

UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG

05/2015

# Innovationsmotor Umweltschutz

Forschung und Patente in Deutschland und im  
internationalen Vergleich





UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG 05/2015

Umweltforschungsplan des  
Bundesministeriums für Umwelt,  
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3711 14 101  
UBA-FB 002210

## **Innovationsmotor Umweltschutz**

### **Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich**

von

Birgit Gehrke, Ulrich Schasse  
Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (NIW), Hannover

Katrin Ostertag, Frank Marscheider-Weidemann  
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

# Impressum

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
info@umweltbundesamt.de  
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit  
Stresemannstr. 128 – 130  
10117 Berlin  
service@bmub.bund.de  
www.bmub.bund.de

**Durchführung der Studie:**

Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (NIW)  
Königstr. 53  
30175 Hannover

**Abschlussdatum:**

Mai 2015

**Redaktion:**

Fachgebiet I 1.4 Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen,  
nachhaltiger Konsum  
Frauke Eckermann

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innovationsmotor-umweltschutz>

ISSN 1865-0538

Dessau-Roßlau, Oktober 2015

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3711 14 101 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

## Kurzbeschreibung

Weltweit werden immer größere Anstrengungen zum Schutz und zur Verbesserung von Umwelt und Klima unternommen. Diese Entwicklung schlägt sich nicht nur in wachsenden Kosten und Investitionen für Umweltschutz nieder, sondern hat auch zu einer wachsenden Bedeutung der internationalen Innovationsanstrengungen für Umweltschutzlösungen und damit auch innovative Umweltschutzgüter und -dienstleistungen geführt. Diese Studie untersucht anhand verschiedener Indikatoren zu Forschung und Entwicklung sowie zu den Patentanmeldungen die deutschen und internationalen Strukturen und Entwicklungen in der Umweltforschung. In längerfristiger Sicht ist dabei weltweit eine deutliche Ausweitung der öffentlichen FuE-Budgets wie auch der Patentanmeldungen zu beobachten, mit spürbaren Gewichtsverschiebungen von physischer Umweltforschung (Abfall, Wasser, Luft, Lärm) zu Energie- und Klimaschutzforschung (v.a. Erneuerbare Energien, Energieeffizienz).

## Abstract

Efforts to protect and improve the environment and climate are increasing globally. This development is not only reflected in rising costs and investments for environmental purposes but also in a growing relevance of innovation activities for environmental protection solutions. The study uses several indicators to analyze the structures and developments of environmental research in Germany and in an international comparison. In the long run, it turns out, that public research and development budgets as well as patent applications in environmental fields have increased significantly worldwide, with physical topics (waste, water, air, noise) becoming less important than energy and climate protection topics (renewables, energy efficiency).



## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	7
Abbildungsverzeichnis .....	8
Tabellenverzeichnis.....	9
Tabellen im Anhang .....	9
Abbildungen im Anhang.....	9
Abkürzungsverzeichnis.....	10
Zusammenfassung .....	14
Summary .....	24
1 Einleitung.....	34
2 Forschung und Entwicklung für den Umweltschutz.....	36
2.1 Staatliche Aufwendungen und Förderung von Umweltschutz- und Energieforschung im internationalen Vergleich .....	38
2.1.1 Staatliche Ausgaben für Umwelt- und Energieforschung im internationalen Vergleich (OECD-GBAORD) .....	39
2.1.2 Öffentliche Haushaltsansätze für Forschung, Entwicklung und Demonstrationsprojekte im Energiebereich im internationalen Vergleich.....	43
2.2 Öffentlich geförderte Umweltforschung in Deutschland .....	47
2.2.1 Struktur der Forschungsvorhaben nach Umweltbereichen.....	49
2.2.2 Struktur und Entwicklung nach forschenden Einrichtungen.....	54
2.2.3 Struktur nach Förderinstitutionen .....	59
3 Patentanmeldungen im Bereich Umweltschutz.....	63
3.1 Methodische Aspekte der Patentindikatorik.....	63
3.2 Ergebnisse zur Patentindikatorik.....	64
3.2.1 Dynamik der technischen Entwicklung bei potenziellen Umweltschutztechnologien .....	64
3.2.2 Patentanteile bei potenziellen Umweltschutztechnologien .....	68
3.2.3 Spezialisierungsmuster bei potenziellen Umweltschutztechnologien .....	69
3.2.4 Gesamtbild der Patentergebnisse für Deutschland .....	72
4 Quellenverzeichnis.....	74
5 Anhang .....	76
5.1 Zur Methodik: Spezialisierung der Wissensbasis.....	76
5.2 Technologielinien in der Patentanalyse .....	76
5.3 Anhangtabellen und -abbildungen .....	78

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Anteil ausgewählter Länder an den staatlichen FuE-Budgets aller OECD-Länder 2013* in %: Umwelt, Energie und insgesamt .....	43
Abbildung 2.2:	Struktur der Energieforschungsbudgets nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2012 <sup>1</sup> .....	44
Abbildung 2.3:	Struktur der Forschungsbudgets bei Erneuerbaren Energien nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2012 <sup>1</sup> .....	47
Abbildung 2.4:	Kennzahlen zu den in UFORDAT erfassten Forschungsvorhaben 2000 bis 2013 .....	48
Abbildung 2.5:	Schwerpunkte in der Umweltforschung – Anteil der Umweltbereiche an den Forschungsvorhaben 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 in % .....	50
Abbildung 2.6:	Veränderung von Forschungsprojekten, Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen im Vergleich der Teilperioden 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 in %.....	51
Abbildung 2.7:	Durchschnittliches Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 (in Tsd. €) .....	53
Abbildung 2.8:	Förderquoten nach Umweltbereichen 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013.....	54
Abbildung 2.9:	Fördersummen nach Umweltbereichen und Förderinstitutionen 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 (Mio. €) .....	62
Abbildung 3.1:	Weltweite Patentdynamik in Teilbereichen der Umwelttechnologien .....	65
Abbildung 3.2:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Klimaschutz weltweit .....	66
Abbildung 3.3:	Patentdynamik Deutschlands in Teilbereichen der Umwelttechnologien.....	67
Abbildung 3.4:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Klimaschutz in Deutschland .....	67
Abbildung 3.5:	Patentanteile ausgewählter Länder .....	68
Abbildung 3.6:	Patentspezialisierung Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte).....	69
Abbildung 3.7:	Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich Umwelttechnologien.....	71

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	FuE-Aufwendungen von Staat und Unternehmen in Erneuerbare Energien nach Energieträgern und Regionen/Ländern 2013 .....	37
Tabelle 2.2:	Umweltforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 1991 bis 2013.....	41
Tabelle 2.3:	Umweltforschung nach durchführenden Forschungseinrichtungen 2000 bis 2013.....	55
Tabelle 2.4:	Struktur der Forschungsvorhaben nach Umweltbereichen und Art der forschenden Institution 2000 bis 2013 .....	58
Tabelle 2.5:	Förderung von Umweltforschungsvorhaben nach Förderinstitutionen 2000 bis 2013.....	60
Tabelle 3.1:	RPA-Werte der Länder mit deutlich positivem Spezialisierungsvorteil bei Umwelt insgesamt (2008 bis 2012) .....	72
Tabelle 3.2:	Qualitative Zusammenfassung der Patentindikatorik für Deutschland .....	73

## Tabellen im Anhang

Tabelle A.5.1:	Energieforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 1991 bis 2013.....	78
Tabelle A.5.2:	Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2012 .....	78
Tabelle A.5.3:	Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Erneuerbarer Energien in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2012 .....	82
Tabelle A.5.4:	Umweltbereiche in UFORDAT im Überblick.....	85
Tabelle A.5.5:	Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von Patentanmeldungen weltweit in % .....	86
Tabelle A.5.6:	Patentspezialisierung Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte) .....	87

## Abbildungen im Anhang

Abbildung A.5.1:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Abfall/Recycling weltweit .....	88
Abbildung A.5.2:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Abfall/Recycling in Deutschland .....	88
Abbildung A.5.3:	Patentanteile innerhalb der EU-27 .....	89

## Abkürzungsverzeichnis

<b>\$</b>	Dollar
<b>€</b>	Euro
<b>%</b>	Prozent
<b>‰</b>	Promille
<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>AIF</b>	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“
<b>AMER</b>	Amerika
<b>ASOC</b>	Asien und Ozeanien
<b>AUS</b>	Australien
<b>AUT</b>	Österreich
<b>BEL</b>	Belgien
<b>BIP</b>	Bruttoinlandsprodukt
<b>BMBF</b>	Bundesministerium für Bildung und Forschung
<b>BMELV</b>	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
<b>BMU</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
<b>BMUB</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
<b>BMVBS</b>	Bundesministerium für Verkehr-, Bau- und Stadtentwicklung
<b>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
<b>BNEF</b>	Bloomberg New Energy Finance
<b>BRDIS</b>	Business R&D and Innovation Survey
<b>bspw.</b>	beispielsweise
<b>BSW</b>	Bundesverband Solarwirtschaft
<b>BX</b>	Beitrag zur Ausfuhr
<b>bzw.</b>	beziehungsweise
<b>CAN</b>	Kanada
<b>CCS</b>	Carbon Dioxide Capture and Storage - CO <sub>2</sub> -Abscheidung und –Speicherung
<b>CEPA</b>	Classification for Environmental Protection Activities and Expenditures
<b>CHN</b>	Volksrepublik China
<b>CIS</b>	Community Innovation Survey
<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlenstoffdioxid
<b>COMEXT</b>	COMEXT-Datenbank: offizielle europäische Außenhandelsstatistik von Eurostat
<b>COMTRADE</b>	Außenhandelsdatenbank der Vereinten Nationen
<b>CReMA</b>	Classification of Resource Management Activities
<b>CSP</b>	Concentrating Solar Power

<b>CZE</b>	Tschechische Republik
<b>d. h.</b>	das heißt
<b>DBU</b>	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
<b>DEN</b>	Dänemark
<b>dena</b>	Deutsche Energieagentur
<b>DFG</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft
<b>DG Environ- ment</b>	Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission
<b>DIW</b>	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
<b>EAU</b>	Economic Analytical Unit
<b>ebd.</b>	ebenda
<b>EEG</b>	Erneuerbare Energien Gesetz
<b>EIO</b>	Eco-Innovation Observatory
<b>EPA</b>	Europäisches Patentamt
<b>ESP</b>	Spanien
<b>et al.</b>	und andere
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>FIN</b>	Finnland
<b>FRA</b>	Frankreich
<b>Fraunhofer ISI</b>	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
<b>FS-UNEP</b>	Frankfurt School United Nations Environment Programme
<b>FuE</b>	Forschung und Entwicklung
<b>GBAORD</b>	Government Budget Appropriations or Outlays for R&D
<b>GBR</b>	Großbritannien und Nordirland
<b>GER</b>	Deutschland
<b>gGmbH</b>	gemeinnützige GmbH
<b>GmbH</b>	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
<b>GRE</b>	Griechenland
<b>GRS</b>	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
<b>Hrsg.</b>	Herausgeber
<b>HUN</b>	Ungarn
<b>IEA</b>	International Energy Agency
<b>IMF</b>	International Monetary Fund
<b>inkl.</b>	inklusive
<b>IPC</b>	Internationale Patentklassifikation
<b>IRL</b>	Republik Irland

<b>ISI</b>	siehe Fraunhofer ISI
<b>ISL</b>	Island
<b>ITA</b>	Italien
<b>ITCS</b>	International Trade by Commodities Statistics
<b>JD</b>	Jahresdurchschnitt
<b>JPN</b>	Japan
<b>JRC</b>	Joint Research Centre der Europäischen Kommission
<b>KOR</b>	Republik Korea
<b>MEX</b>	Mexiko
<b>Mio.</b>	Million
<b>Mrd.</b>	Milliarde
<b>MSR</b>	Messen, Steuern, Regeln
<b>NBER</b>	National Bureau of Economic Research
<b>NED</b>	Niederlande
<b>NIW</b>	Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
<b>NOR</b>	Norwegen
<b>NSF</b>	National Science Foundation
<b>NZL</b>	Neuseeland
<b>OECD</b>	Organisation for Economic Co-Operation and Development
<b>PATSTAT</b>	weltweite Datenbank des EPA
<b>PCT</b>	Patent Corporation Treaty
<b>POL</b>	Polen
<b>POR</b>	Portugal
<b>PV</b>	Photovoltaik
<b>R&amp;D</b>	Research and Development
<b>RD&amp;D</b>	research, development, and demonstration
<b>REN21</b>	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
<b>RPA</b>	Relativer Patentanteil
<b>s.</b>	siehe
<b>s. o.</b>	siehe oben
<b>s. u.</b>	siehe unten
<b>SET-Plan</b>	European Strategic Energie Technology Plan
<b>SUI</b>	Schweiz
<b>SVK</b>	Slowakische Republik
<b>SWE</b>	Schweden
<b>Tab.</b>	Tabelle

<b>Tsd.</b>	Tausend
<b>u. a.</b>	unter anderem
<b>UBA</b>	Umweltbundesamt
<b>UFORDAT</b>	Datenbank des Umweltbundesamtes zu Forschungsvorhaben im Bereich Umweltschutz
<b>US</b>	United States
<b>USA</b>	United States of America
<b>v. a.</b>	vor allem
<b>vgl.</b>	vergleiche
<b>WGL</b>	Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz
<b>WIPO</b>	World Intellectual Property Organisation
<b>z. B.</b>	zum Beispiel
<b>z. T.</b>	zum Teil

## Zusammenfassung

Das Umweltbundesamt hat das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), das Niedersächsische Institut für Wirtschaftsforschung (NIW) und das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) im Projekt „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ mit der regelmäßigen Analyse und Fortschreibung verschiedener Indikatoren zur Bewertung der internationalen Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltwirtschaft beauftragt. Dabei geht es sowohl um die Innovationsfähigkeit (Forschung und Patente) als auch um die wirtschaftliche Bedeutung der Umweltwirtschaft in Deutschland (Produktion, Umsatz, Beschäftigung) wie im internationalen Vergleich (Außenhandelsindikatoren). Die Ergebnisse werden in verschiedenen thematisch abgegrenzten Studien veröffentlicht.

In diesem Bericht werden Indikatoren zur Messung der technologischen Leistungsfähigkeit oder Innovationsfähigkeit der Umweltwirtschaft (Forschungs- und Entwicklungsausgaben, Patente) präsentiert.

### Forschung und Entwicklung für Umweltschutz und Energie im internationalen Vergleich

Amtliche Statistiken zu den Ausgaben der Wirtschaft für Forschung und Entwicklung (FuE) im Bereich der Umweltschutzgüterproduktion und -dienstleistungserstellung sind weder auf nationaler und erst recht nicht auf internationaler Ebene verfügbar. Hier gibt es nur sehr wenige aussagefähige und vergleichbare Ergebnisse, die zudem in der Regel nur Teilaspekte des FuE- und Innovationsgeschehens betrachten bzw. auf Schätzungen für ausgewählte Technologien (in der Regel aus dem Energiebereich) beruhen. Deshalb stützen sich die Analysen im internationalen Vergleich im Wesentlichen auf staatliche Ausgaben für FuE mit der Zielrichtung Umweltschutz einerseits und Energieversorgung andererseits. Damit lässt sich zumindest das Gewicht abschätzen, das diesen technologiepolitischen Zielen innerhalb der gesamten Mittelverwendung zukommt.

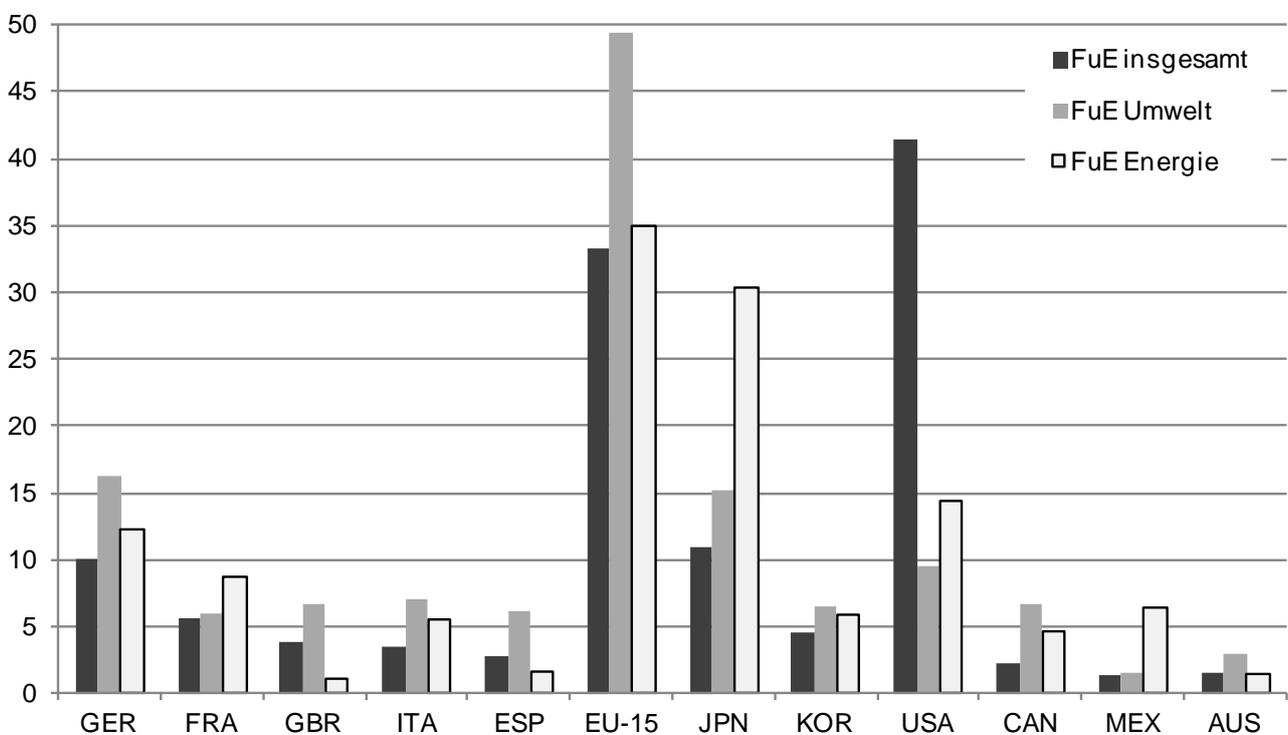
2012 erreichten die *staatlichen FuE-Aufwendungen der OECD-Länder für den Umweltschutz* mit fast 5,6 Mrd. US-Dollar einen Spitzenwert und machten damit 2,3 % aller FuE-Ausgaben aus. Zudem lassen die bisher vorliegenden Länderinformationen für 2013 darauf schließen, dass die Ausgaben auch in diesem Jahr weiter und überdurchschnittlich stark gestiegen sind. Dies ist vor allem auf Japan zurückzuführen, dessen FuE-Ausgaben für den Umweltschutz nicht zuletzt auch als Folge der Katastrophe von Fukushima deutlich ausgeweitet worden sind.

