellung bzw. Verarbeitung von Eisen, Stahl, Glas, Papier und Keramik sowie die Chemie- und Baustoffindustrie. Als zukunftsweisend werden Lösungen betrachtet, die den Rohstoffeinsatz nicht nur auf Betriebsebene, sondern entlang der gesamten Prozesskette optimieren.
- Die neue Förderinitiative **KMU-innovativ** richtet sich an den Belangen kleiner und mittlerer Unternehmen aus. In vielen Bereichen der Spitzenforschung sind KMU die Vorreiter des technologischen Fortschritts. Bei der Erschließung neuer Märkte sind sie flexibel und schnell. Oft sind die KMU, zum Beispiel im Anlagenbau oder in der Mess-, Steuer- und Regeltechnik, die Treiber und Träger von Effizienztechnologien. Daher ist „Ressourcen- und Energieeffizienz“ eines der ersten Technologiefelder, in denen die neue Initiative im Oktober 2007 ausgeschrieben wurde. Im Vordergrund steht die **Verfahrenserleichterung für KMU bei Antragstellung und Bewilligung**. Antragsfristen sind nicht zu beachten und verbindliche Bearbeitungsfristen geben den Unternehmen Planungssicherheit.

Angesichts der Tatsache, dass der **Transfer und die Diffusion von Umwelttechnologien** noch der weiteren Unterstützung und Förderung bedürfen, ist die Verbreitung neuer Technologien ein zentraler Schwerpunkt des Umweltmasterplans. Um die Möglichkeiten einer verbesserten Rohstoffeffizienz zu verbreiten, hat das Bundesumweltministerium das **Netzwerk Ressourceneffizienz** initiiert. Mit seinem branchenübergreifenden Ansatz vermittelt es kon-

krete Ansatzpunkte für Steigerungen in der Ressourceneffizienz in allen gesellschaftlichen Gruppen. Die durch das Netzwerk Ressourceneffizienz angestoßenen partizipativen Prozesse, bei denen Akteure in Politik, Wirtschaft, Gewerkschaft und Wissenschaft zusammengeführt werden, bewirken einen breiten Erfahrungsaustausch über praktisches Know-how und über die weitere Verbesserung der Rahmenbedingungen. Dadurch können weitere Möglichkeiten erschlossen werden, um Hemmnisse abzubauen, Bürokratie zu verringern und Anreize zu geben. Die Aktivitäten des Netzwerkes Ressourceneffizienz können zur **Wahrnehmung des Themas Rohstoffproduktivität in der Wirtschaft und Politik** wirksam beitragen. In den Aktivitäten des Netzwerkes Ressourceneffizienz und der Umsetzung der BMBF-Förderschwerpunkte zum nachhaltigen Umgang mit Ressourcen werden BMU und BMBF eng zusammenarbeiten.

Darüber hinaus hat das Bundesumweltministerium eine Reihe von Projekten begonnen (Tab. 3), welche die Steigerung der Ressourceneffizienz von verschiedenen Ansatzpunkten aus und mit unterschiedlichen Multiplikatoren zum Ziel haben. Dabei geht es einerseits um die genauere Erhebung von Ressourceneffizienz- und Umwelttechnologiepotenzialen und andererseits um die Umsetzung von Maßnahmen zur Verbesserung der Energie- und Materialeffizienz. Erste Ergebnisse sind ab Mitte 2008 zu erwarten.

Die Anreize für Ökodesign und für Sekundärrohstoffnutzung werden ausgebaut, der Einsatz von Effizienztechniken unterstützt

Im Zusammenhang mit Materialeffizienz bezogenen Maßnahmen spielt das sog. Ökodesign eine immer größere Rolle. Hierunter ist die umweltgerechte Gestaltung eines Produkts oder Produktionsprozesses zu verstehen. Durch den verstärkten Einsatz von Ökodesign kann bereits in der Planungs- und Entwicklungsphase von Produkten darauf geachtet werden, dass bei der Herstellung weniger Material und Energie verbraucht werden und dass die Produkte auch über ihren Lebenszyklus hinweg bis einschließlich ihrer Entsorgung ressourceneffizient sind. Je weniger Material und Energie für die Produktion und die Nutzung eines Produktes eingesetzt werden und je mehr seiner Bestandteile am Ende seiner Lebensdauer wieder verwendet werden können, desto besser.

Tab. 3: Projekte des BMU zur Steigerung der Ressourceneffizienz

<p>Materialeffizienz und Ressourcenschonung</p>	<p>Ziel des Projektes sind substantielle Wissensfortschritte zu vier entscheidenden Kernfragen für die Steigerung der Materialeffizienz und für die Ressourcenschonung. Erstens gilt es, die Potentiale der Ressourceneffizienzsteigerung zu ermitteln. Zweitens sind Ansätze für zielgruppenspezifische Ressourceneffizienzpolitiken zu entwickeln. Wesentliche Forschungsfortschritte werden drittens auch für eine Wirkungsanalyse notwendig. Der vierte Baustein ist die wissenschaftliche Begleitung der konkreten Umsetzung und des Agenda Settings sowie die Verbreitung der Ergebnisse.</p> <p>Ein Konsortium mit 30 Partnern unter Führung des Wuppertal Instituts führt das Projekt über eine Laufzeit von 4 Jahren durch.</p>
<p>Aufbau einer best-practice Datenbank für Effizienztechnologien</p>	<p>Im Rahmen des Netzwerks Ressourceneffizienz soll in Kooperation mit dem VDI eine öffentliche Datenbank zu Effizienztechnologien aufgebaut werden. In dem Vorhaben geht es konkret um die Vermittlung von Wissen u. a. bzgl. der Analyse der Produktionsprozesse im Hinblick auf reale Einsparungsmöglichkeiten bei Energie- und Materialeinsatz entlang der Wertschöpfungskette, Material bzw. Ressourcenkostenrechnung. Die Datenbank dient auch als Grundlage für das geplante Kompetenzzentrum Umwelt-, Klimaschutz- und Ressourceneffizienztechnik und unterstützt dadurch laufende BMU Aktivitäten.</p>
<p>Sozialpartnerschaftlicher Dialog zur Ressourceneffizienz von Aluminiumprodukten</p>	<p>Im Rahmen des Netzwerks Ressourceneffizienz wird in Kooperation mit dem Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V und der IG Metall ein Branchendialog zur Verbesserung der Ressourceneffizienz in der Aluindustrie durchgeführt. Ziel des Projektes ist die Entwicklung von innovativen Ansätzen zur Förderung von ressourceneffizienten Aluminiumprodukten in Deutschland. Diese Aufgabe soll im Rahmen des sozialpartnerschaftlichen Branchendialoges bearbeitet werden, der vom Gesamtverband der Aluminiumindustrie und den angeschlossenen Unternehmen, der IG Metall und Betriebsräten sowie weiteren, externen Akteuren, z.B. aus Politik, Verwaltung und anderen Branchen getragen wird. Damit sollen auch komplementäre Wege zu hoheitlichen Vorgaben der produktbezogenen Umweltpolitik sondiert werden.</p>
<p>Berufliche Weiterbildung zur Verbesserung der Ressourceneffizienz in Betrieben</p>	<p>Im Rahmen des Netzwerks Ressourceneffizienz wird in Kooperation mit dem DGB und DGB-Bildungswerk ein Pilotprojekt gestartet. Ziel des Vorhabens ist es, Arbeitnehmer (Betriebsräte u. a.) in gewerkschaftlichen Schulungsmaßnahmen für die Steigerung der Ressourceneffizienz im Betriebs- bzw. Produktionsablauf zu sensibilisieren und ihnen praktisch-technische Kenntnisse zu vermitteln, die sie befähigen, Veränderungsprozesse im Betrieb anzuregen und ggf. auch umzusetzen. Das im gewerkschaftlichen Rahmen (in Kooperation mit DGB) zu erarbeitende Konzept soll dabei auch auf andere Bereiche übertragbar sein.</p>

Ein Instrumentarium dafür ist unter anderem die europäische EuP-Richtlinie mit ihren Durchführungsmaßnahmen, die Mindesteffizienzstandards für Produkte vorgeben. Auch Produktkennzeichnungen, wie etwa der Blaue Engel, sollen stärker als Benchmarks im Sinne eines Top Runner Ansatzes sowie zur Information über die Effizienzeigenschaften eines Produktes genutzt werden. In diesem Zusammenhang müssen auch Optionen für neue Organisationsformen und Verhaltensmuster entwickelt und für deren Akzeptanz in der Wirtschaft und Gesellschaft geworben werden.

Bei der Verbesserung der Recyclingfähigkeit spielt das Öko-Design ebenfalls eine wichtige Rolle. In der Planungs- und Konstruktionsphase von Produkten werden durchschnittlich 80% aller späteren Umweltbelastungen „festgelegt“. Die Stoffströme müssen optimiert und Recyclingpotentiale noch besser ausgeschöpft werden. Dies kann erreicht werden, indem Nutzungs- und Dienstleistungskonzepte entwickelt werden, die wirtschaftliche Anreize für die Nachrüstung und Reparaturfreundlichkeit von Geräten schaffen, so dass Stoffkreisläufe beispielsweise bei Kunststoffen und Metallen geschlossen werden können.

Dieses Ziel kann u. a. mit Hilfe von Anwendungsbeschränkungen für gefährliche Stoffe und Zielvorgaben zur ökologischen Produktgestaltung erreicht werden. Bestehende Regulierungen, die das Rohstoffrecycling behindern, sollen überprüft und ggf. angepasst werden. Dabei sind auf EU-Ebene funktionierende Märkte für bestimmte Sekundärrohstoffe (z.B. Kunststoffe, Buntmetalle) zu schaffen, die Rohstoffrecycling und die Gewinnung von Sekundärrohstoffen in der EU unterstützen.

Ein wichtiges Ziel der politischen Maßnahmen ist darüber hinaus, den Einsatz von Effizienztechnologien in der deutschen Wirtschaft und insbesondere in KMU zu unterstützen. Hier setzen bereits laufende Maßnahmen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie an – u. a. Maßnahmen der Beratung zu Materialeffizienz in den Betrieben und zur Unterstützung von entsprechenden Netzwerken und des Datenaufbaus zu Good-practice-Beispielen, die in der zweiten Phase des Masterplans vertieft werden sollen.

Das nachhaltige Wirtschaften wird durch Bildung und Ausbildung unterstützt

Die Steigerung der Rohstoffeffizienz ist ein wissens- und technologieintensives Handlungsfeld. Wichtig ist daher, dass das Bildungsniveau von Unternehmensmitarbeitern mit der Einführung neuer Effizienztechnologien Schritt hält. Berufliche Weiterbildung spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle. Das BMU hat daher die Entwicklung eines **Weiterbil-**

ditionskonzepts zum Thema Ressourceneffizienz für Arbeitnehmer initiiert. Im Rahmen des Netzwerks Ressourceneffizienz wird in Kooperation mit dem DGB und DGB-Bildungswerk ein Pilotprojekt gestartet. Ziel des Vorhabens ist, Arbeitnehmer (Betriebsräte u.a.) in gewerkschaftlichen Schulungsmaßnahmen für die Steigerung der Ressourceneffizienz im Betriebs- bzw. Produktionsablauf zu sensibilisieren und ihnen praktisch-technische Kenntnisse zu vermitteln, die sie befähigen, Veränderungsprozesse im Betrieb anzuregen und ggf. umzusetzen. Das im gewerkschaftlichen Rahmen (in Kooperation mit DGB) zu erarbeitende Konzept soll auch auf andere Bereiche übertragbar sein.