Innerhalb der *EU-15* wird das Umweltschutzziel im Rahmen der staatlichen FuE-Budgets mit 2,7 % noch immer etwas höher gewichtet als im OECD-Durchschnitt, andere Industrieländer haben seit Anfang des neuen Jahrhunderts jedoch deutlich aufgeholt. Zudem fällt der Anteil der für physische Umweltforschung aufgewendeten spezifischen Forschungsmittel in den EU-15 aktuell niedriger aus als im Verlauf des letzten Jahrzehnts. Dies hängt vor allem mit der zunehmenden Gewichtsverschiebung zugunsten von Energieforschung – gerade für Erneuerbare Energieträger und Energieeffizienz (s. u.) – zusammen, deren Anteil von 3,1 % (2005) auf 4,3 % (2012) gestiegen ist.

In *Deutschland* ist der Anteil der staatlichen Forschungsausgaben für Umweltschutzprojekte 2012/2013 mit 3 % höher als im EU-15 Durchschnitt. Zudem sind die staatlichen FuE-Aufwendungen für Umweltschutz seit 2011 wieder stärker ausgeweitet worden als die FuE-Aufwendungen insgesamt, wenngleich auch hier seit Mitte des letzten Jahrzehnts eine deutliche Verschiebung in Richtung Energieforschung zu beobachten ist (2005: 3 %, 2013: 4,7 %). Bezogen auf das Umweltschutzziel erreichen innerhalb der EU-15 nur Großbritannien, Italien und Spanien höhere Anteile als Deutschland. Demgegenüber werden vor allem in den USA und – trotz der Steigerungen am aktuellen Rand – auch in Japan in Relation zu den gesamten staatlichen FuE-Aufwendungen noch deutlich weniger staatliche FuE-Mittel für Umweltforschung bereit gestellt.

Abbildung Z 1 zeigt die Anteile einzelner Länder bzw. der EU-15 an den OECD-weiten staatlichen FuE-Budgets für Umweltforschung und für Energieforschung im Vergleich zu ihren jeweiligen Anteilen am gesamten staatlichen FuE-Aufkommen. Daran wird deutlich, dass staatlich finanzierte Umweltforschung in Deutschland wie auch in den EU-15 im Vergleich zu vielen anderen Nationen hohe Priorität genießt. Auf Deutschland entfielen 2012/13 rund 16 % der staatlichen Ausgaben aller OECD-Länder für den Umweltschutz. Bezogen auf die gesamten staatlichen FuE-Ausgaben (10 %) sowie auf die Ausgaben für Energieforschung (gut 12 %) sind die Anteile deutlich niedriger, wenn gleich der deutsche Ausgabenanteil im Bereich Energieforschung in jüngerer Zeit (2010: 8,3 %) deutlich gestiegen ist. Auf die EU-15 entfallen fast 50 % aller staatlichen OECD-Ausgaben für den Umweltschutz; auch dies ist im Vergleich zu ihrem Anteil an allen FuE-Ausgaben (33 %) bzw. an der OECD-weiten staatlichen Energieforschung (35 %) ausgesprochen viel.

Abbildung Z 1: Anteil ausgewählter Länder an den staatlichen FuE-Budgets aller OECD-Länder 2013\* in %: Umwelt, Energie und insgesamt



\*) oder letztes verfügbares Jahr.

Quelle: OECD, Research and Development Statistics. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Hingegen wird in den USA und in Japan Energieforschung innerhalb der staatlichen FuE-Budgets höher gewichtet als Forschung für die physische Umwelt. Während in den USA beiden spezifischen Forschungszielen nur unterdurchschnittliche Priorität eingeräumt wird, trägt Japan überdurchschnittlich zu den OECD-Forschungsbudgets für Umwelt- und Energieforschung bei. Das traditionell hohe Gewicht im Bereich Energieforschung ist mit dem noch immer hohen Mitteleinsatz für Nuklearforschung zu erklären. Seit 2012 (s. o.) wird aber auch in Japan physischen Umweltschutzziele höhere Priorität eingeräumt, was zu einer deutlichen Steigerung des japanischen Anteils in diesem Themenfeld geführt hat.

Vertiefende Erhebungen der Internationalen Energieagentur (IEA) zu den öffentlichen Haushaltsansätzen für Forschung und Entwicklung sowie für Demonstrationsprojekte (RD&D) im Energiebereich

belegen die global starke Mittelausweitung in diesem Themenfeld und ermöglichen einen differenzierteren Blick auf die Ausgabenverteilung zwischen verschiedenen Energieträgern und -technologien. Insgesamt zeigen sich in allen hochentwickelten Ländern deutliche Verschiebungen zugunsten nachhaltiger, ressourcenschonender Technologien (Erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Wasserstoff- und Brennstoffzellen, Sonstige Stromerzeugungs- und Speichertechnologien, Querschnittsthemen) und zulasten von Kernenergie und fossilen Energieträgern. In Deutschland entfielen 2012 gut zwei Drittel der Mittel auf zukunftsorientierte Energietechnologien. Allein 55 % der Mittel wurden für Erneuerbare Energien und Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz aufgewendet, in der übrigen EU-15 waren es 50 %.

Nicht nur in Deutschland und der übrigen EU-15, sondern auch in den USA und Japan sind die *RD&D-Budgets für Erneuerbare Energien seit 2000 deutlich ausgeweitet* worden. Dabei haben sich jedoch strukturelle Verschiebungen zwischen den verschiedenen Energieträgern ergeben. Das Gewicht des Solarbereichs im Energiemix, der im Jahr 2000 in allen Regionen noch den größten Anteil des RD&D-Förderbudgets ausmachte – in Deutschland und Japan sogar mindestens zwei Drittel –, hat sich überall rückläufig entwickelt. Andere Energieträger, v. a. Biokraftstoffe bzw. Biobrennstoffe, in Japan auch die Windenergie, in der übrigen EU-15 und den USA auch Meeresenergie, haben strukturell gewonnen. Hingegen blieb der Anteil der Windenergie in Deutschland (20 %) und der übrigen EU-15 (15 %) im Zeitablauf annähernd unverändert.

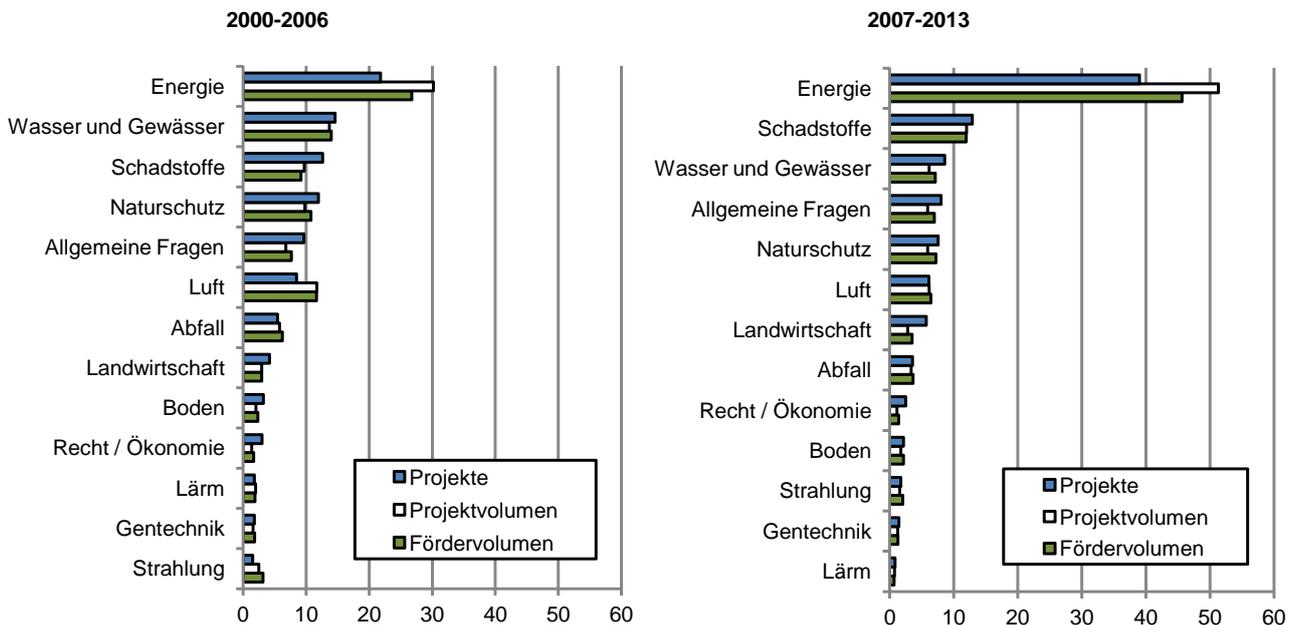
### **Öffentlich geförderte Umweltforschung in Deutschland**

Für Deutschland lässt sich die Forschungsförderung im Umweltbereich (inkl. Energie) mit Hilfe der Umweltforschungsdatenbank (UFORDAT) des Umweltbundesamtes (UBA) sehr viel differenzierter analysieren, als dies im internationalen Vergleich möglich ist. Für die vorliegende Untersuchung wurden die seit 2000 begonnenen und in Deutschland durchgeführten Forschungsvorhaben nach dem jeweiligen Projekt- und Fördervolumen, nach der Art der durchführenden und finanzierenden Institution sowie dem jeweiligen Umweltbereich (Wasser, Abfall, Energie etc.) ausgewertet.

In Summe sind in Deutschland von 2000 bis einschließlich 2013 nach Stand September 2014 fast 44.300 umweltbezogene Forschungsvorhaben begonnen worden. Für 31.850 Vorhaben liegen Angaben zum Projektvolumen vor, 31.400 haben eine Förderung enthalten. Seit 2007 sind alle drei Kennzahlen stärker gestiegen als in der Vorperiode (2000 bis 2006). Parallel zur Ausweitung der staatlichen FuE-Budgets für Umweltschutz und Energie in Deutschland (s. o.) ist der Zuwachs seit 2011 besonders ausgeprägt. 2012 hat die Zahl der neu begonnenen Projekte mit fast 3.450 ihren bisher absoluten Höchststand erreicht. Das Gleiche gilt auch für Projekt- und Fördervolumen.

Unter inhaltlichen Gesichtspunkten bestätigt sich auch hier – analog zur zunehmenden Gewichtung in den öffentlichen Forschungsbudgets – die hohe und weiter zunehmende Bedeutung von Forschungsfragen aus dem Energie- und Klimaschutzbereich (Abbildung Z 2). Bezogen auf die Anzahl der Projekte sind die Anteile von 22 % (2000 bis 2006) auf 39 % (2007 bis 2013), beim Projektvolumen von 30 % auf 51 % und beim Fördervolumen von 27 % auf 46 % gestiegen. Damit hat sich der schon seit den 1990er Jahren feststellbare Trend, dass alle klassischen, eher nachsorgend geprägten Felder (Wasser und Gewässerschutz, Luft, Abfall, Lärm, Boden, Naturschutz) in der Umweltforschung in Deutschland zunehmend an Boden verlieren, fortgesetzt. Hingegen treten übergreifende Themen (Allgemeine Fragen des Umweltschutzes, Umweltrecht/-ökonomie), vor allem aber Forschungsvorhaben zu vorsorgenden, emissionsmindernden und -vermeidenden Fragen (Klimaschutz und Ressourcenschonung, Schadstoffminderung), immer stärker in den Vordergrund.

Abbildung Z 2: Schwerpunkte in der Umweltforschung in Deutschland – Anteil der Umweltbereiche an den Forschungsvorhaben 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 in %



Anmerkung: absteigend sortiert nach der Entwicklung der Zahl der Projekte.  
 Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2014). – Berechnungen des NIW.

Im Hinblick auf die Förderquote, d. h. auf den Anteil des durchschnittlichen Fördervolumens an den durchschnittlichen Projektkosten, rangiert das gewichtigste Themenfeld Energie mit 62 % (2007 bis 2013) am unteren Ende der Hierarchie. Die höchsten Quoten von 80 % und mehr werden in den Bereichen Strahlung, Boden, Landwirtschaft, Natur- und Landschaftsschutz, Wasser sowie bei übergreifenden umweltrelevanten Themen erreicht. Insgesamt betrachtet ist das Fördervolumen etwas weniger stark ausgeweitet worden als das Projektvolumen: Die durchschnittliche Förderquote sank von fast 74 % (2000 bis 2006) auf gut 70 % (2007 bis 2013). Im Hinblick auf einzelne Themenfelder stellt sich die Situation jedoch unterschiedlich dar. Rückläufige Förderquoten verzeichnen Gentechnik, Energie, Abfall, Umweltrecht/-ökonomie sowie allgemeine und übergreifende Fragen des Umweltschutzes. In den anderen Themenfeldern ist die staatliche Förderung demgegenüber weiter ausgeweitet worden bzw. annähernd unverändert geblieben.

Fast die Hälfte aller von 2007 bis 2013 begonnenen Projekte (58 % des Projektvolumens und 45 % der Fördersumme) werden von der Wirtschaft durchgeführt. Dies ist deutlich mehr als in der Vorperiode und belegt, dass umweltrelevante Forschungsvorhaben immer stärker in privaten Unternehmen stattfinden, vielfach in Kooperation mit öffentlichen Forschungseinrichtungen.<sup>1</sup> An zweiter Position rangieren Hochschulen mit fast 30 % der Forschungsvorhaben, wenngleich sie gegenüber der ersten Teilperiode leicht an Bedeutung verloren haben. Erst mit deutlichem Abstand folgen Institute der Helmholtz Gemeinschaft (6,3 %) und der Fraunhofer-Gesellschaft (5,4 %) vor WGL<sup>2</sup>-Instituten, Bundes- und Landesbehörden/-anstalten sowie Sonstigen Forschungseinrichtungen mit Projektanteilen zwischen 3 % und 1,5 %. Die dominierende Position von Hochschulen innerhalb der

<sup>1</sup> Oftmals werden mehrere durchführende Institutionen angeführt. Da über die interne Verteilung der Projektmittel keine Informationen vorliegen, erfolgt die institutionelle Zuordnung jeweils nach der erstgenannten Einrichtung.  
<sup>2</sup> WGL: Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz

öffentlichen Forschungseinrichtungen ist mit einer ausgeprägten thematischen Breite verbunden, die sich in dieser Form bei den außeruniversitären Forschungseinrichtungen nicht findet.

Bezogen auf die Anteile an den Projekt- und Fördermitteln fällt die Lücke zwischen Hochschulen und anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen weniger deutlich aus. Dies indiziert, dass Hochschulforschung im Allgemeinen weniger kostenintensiv ist und z. T. auch durch allgemeine Hochschulmittel gedeckt wird, wohingegen besonders teure und risikoreiche Vorhaben eher in hochspezialisierten Instituten stattfinden. Auffällig ist, dass der Anteil der Wirtschaft an den Fördermitteln (45,5 %) deutlich niedriger ist als ihr Projektmittelanteil (58 %). Dort werden zumeist stärker anwendungsorientierte Vorhaben durchgeführt, die im Durchschnitt in geringerem Umfang gefördert werden als Projekte an Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, die tendenziell stärker grundlagenorientiert und längerfristig angelegt sind.

Der weit überwiegende Teil der Fördermittel für Umweltforschung kommt traditionell vom Bund, der seine diesbezüglich führende Position in den letzten Jahren nochmals deutlich ausgebaut hat: 2007 bis 2013 entfielen rund 88 % der Fördermittel auf den Bund, 2000 bis 2006 waren es 64 %. Hauptsponsor innerhalb der Bundesförderung ist das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (fast 46 %). Dennoch haben andere Bundesministerien, insbesondere das frühere Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), aber auch das frühere Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie – von niedrigem absoluten Niveau aus startend – das frühere Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und das frühere Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)<sup>3</sup> ihre Projektförderung seit 2007 noch stärker ausgeweitet und damit überdurchschnittlich zum Zuwachs der Bundesfördermittel beigetragen. Demgegenüber fällt vor allem die Halbierung der EU-Fördermittel ins Gewicht, die 2000 bis 2006 noch ein Viertel des gesamten Fördervolumens gestellt haben, in der Folgeperiode aber nur noch knapp 8 % der Mittel ausmachen. Aber auch die meisten anderen Förderinstitutionen außerhalb des Bundes (DBU, DFG, Ländermittel) haben ihren absoluten Beitrag zur Umweltforschung in Deutschland deutlich zurückgefahren.