Auch von der Mitwirkung in Forschungsvorhaben der Verbundforschung können viele Betriebe hinsichtlich der Qualifizierung ihrer Mitarbeiter nennenswert profitieren. Das BMBF unterstützt im Rahmen seiner Förderschwerpunkte außerdem gezielt die Bildung und Ausbildung im Wirtschaftsbereich mit spezifischen Modulen, z.B. durch die Finanzierung befristeter Aufenthalte von KMU-Mitarbeitern in wissenschaftlichen Einrichtungen. In einem Pilotprojekt erschließt das Bundesinstitut für Berufsbildung neue Wege der Verbindung von Forschung und beruflicher Aus- und Weiterbildung für die Wald- und Holzwirtschaft. Da die Bionik ein anspruchsvolles Tätigkeitsfeld gerade für junge Wissenschaftler und Ingenieure ist, werden im Förderschwerpunkt BIONA auch Nachwuchswissenschaftlergruppen und bildungsbezogene Begleitvorhaben gefördert.

Mit Blick auf die globalen Verflechtungen von Rohstoffmärkten und Wertschöpfungsketten spielen internationale Netzwerke und Forschungsk Kooperationen zwischen Entwicklungs-, Schwellen- und Industrieländern eine große Rolle. Das BMBF fördert mit dem DAAD-Programm „Studieren und Forschen für die Nachhaltigkeit: Biogene Ressourcen und Wertschöpfungsketten“ die **internationale Kooperation** (Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika) **in Bildung und Forschung** mit dem Ziel, Problemlösungs- und Handlungskompetenzen für die nachhaltige Produktion biogener Ressourcen aufzubauen.

Instrumente zur internationalen Diffusion werden erprobt und verstärkt eingesetzt

Der nachhaltige Umgang mit Ressourcen ist nicht nur eine deutsche Zielsetzung, sondern auch eine europäische. Deutschland hat sich daher mit verschiedenen europäischen Ländern in zwei ERA-Nets zusammengeschlossen, um die nationalen Förderaktivitäten im Bereich Rohstoffeffizienz / Sekundärrohstoffe (SUSPRISE) und innovative Holznutzungen (Woodwisdom) zu koordinieren. Bei ca. 4 Mio. € Fördermitteleinsatz des BMBF können deutsche Unternehmen an Ergebnissen teilhaben, die in transnationalen Forschungsverbänden aus ei-

nem Gesamtfördervolumen von 25 Mio. € erzielt werden. Über die Europäischen Technologieplattformen SusChem (Sustainable Chemistry) und FTP (Forest Based Sector TP) wird deutsches Wirtschaftsinteresse in die europäische Politik eingebracht.

Mit Blick auf den globalen **Technologieexport** hat das BMBF im Oktober 2007 zur Initiative „Werbung für den Forschungsstandort Deutschland“ die Förderrichtlinie „Umsetzung von Marketing-Maßnahmen im Technologiefeld Umwelttechnologien“ veröffentlicht. Den Export von Umwelttechnologien unterstützt auch die BMU Initiative Recycling- und Effizienztechnik (RETECH). In diesem Rahmen wird derzeit ein Internet-Metaportal eingerichtet, das auf Informationsdienste von bestehenden Portalen wie „Cleaner Production Germany“ des Umweltbundesamtes verweist (mit Fokus auf die Abfallentsorgungsbranche und –technologien) bzw. spezielle Datenbanken bereitstellt.

C) Roadmap

Schritte, Meilensteine	Akteure	Federführungen
<u>Basis:</u>		
<u>BMBF:</u> Förderrichtlinie BIONA – Bionische Innovationen für nachhaltige Produkte und Technologien (10/06) Förderrichtlinie KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz (10/07) Förderrichtlinie „Rohstoffintensive Produktionsprozesse“ (10/07) Innovationsforum für Rohstoffproduktivität, gekoppelt an die internationale Konferenz „FONA-Forum“ am 23. bis 25. September	BMBF, Wissenschaft, Wirtschaft	BMBF
<u>BMU:</u> Netzwerk Ressourceneffizienz, gegründet im März 2007	BMU, Wirtschaft, Verbände, Wissenschaft, Bundesressorts	BMU
<u>BMW:</u> Maßnahmen zur Verbesserung der Materialeffizienz - Förderung von Beratung in Einzelbetrieben und Unterstützung von Netzwerken - gestartet 2005	BMW, Wirtschaft, Wissenschaft	BMW

<p>Deutscher Materialeffizienzpreis für innovative betriebliche Lösungen zur Steigerung des Materialeffizienz (seit 2004 jährlich)</p> <p>Konferenz „Effizient produzieren – gut gerüstet für den Wettbewerb“ mit Verleihung des Deutschen</p>		
<u>Fortschreibung:</u>		
<p>Herbst 2008</p> <p>Fortschrittsbericht zur nationalen Nachhaltigkeitsstrategie mit neuem Schwerpunkt „Schritte zu einer nachhaltigen Rohstoffwirtschaft“</p>	BReg.	BReg.
<p>bis Ende 2008</p> <p>Verbindung des Netzwerks Ressourceneffizienz mit den BMBF-Maßnahmen auf der operationellen Ebene</p>	BMU, BMBF	BMU, BMBF
<p>Ende 2008</p> <p>Bestandsaufnahme aus laufenden Aktivitäten und inhaltlicher Abgleich, Festlegung weiterer Schritte</p>	Beide Ressorts	Beide Ressorts
<p>Januar 2009</p> <p>Start des überarbeiteten Programms zur Verbesserung der Materialeffizienz in KMU</p>	BMWi	BMWi
<p>Juni 2009</p> <p>Kickoff-Veranstaltung zum Förderschwerpunkt „Rohstoffintensive Produktionsprozesse“</p>	BMBF, Wirtschaft, Wissenschaft	BMBF, BMU
<p>2010</p> <p>Weitere Förderbekanntmachungen des BMBF mit direktem Bezug zum Umweltmasterplan</p>	BMBF, Wissenschaft, Wirtschaft	BMBF

3.3 KLIMASCHUTZTECHNOLOGIEN

A) Ausgangslage und Ziele

Klimaschutz - eine Herausforderung und Chance zugleich

Deutschland hat sich als Wegbereiter für den Klimaschutz ehrgeizige Ziele gesetzt: Bis 2020 soll die Energieproduktivität gegenüber 1990 verdoppelt werden. Die Bundesregierung bietet als deutschen Beitrag für ein internationales Klimaschutzabkommen nach 2012 an, die Emissionen bis 2020 um 40% unter das Niveau von 1990 zu reduzieren. Dieses Angebot steht unter der Voraussetzung, dass die Europäische Union im selben Zeitraum ihre Emissionen um 30% gegenüber 1990 reduziert und andere Staaten vergleichbar ehrgeizige Ziele übernehmen. Die Bundesregierung begegnet der Herausforderung des Klimawandels mit dem **Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP)**, dessen erster Teil am 5. Dezember 2007 durch das Kabinett beschlossen wurde. Die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern soll reduziert und der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung konsequent ausgebaut werden. Dieser neu gesetzte Rahmen wird von allen Bundesressorts gestützt. Er eröffnet die Möglichkeit, die Potenziale von Forschung und Entwicklung zu Geltung und Wirksamkeit zu bringen. Die Antwort auf den weltweit steigenden CO₂-Ausstoß liegt in einer Politik, die konsequent auf Innovation und Marktdiffusion sowie auf die internationale Verfügbarkeit neuer Technologien setzt.

Investitionen in und die weltweite Anwendung von Technologien mit geringen Treibhausgas-Emissionen sowie Technologieverbesserungen durch öffentliche und private Forschung, Entwicklung und Demonstration (FE&D) wären nötig, um Stabilisierungsziele sowie eine Kostenreduktion zu erreichen.

Je niedriger die Stabilisierungsniveaus, ..., desto größer der Bedarf an effizienteren FE&D-Anstrengungen und an Investitionen in neue Technologien in den kommenden Jahrzehnten.

Forschung, Entwicklung und Demonstration können technologische Fortschritte ankurbeln, Kosten reduzieren und Fortschritte in Richtung Stabilisierung ermöglichen.

Vierter IPCC-Sachstandsbericht (AR4), Zusammenfassung für Entscheidungsträger des dritten Teils: „Klimawandel 2007: Verminderung des Klimawandels“

Energietechnologien sind Gegenstand verschiedener Programme der Bundesregierung und werden im Rahmen dieser Programme weiterentwickelt (u. a. 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellen). Teilweise greift der Umwelttechnikmasterplan auf Maßnahmen und Roadmaps, die im Rahmen dieser Programme erstellt werden, zurück. Der Masterplan bezieht sich darüber hinaus an der Innovationspolitik der **Hightech-Strategie für den Klimaschutz**. Sein Ziel ist dabei, die Hightech-Strategie für Klimaschutz unter dem Blickwinkel der Leitmarktentwicklung für Umwelttechnologien zu unterlegen und weiterzuentwickeln.

Bedeutung der Erneuerbaren Energien, Effizienztechnologien und CO₂-Minderungs- und Speichertechnologien weiter steigern und nutzen

Bereits heute leisten deutsche Spitzentechnologien ihren Beitrag zu weltweiten Bemühungen um Klimaschutz und Energieeffizienz und stärken damit die Position Deutschlands als Exportnation. Deutschland hat im Jahr 2004 Klimaschutzgüter im Wert von 8,6 Mrd. € exportiert. Dies entspricht einem Anteil von 1,3 % an den Ausfuhren von verarbeiteten Industriewaren. Der Welthandel ist bei Klimaschutzgütern seit 2003 bei einer jahresdurchschnittlichen Zuwachsrate von 9 % auf das Zweieinhalbfache gestiegen. Er ist damit, mit einem entscheidenden Vorstoß ab 2002, der allgemeinen Welthandelsdynamik enteilt. Die USA sind mit einem Anteil von 18 % an den Weltausfuhren der größte Exporteur von potenziellen Klimaschutzgütern, gefolgt von Japan (15 %), Deutschland (13 %), Großbritannien (7 %), Frankreich und Italien (je 5 %).

Bezüglich künftiger Marktpotenziale ist eine zweiphasige Entwicklung abzusehen: **Kurz- und mittelfristig** ergibt sich zur Erreichung der Klimaschutzziele ein Bedarf an Effizienztechnologien und erneuerbaren Energien. In Anbetracht des von der Internationalen Energieagentur prognostizierten überproportionalen Nachfragewachstums nach Energie, insbesondere elektrischer Energie, ist die **Steigerung der Energieeffizienz wie auch ein schneller Ausbau der Erneuerbaren Energien** von großer Bedeutung. Die Entwicklung von Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen **mit CO₂-Abtrennung und dessen Speicherung im tiefen Untergrund (CCS)** kann möglicherweise ab 2020 ebenfalls einen Beitrag leisten. Der Weltmarkt für Technologien der Energieeffizienz (ohne Transport) wird Untersuchungen zufolge bis 2030 ein Volumen von 1000 Mrd. \$ haben, wovon ca. zwei Drittel auf die OECD-Staaten entfallen. **Langfristig** werden **erneuerbare Energien einen erheblichen Anteil** an der globalen Energieversorgung haben, wobei der Markt auch die dafür erforderlichen Netz- und

Speichertechnologien umfasst wird. Die Dynamik des Marktes wird wesentlich vom Preis für eine Tonne CO₂ getrieben. Annahmen über dessen Entwicklung und die Ausbreitung des CO₂-Emissionshandels sind eine wichtige Grundlage für die Ermittlung der Marktpotenziale für Klimaschutztechnologien.