### Patentdynamik im Bereich Umweltschutz

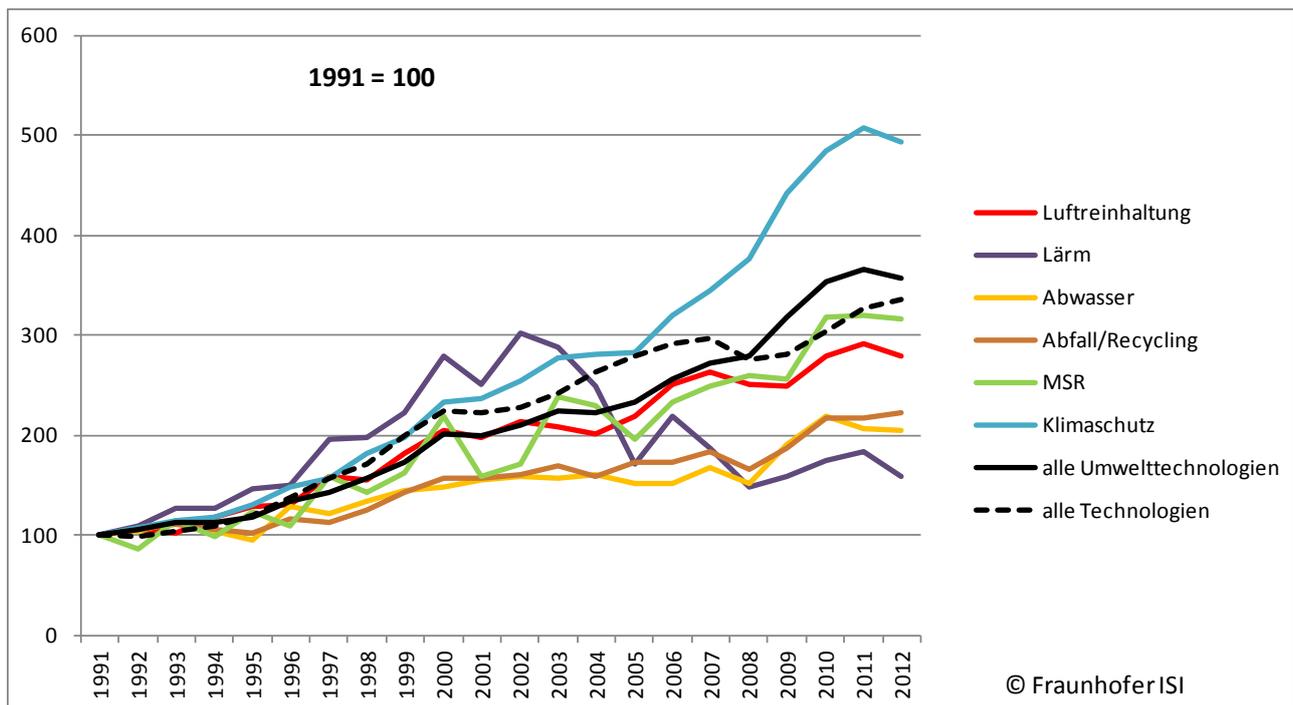
Der Erwerb des Patentschutzes zeigt das Interesse des Anmelders, eine Erfindung potenziell auf dem Markt zu verwerten. Patentanmeldungen geben daher Auskunft über die Anwendungs- und Marktorientierung von technologischen Neuerungen. Sie werden als Frühindikator für Innovationen und die Entwicklung der Wissensbasis eines Landes herangezogen und zeigen damit eine Facette der internationalen Wettbewerbsfähigkeit. In der internationalen Patentklassifikation gibt es keine umweltspezifischen Klassen. Mit den gezielt entwickelten Patentsuchstrategien des Fraunhofer ISI ist aber eine treffende Abgrenzung einzelner Technologiebereiche möglich. In Anknüpfung an Schasse et al. (2012) werden die Bereiche Abfall/Recycling, Lärmschutz, Luftreinhaltung, Abwasser, Mess-/Steuer-/Regeltechnik (MSR) und Klimaschutz mit den Teilbereichen rationelle Energieverwendung, rationelle Energieumwandlung und erneuerbare Energien abgedeckt und unter dem Begriff „Umwelt“ gebündelt dargestellt.

Die Patentdynamik beschreibt, wie sich die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen über die Zeit entwickelt. Global betrachtet haben sich die Umwelttechnologien über lange Jahre fast parallel zur allgemeinen technologischen Entwicklungsdynamik entwickelt (s. Abbildung Z 3), so dass der Anteil der Umweltpatente über die Jahre nur leicht schwankt (zwischen rund 5,5 % und 7,5 %) und heute

<sup>3</sup> Hier werden die bis Ende der Betrachtungsperiode 2013 gültigen Bezeichnungen verwendet. Seit Anfang 2014 haben sich die Zuständigkeiten der Bundesministerien und damit auch ihre Bezeichnungen zum Teil geändert.

auf einem ähnlichen Niveau liegt wie auch Anfang der 1990er Jahre. Das heißt, den gewachsenen Herausforderungen im Umweltbereich steht keine entsprechende Verlagerung des Zugewinns an Wissen und technologischen Neuerungen gegenüber. Dies kann darauf hindeuten, dass die Anreize für Umweltinnovationen immer noch zu schwach ausgeprägt sind, um dieses Verhältnis zu verändern. Das Phänomen kann allerdings auch in der – zum Beispiel im Vergleich zum GreenTech-Atlas 4.0 (BMUB 2014) – relativ engen Abgrenzung der Umweltbereiche liegen, die zum Beispiel viele Entwicklungen im Bereich der nachhaltigen Mobilität, der nachhaltigen Wasserwirtschaft und der Rohstoff- und Materialeffizienz außen vor lässt.

Abbildung Z 3: Weltweite Patentdynamik in Teilbereichen der Umwelttechnologien



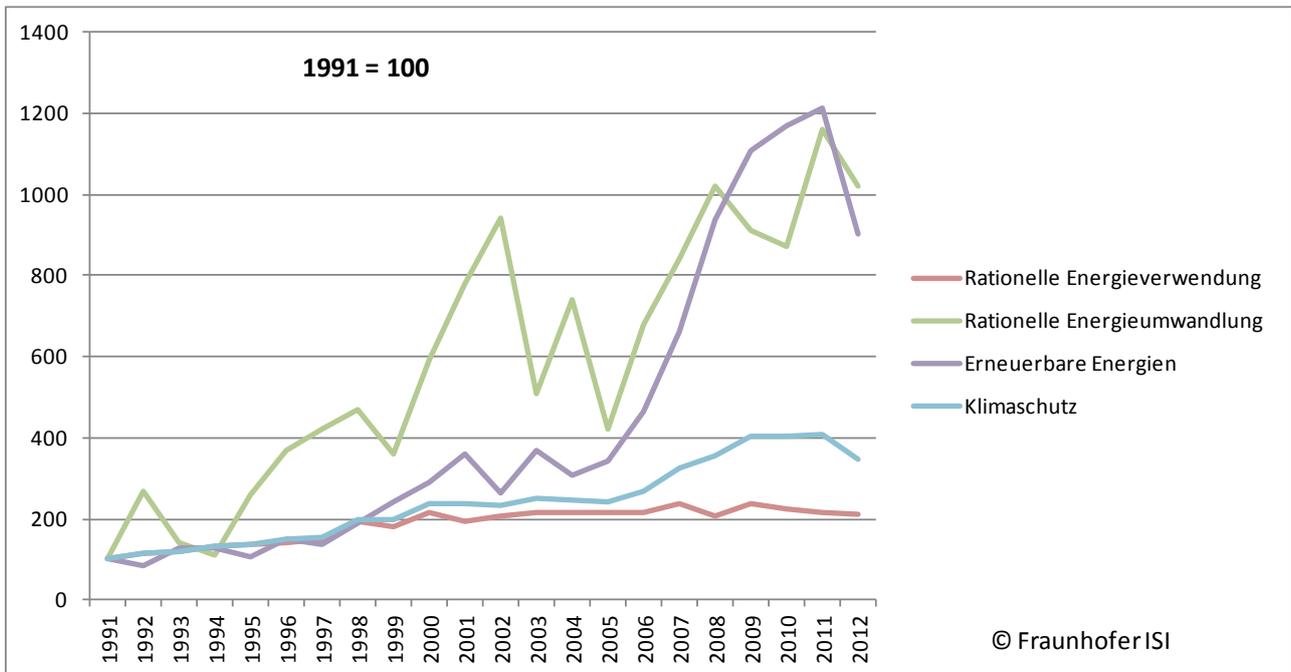
Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Innerhalb der Teilbereiche der Umwelttechnologien gibt es in der Dynamik große Unterschiede. So entwickeln sich die eher „klassischen“ Umweltschutzbereiche Abwasser und Abfall/ Recycling insgesamt unterdurchschnittlich, dagegen weist die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen bei Klimaschutztechnologien – hauptsächlich getrieben durch erneuerbare Energien – ein sehr starkes Wachstum auf. Allerdings ist hier am aktuellen Rand ein deutlicher Einbruch der Patentanmeldungen zu beobachten. Die rückläufige Entwicklung betrifft in geringerem Ausmaß auch fast alle anderen Umweltbereiche. Möglicherweise besteht hier ein Zusammenhang mit der stagnierenden bzw. rückläufigen Entwicklung der FuE-Ausgaben auf OECD-Ebene seit 2009.

Für die Entwicklung der Umweltpatentanmeldungen in Deutschland sind viele Beobachtungen ähnlich. Über die Jahre hinweg betrachtet liegt in Deutschland der Anteil der Umweltpatente an allen Patentanmeldungen mit Werten zwischen ca. 6 % und 9 % zwar etwas über dem entsprechenden globalen Wert, hat sich aber auch hier nicht zugunsten der Umweltpatente verlagert. Unter den verschiedenen Teilbereichen der Umwelttechnik hebt sich der Klimaschutz deutlich positiv ab. Allerdings verzeichnet die Entwicklung einen etwas stärkeren Abfall am aktuellen Rand, als dies global der Fall ist, und dieser Rückgang betrifft hier nicht nur die Erneuerbaren Energien, sondern auch die anderen Teilbereiche des Klimaschutzes, wenn auch weniger deutlich (vgl. Abbildung Z 4). Ähnlich

dem weltweiten Bild betrifft die rückläufige Entwicklung am aktuellen Rand in geringerem Ausmaß auch die Bereiche Luftreinhaltung und MSR. Mit dem Bereichen Abwasser und Abfall/Recycling gibt es in Deutschland allerdings auch zwei Bereiche, die einen leichten Aufwärtstrend zeigt, wenn auch auf niedrigem Niveau.

Abbildung Z 4: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Klimaschutz in Deutschland

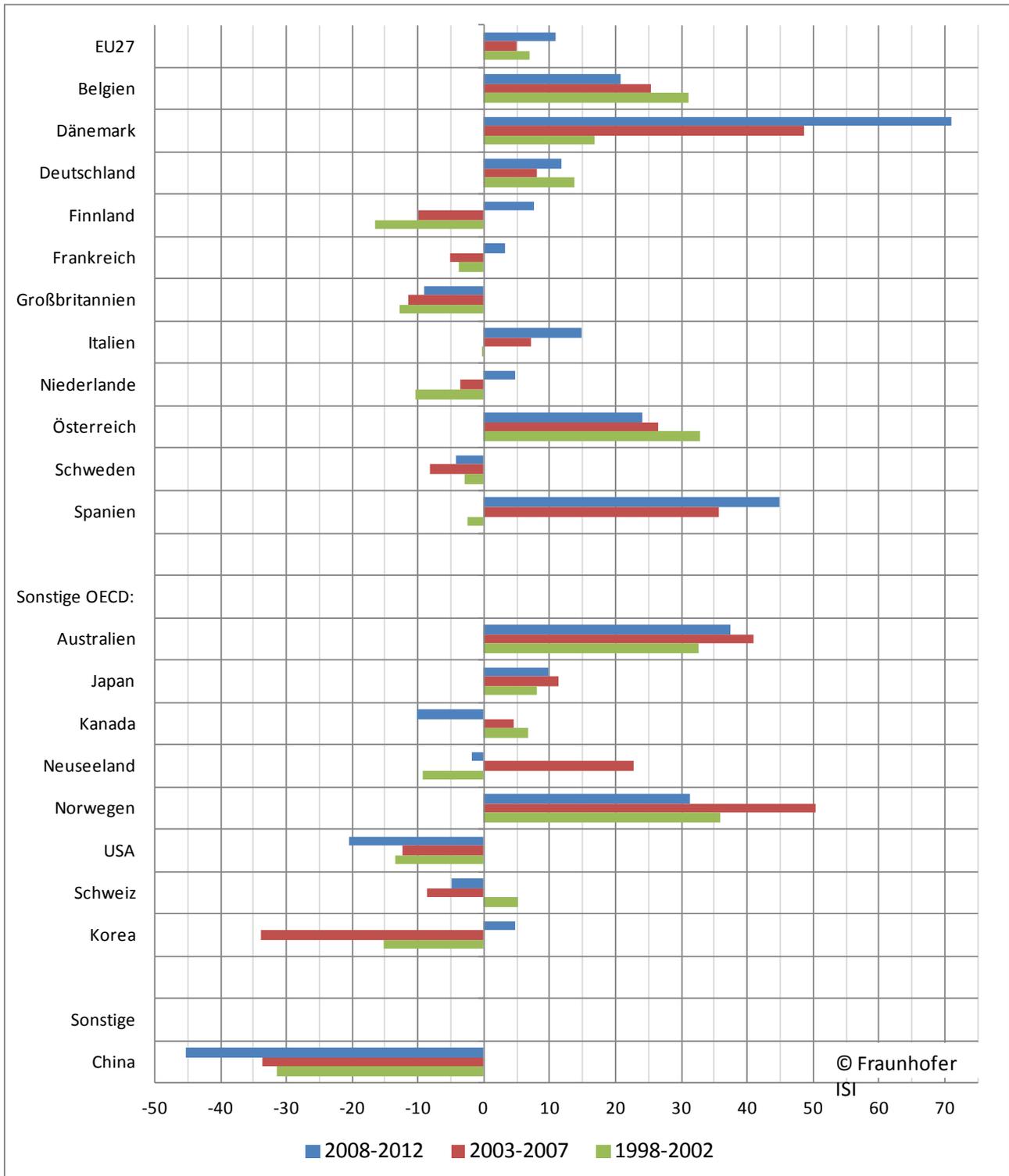


Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

### Patentanteile und Spezialisierungsmuster bei potenziellen Umweltschutztechnologien

Im internationalen Vergleich weisen die EU-27 über fast alle Umweltbereiche hinweg im aktuellen Fünf-Jahres-Zeitraum (2008 bis 2012) den größten Patentanteil auf, gefolgt von den USA und Japan. Einzige Ausnahme zu diesem Muster bildet der Bereich der rationellen Energieumwandlung, der von den USA angeführt wird. China wird vor allem in den klassischen Umweltschutzbereichen Abwasser und Abfall/Recycling mengenmäßig schon deutlich sichtbar, ist aber auch in allen anderen Umweltbereichen ein relevanter Akteur. Der Patentanteil der EU-27 bei Umweltpatenten insgesamt wird maßgeblich von den EU-15-Ländern geprägt. Auf Deutschland entfallen rund 40 % aller Umweltpatentanmeldungen aus der EU-27, mit zum Teil deutlichen Abweichungen je nach Teilbereich nach oben (z. B. Luftreinhaltung) und nach unten (z. B. Abfall).

Abbildung Z 5: Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich Umwelttechnologien



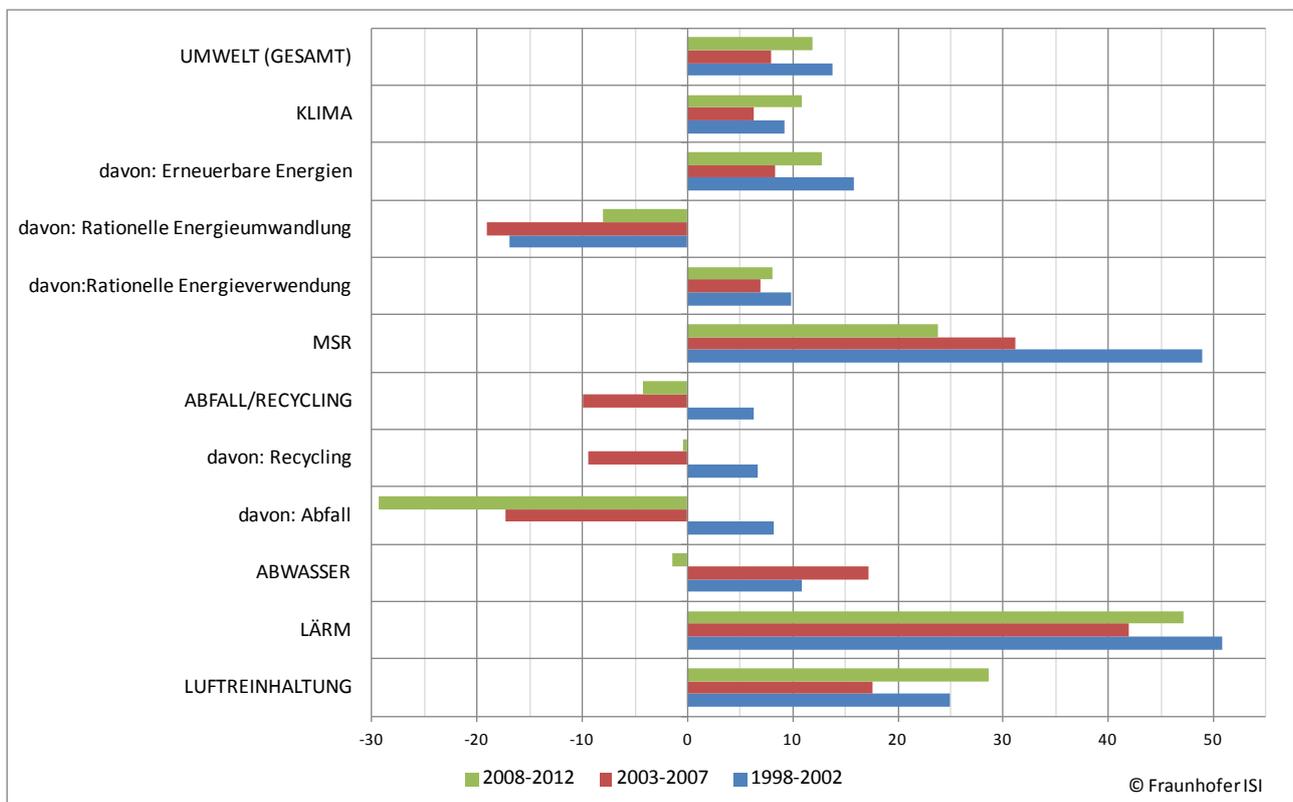
Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Der Vergleich der Patentanteile wird durch die Größenunterschiede zwischen den Ländern stark beeinflusst. Für einen größenbereinigten Blick wird der Relative Patentanteil (RPA) als Spezialisierungsmaß herangezogen (s. Abbildung Z 5). Im aktuellen Fünfjahres-Zeitraum zeigt die EU-27 für Umwelt insgesamt leicht positive RPA-Werte, aber keine signifikanten Spezialisierungsvorteile. Im

Vergleich zu Japan und insbesondere USA schneidet sie jedoch besser ab. China gewinnt zwar gemessen an der Entwicklung seines Patentanteils an Bedeutung, hat aber bei Patenten im Umweltbereich eine zunehmend schwache Spezialisierung. Das heißt, der Zuwachs an marktnahem Wissen erfolgt in China im Umweltbereich unterproportional zu seinem gesamten Wissenszuwachs. Innerhalb Europas haben Belgien, Dänemark, Spanien, Österreich und Norwegen eine signifikant auf Umwelttechnologien spezialisierte Wissensbasis (RPA>20). Außerhalb Europas ist dies unter den betrachteten Ländern nur noch bei Australien der Fall. Die Stärken sind recht ungleich verteilt und längst nicht in allen Teilbereichen ausgeprägt.

Auch Deutschland kann für die Umwelttechnologien insgesamt in den letzten fünf Jahren keine signifikanten Spezialisierungsvorteile der Wissensbasis vorweisen. Der RPA ist positiv, aber eher niedrig und liegt nur wenig über dem EU-Durchschnitt. Ein Blick auf die einzelnen Teilbereiche zeigt folgende Facetten (s. Abbildung Z 6):

Abbildung Z 6: Patentspezialisierung Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte)



Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

- ▶ Eine ausgeprägte Stärke im Sinne einer signifikant positiven Spezialisierung (RPA > 20) liegt aktuell bei MSR, Lärmschutz und Luftreinhaltung vor.
- ▶ Eine gewisse Schwäche mit zunehmender Tendenz wird im Bereich Abfall deutlich. Hier ist der RPA in der aktuellen Zeitscheibe (2008 bis 2012) signifikant negativ (RPA < -20), d. h. der Patentanteil liegt deutlich unter Deutschlands allgemeinem Patentanteil.
- ▶ In vielen Umweltbereichen ist im aktuellen Fünf-Jahres-Zeitraum eine leichte Erholung der RPA-Werte erkennbar, so z. B. in den Bereichen Klima, Recycling, Lärmschutz und Luftreinhaltung.

- ▶ Im Bereich Klimaschutz kann Deutschland – entgegen seiner in der Klimapolitik beanspruchten Führungsrolle – keine signifikanten Spezialisierungsvorteile der Wissensbasis vorweisen.

In den letzten 15 Jahren des Betrachtungszeitraums ist kein einheitlicher Trend der Entwicklung des deutschen RPAs erkennbar. Doch während um die Jahrtausendwende der RPA in allen Teilbereichen bis auf eine Ausnahme (Rationelle Energieumwandlung) noch positiv war, hat sich die Zahl der Bereich mit negativen RPA-Werten inzwischen deutlich erhöht.

Abschließend fasst Tabelle Z 1 die Ergebnisse der drei verwendeten Patentindikatoren für Deutschland in einem qualitativen Überblick zusammen. Als Benchmark wird der Durchschnitt aller Umwelttechnologien herangezogen.

Tabelle Z 1: Qualitative Zusammenfassung der Patentindikatorik für Deutschland

	Patentdynamik	Patentanteile (2008-2012)	RPA (2008-2012)
Luftreinhaltung	∅	+	++
Lärm	bis 2006: + ab 2006: -	++	++
Abwasser	--	-	--
Abfall/Recycling	--	-	--
davon:			
Abfall	---	--	--
Recycling	--	-	--
MSR	∅	+	++
Klima	++	∅	∅
davon:			
Rationelle Energieverwendung	∅	∅	∅
Rationelle Energieumwandlung	++	-	--
Erneuerbare Energien	++	∅	∅

Anmerkung: ∅ = nah am Durchschnitt aller Umwelttechnologien, +/++ = (deutlich) über dem Durchschnitt, -/-- = (deutlich) unter dem Durchschnitt, --- = absoluter Rückgang ggü. 1991.

Quelle: Darstellung des Fraunhofer ISI.

## Summary

The Federal Environmental Agency has instructed the German Institute for Economic Research (DIW), the Lower Saxony Institute for Economic Research (NIW), and the Fraunhofer Institute for System and Innovation Research (ISI) to analyze and update various indicators on a regular basis in the context of the project “Environmental Protection as an Economic Factor” in order to assess the international performance of the German environmental industry. This concerns the innovativeness (research and patents) but also the economic importance of the environmental industry in Germany (production, sales, employment) as well as in an international comparison (foreign trade indicators). The results are published in various studies, demarcated by topic.

This report presents indicators to measure the technological performance/innovation ability of the environmental industry (investment in research and development, patents).

### Research and development for environmental protection and energy in an international comparison

Official statistics of business spending on research and development (R&D) in the domain of environmental protection products are neither available on the national nor the international level. There are merely very few meaningful and comparable results, which, in addition, usually only regard partial aspects of R&D and innovation activities and which are based on estimates for selected technologies (generally from the field of energy). Therefore, the analyses on R&D in international comparison mainly consider public spending, aimed at environmental protection on the one hand and on energy supply on the other hand. In this way, one can at least estimate the importance that these political goals have within the total application of R&D funds.

In 2012, the OECD countries’ public spending for R&D in the field of environmental protection reached a record-high of 5.6 billion US-\$ and thereby accounted for 2.3 % of total R&D expenditures. Additionally, according to the so far available country-specific information for the year 2013, the expenditures have been continuously increasing (and at an above-average rate) this year as well. This can be ascribed in particular to Japan, which has notably expanded its R&D expenditures for environmental protection, not at least due to the Fukushima catastrophe.

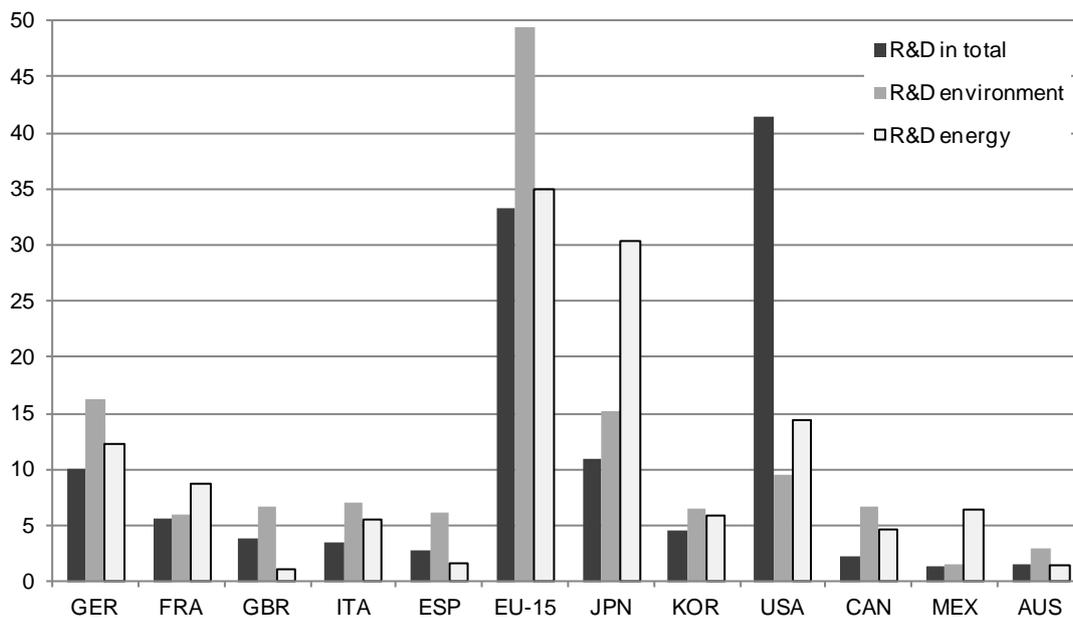
Within the EU-15, environmental protection is still given more weight (2.7 %) in the context of public R&D budgets than on the OECD average. However, other industrial countries have been clearly catching up since the beginning of the new century. Also, the share of specific research funds which is spent on physical environmental research in the EU-15 is currently lower than during the course of the last decade. This is mainly due to the increasing importance of energy research – especially for renewable energy sources and energy efficiency (see below) – whose share increased from 3.1 % (2005) to 4.3 % (2012).

In Germany, the share of public research expenditures for environmental protection projects was higher (3 %) than the EU-15 average in 2012/2013. Moreover, public R&D expenditures for environmental protection have been expanded more strongly than total R&D expenditures since 2011, although a clear shift towards energy research can also be witnessed here since the middle of the last decade (2005: 3 %; 2013: 4.7 %). With respect to the environmental protection goal, only Great Britain, Italy and Spain realize higher shares than Germany within the EU-15. In contrast, especially in the US and – despite the recent/current increases – also in Japan notably fewer public R&D resources are allocated to environmental research.

Figure Z 1 displays the shares of selected countries in the OECD-wide public R&D budgets for environmental and for energy research compared to their respective shares in total public R&D expenditures. This demonstrates that, in comparison to many other countries, high priority is attributed to

publicly financed environmental research in Germany as well in the EU-15. In 2012/2013, Germany accounted for about 16 % of the public expenditures of all OECD-countries for environmental protection. The shares regarding its total R&D expenses (10 %) as well as its expenditures for energy research (roughly 12 %) are considerably smaller. Yet, Germany has recently gained significantly with respect to the energy supply goal (2010: 8.3 %). The EU-15 make up almost 50 % of all public OECD-expenditures for environmental protection. This is a lot compared to their share in total R&D expenses (33 %) and in OECD-wide public energy research (35 %).

Figure Z 1: Shares of selected countries in total public R&D budgets of all OECD countries in 2013\* in %: environment, energy and total



\*) or latest available year.

Source: OECD, Research and Development Statistics. – Calculations and estimations by the NIW.

However, in the US and in Japan, energy research is ranked higher than research in the field of the physical environment within the public R&D budgets. Whereas the US still attributes merely below-average priority to both specific research goals, Japan makes an above-average contribution to the OECD research budgets for environmental and energy research. The traditionally high weight in the domain of energy research can be explained with the continuously large-scale use of resources for nuclear research. Since 2012 (see above), higher priority has also been attributed to physical environmental protection goals and in consequence the Japanese share in this field has increased considerably.

Extended surveys by the International Energy Agency (IEA) with respect to the public budget appropriations for research and development as well as for demonstration projects (RD&D) in the energy domain provide evidence of the strong extension of resources in this field and facilitate a more nuanced view on the allocation of expenditures between various energy sources and technologies. Overall, all highly developed countries exhibit clear shifts in favor of sustainable and resource-efficient technologies (renewable energies, energy efficiency, hydrogen and fuel cells, other energy generating and storage technologies, cross-sectional topics) and at the expense of nuclear energy and fossil fuels. In Germany, those future-oriented energy technologies accounted for about two thirds of these financial resources in 2012, with renewable energies and projects to increase energy efficiency

making up 55 %. In the remaining EU-15, the proportion of renewable energies and projects to increase energy efficiency was roughly 50 %.

The RD&D budgets for renewable energies have been significantly expanded since 2000, not only in Germany and the remaining EU-15 but also in the US and Japan. Thereby, structural shifts have developed between the different energy sources. Within the mix of energies, the importance of the solar domain, which still accounted for the largest stake in the RD&D subsidy budget in all regions in 2000 – in Germany and Japan at least for two thirds –, has declined everywhere. Other energy sources – especially bio-fuels, in Japan also wind power, in the EU-15 and the US additionally ocean energy – have structurally gained. By contrast, the share of wind power in Germany (20 %) and in the remaining EU-15 (15 %) has remained nearly unchanged.

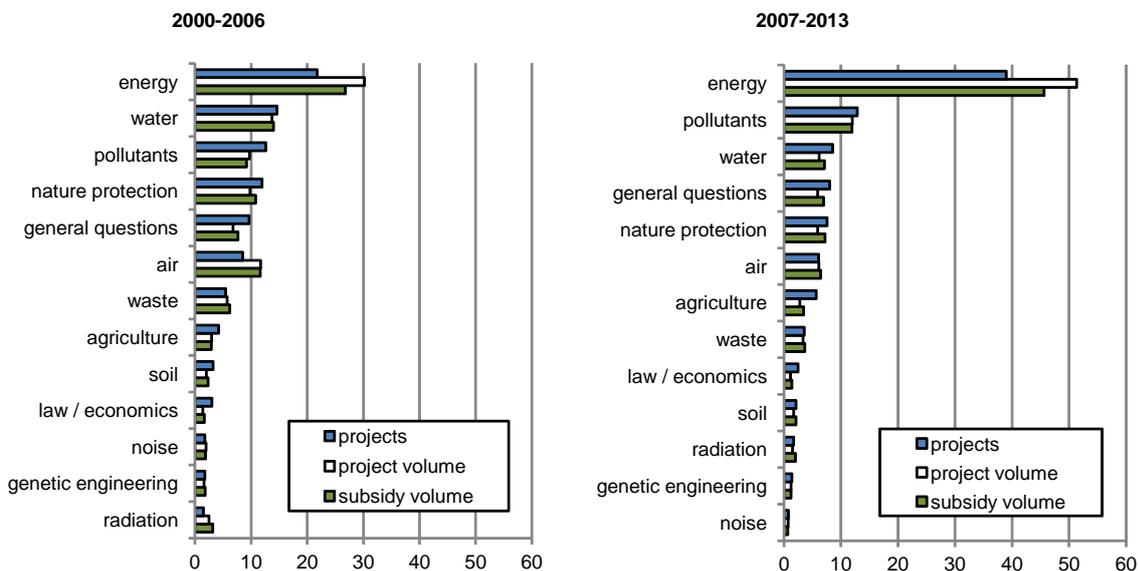
### **Publicly subsidized environmental research in Germany**

For Germany, research funding in the environmental field (including energy) can be analyzed in a much more nuanced way than in international comparison, by the use of the environmental research database (UFORDAT) of the Federal Environmental Agency (UBA). For the present study, the research projects that have been started and carried out in Germany since 2000 were analyzed on the basis of their respective project and subsidy volumes, the type of the conducting and financing institution as well as the respective environmental field (water, waste, energy, etc.).

In sum, nearly 44,300 environment-related research projects were started in Germany from the year 2000 through 2013 (effective September 2014). Reports on project volumes are available for 31,850 projects, 31,400 have been subsidized. All three classification numbers have been increasing more strongly since 2007 than during the pre-period (2000 to 2006). The increase has been particularly large since 2011 in parallel to the expansion of the public R&D budgets for environmental protection and energy in Germany (see above). The number of newly started projects reached its so-far highest value of roughly 3,450 in the year 2012. This also holds for project and subsidy volumes.

The high and continuously rising importance of research questions from the field of energy and climate protection is also confirmed according to this database (Figure Z 2) – analogously to the increasing emphasis within the public research budgets. Regarding the number of projects, the shares increased from 22 % (2000 till 2006) to 39 % (2007 till 2013), with respect to project volume from 30 % to 51 %, and in terms of subsidy volume from 27 % to 46 %. Thereby, the trend carries on, that all classic fields of rather additive environmental protection (water, air, waste, noise, soil, nature protection) continue to lose ground in environmental research in Germany, which has been observable since the 1990s. On the contrary, cross-sectional topics (general questions of environmental protection, environmental law/economics), but especially research projects concerning preventive, emission-reducing and -avoiding questions (climate protection and resource efficiency, pollution reduction) come to the fore more and more strongly.

Figure Z 2: Focal points in environmental research in Germany – shares of environmental domains in research projects between 2000 and 2006 and between 2007 and 2013 in %



Note: sorted in descending order according to the development of the number of projects.  
 Source: Federal Environmental Agency (UBA), UFORDAT (research in September 2014). – Calculations by the NIW.

In view of the subsidy ratio, that is, the share of the average subsidy volume in percentage of the average project costs, the most important domain, namely energy, is found at the lower end of the scale with 62 % (2007 till 2013). The highest ratios of 80 % and more are reached in the fields of radiation, soil, agriculture, nature and landscape protection, water as well as in overlapping environmentally relevant topics. Overall, public subsidies for environmentally relevant research projects have been slightly reduced: the average subsidy ratio fell from almost 74 % (2000 till 2006) to about 70 % (2007 till 2013). Regarding individual thematic fields, the situation looks different, however. Genetic engineering, energy, waste, environmental law/economics as well as general and overlapping questions of environmental protection exhibit falling subsidy ratios. By contrast, public subsidies have been further expanded or kept at nearly the same level in the other domains.

Almost half of all projects that were started between 2007 and 2013 (58 % of project volume and 45 % of total subsidies) are realized by the manufacturing industry. This is significantly more than in the pre-period and shows that environmentally relevant research projects are more and more undertaken by private companies, frequently in cooperation with public research institutions.<sup>4</sup> Institutions of higher education account for about 30 % of the research projects although they have slightly lost in importance compared to the first partial period. Institutes of the Helmholtz Association (6.3 %) and Fraunhofer Association (5.4 %) follow, ahead of WGL<sup>5</sup> institutes, federal and federal states agencies/institutes as well as other research institutes with project shares between 3 % and 1.5 %. The dominating position of universities among the public research institutions is accompanied by a large scope of topics, which cannot be found in non-university research institutes in this form.

<sup>4</sup> Often, multiple conducting institutions are named. Since there is no information available on the internal distribution of the project funding, the institutional attribution is based on the institution that is named first.  
<sup>5</sup> WGL: Science Community (Wissenschaftsgemeinschaft) Gottfried Wilhelm Leibniz

Considering the shares in project and subsidy funding, the gap between universities and other public research institutions becomes less significant. This indicates that research by universities is generally less costly and partly also covered by general university funds whereas particularly expensive and risky projects rather take place in highly specialized institutes. Strikingly, the share of the manufacturing industry in subsidy funding (45.5 %) is considerably smaller than its share in project funding (58 %). There, companies mostly conduct application-oriented projects that are, on average, subsidized on a smaller scale than projects at universities and non-university research institutes, that tend to have a stronger focus on fundamental research and long-run projects.