Die Marktpotenziale für wichtige Klimaschutztechnologien stellen sich wie folgt dar:

Der Markt für Anlagen zur Nutzung **erneuerbarer Energien** wächst sehr dynamisch. 2006 wurden in Deutschland für Investitionen in neue Anlagen rund 11,3 Mrd. € (insbesondere in Photovoltaik und Windenergie) aufgebracht. Weltweit wurden im Jahr 2004 etwa 43 Mrd. € in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien investiert. Für 2030 (2020) wird der Anstieg der weltweiten Investitionen auf bis zu 460 Mrd. € (250 Mrd. €) geschätzt. Die größten Marktvolumina werden bei Biomasse, Windenergie, Wasserkraft und Photovoltaik erwartet. Insgesamt schätzen die im Bereich Erneuerbare Energien tätigen Unternehmen Deutschlands ihre Wettbewerbsposition als gut bis sehr gut ein. Dies zeigt sich in einem starken Weltmarktanteil von über 20 %. Dank des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und der Forschungsförderung der erneuerbaren Energien ist die deutsche Industrie in vielen Bereichen der erneuerbaren Energien Technologieführer auf den Weltmärkten bzw. befindet sich in der Spitzengruppe der weltweiten Anbieter. Gerade auch hieraus resultiert ein kräftiger Beschäftigungsimpuls für den deutschen Arbeitsmarkt: So waren den erneuerbaren Energien 2006 in Deutschland bereits circa 235.000 Arbeitsplätze zuzurechnen, fast 50 % mehr als zwei Jahre zuvor.

- Bei der **Photovoltaik** (PV) hält die starke Entwicklung des Weltmarktes mit durchschnittlichen Steigerungsraten von rund 40 % pro Jahr an. Die deutschen Hersteller nehmen hinter Japan den zweiten Platz ein und konnten in den letzten Jahren ihren Weltmarktanteil steigern. Limitierender Faktor für die Photovoltaikmärkte ist das Silizium, da es für über 90 % aller Solarzellen verwendet wird und die Nachfrage den Ausbau der Produktionskapazitäten übersteigt. Die internationale Spitzenposition der deutschen PV-Unternehmen ist in erheblichem Maße auf die Wirkung des EEG und eine konsequente Forschungsförderung zurückzuführen. In den nächsten Jahren dürfte sich der Engpass beim Rohstoff Silizium entspannen, u. a. aufgrund von Forschungen zu alternativen Produktionsverfahren für Silizium.
- Für **solarthermische Kraftwerke** zeichnen sich gute Potenziale ab. In den USA wurde nach langjährigem Stillstand erstmals wieder ein solarthermisches Parabolrin-

nenkraftwerk in Betrieb genommen, weitere Kraftwerke befinden sich in Spanien im Bau und in einer Reihe von Ländern in der Planung. Für solarthermische Kraftwerke gibt es in Deutschland zwar keinen eigenen Markt, in Spanien entstehen aber derzeit die ersten kommerziellen Parabolrinnenkraftwerke in Europa, in denen zu großen Teilen deutsche Technologie verbaut wird.

- Der **Windenergiemarkt** setzt die Tendenz der vergangenen Jahre fort: Einem langsamer wachsenden Binnenmarkt stehen hohe Wachstumsraten auf dem Weltmarkt gegenüber. Im Jahr 2007 lag der Zubau an Windenergieanlagen bei rund 18.000 MW. Dabei hatten erneut die USA die Nase vorn. Die wichtigste Stütze für das Wachstum der deutschen Windbranche ist der Export, 2006 machte er etwa drei Viertel des Umsatzes aus. Der Anteil der deutschen Windenergieindustrie am weltweiten Gesamtumsatz lag damit bei 37 %.
- Der deutsche Markt für **Niedertemperatur-Solarthermie** hat derzeit ein Volumen von ca. 750 Mio. €, der Weltmarkt ca. 3 Mrd. €, mit einem geschätzten Wachstum von ca. 30 % pro Jahr. Rund drei Viertel der weltweit installierten Kollektoren entfallen auf China. Deutschland hat einen Anteil von über 40 % an der insgesamt in Europa installierten Leistung und ist hier weiterhin Markt- und Technologieführer.



Abb. 6: Deutschland hat derzeit bei den Investitionen in erneuerbare Energien und bei der Innovation und Produktion von Anlagen weltweit eine herausgehobene Position.

- Der Bereich der **energetischen Biomassenutzung** wird ebenfalls als Wachstumsmarkt angesehen. Allerdings bestehen hier regionale Nutzungskonkurrenzen im Hinblick auf die Ernährungssicherung und die stoffliche Nutzung von Biomasse.
- Eine **Optimierung der Energieversorgungssysteme** ist angesichts des Ausbaus der erneuerbaren Energien notwendig. Die Optimierung der Netzinfrastruktur und Verfahren zur Netzregelung und zum Lastmanagement erfahren im Hinblick auf den steigenden Anteil fluktuierender Stromerzeugungsquellen eine wachsende Bedeutung.

Energieeffiziente Produkte und Technologien sind in verschiedenen Bereichen des **täglichen Lebens** bedeutsam. Fast 40 % der in Deutschland eingesetzten Energie fließen in die **Raumheizung und die Warmwasserbereitung**, in den privaten Haushalten sogar 86 % (Heizwärme 74 %, Warmwasser 12 %). Zurzeit besteht ein Nachfrageschub nach den Dämmstoffen Steinwolle, Polystyrol, Kork- und Kokosplatten. Weltweit wird der Markt für Klima- und Heizungstechnik auf ca. 80 Mrd. € geschätzt, mit einem Wachstum von 5 % pro Jahr. Bei der **Beleuchtung** lassen sich Einsparpotentiale u. a. durch den Einsatz marktgängiger Leuchtstofflampen (Einsparung 80 %) oder durch architektonische Maßnahmen realisieren. Erforscht werden derzeit z.B. organische Leuchtdioden und aufdruckbare Beleuchtungen. Für diese Anwendung soll das Marktvolumen einer Studie zufolge bis 2014 auf 2.7 Mrd. \$ steigen. In F&E- und Demonstrationsprojekten des Förderprogramms „Energieoptimiertes Bauen“ des BMWi werden Effizienztechnologien und innovative Konzepte im Gebäudesektor behandelt. Weitere Einsparpotentiale bietet der Einsatz energieeffizienter Geräte im **Haushalts- und Medienbereich**, der weltweite Markt für energieeffiziente Geräte wird auf 100-120 Mrd. € geschätzt. Deutsche Hersteller von Haushalts- und Elektrogeräten sind mit Blick auf Qualität und Energieeffizienz führend.

Es gibt erhebliche Potenziale zur Steigerung der **Energieeffizienz im produzierenden Gewerbe**. Hier setzt der Förderschwerpunkt „Energieeffizienz in der Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ des BMWi an. Ca. 65 % des industriellen Stromverbrauchs entfallen auf Elektromotoren, gleichzeitig wird ein Zehntel des Weltmarktes für Elektromotoren von deutschen Unternehmen beliefert. Die Mess- Steuer- und Regelungstechnik (MSR) trägt stark zur Energieeffizienz im produzierenden Gewerbe bei. Zur Optimierung ihrer Energienutzung nehmen immer mehr Unternehmen **Dienstleistungen** (z. B. Beratungsleistungen, Contracting-Modelle) in Anspruch. Den Contracting-Anbietern wird ein bedeutendes Wachstumspotential eingeräumt, da ein großer Teil des Marktes noch nicht erschlossen ist: Der Zentralverband

Elektrotechnik und Elektronikindustrie kommt in einer aktuellen Studie auf ein Marktvolumen von 20 Mrd. € und geht von einer Wachstumsrate von 15-20 % in Deutschland aus.

Ein wesentlicher Anteil der Klimagase entweicht bei der **Verstromung fossiler Energieträger** insbesondere von Kohle, aber auch von Erdgas. Der Anteil der Kohle an den globalen CO₂-Emissionen liegt derzeit – je nach Abschätzung – zwischen 40 und 46 %. Auf der anderen Seite ist Kohle der fossile Energieträger mit der größten Reichweite. **Carbon Capture and Storage (CCS)**, die Abscheidung und Speicherung des überwiegenden Teils an CO₂, beinhaltet verschiedene Technologien, die auf einen Übergang zur CO₂-armen Kohlekraftnutzung ausgerichtet sind. An der technischen und praktischen Umsetzung arbeiten heute europaweit Wissenschaftler und Unternehmer der Energiewirtschaft sowie Anlagenbauer zusammen mit dem Ziel, die Machbarkeit der Technologie in Demonstrationsanlagen zu erproben und Voraussetzungen für eine sichere Speicherung zu schaffen. Unterstützt werden sie dabei durch die Forschungsprogramme COORETEC des BMWi und GEOTECHNOLOGIEN des BMBF. Im internationalen Vergleich kann die Stellung Deutschlands als gut bis sehr gut bezeichnet werden. Auch andere Länder z.B. die USA führen Forschungsprogramme durch.

Viel versprechende Technologien zur Umsetzung bringen

Klimaschutz ist – wie sich auch an den oben skizzierten Marktperspektiven abzeichnet - ein hoch dynamisches und breites Innovationsfeld. Moderne Spitzentechnologien für den Klimaschutz greifen an der Energieversorgung und Energieeffizienz, an der Mobilität und am Gebäudesektor, aber auch an der Landnutzung und an grundlegenden Technologien wie der Chemie und Materialforschung an. Die globale Dimension der Aufgabe verlangt jedoch auch nach neuen Wegen der internationalen Zusammenarbeit. Die Tragweite der Klimaänderung und die Notwendigkeit zur Anpassung machen die weitere Stärkung der Wissensbasis und die Aufarbeitung des Forschungswissens für die verschiedenen Entscheidungsträger erforderlich.

Sowohl in der Energieerzeugung als auch mit Blick auf die Verwendung von Energie wurden in letzter Zeit große **technologische Fortschritte** erzielt. Abhängig von den relevanten Rahmenbedingungen stehen verschiedene **Technologien vor dem Durchbruch**.

Dies sind zum Beispiel

- **Photovoltaik:** Kontinuierliche Kostenreduktionen bei der Solarsiliziumproduktion und Verbesserungen bei Dünnschichttechnologien mit unterschiedlichen Materialkonstellationen werden die Photovoltaik nach und nach an die Wettbewerbsfähigkeit heranführen. Ein neues Innovationsfeld ist die organische Photovoltaik (5 Mrd. € geschätzter Weltmarkt in 2015 und 30 Mrd. € in 2027).
- **Windenergie:** hier v.a. der Offshore-Bereich; 2008 wird das Offshore- Testfeld Alpha Ventus gebaut und mit einem umfassenden Forschungskonzept begleitet.
- **Solarthermische Kraftwerke:** Innovative Ansätze und neue Technologien für Parabolrinnenkraftwerke – z.B. Direktverdampfung und Fresneloptik. In Jülich wird Ende 2008 ein solares Turmkraftwerk als Versuchskraftwerk mit einem Hochtemperaturspeicher in Betrieb gehen, der den Kraftwerksbetrieb ohne Sonneneinstrahlung eine Stunde lang unter Vollast aufrecht erhalten kann
- **Niedertemperatur-Solarthermie:** Kostensenkungen und innovative Verfahren bei der Produktion der Kollektoren (z.B. Infrarotschweißen), hocheffiziente Flachkollektoren, neue günstigere Speicherkonzepte. Im Bereich der solaren Klimatisierung wurde im November 2007 in Esslingen-Berkheim die größte Anlage zur solaren Klimatisierung (Adsorptionskältemaschinen) in Europa in Betrieb genommen.
- **Geothermie:** Mit dem aus Forschungsmitteln des Bundes unterstützten Geothermiekraftwerk im pfälzischen Landau wurde im November 2007 die erste ganzjährig industriell nutzbare Anlage zur Stromerzeugung und Wärmenutzung in Betrieb genommen. Insgesamt sind in Deutschland derzeit rund 150 Geothermieprojekte in Bearbeitung.
- **neue Stromspeichersysteme:** z.B. Hochleistungsbatterien auf Lithium-Ionen-Basis für den stationären Einsatz sowie für den Verkehrssektor. In 2005 betrug der Anteil dieser Batterien rund 70 % am weltweiten Batterieumsatz von ca. 3,4 Mrd. €. Bis 2015 wird für Lithium-Ionen-Batterien eine Steigerung um mehr als 50 % erwartet.
- **innovative Beleuchtungssysteme:** Organische Leuchtdioden (OLEDs, Organic Light Emitting Diodes) befinden sich im Markteinführungsstadium. Weltweite Forschungsanstrengungen verschiedener Hersteller weisen auf eine hohe zukünftige Wettbewerbsintensität hin. Die Erschließung neuer Anwendungsgebiete wird eine stark wachsende Nachfrage auslösen.

- **CO₂-sparende Technologien für den Automobilbereich:** Die Innovationsdynamik des Bereiches „Nachhaltige Mobilität“ ist in den Bereichen „Antriebe“ und „Emissionen“ als besonders hoch einzuschätzen. Aufgrund dieser Potenziale wird die zweite Phase des Masterplans den Bereich „Nachhaltige Mobilität“ vertiefen.

Das Feld der **Erneuerbaren Energien** weist, wie anhand der genannten Beispiele dargestellt, über alle Sparten und Technologiebereiche hohe Entwicklungspotenziale auf. Dies schlägt sich auch in hohen Wachstumsraten des Marktes (über 30 %) und der zu erwartenden Kostendegression nieder, die hohe technologische Durchbrüche erwarten lässt, und wird durch Delphi-Studien bestätigt. Die Realisierungszeiträume der verschiedenen Technologien sind sehr unterschiedlich, was eine zweigeteilte Strategie eines kurz- bis mittelfristigen Ansatzes der Markteinführung und Diffusion in Kombination mit einem mittel- bis langfristigen Ansatz für Forschung und technologische Weiterentwicklung nahe legt. Die auf dem Feld der erneuerbaren Energien tätigen Unternehmen sehen als die herausragenden vorhandenen Innovationstreiber ein starkes Nachfragewachstum und die Verfügbarkeit von Eigenkapital an. Als ebenfalls bedeutsam, aber nicht in dem hohen Maße vorhanden, wird die Verfügbarkeit von verwertbaren Forschungsergebnissen und von qualifizierten Technikern und Ingenieuren angesehen. Bezüglich der regulativen Rahmenbedingungen fällt das Erneuerbare Energien Gesetz ins Gewicht, das sich als effizientes Instrument zum Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland erwiesen hat.

Im Hinblick auf die Hauptsegmente der **Energieeffizienz** weist Deutschland neben der Gebäudetechnik bei den industriellen Verfahren und Produkten, einschließlich der Querschnittstechnologien eine hohe Innovationskraft auf, was sich im relativen Patentanteil (RPA) widerspiegelt. Dies betrifft u.a. industrielle Großprozesse, wo Deutschland traditionell stark ist (Eisen/Stahl, Papier), Industrieöfen und Trockner. Die Mess-, Steuer- und Regelungstechnik erbringt für diverse Anwendungsbereiche Innovationen für Energieeffizienz. Intelligente Lösungen wie beispielsweise der Einsatz der Supraleitungstechnik können weitere Effizienzpotenziale erschließen. Das BMWi hat daher seine Förderaktivitäten auf diesen Gebieten nochmals ausgeweitet und finanziell verstärkt. Eine wichtige Rolle im Innovationsgeschehen spielen kleine und mittlere Unternehmen, die in F&E für Energieeffizienz überdurchschnittlich viel investieren. Im Hinblick auf die Vielfalt der Möglichkeiten und noch bestehenden Potenziale ist die Diffusion von Energieeffizienztechnologien allerdings noch zu gering. Viele der heute am Markt verfügbaren Produkte und Technologien werden wenig genutzt. Neben der hohen Nutzungsdauer vorhandener Investitionen bzw. einer auf niedrige Anschaffungs- oder

Amortisationszeiten konzentrierten Einkaufspolitik spielen Informations- oder auch Qualifikationsdefizite als Grund hierfür eine wichtige Rolle. Bei den Verbrauchern nehmen Verhaltensänderungen darüber hinaus in der Regel lange Zeiträume in Anspruch. Politische Rahmenbedingungen (Ordnungsrecht, Förderstrategien, Qualitätssicherung) tragen zur Anwendung energiesparender Technologien wesentlich bei.

Die **CCS-Technologie** bedarf der Erprobung, die Markteinführung könnte ab 2020 eintreten. Die laufende Forschung befasst sich mit Fragen der Abtrennung, des Transports und der Speicherung sowie mit der ökologischen und ökonomischen Analyse/Gesamtbewertung der Technologiekette. Potenzielle Hemmnisse für die CCS-Technologie sind u.a. die öffentliche Akzeptanz. CCS kann, sofern sich die bisherigen Prognosen zur technologischen Machbarkeit, zu Potenzialen, Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Umwelt- und Klimaverträglichkeit der CCS-Technologien als belastbar erweisen, ein grundlegender Bestandteil einer weltweiten und nationalen „Clean-fossil-fuel-Strategie“ sein.

Wir bündeln Wissenschaft und Wirtschaft und beschleunigen Innovationen

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchweg gute Wissensbasis und gutes technologisches Potential in wichtigen Technologiefeldern ▪ Gute Zusammenarbeit zwischen angewandter Forschung und Industrie ▪ Technologievorsprung Deutschlands z.B. bei erneuerbaren Energien, energieeffizienten industriellen Produktionsverfahren und CCS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Klimaschutz besitzt weltweit hohe politische Priorität ▪ expandierender Weltmarkt für energieeffiziente Produkte und Technologien ▪ Klare und ambitionierte rechtliche Vorgaben und Förderung von Diffusion und Forschung für erneuerbare Energien ▪ Erhaltung der Marktführerschaft und gleichzeitig Aufbau internationaler Kooperationen
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mangelndes Interesse bei Investoren für energieeffiziente Produkte und Technologien, langsame Diffusion ▪ Viele relevante Technologien sind durch politische Regulierung und Anreizsysteme getragen ▪ Mangel an qualifiziertem Personal 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konkurrenz aus Asien und Amerika ▪ Akzeptanz in der Bevölkerung noch offen

Übergeordnetes Ziel des Masterplans Umwelttechnologien im Bereich Klimaschutz ist, die Potenziale von Forschung und Entwicklung zur Erreichung der Klimaschutzziele zu mobilisieren. Dort, wo bereits umfassende Programme existieren (z. B. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung), werden die Maßnahmen im Rahmen dieser Programme durchgeführt. Die Kräfte von Forschung und Wirtschaft sollen gebündelt und Leitmärkte gestaltet werden.

Die operationellen Ziele sind:

- die Stärkung der Klimaforschung für eine fundierte Wissensbasis zum Klimaschutz
- die Kompetenzvermittlung zur Entscheidungsunterstützung
- den umwelt- und naturverträglichen Ausbau erneuerbarer Energien und die Verbreitung von Energieeffizienztechnologien vorantreiben, z.B. durch Kostensenkungen bei Erneuerbaren Energien und Optimierung der Energiesysteme insgesamt. Weiterentwicklung und Umsetzung von Klimaschutztechnologien für neue Märkte.
- die Festigung und der Ausbau der internationalen Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen und Forschungsinstitute bei den Schlüsseltechnologien, z.B. erneuerbare Energien und Energieeffizienz.

B) Maßnahmen

Die Wissens- und Technologiebasis wird ausgebaut und verfügbar gemacht

Die Antwort auf die weltweite Herausforderung des Klimaschutzes liegt zu großen Teilen in neuen Innovationen und technologischen Entwicklungen, die gleichzeitig die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands sichern und stärken. Die Bundesregierung hat dem durch ein hohes Maß an Kontinuität in der Energieforschungsförderung über viele Jahre Rechnung getragen. Die Grundlage der aktuellen Förderpolitik bildet das 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. Es setzt mit Energieeffizienz und erneuerbaren Energien die richtigen Schwerpunkte. Diese Themen werden auch durch die Klimaschutzinitiative, die Hightech-Strategie und die im Rahmen des 6-Mrd.-Programms zusätzlich in die Energieforschung gelenkten Mittel unterstützt. Damit kann Energie- und Klimaforschung auf einer guten Grundlage aufbauen.

Darüber hinaus stellt das BMU im Rahmen der Klimaschutzinitiative 400 Mio. € zur Verfügung, die dem Klimaschutz auf nationaler und internationaler Ebene zusätzliche Impulse geben sollen. Mit 280 Millionen € sollen Klimaschutzinvestitionen der Wirtschaft, die Markteinführung umweltfreundlicher Produkte sowie Klimaschutzprojekte in sozialen und kulturellen Einrichtungen und in Kommunen gefördert werden. 120 Millionen € stehen für den internationalen Klimaschutz zur Verfügung, etwa für den Aufbau nachhaltiger Energieversorgungsstrukturen in Entwicklungsländern und für Investitionen für die Anpassung an die Folgen des Klimawandels.

Die Bundesregierung hat im Mai 2007 einen Klimaforschungsgipfel einberufen. Hochrangige Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik haben dort eine nationale Klimaforschungsstrategie vereinbart. Als Ergebnis wurde im Oktober die Hightech-Strategie für den Klimaschutz vorgestellt. Mit der Hightech-Strategie zum Klimaschutz stärkt die Bundesregierung die Aktivitäten auf dem Gebiet der Klimaforschung und des Klimaschutzes. Das BMBF stellt in den kommenden zehn Jahren hierfür 1 Mrd. € (vgl. z. B. Tabelle 4) zusätzlich zur Verfügung.

Zur **Stärkung der erkenntnisorientierten Grundlagenforschung im Bereich Klimaschutz** gibt es einen kontinuierlichen Austausch der Ministerien mit der Forschungslandschaft, die mit einer Vielzahl von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zur Weltspitze gehört. Das Ziel ist, starke Netzwerke zu schaffen und die strategische Ausrichtung der Forschungsförderung gemeinsam mit allen Beteiligten weiterzuentwickeln. In verschiedenen Bereichen werden im kommenden Jahrzehnt die wesentlichen Fortschritte der **Klimaforschung** erwartet: verlässliche mittel- und längerfristige Klimaprojektionen und Klimaprognosen, Wechselwirkungen zwischen Biogeosphäre und Klima, Forschung zur Anpassung an den Klimawandel sowie Steuerungsfaktoren für Klimaschutz und Klimaanpassung, politisches und sozioökonomisches Potenzial.