The by far largest part of the subsidy funds for environmental research is traditionally provided by the federal government. It has been significantly expanding its financial support for this area over the past years and accounted for about 88 % of the research funds between 2007 and 2013 as opposed to 64 % between 2000 and 2006. The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is the main sponsor (almost 46 %) with respect to federal subsidy provision. Nonetheless, other federal ministries, especially the former Federal Ministry of Economics and Technology (BMWI), but also the former Federal Ministry of Environment, Nature Protection and Reactor Security (BMU) as well as – starting from a low absolute value – the former Federal Ministry of Transport, Construction and City Development (BMVBS) and the former Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV)<sup>6</sup> have been notably extending their project subsidies since 2007 and thereby made an above-average contribution to the increase in federal subsidies. In contrast, the EU-subsidies, which still accounted for 25 % of the total subsidy volume in the period 2000 to 2006, have been reduced by a half such that their contribution dropped to merely 8 % of the funds in the subsequent period. But also most of the other subsidizing institutions outside the federal government (German Federal Environment Foundation: DBU, German Research Foundation: DFG, federal states' funding) have considerably reduced their absolute contributions to environmental research in Germany.

### **Patent dynamics in environmental protection**

Purchasing patent protection for an invention shows that the applicant is interested in potentially utilizing it commercially on the market. Patent applications therefore provide information about the application and market orientation of technological innovations. They are used as an early indicator of innovations and of how a country's knowledge basis is developing and therefore mirror one facet of international competitiveness. There are no categories in international patent classification that refer specifically to the environment. However, it is possible to use the patent search strategies developed by the Fraunhofer ISI to identify relevant individual technology fields. Following Schasse et al. (2012), waste management/recycling, noise abatement, air pollution control, wastewater, measurement & control technology and climate protection, including the sub-fields of efficient energy use, efficient energy transformation and renewable energies, are covered and pooled under the heading of "environment".

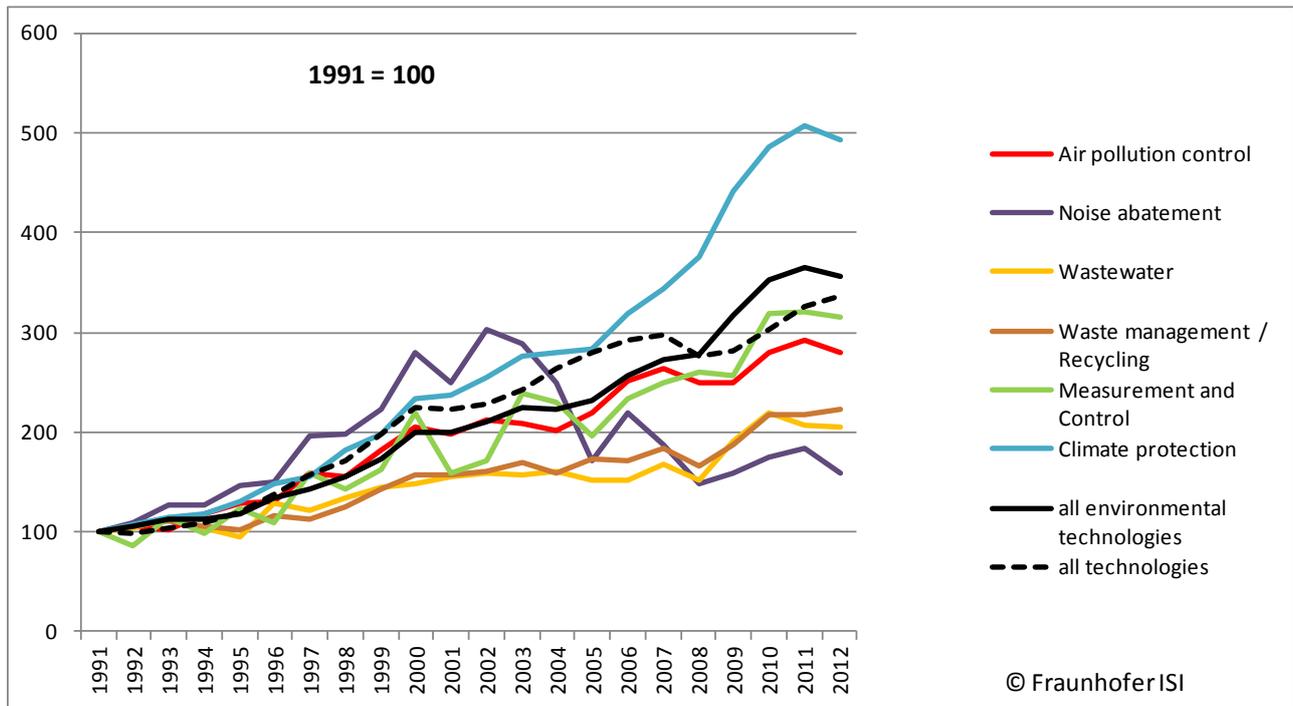
Patent dynamics describe how the number of annual patent applications develops over time. From a global perspective, for many years, environmental technologies have developed parallel to general technology dynamics (see Figure Z 3), so that the share of environmental patents has only fluctuated slightly (between 5.5 % and 7.5 %) and is at a similar level today as it was at the beginning of the 1990s. This means, the growing challenges in the environmental field are not mirrored by corresponding shifts in knowledge gains and technical innovations. This may be an indication that the in-

---

<sup>6</sup> This report applies the terminology that was valid until 2013, the end of the period under consideration. Since the start of 2014, the competences of the federal ministries and thereby also their names have changed partly.

centives for environmental innovations are still too weak to alter this relationship. However, this may also be due to the relatively narrow definition of environmental fields – compared to the GreenTech-Atlas 4.0, for example (BMUB 2014) - that excludes numerous developments in the field of sustainable mobility, for instance, sustainable water management and resource and material efficiency.

Figure Z 3: Global patent dynamics in sub-fields of environmental technology

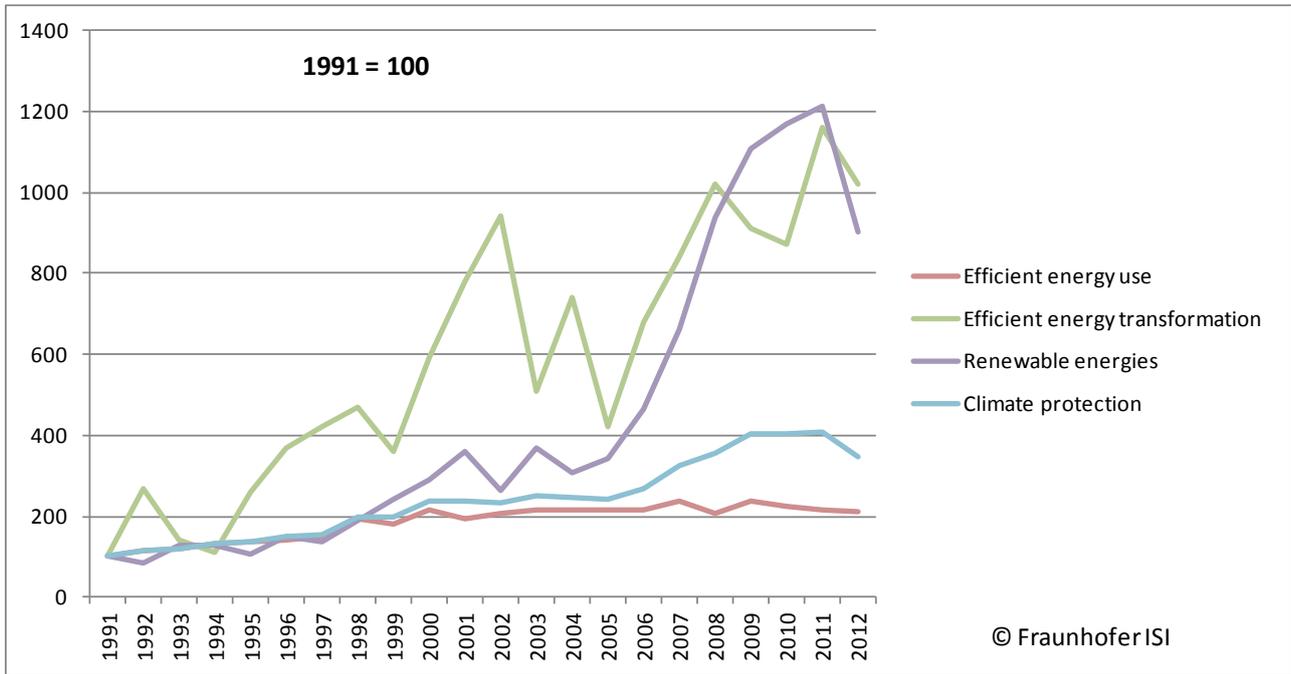


Source: PATSTAT; calculations by Fraunhofer ISI

The dynamics differ greatly between the sub-fields of environmental technologies. The “classic” fields of environmental protection - wastewater and waste management/recycling - generally show below-average dynamics, while there is very strong growth in the number of annual patent applications in climate protection technologies – driven mainly by renewable energies. However, a clear decline in patent applications is evident when looking at the most recent data. To a lesser extent this downward trend affects almost all the other environmental fields as well. This may be linked to the stagnation or decline of R&D expenditure at OECD level since 2009.

There are many similarities when looking at the development of environmental patent applications in Germany. Looking at the development over time, Germany’s share of environmental patents in total patent applications is slightly above the corresponding global figure with between 6 percent and 9 percent, but there has been no shift here in favor of environmental patents. Climate protection stands out positively among the different sub-fields of environmental technology. However, the most recent figures record a slightly stronger decline than is the case globally and this affects not only renewable energies, but also the other sub-fields of climate protection, if not as clearly (see Figure Z 4). Similar to the global picture, the recent downward trend affects also the fields of air pollution control and measurement and control. There are two exceptions in Germany that show a slight upward trend, however on a low absolute level - the field of wastewater and that of waste management/recycling.

Figure Z 4: Development in the number of patent applications for climate protection in Germany

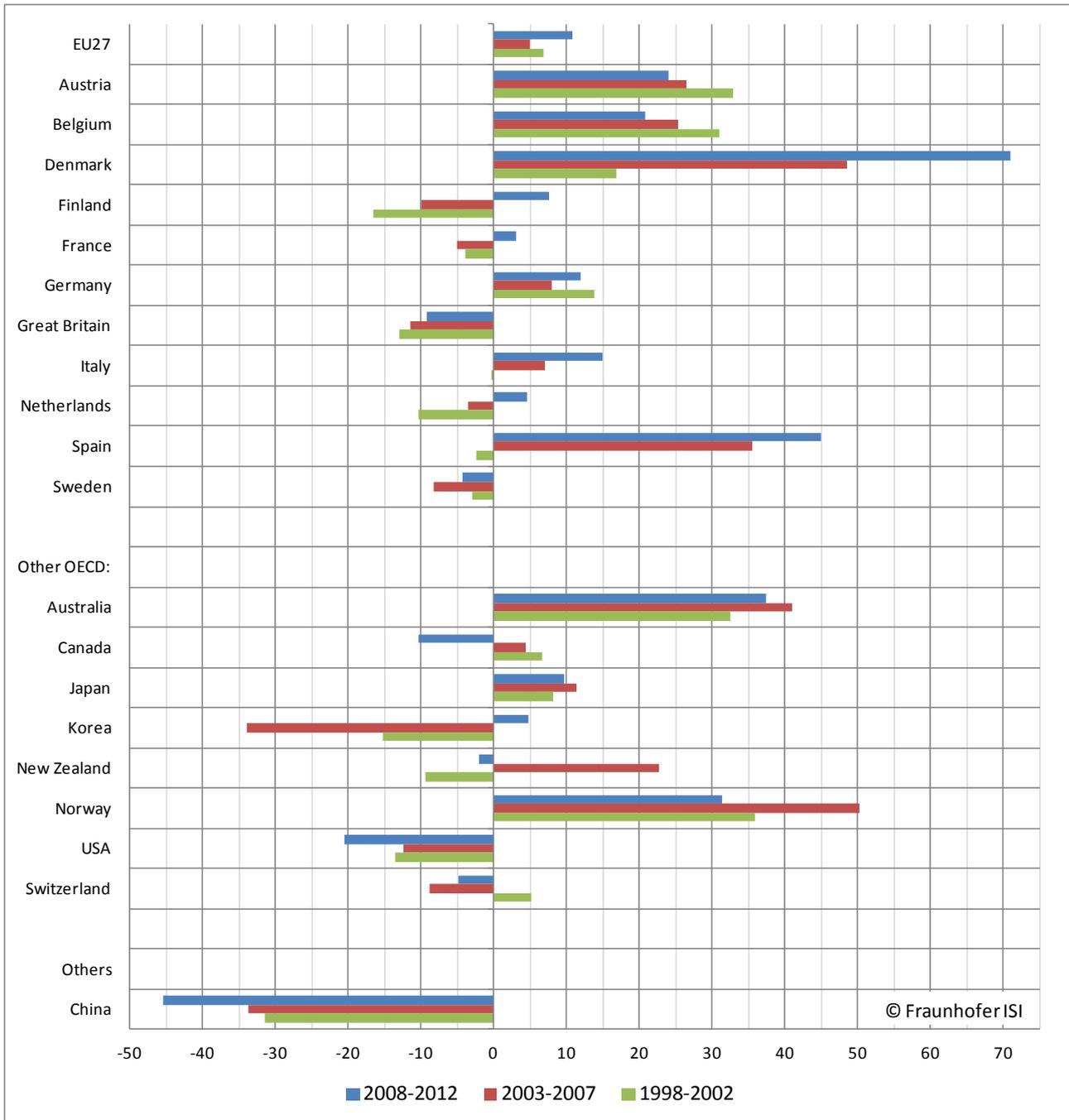


Source: PATSTAT; calculations by Fraunhofer ISI

### Patent shares and specialization in potential environmental technologies

In an international comparison, the largest patent shares across all environmental fields in the current five year period (2008 – 2012) are held by the EU27, followed by the USA and Japan. The one exception to this pattern is the field of efficient energy transformation which is led by the USA. China is now a relevant player in all fields, but above all in classical environmental protection like wastewater and waste management/recycling. The patent share of the EU27 in total environmental patents is largely defined by the EU 15 countries. Around 40 percent of all environmental patent applications from the EU 27 come from Germany; in some sub-fields there are obvious upward (e. g. prevention of air pollution) and downward (e. g. waste management) deviations.

Figure Z 5: Specialization of selected countries in environmental technologies



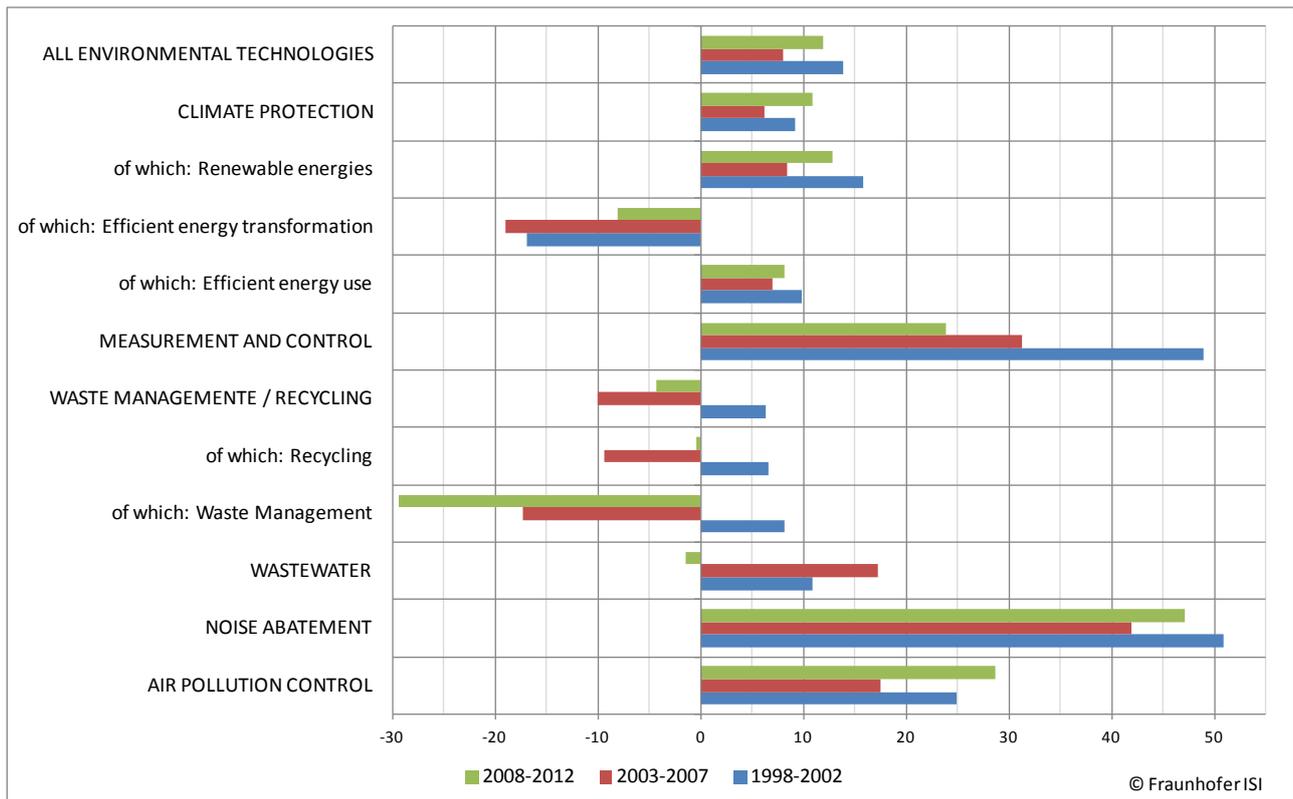
Source: PATSTAT; calculations by Fraunhofer ISI

The different size of countries strongly influences the comparison of their patent shares. The relative patent advantage (RPA) is used as a size-corrected measure of specialization (see Figure Z 5). In the current five year period, the EU 27 shows slightly positive RPA values for environment as a whole, but no significant specialization advantages. However, it scores better than Japan and especially the USA. Based on the development of its patent share, China is becoming more important, but features an increasingly weak specialization in environmental patents. This means that the growth in marketable knowledge in China is disproportionately low in the field of environment when compared to its overall knowledge gain. Within Europe, Belgium, Denmark, Spain, Austria and Norway have a know-

ledge base that is significantly specialized in environmental technologies (RPA>20). Beyond Europe, this is only the case in Australia among all the analyzed countries. Strengths are very unequally distributed and not pronounced in all sub-fields.