Im Rahmen des Transfers von Forschungsergebnissen in die Praxis wird auf die **Kompetenzvermittlung zur Entscheidungsunterstützung** besonderes Gewicht gelegt. Es besteht erheblicher Beratungs- und Interpretationsbedarf, damit aus Forschungsergebnissen eine aussagekräftige Grundlage für Entscheidungen in ganz unterschiedlichen Bereichen werden kann. Das vom BMU beim Umweltbundesamt eingerichtete Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass), das sich auf die Synthese, Aufbereitung, Kommunikation und Vernetzung von Fachwissen zu Klimafolgen und Anpassung konzentriert, sowie das in Gründung befindliche Climate Service Center – CSC des BMBF, in dem Klimawissen gebündelt und

evaluiert sowie bedarfsgerecht und praxisorientiert bereitgestellt werden soll, werden sich bei dieser Aufgabe ergänzen.

Ein vordringliches Ziel der **Forschungsförderung im Bereich Klimaschutztechnologien** ist, **Schlüsseltechnologien zum Durchbruch** zu verhelfen, die große Effizienzgewinne, zügige Umsetzbarkeit und auch die Stärkung der deutschen Wirtschaft auf dem internationalen Zukunftsmarkt Klimaschutz versprechen. Forschung und technologische Entwicklung mit den Schwerpunkten Klimaschutz, Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Optimierung der Energiesysteme und CO₂-arme Kraftwerkstechnologien sind Gegenstand des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung und auch ein wichtiger Teil des integrierten Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung. Da einige der Schwerpunkte in der Zuständigkeit anderer Ressorts liegen, werden diese ggf. erst in einer nächsten Phase des Masterplans Umwelttechnologien berücksichtigt.

- Das Förderprogramm **„klimazwei – Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen“** des BMBF zielt in zwei Richtungen: erstens sollen innovative Klimaschutztechnologien für Verkehr, Industrie und Haushalte vorangebracht werden. Zweitens wird die Klimafolgenforschung in den Blick genommen, um beispielsweise Hochwasserereignisse und extreme Frühsommertrockenheit besser zu bewältigen. In den kommenden drei Jahren stehen Fördermittel in Höhe von 35 Mio. € bereit. Gemeinsam mit betroffenen Partnerregionen werden Politik, Wissenschaft und Wirtschaft im Rahmen des Wettbewerbs **KLIMZUG „Klimawandel in Regionen zukunftsfähig gestalten“** die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Klimaanpassung und den Einsatz neuer Technologien für den Klimaschutz modellhaft erproben. 75 Mio. € stehen für die nächsten fünf Jahre zur Verfügung.
- Der Förderung von **Erneuerbaren Energien** kommt mit Blick auf den Erhalt der deutschen Spitzenposition eine besondere Bedeutung zu. Bei der Nutzung von Sonnenstrahlung, Wind und Erdwärme geht es insbesondere darum, die Kosten der erneuerbaren Energien zu senken, um eine möglichst schnelle und hohe Marktdurchdringung zu erreichen. Dabei arbeiten BMU (anwendungsorientierte Forschung zu erneuerbaren Energien außer Biomasse), BMBF (anwendungsorientierte Grundlagenforschung mit längerfristigem Umsetzungshorizont) und BMELV (Biomasse) eng zusammen. Bei der Photovoltaik wird beispielsweise die Förderung der Grundlagenforschung, d.h. die Initiierung von Technologiesprüngen mit höherem Risiko und längeren Realisierungszeiten vom BMBF betrieben, während das BMU die Weiterentwick-

lung der am Markt dominierenden Silizium-Wafer-Technologien sowie anwendungsnaher Dünnschichttechnologien unterstützt, um die Markteinführung und -durchdringung zu ermöglichen. Das BMU hat auch mit Blick auf die enormen Potenziale der Windenergie im Jahr 2007 das Fördervolumen für neue F&E-Projekte zur Windenergie mehr als verdoppelt. Insgesamt stehen im BMU-Haushalt 2008 102 Mio. € für die Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien (außer Biomasse) zur Verfügung. Zum Vergleich: Im Zeitraum 2002-2005 waren es im Durchschnitt 66 Mio. €. Das BMBF fördert die Forschungsarbeiten im Rahmen seines Förderkonzeptes „Grundlagenforschung Energie 2020+“, u. a. mit den laufenden Ausschreibungen „Solarenergie der nächsten Generation“ sowie „Organische Photovoltaik“.

- Als Teil einer ressortübergreifenden Roadmap der Bundesregierung treiben die beiden Ressorts gemeinsam mit dem Wirtschaftsministerium die **Entwicklung von CCS-Technologien in Deutschland** voran. Die Aktivitäten umfassen u. a. die Förderung von wissenschaftlichen Projekten zur CO₂-Speicherung in geologischen Formationen im Rahmen des GEOTECHNOLOGIEN-Programms des BMBF, die Intensivierung der Forschungsförderung zu hocheffizienten emissionsarmen Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen und zu CO₂-Abscheidetechnologien (Forschungsprogramm COORETEC des BMWi) und die Erarbeitung rechtlicher Rahmenbedingungen für CCS sowie die Aufnahme von CCS in das europäische Emissionshandelssystem und Einbeziehung in das Post-Kyoto-Regime durch BMU und BMWi. Ferner wird die Information der Öffentlichkeit über die Entwicklung der CCS-Option in Deutschland in Angriff genommen. Von zentraler Bedeutung sind die standortbezogenen Pilotprojekte zur Demonstration einer sicheren CO₂-Speicherung, die im Rahmen von Innovationsallianzen mit der Wirtschaft an den Standorten Ketzin in Brandenburg, Altmark in Sachsen-Anhalt und in Schleswig-Holstein gestartet wurden bzw. in Vorbereitung sind. Für die kommenden drei Jahre stehen Fördermittel in Höhe von 45 Mio. Euro für wissenschaftliche Projekte zur Speicherung von CO₂ seitens BMBF zur Verfügung. BMBF und die deutsche Wirtschaft haben sich strategisch zusammengeschlossen, um gemeinsam diese wegbereitenden Projekte zu realisieren. Das BMWi hat im Rahmen von COORETEC seit 2004 Fördermittel in Höhe von mehr als 100 Mio. Euro bewilligt, die zu meist in Verbundforschungsprojekte von Wirtschaft und Wissenschaft geflossen sind. Zukünftig steht zusätzlich verstärkt auch die Umsetzung von Pilot- und Demonstrationsanlagen im Mittelpunkt, die insbesondere durch Begleitforschung durch das BMWi bereits gefördert werden. Die technologischen Aspekte emissionsarmer Kraft-

werkstechnologien und CCS auf nationaler und internationaler Ebene werden durch den COORETEC-Beirat des BMWi abgebildet, in den auch die Förderaktivitäten des BMBF zur CO₂-Speicherung integriert sind.

- Weitere **Innovationsallianzen im Rahmen der Hightech-Strategie für Klimaschutz** befassen sich mit verschiedenartigen Technologien, die sich im Durchbruch oder Markteinführung befinden. In ihnen arbeiten große Konsortien von Unternehmen und Wissenschaft eng zusammen, um arbeitsteilig alle wichtigen Teile der Wertschöpfungskette abzudecken. Die Themen sind (vgl. Tab. 4) unter anderem die organische Photovoltaik, Hochleistungsbatterien auf Lithium-Ionen-Basis und organische Leuchtdioden (OLEDs). Weitere Maßnahmen sind in Vorbereitung.

Um die Potenziale der Wirtschaft voll zu erschließen, geht das BMBF neben fokussierten Aktivitäten auch die breiter angelegte Förderung zum Klimaschutz an. Im Rahmen des Förderschwerpunktes „Innovationen als Schlüssel für Nachhaltigkeit für den Systemwandel“ werden zum Beispiel Verbundvorhaben zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in den Bereichen Gebäudetechnik und energieeffiziente Produktion gefördert. Mit der neuen Förderinitiative „KMU-innovativ: Ressourcen- und Energieeffizienz“ werden ab 2008 in einem kontinuierlichen Verfahren **kleine und mittlere Unternehmen gefördert, die Spitzentechnologien zum Klimaschutz entwickeln**. In einem Zeitraum von fünf Jahren werden 75 Mio. € für rohstoff- und energiebezogene Forschungen bereit gestellt.

Der regulative Rahmen für die kommenden Jahre ist festgelegt

Mit dem **Integrierten Energie- und Klimaprogramm** verbessert die Bundesregierung die energiepolitischen Rahmenbedingungen. Ziel ist u. a., den Marktteilnehmern Orientierung für die Investitions- und Konsumententscheidung zu geben, u. a. im Hinblick auf eine geringere Importabhängigkeit von Erdgas und Erdöl, mehr erneuerbare Energien, mehr Energieeffizienz, klimafreundliche Energiegewinnung, ökologischen Wohnungsbau sowie weniger Schadstoffausstoß im Verkehr. Die Novellierung des Erneuerbare Energien Gesetzes soll dazu beitragen, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung von derzeit gut 13 % auf 25-30 % im Jahr 2020 zu erhöhen und danach weiter kontinuierlich zu steigern. Wesentlicher Punkt ist u. a. die Erhöhung der Vergütung für Offshore-Windparks, um den Anreiz für ihren Ausbau zu erhöhen.

Tab. 4: Beispielhafte Innovationsallianzen für den Klimaschutz

Innovationsallianz	Inhalt	Volumen
Speicherung von CO ₂ (CCS)	In Deutschland werden zwei Speicheroptionen in Betracht gezogen: Speicherung in tiefen Salzwasser führenden Gesteinsschichten (salinare Aquifere) sowie in weitgehend ausgebeuteten Erdgas- und Erdölfeldern. Zur Demonstration einer langfristig sicheren CO ₂ -Speicherung werden Pilotprojekte für beide Speichertypen gefördert. Dieses erfolgt in Zusammenarbeit zwischen Unternehmen der Energiewirtschaft und der Wissenschaft. Standortunabhängig werden offene Fragen zur Risikoabschätzung, langfristigen Speichersicherheit, Auswahl und Bewertung von Speicherstandorten, Entwicklung von Überwachungs- und Injektionstechnologien bearbeitet.	50 Mio. € aus der Wirtschaft 45 Mio. € durch BMBF für je drei Jahre
Organische Photovoltaik	Im Unterschied zu herkömmlichen Solarzellen sind organische Solarzellen biegsam, dünn und transparent. Einsatzmöglichkeiten sind die Stromversorgung von Mobiltelefonen oder in der Bauindustrie. Forschungsbedarf besteht im Hinblick auf den Wirkungsgrad und die Lebensdauer organischer Photovoltaikmodule.	300 Mio. €, davon 60 Mio. € von BMBF
Lithium-Ionen-Batterie	Eine effiziente Nutzung fossiler und erneuerbarer Energien ist ohne die Speicherung von Energie technologisch nicht realisierbar. Lithium-Ionen-Batterien werden aufgrund ihrer hohen Energie- und Leistungsdichte große Chancen eingeräumt, sich als Standardtechnologie für Hochleistungsbatterien auch im großskaligen Maßstab für mobile und stationäre Anwendungen durchzusetzen.	420 Mio. €, davon 60 Mio. € von BMBF
Organische Leuchtdioden	Organische Leuchtdioden wandeln Strom äußerst effizient in Licht und können als dünne, biegsame Folien hergestellt werden. Bislang werden sie als kleine Displays in elektronischen Geräten eingesetzt. Die Forschungsprojekte sollen dazu beitragen, künftig auch großflächige und flexible Lichtquellen kostengünstig zu erzeugen.	600 Mio. €, davon 100 Mio. € von BMBF

Integriertes Energie- und Klimaprogramm

Steigerung der Energieeffizienz

Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes:

- fördert den Neubau von hocheffizienten Kraftwerken und Wärmenetzen
- Ziel: Anteil aus hocheffizienten KWK-Anlagen an der Stromproduktion von 12 % auf 25 % bis 2020 verdoppeln

Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes (Liberalisierung des Messwesens):

- Förderung innovativer Messverfahren, Wettbewerb, lastvariable Tarife und monatliche Abrechnung

Novellierung der Energieeinsparverordnung:

- EnEV2009: Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude (bei Neubauten und wesentlichen Änderungen im Gebäudebestand) um durchschnittlich 30 %; in einer zweiten Stufe (angestrebt: 2012) werden im Rahmen des wirtschaftlich Vertretbaren die Effizienzanforderungen nochmals bis zur gleichen Größenordnung angehoben.