Germany has also shown no significant specialization advantages in its knowledge base for environment technologies over the last five years. Its RPA is positive, but rather low and only slightly above the EU average. Looking at the individual sub-fields reveals the following features (see Figure Z 6):

Figure Z 6: Germany’s patent specialization in environmental technologies (RPA figures)



Source: PATSTAT; calculations by Fraunhofer ISI

- ▶ Germany currently has distinctive strengths in terms of a significantly positive specialization (RPA > 20) in measurement and control technology, noise abatement and air pollution control.
- ▶ There is a specific visible weakness in the field of waste management with an increasing tendency. The RPA in the most recent period reviewed (2008 - 2012) was significantly negative (RPA < -20), which means the patent share was clearly below Germany’s overall patent share.
- ▶ A slight recovery of RPA values can be seen in many environment areas in the most recent five year period, for instance in climate, recycling, noise abatement and of air pollution control.
- ▶ Germany shows no significant specialization advantages in the knowledge base for climate protection – contrary to the leadership role claimed in its climate policy.

It is not possible to identify a uniform trend of Germany’s RPA in the last 15 years of the period under review. However, while the RPA was still positive in all sub-fields around the turn of the millennium with one exception (efficient energy transformation), there has been a significant increase in the number of fields with negative RPA values since then.

Finally, Table Z 7 presents a qualitative summary of the results of the three patent indicators for Germany. The average of all environmental technologies serves as benchmark.

Table Z 7: Qualitative summary of patent indicators for Germany

	Patent dynamics	Patent Shares (2008-2012)	RPA (2008-2012)
Air pollution control	∅	+	++
Noise abatement	bis 2006: + ab 2006: -	++	++
Wastewater	--	-	--
Waste Management / Recycling of which:	--	-	--
Waste management	---	--	--
Recycling	--	-	--
Measurement and Control	∅	+	++
Climate protection of which:	++	∅	∅
Efficient energy use	∅	∅	∅
Efficient energy transformation	++	-	--
Renewable energies	++	∅	∅

Note: ∅ = close to average of all environmental technologies, +/++ = (clearly) above average, -/-- = (clearly) below average, --- = decrease in absolute terms compared to 1991

Source: Fraunhofer ISI

# 1 Einleitung

Technologien, die zum Schutz von Klima und Umwelt beitragen, haben weltweit ein herausragendes Wachstumspotenzial. Alle bekannten Prognosen weisen angesichts der großen umweltpolitischen Herausforderungen auf eine expansive Marktentwicklung hin – vor allem im internationalen Raum.<sup>7</sup> Die günstigen Wachstumsprognosen beruhen nicht zuletzt auch auf der Tatsache, dass der verstärkte Einsatz dieser Technologien weltweit politisch gefördert wird.<sup>8</sup> Insofern wird in der Entwicklung innovativer Umwelt- und Klimaschutzlösungen – zusätzlich zu deren Umweltnutzen - gleichzeitig die Chance gesehen, weltweit expandierende Marktpotenziale zu erschließen und damit Produktions- und Beschäftigungsmöglichkeiten im Inland zu generieren.<sup>9</sup>

Deshalb hat das Umweltbundesamt das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), das Niedersächsische Institut für Wirtschaftsforschung (NIW) und das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) im Projekt „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ mit der regelmäßigen Analyse und Fortschreibung verschiedener Indikatoren zur Bewertung der Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltwirtschaft beauftragt. Dabei geht es sowohl um die Innovationsfähigkeit (Forschung und Patente) als auch um die wirtschaftliche Bedeutung der Umweltwirtschaft in Deutschland (Produktion, Umsatz, Beschäftigung) wie im internationalen Vergleich (Außenhandelsindikatoren). Die Ergebnisse werden in verschiedenen thematisch abgegrenzten Studien veröffentlicht. In diesem Beitrag stehen Indikatoren zur Messung der technologischen Leistungsfähigkeit oder Innovationsfähigkeit der Umweltwirtschaft im Vordergrund.

Angesichts der hohen Relevanz von Innovationsprozessen für moderne Volkswirtschaften existieren langjährige Forschungsarbeiten zur Entwicklung verlässlicher Indikatoren für ihre Analyse. Entlang den verschiedenen Phasen des Forschungsprozesses (Grundlagen-/angewandte Forschung, experimentelle Entwicklung) und den verschiedenen Stadien von Innovation (von der Erfindung bis zur weiten Verbreitung) finden sich verschiedene Messgrößen für technologischen Wandel in der Literatur, die häufig in drei Gruppen unterteilt werden: „Ressourcen“- oder „Input“-Indikatoren, Output-Indikatoren für den Forschungsprozess und „Fortschrittsindikatoren“ im Sinne von Output-Indikatoren mit Fokus auf die ökonomischen Wirkungen von Innovationen (vgl. Grupp 1997, Johnstone et al. 2008).

- ▶ FuE-Ausgaben gehören zu den gängigsten Ressourcen-Indikatoren. Letztere folgen der Logik, dass Investitionen in Wissensgenerierung getätigt werden müssen, um technischen Wandel hervorzubringen. Höhe und Verteilung von FuE-Ausgaben sind also ein wichtiges Charakteristikum eines Innovationssystems. Der erste Teil des Berichts (Abschnitt 2) präsentiert hierzu Daten und Analysen für den Umweltbereich. Im Mittelpunkt von Abschnitt 2.1 stehen staatliche Ausgaben und öffentliche Haushaltsansätze für Umweltschutz- und Energieforschung im internationalen Vergleich. Für Deutschland lässt sich darüber hinaus auf Basis der Umweltforschungsdatenbank (UFORDAT) die Forschungsförderung im Umweltschutzbereich zusätzlich vertiefend nach Schwerpunktsetzungen, durchführenden Institutionen und Mittelgebern analysieren (Abschnitt 2.2).

<sup>7</sup> Vgl. dazu z. B. BMU, UBA (2011) sowie BMUB (2014).

<sup>8</sup> Bis Anfang 2014 hatten mindestens 144 Länder, darunter mehr als die Hälfte Entwicklungsländer, nationale energiepolitische Ziele für die Förderung erneuerbarer Energieträger formuliert und 138 Länder, darunter mehr als zwei Drittel Entwicklungs- und Schwellenländer, politische Fördermaßnahmen eingeführt. Vgl. REN 21 (2014).

<sup>9</sup> Im Zuge der weltweiten Nachfrageausweitung nach potenziellen Umweltschutzgütern ist der Anteil der deutschen Ausfuhren an diesen Gütern an den gesamten deutschen Industrieausfuhren von 4 % im Jahr 2002 auf 5 % im Jahr 2011 gestiegen (vgl. dazu Gehrke, Schasse, Ostertag 2014, Abschnitt 5).

Eine Einschränkung von Ressourcen-Indikatoren wie FuE-Ausgaben liegt darin, dass sie nichts über den Erfolg und die Ergebnisse der finanzierten Forschung aussagen, was angesichts der mit Forschung verbundenen Unsicherheiten unbefriedigend ist. Außerdem unterliegt der Zugang bestimmten Einschränkungen bzgl. der Datenlage, die sich im Kontext von Analysen für ausgewählte Themenfelder – wie hier dem Bereich Umwelt – noch verschärfen können. Darauf wird im Abschnitt 2 noch genauer eingegangen werden.

- ▶ Deshalb ist die zusätzliche Betrachtung weiterer Indikatoren auf der Output-Seite sinnvoll. Für die Messung des Outputs von FuE kommen Daten zu Publikationen und Patenten in Frage. Im vorliegenden Bericht wird auf Patentdaten abgehoben. Patentgeschützte Erfindungen zeigen das Ergebnis von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und werden häufig zur Charakterisierung des Innovationsgeschehens herangezogen. Sie weisen auf Fortschritte in Forschung und Entwicklung hin, von denen eine kommerzielle Anwendung möglich scheint und bilden damit eine Brücke zwischen den Ressourcen-Indikatoren wie FuE-Ausgaben und den sogenannten Fortschrittsindikatoren, die Innovationen u. a. anhand von Marktergebnissen zu erfassen suchen, so z. B. mit Außenhandelsdaten (vgl. Gehrke, Schasse 2015). In Abschnitt 3 wird mit Hilfe einer international vergleichbaren Patentanalyse untersucht, welche Teilmärkte der Umweltwirtschaft sich technologisch weltweit besonders oder weniger dynamisch entwickeln und wie die deutsche Position auf diesen Technologiefeldern zu bewerten ist.

Eine Herausforderung, der sich die Arbeit mit beiden Datenquellen – FuE-Ausgaben und Patente – gegenüberstellt, liegt darin, die relevanten Themen- und Technologiefelder innerhalb der verschiedenen statistischen Klassifikationen abzugrenzen. Dies führt u. a. dazu, dass die Umweltteilbereiche, die in den Abschnitten 2 und 3 dieses Berichts verwendet werden, nicht ganz deckungsgleich definiert werden können. Daraus ergeben sich insbesondere dann Unschärfen für die Interpretation, wenn ein Zusammenhang zwischen den FuE- und den Patentdaten hergestellt werden soll. Wegen der eingeschränkten Vergleichbarkeit der Umweltbereiche müssen die Fälle, wo solche Querbezüge nachfolgend aufgezeigt werden, mit der gebotenen Vorsicht interpretiert werden. Insbesondere sei auf folgende Abgrenzungsunterschiede hingewiesen:

- ▶ Im Abschnitt 3 (Patentanalyse) werden unter der Bezeichnung „Umwelt“ bzw. „alle Umwelttechnologien“ alle analysierten Umweltbereiche subsumiert (s. auch Abschnitt 5.2). Diese schließen auch Klimaschutztechnologien ein. Letztere umfassen analog zur aktuell gültigen Liste potenzieller Umweltschutzgüter (Gehrke, Schasse 2013) die Bereiche Rationelle Energieerzeugung, Rationelle Energieverwendung sowie Erneuerbare Energiequellen. Nuklearforschung und Strahlenschutz bleiben unberücksichtigt, sind jedoch Teil der in Abschnitt 2 untersuchten Quellen zur Abbildung von FuE für den Umweltschutz.
- ▶ In den staatlichen Mittelzuweisungen für FuE nach sozioökonomischen Zielen im internationalen Vergleich werden die Ziele Umweltschutz und Energie separat erfasst (Abschnitt 2.1). FuE-Ausgaben für den Energiebereich sind also nicht in den FuE-Ausgaben für Umweltschutz enthalten. Staatliche Mittelausgaben für FuE im Energiebereich schließen Forschung im Bereich Nuklearenergie ein. Dies gilt auch für die internationale Statistik zu den öffentlichen Budgets für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich (Abschnitt 2.1.2). Hierbei ist jedoch eine Differenzierung nach einzelnen Forschungsfeldern möglich, so dass Ausgaben für Nuklearforschung oder fossile Energieträger von zukunftsorientierten, nachhaltigen Energietechnologien unterschieden werden können.
- ▶ Auch in der Umweltforschungsdatenbank (UFORDAT) sind Umweltbereiche enthalten, die über die bei den Patenten verwendete Abgrenzung hinausgehen (z. B. Natur- und Landschaftsschutz, Landwirtschaft, Umweltrecht, Umweltökonomie, Gentechnik, Strahlenschutz) (Abschnitt 2.2). Da die Analyse jedoch eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Umweltbereichen ermöglicht, lassen sich im Hinblick auf die vergleichbaren klassischen Forschungs-

und Technologiefelder Abfall, Wasser, Luft und Lärm sowie den Energiebereich, der vom Themenfeld Nutzung und Erhaltung von Energie- und Rohstoffressourcen dominiert wird, durchaus Querbezüge erstellen und Zusammenhänge in der Interpretation aufzeigen.

## 2 Forschung und Entwicklung für den Umweltschutz

Amtliche Statistiken zu den Ausgaben der Wirtschaft für Forschung und Entwicklung (FuE) im Bereich der Umweltschutzgüterproduktion und -dienstleistungserstellung sind weder auf nationaler und erst recht nicht auf internationaler Ebene verfügbar. Hier gibt es nur sehr wenige aussagefähige und vergleichbare Ergebnisse, die zudem in der Regel nur Teilaspekte des FuE- und Innovationsgeschehens betrachten bzw. auf Schätzungen für ausgewählte Technologien (in der Regel aus dem Energiebereich) beruhen.<sup>10</sup>

Ein Beispiel hierfür sind die von Bloomberg New Energy Finance seit einigen Jahren veröffentlichten Angaben zu den öffentlichen und privaten FuE-Investitionen nach Teilsegmenten Erneuerbarer Energien und Weltregionen, für die sie als Quelle neben IEA, IMF, verschiedene nationale Agenturen sowie eigene Erhebungen angeben (zuletzt FS-UNEP / BNEF 2014; REN 21 2014). Danach lagen die gesamten weltweiten FuE-Aufwendungen in Erneuerbare Energien im Jahr 2013 bei 9,3 Mrd. US-\$. Davon wurde jeweils rund die Hälfte seitens öffentlicher Quellen sowie aus der Wirtschaft finanziert; in den ersten Beobachtungsjahren (2004 bis 2008) wurden die FuE-Ausgaben für Erneuerbare Energien weltweit noch von Unternehmen dominiert. Von 2004 (5,2 Mrd.) bis 2011 (9,8 Mrd.) haben sich die gesamten FuE-Aufwendungen annähernd verdoppelt und sich seitdem wieder leicht rückläufig entwickelt. Dies wird seitens der Autoren vor allem mit dem Auslaufen der Investitionsförderprogramme nach der Finanz- und Wirtschaftskrise begründet, die auch dazu geführt haben, dass der staatliche Finanzierungsanteil seit 2009 deutlich zugenommen hat.

Rund die Hälfte der gesamten FuE-Investitionen (4,7 Mrd. US-\$) wurde allein auf den Solarbereich aufgewendet. Erst mit deutlichem Abstand folgen annähernd gleichauf Wind (1,7 Mrd.) und Biokraftstoffe (1,5 Mrd.). Biomasse, Geothermie und Wasserkraft fallen demgegenüber deutlich ab. Dabei stammen die FuE-Aufwendungen in den Bereichen Solar und Wind zum überwiegenden Teil aus der Wirtschaft, während in den „kleineren“ Teilsegmenten zumeist der öffentliche Sektor dominiert (Tabelle 2.1).

Gut ein Drittel (3,3 Mrd. US-\$) der weltweiten FuE-Investitionen in Erneuerbare Energien im Jahr 2013 wurde in Europa getätigt, darunter rund 60 % seitens der Wirtschaft. China rangiert mittlerweile gleichauf mit den USA mit Investitionen von jeweils rund 2 Mrd. US-\$ an zweiter Stelle, wobei in China jedoch noch der weit überwiegende Teil (75 %) der FuE-Mittel aus öffentlichen Quellen stammt. Andere asiatische und ozeanische Länder (darunter Japan und Korea) leisten einen Beitrag von 1,3 Mrd. US-\$ (Tabelle 2.1). Alle anderen Regionen fallen demgegenüber deutlich ab. Auch wenn China bezüglich der FuE-Aktivitäten bei Erneuerbaren Energien deutlich aufgeholt hat, ist Europa seit 2012 der führende FuE-Standort in diesem Bereich und hat seine Position in den letzten Jahren

<sup>10</sup> Einzelne Ergebnisse aus der Europäischen Innovationsbefragung (CIS) 2011, in der einmalig die Bedeutung von Umweltschutzziele als Motiv für die Innovationstätigkeit der Unternehmen in Europa erhoben wurde, sowie zu Schätzungen im Hinblick auf die FuE-Aufwendungen der Unternehmen in Europa und wichtigen anderen Weltregionen bei ausgewählten im European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) explizit genannten priority technologies aus dem Bereich Erneuerbare Energien wurden in der Vorgängerstudie zusammengestellt (vgl. Gehrke, Schasse, Ostertag 2014, Kapitel 8.1). Eine Aktualisierung der zuletzt genannten Daten auf Basis der aktuelleren 2013 Technology Map (JRC 2014) ist nicht möglich, da hierin – anders als in den Vorgängerversionen (Gnamus 2011 bzw. Wiesenthal u. a. 2009) – kaum Informationen für Vergleichsregionen außerhalb der EU bereitgestellt werden.

vor allem gegenüber den USA und anderen asiatischen und ozeanischen Ländern (ohne China und Indien) deutlich ausgebaut (vgl. FS-UNEP / BNEF 2014, 2013, 2012, 2011). Für einzelne Länder lassen sich auf Basis dieser Quelle allerdings keine Angaben machen.

Tabelle 2.1: FuE-Aufwendungen von Staat und Unternehmen in Erneuerbare Energien nach Energieträgern und Regionen/Ländern 2013

	Insgesamt in Mrd. US \$	darunter Staat in %	Unternehmen in %
<b>FuE-Aufwendungen insgesamt</b>	<b>9,3</b>	<b>49,9</b>	<b>50,1</b>
<b>nach Energieträgern</b>			
Solar	4,7	46,8	53,2
Wind	1,7	41,2	58,8
Biokraftstoffe	1,5	60,0	40,0
Biomasse	0,6	50,0	50,0
Geothermie	0,3	66,7	33,3
Wasser	0,4	73,2	26,8
<b>nach Regionen und Ländern</b>			
Europa	3,3	39,4	60,6
China	2,0	75,0	25,0
USA	2,0	45,0	55,0
ASOC (ohne China und Indien)	1,6	37,5	62,5
AMER (ohne USA und Brasilien)	0,15	66,7	33,3
Brasilien	0,11	90,9	9,1
Indien	0,11	45,5	54,5
Mittelost und Afrika	0,005	-	100,0

ASOC: Asia and Oceania.- AMER: America.

Quelle: FS-UNEP / BNEF (2014, Kapitel 9).- Darstellung des NIW.

Während die von spezialisierten Unternehmensberatungsfirmen wie Bloomberg New Energy Finance veröffentlichten Daten zu den weltweiten FuE-Aktivitäten der Wirtschaft in bestimmte Technologien (hier: Erneuerbare Energien) vielfach auf den Geschäftsberichten bekannter Global Player und anderen nicht immer nachvollziehbaren Quellen beruhen, somit nicht auf amtlichen Statistiken, wird in den USA seit der Umstellung der FuE-Erhebung auf den Business R&D and Innovation Survey (BRDIS<sup>11</sup>) ab Berichtsjahr 2008 auch erfragt, wie viel der unternehmerischen FuE-Ausgaben in Energiespar- oder Umweltschutzanwendungen fließt. Die Informationen liegen aktuell differenziert nach Wirtschaftszweigen und Betriebsgrößenklassen für die Jahre 2008, 2010 und 2011 sowie nach der Zahl der beteiligten Unternehmen nach Wirtschaftszweigen für die Jahre 2010 und 2011 vor<sup>12</sup>. Die Erhebung für 2011 kommt zu dem Ergebnis, dass US-Unternehmen im Jahr 2011 insgesamt rund 18,5 Mrd. US-Dollar (7,7 % ihrer gesamten inländischen FuE-Ausgaben) für Energiesparanwendun-

<sup>11</sup> Vgl. dazu ausführlich NSF (o.J. a).

<sup>12</sup> Die Daten sind auf der Homepage der National Science Foundation (NSF, o.J. b) unter <http://www.nsf.gov/statistics/industry/> zum Download verfügbar.

gen (Produktion, Verteilung, Speicherung und Effizienzsteigerung<sup>13</sup>) und rund 7,7 Mrd. US-Dollar (3,2 %) für Umweltschutzzwecke aufgewendet haben. 2008 lagen die entsprechenden Anteile noch bei 6,9 % (Energie) bzw. 3,0 % (Umweltschutz), wobei insbesondere kleinere Unternehmen bis 250 Beschäftigte ihre FuE-Ausgaben für Umweltschutzzwecke vergleichsweise stärker intensiviert haben als größere. Vergleichbare Daten für Deutschland oder andere Länder liegen bis dato jedoch nicht vor.

Insofern ist und bleibt die Datenlage zu den FuE-Aktivitäten von Umweltwirtschaftsunternehmen in Deutschland und im internationalen Vergleich weiterhin unbefriedigend. Deshalb wird in Abschnitt 2.1 die sehr viel bessere Verfügbarkeit von Informationen zu den öffentlichen Aufwendungen für Umweltschutz- und Energieforschung genutzt. Diese lassen sich aus den staatlichen FuE-Budgets ablesen, in denen traditionelle öffentliche Güter wie Gesundheit, Verteidigung, Umweltschutz und Energieversorgung wesentliche Anteile ausmachen. Hieraus können Aussagen hinsichtlich der Bedeutung dieser Forschungsfelder in den einzelnen Volkswirtschaften abgeleitet werden.

Für Deutschland lässt sich darüber hinaus mit Hilfe von nationalen Datenbankanalysen und Förderkatalogen die Forschungsförderung im Umweltschutzbereich noch sehr viel differenzierter (Dynamik, Schwerpunktsetzungen, Mittelgeber, durchführende Institution etc.) analysieren als dies im internationalen Vergleich möglich ist (Abschnitt 2.2). Hier stammen die Informationen von den durchführenden Institutionen, während beim Budget-Ansatz die Ausgabenplanungen der öffentlichen Haushalte als finanzierende Institution erfasst werden, unabhängig von der durchführenden Instanz.

## 2.1 Staatliche Aufwendungen und Förderung von Umweltschutz- und Energieforschung im internationalen Vergleich

Im Folgenden werden zunächst die staatlichen Ausgaben für Umweltschutz- und Energieforschung analysiert. Diese sind ein Indiz dafür, inwieweit über die Marktchancen hinaus durch die staatliche Innovationspolitik Umweltvorsorge betrieben und ökonomische Impulse zur Technologieentwicklung im Umweltschutz gegeben werden (Abschnitt 2.1.1). Denn staatliche FuE-Aufwendungen werden gemäß der klassischen Innovationstheorie vor allem zur Finanzierung risikoreicher Grundlagen- und vorwettbewerblicher Forschung eingesetzt, für die private Mittel aus der Wirtschaft nicht bzw. nur in unzureichendem Ausmaß zur Verfügung stehen.<sup>14</sup>

Des Weiteren wird auf Basis von Datensammlungen der Internationalen Energieagentur ein vertiefender Blick auf die in den öffentlichen Haushalten vorgesehenen Ausgaben im Energiebereich für Forschung und Entwicklung einerseits sowie für Demonstrationsprojekte andererseits geworfen (Energy Technology RD&D Budgets<sup>15</sup>). Anders als in der OECD-Statistik wird dort eine Unterteilung der Energieforschung in sieben Teilsegmente vorgenommen. Damit ist es möglich, zwischen Mitteln für zukunftsweisende Technologien (Energieeinsparung, Energieeffizienz, Erneuerbare Quellen), herkömmliche Energieträger (Kohle, Gas, Öl) und Atomkraft zu unterscheiden (Abschnitt 2.1.2). Auf diese Weise lässt sich zumindest ein grober Überblick über die weltweiten Strukturen und Entwick-

<sup>13</sup> In Frage 4-6 des Fragebogens zum BRDIS 2011 findet sich folgende Formulierung: „What percentage of the (R&D) amount (...) had energy applications, including energy production, distribution, storage, and efficiency (excluding exploration and prospection)?“ Vgl. NSF 2011.

<sup>14</sup> Vgl. Griliches (1980).

<sup>15</sup> Die Informationen werden von der IEA jährlich von den zuständigen nationalen Stellen erfragt. Vgl. dazu ausführlich IEA (2011).

lungen in diesem Forschungsfeld geben, das angesichts der globalen Herausforderungen im Klimaschutzbereich überall in den Fokus gerückt worden ist.

### 2.1.1 Staatliche Ausgaben für Umwelt- und Energieforschung im internationalen Vergleich (OECD-GBAORD)

Dem Staat kommt bei der Entwicklung und dem Einsatz von Umwelttechnologien eine besondere Bedeutung zu. Einerseits setzt er über Normen und Standards der Umweltpolitik die Rahmenbedingungen für Innovationen und deren Diffusion. Andererseits hat er gerade auf diesem Feld unabhängig von Fragen der technologischen Leistungsfähigkeit der Wirtschaft eigenständige umweltpolitische Ziele zu verfolgen. Aber auch diese Vorsorgefunktion kann Impulse für die technologische Leistungsfähigkeit der Wirtschaft setzen. Fortschritte in Wissenschaft und Forschung erweitern nicht nur die umweltpolitischen Optionen der Gesellschaft, sondern auch die technologischen Optionen der Unternehmen.

Die Analyse der staatlichen Unterstützung von FuE-Programmen für den Umweltschutz ist eine Möglichkeit, um das Gewicht abzuschätzen, das die einzelnen Volkswirtschaften dem Umweltschutz in ihrer Mittelverwendung als technologiepolitischem Ziel zuweisen.<sup>16</sup> In der international harmonisierten FuE-Statistik der OECD (Government Budget Appropriations or Outlays for R&D: GBAORD) werden die staatlichen Mittelzuweisungen für FuE nach sozio-ökonomischen Zielen aufgegliedert. Unter das Ziel „Umweltschutz“ fallen alle staatlichen FuE-Ausgabenansätze, die einer „unzerstörten physischen Umwelt“ dienen (Luft, Wasser, Abfall, Boden, Lärm, Strahlenschutz). Das Ziel „Energie“ umfasst alle staatlichen FuE-Ausgaben, die die Produktion, Speicherung, Verteilung und rationelle Nutzung jeder Form von Energie betreffen. Allerdings geben diese Zahlen insofern ein unvollständiges Bild, als sie nur die Programme und Projekte erfassen, die Umweltschutz zum Hauptzweck haben. Daher dürften die Statistiken die staatlichen Anstrengungen dort unterschätzen, wo sich Fortschritte im Umweltschutz quasi als Nebenprodukt der technologischen FuE ergeben.

2012<sup>17</sup> erreichten die staatlichen FuE-Aufwendungen der OECD-Länder für den Umweltschutz mit fast 5,6 Mrd. US-Dollar einen Spitzenwert. Zudem lassen die bisher vorliegenden Länderinformationen für 2013 darauf schließen, dass die Ausgaben auch im Folgejahr weiter und stärker ausgeweitet worden sind als die FuE-Aufwendungen insgesamt, so dass der Anteil der Umweltforschungsausgaben 2012 auf 2,3 % gestiegen ist und 2013 bei 2,4 % liegen dürfte (vgl. Tabelle 2.2). Dies ist im Wesentlichen auf die deutliche Ausweitung der umweltschutzbezogenen FuE-Ausgaben Japans seit 2012 zurückzuführen<sup>18</sup>, was nicht zuletzt auch eine Folge der Katastrophe von Fukushima darstellt.

Innerhalb der EU-15<sup>19</sup> wird das Umweltschutzziel im Rahmen der staatlichen FuE-Budgets mit 2,7 % noch immer etwas höher gewichtet als im OECD-Durchschnitt, andere Industrieländer haben seit Anfang des neuen Jahrhunderts jedoch deutlich aufgeholt. Zudem fällt der Anteil der für physische Umweltforschung aufgewendeten spezifischen Forschungsmittel in den EU-15 aktuell niedriger aus

<sup>16</sup> Vgl. Legler, Walz u. a. (2006).

<sup>17</sup> Für 2013 liegen für mehrere Länder noch keine Informationen vor, so dass diese für die Berechnung der Indikatoren geschätzt werden müssen.

<sup>18</sup> Es ist nicht auszuschließen, dass auch Ermessensspielräume bei der Zuordnung der Fördermaßnahmen zu einzelnen Zielbereichen (Gliederungskriterium ist der Hauptzweck der Projekte) zwischenzeitlich zu Gewichtsverlagerungen führen, ohne dass sich die staatlichen Forschungsstrukturen real verändert haben. Insofern geht die Analyse lediglich auf große Abstände zwischen den Anteilen einzelner Staaten bzw. starke Veränderungen im Zeitablauf ein.

<sup>19</sup> EU-15 steht für die traditionellen EU-Länder Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, Niederlande, Dänemark, Irland, Großbritannien, Griechenland, Portugal, Spanien, Österreich, Finnland, Schweden.

als im Verlauf des letzten Jahrzehnts (gut 3 %). Dies hängt vor allem mit der zunehmenden Gewichtsverschiebung zugunsten von Energieforschung – gerade für Erneuerbare Energieträger und Energieeffizienz<sup>20</sup> – zusammen. Der Anteil der Energieforschung an den zivilen staatlichen FuE-Budgets der EU-15 lag im Jahr 2005 bei 3,0 % und ist bis 2012 bis auf 4,3 % gestiegen (vgl. Tabelle A.5.1 in Abschnitt 5.3), während sich der Mitteleinsatz für physische Umweltforschung von 2009 bis 2012 sowohl absolut als auch relativ rückläufig entwickelt hat. In längerfristiger Sicht (seit 2000) hat das Umweltschutzziel innerhalb der staatlichen FuE-Budgets in Deutschland, Belgien, den Niederlanden, Dänemark, Griechenland, Spanien, Portugal und Finnland zum Teil deutlich an Gewicht verloren. Auf der anderen Seite haben Schweden, Italien, Irland und Österreich ihre spezifischen FuE-Mittel gegen diesen Trend, teils von geringem Ausgangsniveau aus, überdurchschnittlich ausgeweitet.

In Deutschland ist der Anteil der staatlichen Forschungsausgaben für Umweltschutzprojekte 2012/2013 mit 3 % höher als im EU-15-Durchschnitt. Zudem sind die staatlichen FuE-Aufwendungen für Umweltschutz seit 2011 wieder stärker ausgeweitet worden als die FuE-Aufwendungen insgesamt (Tabelle 2.2). Aber auch hier haben sich die Prioritäten seit Mitte des letzten Jahrzehnts relativ gesehen zugunsten der Förderung von Energieforschungsprojekten verschoben (2005: 3 %, 2012: 4,7 %, 2013: 5,4 %, Tabelle A.5.1 in Abschnitt 5.3). Bezogen auf das Umweltschutzziel erreichen innerhalb der EU-15 nur Großbritannien, Italien und Spanien höhere Anteile an den staatlichen FuE-Budgets als Deutschland. Unter den anderen kleineren europäischen Ländern gilt dies für Island, Polen und Estland, außerhalb Europas zudem für Kanada, Australien und Neuseeland. Demgegenüber werden vor allem in den USA und – trotz deutlicher Steigerungen am aktuellen Rand – auch in Japan noch deutlich weniger staatliche FuE-Mittel für Umweltforschung bereit gestellt.

---

<sup>20</sup> Vgl. Abschnitt 2.1.2.

Tabelle 2.2: Umweltforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 1991 bis 2013

Land	Anteil staatlicher Umweltforschungsausgaben an den zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in %							Jahresdurchschnittliche Veränderung der realen FuE-Ausgaben für Umweltschutz in %			Anteil staatlicher Umweltforschungsausgaben am BIP in Promille	
	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2000-2009	2009-2011	2011-2013	2000 <sup>1</sup>	2013 <sup>2</sup>
GER	3,6	3,7	3,1	2,9	2,8	3,0	3,0	3,7	2,9	5,8	0,26	0,26
FRA	2,2	3,3	2,7	3,0	1,6	1,9	2,1	5,8	-16,3	7,1	0,17	0,14
GBR	3,6	2,5	3,7	3,7	3,6	3,4		6,9	-5,0		0,40	0,27
ITA	2,3	2,8	3,2	3,0	3,1	3,4		7,4	-5,2		0,14	0,19
BEL	3,3	2,3	2,5	2,4	2,3	2,3		2,8	-1,7		0,19	0,15
NED	3,5	1,1	0,3	0,0	0,9	0,9	0,8	-20,6	75,4	-8,2	0,28	0,06
DEN	2,7	1,7	2,7	2,1	2,1	1,9	1,7	6,7	-5,9	-8,5	0,20	0,17
IRL	0,4	0,9	1,7	1,7	1,7	1,3		35,5	-2,8		0,01	0,06
GRE	5,0	3,6	1,1	0,9	0,9	1,4	1,8	-8,4	-23,8	54,3	0,15	0,07
ESP	5,4	4,8	5,6	4,3	4,6	3,8		14,1	-16,9		0,24	0,23
POR	4,5	4,0	3,0	3,1	2,7	2,8	2,7	7,1	-4,4	-3,3	0,25	0,26
SWE	1,5	2,7	2,0	1,9	2,1	2,1		10,6	4,2		0,10	0,17
FIN	2,3	1,9	1,5	1,5	1,6	1,5	1,4	1,0	6,2	-10,4	0,22	0,14
AUT	1,5	1,6	1,9	1,8	2,0	2,3	2,1	9,1	10,8	4,8	0,09	0,17
<b>EU-15<sup>5</sup></b>	<b>3,1</b>	<b>3,1</b>	<b>3,1</b>	<b>2,9</b>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>	<b>6,0</b>	<b>-5,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>
SUI <sup>3</sup>	0,2	0,3	0,4	0,3				17,3	1,3		0,01	0,03
NOR	2,9	2,2	2,8	2,5	2,8	2,8	2,7	8,6	4,3	3,2	0,18	0,21
ISL	0,5	0,4	2,4	3,0	3,2	3,5	3,3	26,0	11,5	9,8	0,05	0,36
CZE <sup>4</sup>		3,1	2,5	2,4	2,0	1,9	2,0	2,3	-2,5	1,6	0,19	0,14
POL		2,4				6,6					0,07	0,22
SVK		1,1	2,4	2,1	2,2	3,1	2,9	15,7	13,1	5,9	0,05	0,11
HUN <sup>4</sup>		10,3	3,7	2,5	2,0	1,7		-16,4	-38,5		0,43	0,06
EST <sup>4</sup>		5,5	4,5	10,5	6,7	3,6		14,3	40,5		0,20	0,30
CAN	4,8	5,1	4,4	4,3	4,7			6,2	-1,2		0,24	0,25
USA	1,3	1,1	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	1,7	-3,8	0,35	0,23
MEX	1,2	2,1	1,8	1,5	1,6			11,4	6,5		0,03	0,04
JPN	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	2,1	2,6	6,7	9,8	53,7	0,05	0,18
KOR	4,7	5,4	2,9	2,7	2,6			5,8	3,2		0,23	0,23
AUS	3,2	3,4	5,9	5,9	5,4	6,0	3,8	12,9	-3,1	-15,1	0,16	0,16
NZL			16,6	11,5	10,7	10,7	10,6		-18,8	7,0	0,07	0,59
<b>OECD<sup>6</sup></b>	<b>2,2</b>	<b>2,3</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>6,3</b>	<b>-2,2</b>	<b>5,4</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>

1) POL, HUN 2005, CZE, EST 2002, NZL 1999 statt 2000. - 2) oder letztes verfügbares Jahr.

3) 2004 und 2008 statt 2005 und 2009. - Jahresdurchschnittliche (JD) Veränderung. 2000-2008 statt 2000-2009 und 2008-2010 statt 2009-2011. - 4) JD Veränderung: CZE 2002-2009, HUN 2005-2009, EST 2002-2009 statt 2000-2009. -

5) 2013 geschätzt. - 6) 2012 und 2013 geschätzt.