Verstetigung des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms, Investitionspakt:

- 1,4 Mrd. € jährlich zur Förderung der energetischen Sanierung von Altbauten, jeder Eigentümer kann Zuschüsse oder verbilligte Kredite beantragen.
- Investitionspakt von Bund, Ländern und Kommunen (2008 insgesamt 600 Mio.€, Fortführung wird angestrebt) zur Sanierung der sozialen Infrastruktur (Kindergärten, Schulen, etc.) in Kommunen mit schwieriger Haushaltslage“

Ausbau der Erneuerbaren Energien

Novelle des Erneuerbaren Energien Gesetzes:

- Ziel: bis 2020 soll der Anteil der Erneuerbaren Energien auf 30 % der Stromversorgung steigen
- zum Beispiel: Verbesserung der Vergütung für Offshore-Windparks

Novelle des Erneuerbare Energien Wärmegesetzes:

- Ziel: bis 2020 14 % aus Erneuerbaren
- bei Neubauten werden Hausbesitzer verpflichtet, Erneuerbare Energien zu nutzen
- Förderprogramme werden schrittweise von 130 Mio. € in 2005 auf 500 Mio. € in 2009 aufgestockt

Novelle der Gasnetzzugangsverordnung:

- Ziel: Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz verstärken, bis 2030 soll ein Anteil von 10 % erreicht werden.

Verkehr**Minderung der CO2-Emissionen bei PKW:**

- Festlegung klarer ordnungsrechtlicher Vorgaben auf EU-Ebene zur Minderung der durchschnittlichen CO2-Emissionen auf 120 Gramm CO2 pro Kilometer und einem Langfristziel für 2020.
- Umstellung der Kfz-Steuer: Die für den 01. Januar 2010 vorgesehene Umstellung der Kfz-Steuer auf CO2- und Schadstoffbasis soll für erstmals neu zugelassene Pkw gelten, sparsame Neufahrzeuge im Vergleich zur derzeit geltenden hubraum- und schadstoffbasierten Besteuerung entlasten und Pkw mit hohen CO2-Emissionen stärker belasten.

Biokraftstoffe:

- Steigerung des Anteils am Spritverbrauch bis 2020 (Anteilshöhe noch in Entscheidung)
- Bedingung: Verknüpfung an hohe Nachhaltigkeitsstandards. Solange Nachhaltigkeitsstandards nicht gelten, findet Erhöhung nicht statt.

Elektromobilität:

- Ausarbeitung eines Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität, um verlässliche Rahmenbedingungen für Wirtschaft, Forschung und Verbraucher festzulegen. Bündelung von Maßnahmen zum Thema Elektromobilität.

Novelle der Mauthöheverordnung:

Stärkere Lenkungswirkung der Lkw-Maut durch

- 100%-Mautspreizung statt bisher 50% Unterschied zwischen dem günstigsten und dem höchsten Mautsatz
- Zuordnung von mit Partikelminderungssystemen ausgerüsteten Fahrzeugen zu einer günstigeren Mautkategorie
- Anpassung der Mautsätze entsprechend dem neuen Wegekostengutachten 2007

Neue Qualifizierungsmaßnahmen stärken das deutsche Know-how

Die Kreativität und das Engagement junger Menschen sind unverzichtbare Ressourcen für die Aufgaben, die der Klimawandel uns stellt. Das BMU hat deshalb gemeinsam mit Unternehmen und Verbänden aus dem Bereich der Umwelttechnologien die **BMU-Ausbildungsinitiative** "Umwelt schafft Perspektiven" gegründet. Ziel ist es, in den nächsten Jahren zusätzliche Ausbildungsplätze in der Wachstumsbranche Umwelttechnologien/erneuerbare Energien bereitzustellen. Die bisher beteiligten Unternehmen und Verbände der BMU-Ausbildungsinitiative haben Zusagen im Umfang von über 5.100 neuen zusätzlichen Ausbildungsplätzen gemacht.

Von der **nationalen Qualifizierungsinitiative**, die das BMBF vorbereitet, wird der Klimaschutz ebenfalls profitieren. Ziel der Qualifizierungsinitiative ist, alle Potenziale des Bildungssystems zu nutzen und attraktive Bedingungen für den wissenschaftlichen Nachwuchs zu schaffen. Herausragende Ausbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs soll dabei mit exzellenter wissenschaftlicher Forschung kombiniert werden. Für Spitzenforscher aus aller Welt sollen Anreize geschaffen werden, nach Deutschland zu kommen und hier zu leben und zu arbeiten. Ein attraktives Forschungs- und Studienprogramm soll insbesondere in den Bereichen Mathematik sowie Ingenieur- und Naturwissenschaften hervorragende Ausbildungsmöglichkeiten bieten. Unternehmen sind auch in diesem Feld wichtige Partner. Die Hightech-Strategie zum Klimaschutz stärkt deshalb besonders bei der Nachwuchsförderung die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Internationale Partnerschaften werden gemeinsam ausgebaut

Die Verbreitung von Know-how und Spitzentechnologie aus Deutschland kann entscheidend dazu beitragen, die dynamische Wirtschaftsentwicklung in Schwellen- und Entwicklungsländern klimafreundlich und nachhaltig zu gestalten und die Spitzenposition deutscher Unternehmen im Bereich erneuerbarer Energien und Energieeffizienz zu sichern. Um der **globalen Dimension des Klimaschutzes** zu begegnen, werden die deutschen Forschungs- Technologie- und Marktpartnerschaften weiter ausgebaut.

Technologische Zusammenarbeit bzw. Technologietransfer bei Klimaschutztechnologien wird im Rahmen des Emissionshandels in Form von „**Clean Development Mechanisms**“ (CDM) gefördert. Dadurch werden in weniger entwickelten Ländern Projekte zum Klimaschutz, und hierbei v.a. im Bereich erneuerbare Energien, unterstützt, um die bislang

noch nicht ausgeschöpfte Potentiale zur Nutzung erneuerbarer Energien in diesen Ländern zu erschließen. Das BMU wird seine Zusammenarbeit mit den CDM-Gastländern weiter ausbauen. Dies ist wesentlicher Bestandteil der CDM/JI-Initiative, die nach einer Pilotphase im kommenden Jahr mit einem breit angelegten Maßnahmenbündel verstärkt werden soll. Ziel der Initiative ist es nicht nur, eine stärkere Beteiligung deutscher Unternehmen auf den internationalen Kohlenstoffmärkten zu erreichen, sondern auch zur Weiterentwicklung des Kyoto-Protokolls nach 2012 unter Einbindung der Schwellen- und Entwicklungsländer beizutragen. Hierzu gehört die Entwicklung von Netzwerken in den Gastländern, um deutschen Unternehmen den Zugang zu Investitionsmöglichkeiten zu erleichtern, zugleich aber auch Kapazitäten in den Gastländern zu schaffen.

Mit der Vermittlung technologischer Lösungen wird Deutschland in den hierbei entstehenden Allianzen maßgeblich die Ziele des 2005 begonnenen und 2007 unter deutscher Präsidentschaft fortgeführten „Gleneagles-Dialogs zu Klimawandel, sauberer Energie und nachhaltiger Entwicklung“ sowie die beim G8-Gipfel in Heiligendamm formulierten Klimaschutzziele unterstützen. Eine wichtige Grundlage liegt in den bestehenden Abkommen der bilateralen Zusammenarbeit in Wissenschaft und Forschung sowie in zahlreichen bestehenden Technologiepartnerschaften. BMBF und BMU haben den Dialog über eine stärkere Verbindung ihrer Aktivitäten auf der strategischen Ebene aufgenommen.

Die EU hat im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms der Energieforschung eine breite Basis bereitet. Zur Stärkung der europäischen Kooperation bei Forschung und Entwicklung gibt es mehrere ERA-Nets und Technologieplattformen, z.B. zu verschiedenen erneuerbaren Energien, zur zukünftigen Struktur der Stromnetze und zur Verbindung von Grundlagenforschung und Energieforschung im Europäischen Forschungsraum.

C) Roadmap

Schritte, Meilensteine	Akteure	Federführungen
<u>Basis:</u>		
<u>BMBF:</u> Förderbekanntmachung BioEnergie 2021 01/08, Förderkonzept „Grundlagenforschung Energie 2020+“ (03/08)	BMBF, Wissen- schaft, Industrie	BMBF
<u>BMU:</u> Dem BMU stehen in diesem Jahr erstmals über 100 Mio. € für Forschungsförderung im Bereich erneuerbarer Energien zur Verfügung	BMU, Bundeskabi- nett	BMU
<u>CCS:</u> erstmaliges Einleiten von Kohlendioxid in den Testspeicher Ketzin, Start des CO ₂ -Speicher- Pilotvorhabens in der Altmark	Wissenschaft und Industrie	GFZ GeoFor- schungsZentrum, Gaz de France Prod./Exploration Deutschland GmbH
Bericht zur Verbesserung der Systemintegration der <u>erneuerbaren Energien</u> im Strombereich (03/08)	BMU, Wissen- schaft, Wirtschaft	BMU
Kabinettsbeschluss zum zweiten Gesetzes- und Maßnahmenpaket im Rahmen des <u>Energie- und Klimaprogramms (IEKP)</u> im Mai 2008	BMU, BMWi, BMBF, BMVBS	BMU, BMWi
<u>Fortschreibung:</u>		
bis Ende 2008 Neue Förderbekanntmachung zu Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbare Energien	BMU, Wissen- schaft, Wirtschaft	BMU
bis Dezember 2008 Gründung des Climate Service Center	BMBF, Wissen- schaft, Wirtschafts- partner	BMBF
Anfang 2009 CCS: Start des CO ₂ -Speicher-Pilotvorhabens “tie- fes Salzwasser führende Gesteinsformation” in Schleswig-Holstein	Wissenschaft und Industrie	RWE Dea und Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR
Januar 2009 Erneuerbare-Energien-Gesetz 2009 tritt in Kraft	BMU	BMU

<p>Januar 2009</p> <p>Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) tritt in Kraft</p>	<p>BMU</p>	<p>BMU</p>
<p>bis Juni 2009</p> <p>Status-Konferenz zur Hightech-Strategie zum Klimaschutz</p>	<p>BMBF, BMU, BMVBS, BMWi, BMELV, Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft</p>	<p>BMBF</p>

4. DIE UMSETZUNG DES MASTERPLANS - INSTRUMENTE UND PROZESSGESTALTUNG

Mit dem Masterplan Umwelttechnologien werden Maßnahmen der beiden Ministerien BMBF und BMU zur Erschließung „grüner“ Leitmärkte durch Wassertechnologien, Technologien für Rohstoffproduktivität und Klimaschutztechnologien aufgezeigt.

Tab. 5: Instrumente des Umwelttechnologiemasterplans und Beispiele der Umsetzung

Instrument	Spezifische Maßnahme
<p><i>Forschungspolitik, Transfer, Technologieexport</i></p> <p>Förderung der Verbundforschung Wissenschaft – Wirtschaft</p> <p>KMU-spezifische Förderung von Forschung und Entwicklung</p> <p>Innovationsallianzen von großen Konsortien aus Wissenschaft und Wirtschaft</p> <p>Akteursvernetzung für die nationale Diffusion</p> <p>Akteursvernetzung für den Technologieexport</p>	<p>Förderschwerpunkt „Rohstoffintensive Produktionsprozesse“, siehe 3.2</p> <p>Förderinitiative „KMU-innovativ“, siehe 3.2 und 3.3</p> <p>Innovationsallianz „Speicherung von CO₂“ (CCS), siehe 3.3</p> <p>Netzwerk Ressourceneffizienz, siehe 3.2</p> <p>German Water Partnership, siehe 3.1</p>
<p><i>Regulative Maßnahmen, Rahmenbedingungen</i></p> <p>Gesetzliche Regelungen</p> <p>Top Runner Ansätze</p>	<p>z.B. Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetz, siehe 3.3</p> <p>Blauer Engel als Benchmark für rohstoffeffiziente Produkte, siehe 3.2</p>
<p><i>Bildungs- und Ausbildungskomponente</i></p> <p>Berufliche Ausbildung</p> <p>Berufliche Weiterbildung</p> <p>Förderung von Nachwuchswissenschaftlergruppen</p>	<p>BMU-Ausbildungsinitiative „Umwelt schafft Perspektiven“, siehe 3.3</p> <p>„Ressourceneffizienz für Arbeitnehmer“, siehe 3.2</p> <p>Nachwuchsförderung Bionik, siehe 3.2</p>
<p><i>Internationale Diffusion und europäische Dimension</i></p> <p>Internationales „Capacity Building“</p> <p>Europäische Koordinierung nationaler Forschungsprogramme – ERA-Net</p>	<p>Stipendienprogramme (z.B. IPSWaT zu Wassertechnologien, siehe 3.1)</p> <p>ERA-Nets SUSPRISE, WOODWISDOM, IWRM, siehe 3.2 und 3.1</p>

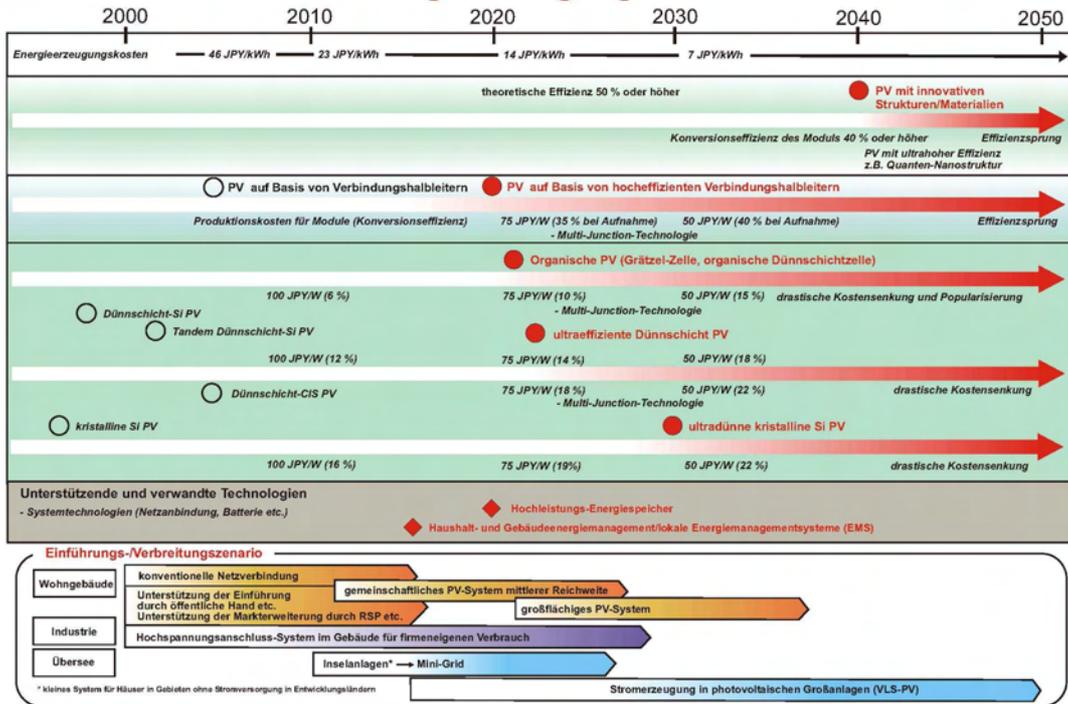
Im Hinblick auf die operationelle Ebene liegt der Leitgedanke darin, dass verschiedene Maßnahmen der Forschungsförderung und der Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen zusammengeführt werden und ineinander greifen. Eine **Übersicht über die Instrumente der beiden Ministerien BMU und BMBF** gibt Tabelle 5. Die Tabelle zeigt außerdem beispielhaft auf, welche dieser Instrumente beim Start der Initiative im Herbst 2008 im Vordergrund stehen.

Über Maßnahmen der Forschungsförderung und die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen, die Gegenstand bereits bestehender Programme sind bzw. die in die Zuständigkeit anderer Ressorts fallen, wird im Rahmen der Programme durch das jeweilig zuständige Ressort entschieden.

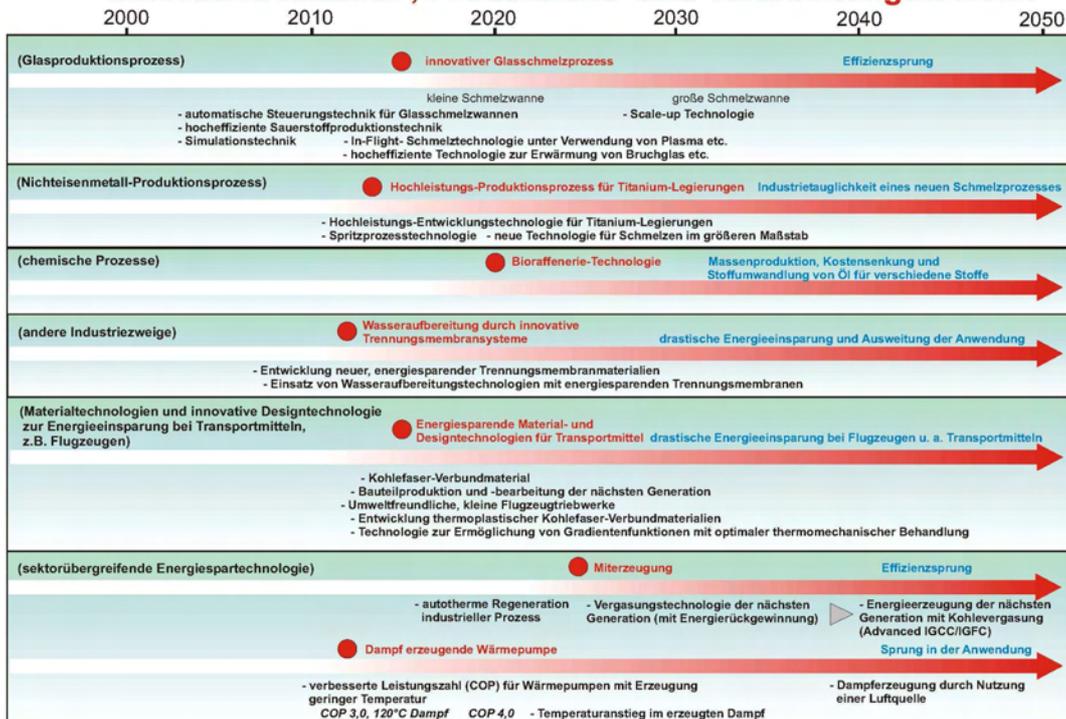
Die weitere Durchführung des Masterplans ist als Prozess zu verstehen, der für Anregungen und Mitwirkung der „Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft“, der Bundesministerien und weiterer Entscheidungsträger offen ist. Im Rahmen der Weiterentwicklung können die Instrumente flexibel den neuen Bedarfen angepasst oder auch neu Erprobtes über die Zielfelder hinweg übertragen werden.

Abb. 7 (S. 69, 70): Technologie-Roadmap als Grundlage des japanischen Energieforschungsprogramms, ausgewählte Beispiele – vergleiche Text zum Dachprozess „Kenntnisstand und Bewertungswissen“

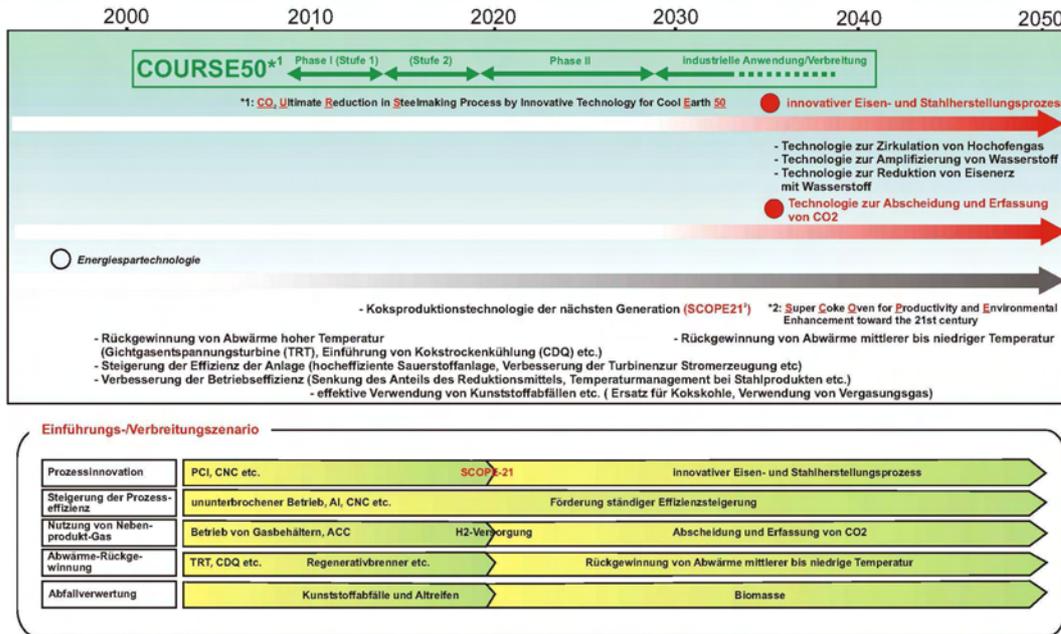
Innovative Energieerzeugung mit Photovoltaik



Innovative Material-, Produktions- und Verarbeitungstechnik



Innovativer Eisen- und Stahlherstellungsprozess



Die beiden Ressorts werden sich in regelmäßigen Abständen über die Umsetzung des Masterplans verständigen und seine Fortschritte und nächsten Planungen festhalten. Für die inhaltliche Gesamtgestaltung des Masterplans sind, mit Interaktion zu den Aktivitäten in den thematischen Zielfeldern, **vier übergreifende „Dachprozesse“** maßgeblich:

- Der **Kenntnisstand und das Bewertungswissen über Potenziale** der Umwelttechnologien wird in engem Dialog mit der Wirtschaft systematisch erweitert. Eine wichtige Grundlage hierfür liefert auch das Forschungsvorhaben „Umwelttechnologien 2020“, das von der ITAS-Gruppe beim Forschungszentrum Karlsruhe durchgeführt wird. In diesem Vorhaben werden für ausgewählte Bereiche der Umwelttechnologien Entwicklungstendenzen ermittelt und eine Technologie-Roadmap erstellt. Ähnlich wie in der „Technology Development Roadmap“ (vgl. Abb. 7) des japanischen Energieforschungsprogramms werden Foresight-Erkenntnisse gewonnen bzw. ergänzt. Richtungweisend für die Themenauswahl ist die deutsche Perspektive bzw. Inhalte und Bedarf des Umwelttechnologiemasterplans. Fortlaufend werden auch Erkenntnisse aus Innovations- und Technikanalysen und anderen maßgeblichen Untersuchungen in den Dachprozess „Kenntnisstand und Bewertung“ integriert. Ziel ist die Systemeinordnung der Technologien für eine ganzheitliche Betrachtung.

- Die Umsetzung des Masterplans wird durch eine **Kommunikationsstrategie** flankiert, um das deutsche Innovationspotenzial im Bereich der Umwelttechnologien zu mobilisieren sowie die Diffusion und Anwendung innovativer Ansätze zu verstärken. Die Adressaten sind einerseits die Fachkreise und andererseits auch die breite Öffentlichkeit, um bei den Bürgern Bewusstsein dafür zu erzielen, dass auch sie mit ihrem Verhalten zur Lösung der Probleme ganz wesentlich beitragen können. Die Aktivitäten des Dachprozesses werden durch eine wissenschaftliche Begleitforschung unterstützt. Dem Ziel, das Wissen über die grünen Leitmärkte und innovative Umwelttechnologien zu verbreitern, dient auch das Umwelttechnik-Board des BMU, das unter Beteiligung des BMBF und anderer Bundesressorts den Dialog mit ausgewählten Repräsentanten der deutschen Wirtschaft und Wissenschaft institutionalisiert.
- Die Schaffung **intelligenter Rahmenbedingungen** zur Beförderung und Unterstützung der Umwelttechnologien sollen in einem dritten Dachprozess weiter vorangetrieben werden. Konkret soll durch gemeinsame Studien, Fachworkshops und Branchendialoge untersucht werden, wie die weitere Erschließung der umwelttechnologischen Zukunftsleitmärkte in einem guten Mix von Maßnahmen (Ordnungsrecht, Marktanzreizprogramme, Top Runner Ansätze etc.) vorangetrieben werden kann. Leitgedanke ist dabei, einen innovationsfreundlichen Rahmen zu schaffen sowie Umweltverträglichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Rahmenbedingungen gleichermaßen zu sichern.
- Der **Schulterschluss bei der internationalen Strategie** ist Gegenstand des vierten Dachprozesses. Ziel ist, den Innovationsstandort Deutschland international zu präsentieren, Technologieanpassungen an die Gegebenheiten der wichtigen Zielländer zu unterstützen und den Politikexport zu befördern. Bereits laufende Aktivitäten wie die Kampagne „Werbung für den Innovationsstandort Deutschland im Bereich der Umwelttechnologien“ oder die Exportinitiativen im Bereich Abfall, Wasserwirtschaft und Erneuerbare Energien werden durch neue Initiativen ergänzt. Von Bedeutung ist auch der **europäische Aktionsplan für Umwelttechnologien** (ETAP, Environmental Technologies Action Plan), welcher von deutscher Seite aktiv betrieben wird. Wichtige Kernaufgaben des ETAP, an denen der Umweltmasterplan unmittelbar angreift, sind die Steigerung und Fokussierung von Forschung und Demonstration sowie die Verbreitung der Umwelttechnologien. Die Bundesregierung hat auf der Basis des nationalen Umsetzungsberichtes zu ETAP einen breiten Akteursdialog eingeleitet und wird dabei künftig auch die Anstrengungen des Umweltmasterplans herausstellen.

Für die **Umsetzung des Masterplans im ersten Jahr** sind wichtige Referenzpunkte:

- 22. Oktober 2008: Dritte BMU Innovationskonferenz:
„Faktor X. Eine Dritte Industrielle Revolution“
- 5. November 2008: Veröffentlichung des Masterplans (Phase 1)
- bis Ende 2008: Start der Dachprozesse „Kenntnisstand und Bewertungswissen“, „Kommunikationsstrategie“, „Rahmenbedingungen“ und „internationale Strategie“
- Frühjahr 2009: Start der Begleitforschung
- Frühjahr 2009: Bestandsaufnahme für Phase 2 des Masterplans unter Beteiligung aller betroffenen Bundesressorts und Festlegung weiterer Schritte

5. REFERENZEN

Bleischwitz, R.: Bringezu, S., Globales Ressourcenmanagement: Konfliktpotentiale und Grundzüge eines Global Governance-Systems. Stiftung Entwicklung und Frieden (Hg.), Policy Paper 27, Bonn, Oktober 2007

BMBF: Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, 2006

BMBF: Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, 2007

BMBF: Die Hightech-Strategie für Deutschland, 2006

BMBF: Die Hightech- Strategie zum Klimaschutz, 2007

BMBF: Forschung für die Nachhaltigkeit, 2004

BMBF: Forschung für die Umwelt, Programm der Bundesregierung, 1997

BMBF: Rahmenprogramm Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING, 2003

BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, Internet-Update (November 2007)

BMU: Ökologische Industriepolitik. Memorandum für einen „New Deal“ von Wirtschaft, Umwelt und Beschäftigung, Oktober 2006

BMU (Hrsg.): GreenTech made in Germany, Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland, München 2007

BMU: Strategie Ressourceneffizienz. Impulse für den ökologischen und ökonomischen Umbau der Industriegesellschaft (im Erscheinen)

BMWI: Bericht der Bundesregierung zur Modernisierungsstrategie für die deutsche Wasserwirtschaft und für ein stärkeres internationales Engagement der deutschen Wasserwirtschaft, Berlin 2006

BMWi: „Innovation und neue Energietechnologien“. Das 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, 2005

BMWi: Research Report no 566: COORETEC Lighthouse Concept

BMWi: Wasser ist Leben. Verantwortung und Chancen der Deutschen Wasserwirtschaft in Entwicklungsländern. Dokumentation bei der Konferenz des BMWI in Zusammenarbeit mit Berlinwasser International, Gelsenwasser und Siemens in Berlin, 9. Dezember 2004

Booz, Allen, Hamilton, Lights: Water, Motion, Strategy and Business Issue 46, 04/2007

Bundesregierung, Die: Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, 2001

Bundesregierung, Die: Bericht der Arbeitsgruppe 3 „Forschung und Energieeffizienz“ des 3. Energiegipfels, 2007

DECHEMA, VCI, GDCH, DIB: SusChem (Sustainable Chemistry) Implementierungsplan für Deutschland: F&E - Strategie Chemie und Biotechnologie für gesellschaftliche Bedürfnisfelder. September 2006

DIW/ISI/Roland Berger: Wirtschaftsfaktor Umweltschutz – Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation, Studie Umwelt, Innovation, Beschäftigung 1/07 (herausgegeben vom Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt)

Deutscher Bundestag: Drucksache 16/3774, Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung, Potenziale und Anwendungsperspektiven der Bionik

Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Hrsg.): AKWA 2100 – Alternativen der kommunalen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung, Stuttgart 2005

Frost & Sullivan Report B042: European Commercial Vehicle Telematics Systems Markets, 2006

Hirth, Woisasky, FhG-ICT: Nachhaltige Rohstoffnahe Produktion, Abschlussbericht, Februar 2007-12-07

ITAS Karlsruhe: „Road Map Umwelttechnologien 2020, wird Optionen für Forschungsförderung erarbeiten“, in: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis Nr. 2, 16. Jg., Juni 2007

Kleiner, Maevus: Universität Dortmund, Untersuchung zur Aktualisierung der Forschungsfelder für das Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“, Abschlussbericht, Februar 2007

Liesenfeld, J. & Paul, G.: Dienstleistungsexport der deutschen Wasserwirtschaft. – Bericht zum BMBF-Forschungsprojekt im Rahmen des Förderschwerpunktes: Exportfähigkeit und Internationalisierung von Dienstleistungen, Duisburg, Göttingen 2006

Nano Markets: OLED Markets: 2007 and beyond, 2007

NIW/ZEW/FhG-ISI: Zur technologischen Leistungsfähigkeit im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 20-2007, 2006

OECD: ITCS – International Trade By commodities Statistics, Rev. 3, Paris 2004

Ökoinstitut: Ressourcenfieber, Juni 2007

Partzsch, L.: Nachhaltige innovative Wasserwirtschaft – deutsche Governance-Struktur im internationalen Vergleich. Ifo Schnelldienst 60 (18), 6-26, 2007, München 2007

Roland Berger: Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen, Studie Umwelt, Innovation, Beschäftigung 2/07 (herausgegeben vom Bundesumweltministerium und Umweltbundesamt)

Stern Review: 2006, Stern Review: the Economics of Climate Change

TECHNOPOLIS: Ex-post Evaluation ausgewählter Fördermaßnahmen des BMBF im Programmbereich „Nachhaltig Wirtschaften“, 31. Juli 2007

UNESCO: Water for People. Water for Life. The UN World Water Development Report 1, New York, Paris 2003

Wackerbauer, J.: Struktur und Entwicklungsperspektiven der deutschen Wasserwirtschaft. Ifo Schnelldienst 60(1), 14-25, 2007

ZVEI: Hightech Strategie Deutschland – Empfehlungen der Elektrotechnik – Elektronikindustrie, Frankfurt/Main, Oktober 2007

BILDQUELLENNACHWEIS

Abb. 1: Leitmärkte der Zukunft aus Sicht der Unternehmen (Quelle: Roland Berger)

Abb. 2: Sauberes Wasser durch Licht (Quelle: DLR)

Abb. 3: Neue Dachmarke für deutsche Wassertechnologie (Quelle: German Water Partnership)

Abb. 4: Entwicklung der Rohstoffproduktivität in Deutschland (Quelle: Statistisches Bundesamt, Nachhaltige Entwicklung in Deutschland - Indikatorenbericht 2007, 2006 vorläufige Ergebnisse)

Abb. 5: Eine bionische Anwendung für Materialeffizienz (Quelle: EvoLogics GmbH)

Abb. 6: Deutschland hat bei erneuerbare Energien eine herausgehobene Position. (Quelle: REpower)

Abb. 7: Technologie-Roadmap (Quelle: Japanisches Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie METI, Energy Strategy Office)