Quelle: OECD, Research and Development Statistics. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Setzt man die staatlichen Forschungsausgaben in Relation zum Bruttoinlandsprodukt (BIP), lassen sich noch ausgeprägtere Unterschiede zwischen den Ländern bezüglich ihrer Gewichtung von Forschung mit Zielrichtung Umweltschutz erkennen. Denn der Bezug auf das gesamte zivile FuE-Budget blendet die großen grundsätzlichen Differenzen im Engagement der einzelnen Länder in der Finanzierung von FuE aus.<sup>21</sup> Auf den ersten Blick finden sich die Niveauunterschiede zwischen den Volkswirtschaften zwar auch beim Anteil der Umweltforschungsausgaben am BIP wieder (Tabelle 2.2). Bei genauerer Prüfung zeigen sich aber durchaus Abweichungen vom bisherigen Muster. Deutschland schneidet hierbei anders als bezogen auf die staatlichen FuE-Budgets mit 0,26 ‰ deutlich besser ab als der Durchschnitt der EU-15 (0,19 ‰). Lediglich Großbritannien und Portugal erreichen ähnlich hohe Umweltforschungsanteile am BIP und Spanien liegt nur knapp dahinter. Die anderen EU-15-Länder fallen hingegen deutlich zurück. Im außereuropäischen Raum relativieren sich die Werte für Australien, Kanada, aber auch die USA, die bezogen auf die staatlichen FuE-Budgets besonders hohe (Australien, Kanada) bzw. besonders niedrige (USA) Quoten erzielen, gemessen am BIP jedoch annähernd gleichauf mit Deutschland liegen (Kanada, USA) bzw. deutlich zurückfallen (Australien).

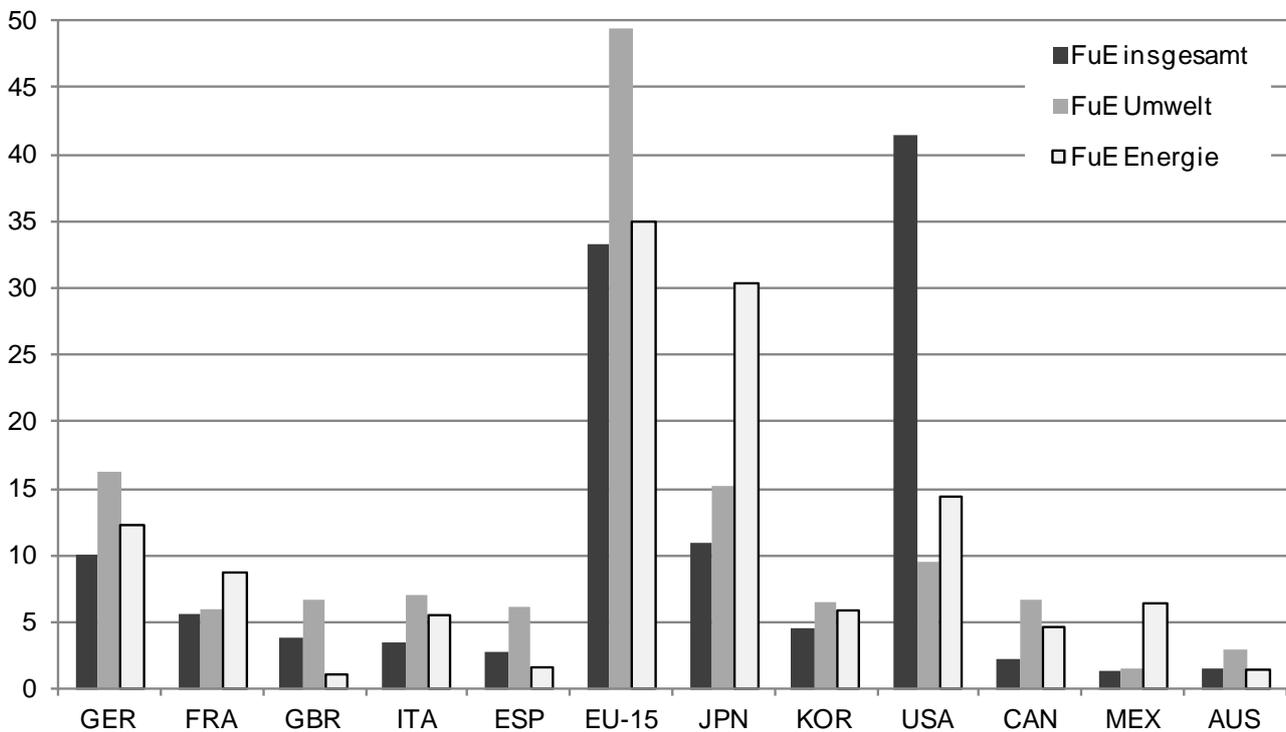
Abbildung 2.1 zeigt die Anteile einzelner Länder bzw. der EU-15 an den OECD-weiten staatlichen FuE-Budgets für Umweltforschung und für Energieforschung im Vergleich zu ihren jeweiligen Anteilen am gesamten staatlichen FuE-Aufkommen. Auf Deutschland entfielen 2012/2013 rund 16 % der staatlichen Ausgaben aller OECD-Länder für den Umweltschutz. Demgegenüber fällt der deutsche Anteil an den gesamten staatlichen FuE-Ausgaben (10 %) sowie an den Aufwendungen für Energieforschung (gut 12 %) deutlich niedriger aus. Auf die EU-15 entfällt rund die Hälfte aller staatlichen OECD-Ausgaben für den Umweltschutz; auch dies ist bezogen auf ihren Anteil an allen FuE-Ausgaben (33 %) bzw. an der OECD-weiten staatlichen Energieforschung (35 %) ausgesprochen viel.

Hingegen wird in den USA und in Japan Energieforschung innerhalb der staatlichen FuE-Budgets höher gewichtet als Forschung für die physische Umwelt. Während in den USA jedoch beiden spezifischen Forschungszielen nur unterdurchschnittliche Priorität eingeräumt wird, trägt Japan überdurchschnittlich zu den OECD-Forschungsbudgets für Umwelt- und Energieforschung bei. Das traditionell hohe Gewicht im Bereich Energieforschung ist auf die noch immer große Bedeutung des Atomstroms für die Energieversorgung und den daraus resultierenden hohen Mitteleinsatz für Nuklearforschung zu erklären<sup>22</sup>, wenngleich hier – nicht zuletzt infolge der Katastrophe von Fukushima – in jüngerer Zeit eine spürbare Verschiebung von FuE-Mitteln in Richtung Erneuerbare Energiequellen und Energieeffizienz zu beobachten ist (vgl. Abschnitt 2.1.2). Gleichzeitig wird aber auch physischen Umweltschutzziele höhere Priorität eingeräumt, so dass der bis einschließlich 2010 (7 %) unterdurchschnittliche Anteil Japans an den OECD-weiten staatlichen FuE-Budgets für Umweltforschung mittlerweile mehr als doppelt so hoch ausfällt (Abbildung 2.1).

<sup>21</sup> Vgl. dazu z. B. ausführlich Legler, Krawczyk (2009).

<sup>22</sup> Ähnliches gilt – wenngleich deutlich weniger ausgeprägt – auch für Frankreich, das einzige große europäische Land, in dem der Anteil der für Energieforschung verausgabten staatlichen Forschungsmittel höher ist als der Anteil für Umweltforschung.

Abbildung 2.1: Anteil ausgewählter Länder an den staatlichen FuE-Budgets aller OECD-Länder 2013\* in %: Umwelt, Energie und insgesamt



\*) oder letztes verfügbares Jahr.

Quelle: OECD, Research and Development Statistics. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

### 2.1.2 Öffentliche Haushaltsansätze für Forschung, Entwicklung und Demonstrationsprojekte im Energiebereich im internationalen Vergleich

Die Internationale Energieagentur (IEA) stellt auf Grundlage eigener Erhebungen bei öffentlichen Stellen Daten zu den staatlichen Haushaltsansätzen für Forschung und Entwicklung sowie für Demonstrationsprojekte (RD&D) im Energiebereich bereit. Diese ermöglichen den differenzierten und mittelfristigen Blick auf die Ausgabenverteilung zwischen verschiedenen zukunftsorientierten Energietechnologien (Erneuerbare Energieträger, Technologien zur Verbesserung der Energieeffizienz, Wasserstoff- und Brennstoffzellen, Stromerzeugungs- und Speichertechnologien) einerseits sowie fossilen Energieträgern und Kernenergie andererseits.<sup>23</sup> Die Berücksichtigung von Aufwendungen für Demonstrationsprojekte ist in den oben betrachteten GBAORD-Statistiken der OECD ausgeschlossen. Nach Schätzungen von Wiesenthal et al. (2009) machten Fonds zur Finanzierung von Demonstrationsprojekten in den EU-Mitgliedstaaten 2007 im Mittel jedoch lediglich rund 9 % des gesamten RD&D-Budgets im Energiebereich aus. Selbst wenn die Werte für einzelne Teilsegmente innerhalb des Energiebereichs von diesem Durchschnittswert abweichen, kann dennoch davon ausgegangen werden, dass die von der IEA erfassten Daten in erster Linie öffentliche Forschungsfördermittel abbilden.<sup>24</sup> Während die weltweit stark verbreiteten Fördermaßnahmen wie

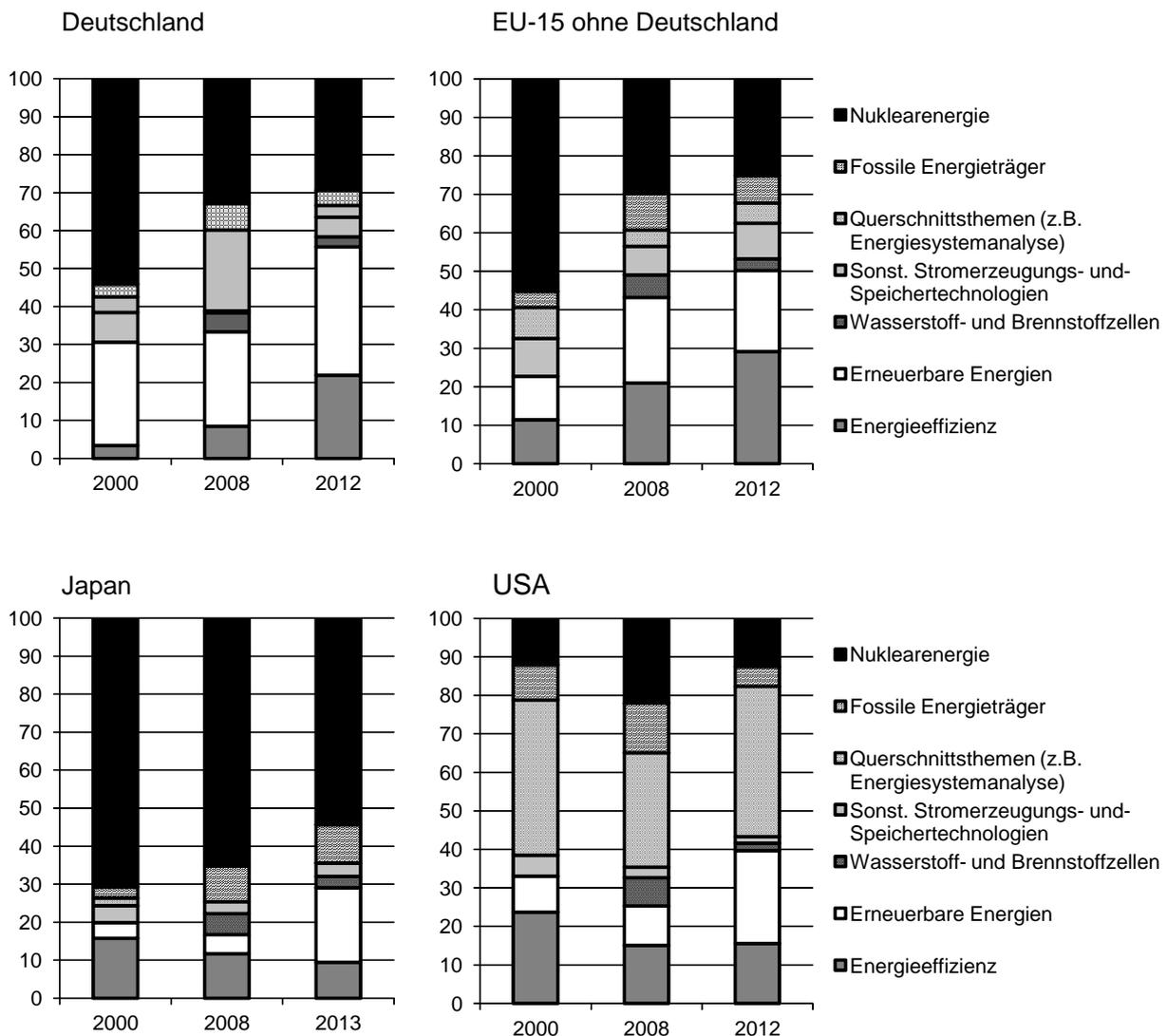
<sup>23</sup> Die Daten sind bei der IEA selbst mit freiem Zugang (<http://www.iea.org/statistics/RDDonlinedataservice/>) und bei der OECD für angemeldete Nutzer (<http://www.oecd-ilibrary.org/statistics>) zum Download verfügbar.

<sup>24</sup> Vgl. Gnamus (2011).

Einspeisevergütungssysteme, Quotenmodelle oder verringerte Steuersätze<sup>25</sup> vor allem der Diffusion erneuerbarer Energien dienen, soll die gezielte Förderung von FuE- und Demonstrationsprojekten parallel dazu die technologische Weiterentwicklung des Sektors unterstützen.<sup>26</sup>

In allen hochentwickelten Ländern zeigen sich im Zeitablauf deutliche Verschiebungen hin zu zukunftsorientierten, ressourcenschonenden Energietechnologien und weg von Kernenergie und fossilen Energieträgern (vgl. Abbildung 2.2 und Tabelle A.5.2 in Abschnitt 5.3).

Abbildung 2.2: Struktur der Energieforschungsbudgets nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2012<sup>1</sup>



1) oder letztes verfügbares Jahr.

Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. – Stand Oktober 2014. Berechnungen und Schätzungen des NIW.

<sup>25</sup> Anfang 2014 hatten 138 Länder oder Teilstaaten (z. B. der USA) Zielvorgaben formuliert und politische Maßnahmen zur Förderung Erneuerbarer Energien umgesetzt. Vgl. REN 21 (2014).

<sup>26</sup> Vgl. OECD (2012).

Für Deutschland und die übrige EU-15 ist der Anteilsverlust bezogen auf die Nuklearenergie besonders ausgeprägt. Zwar wird in Japan die Energieversorgung noch immer zum überwiegenden Teil aus Atomkraft gespeist, was sich auch in der Verteilung der öffentlichen Fördermittel widerspiegelt; seit 2008 ist der Anteil der für Nuklearforschung verausgabten Mittel jedoch von rund zwei Drittel auf knapp 55 % zurückgegangen, während Erneuerbare Energieträger in gleichem Umfang hinzugewonnen haben. Ähnlich stellt sich die Situation Norwegens dar: Dort sind die Forschungsfördermittel bedingt durch die eigenen Ölvorkommen in der Nordsee zwar noch zu rund 57 % (2008: 62 %) auf fossile Energieträger konzentriert; aber auch hier ist seit 2008 eine deutliche Verschiebung zugunsten Erneuerbarer Energien und Steigerung der Energieeffizienz zu verzeichnen, so dass diese zusammen 2012 bereits 30 % der RD&D-Budgets beanspruchen; 2008 waren es erst gut 17 % (Tabelle A.5.2).

In Deutschland entfallen mittlerweile gut zwei Drittel der Mittel auf zukunftsorientierte Energietechnologien. Hierzu gehört auch Forschung zu Querschnittsthemen, die sich vielfach auf „systemische Innovationen“ beziehen, ein Begriff, der in den letzten Jahren vor allem in den nordischen Ländern, aber auch in Deutschland, Österreich oder Großbritannien häufiger im politischen Kontext genannt wird.<sup>27</sup> Während in Deutschland die Förderung von FuE- und Demonstrationsprojekten im Bereich Erneuerbare Energien schon im Jahr 2000 (27 %) innerhalb des Gesamtbudgets höher gewichtet wurde als in den übrigen EU-15 und den USA, haben sich die Prioritäten auch dort in den Folgejahren stärker in dieses Segment verschoben. Der Anteil Deutschlands bei Erneuerbaren Energien ist mit 34 % zwar noch immer deutlich höher als im Schnitt der übrigen EU-15 oder in den USA. Die übrige EU-15 und die USA<sup>28</sup> haben jedoch deutlich aufgeschlossen (Abbildung 2.2) und einzelne Länder innerhalb der EU (z.B. Spanien, Niederlande, Dänemark) weisen teils deutlich höhere Anteile auf als Deutschland (Tabelle A.5.2). Auch Förderung im Bereich Energieeffizienz hat in Deutschland und den übrigen EU-15 seit 2000, beschleunigt seit 2008, deutlich zugelegt<sup>29</sup>, in den USA und Japan hingegen strukturell verloren. In Deutschland entfielen 2012 gut 55 % der RD&D-Budgets auf Erneuerbare Energien und Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz, in den übrigen EU-15 machten diese beiden Teilsegmente rund 50 % der Mittel aus.

Abgesehen von Schweden und Österreich, wo Erneuerbare Energien schon zu Beginn der Betrachtungsperiode von sehr hoher Bedeutung waren, hat dieses Teilsegment in allen EU-15-Ländern 2012 ein vielfach deutlich höheres Gewicht in den staatlichen RD&D-Budgets als 2000. Relative Anteilsverluste seit 2008 resultieren zumeist daraus, dass die Mittel für Fortschritte in Bezug auf die Energieeffizienz seitdem vielfach stärker ausgeweitet worden sind (s. o.) als im Bereich Erneuerbare Energien. Die Mittel für Erneuerbare Energien sind lediglich in Dänemark (von sehr hohem Niveau aus), Finnland und in Italien in den letzten Jahren (seit 2008) absolut nicht mehr ausgeweitet worden (vgl. Tabelle A.5.2).

Setzt man die budgetierten Mittel in Relation zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) wird die höhere Gewichtung zukunftsorientierter Energietechnologien (Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, Wasser-

<sup>27</sup> Vgl. EIO (2012).

<sup>28</sup> Die USA haben insbesondere dann „aufgeholt“, wenn man das Teilsegment der „Querschnittsthemen mit berücksichtigt, das in den USA ein sehr großes Strukturgewicht innerhalb des RD&D-Budgets innehat, in Deutschland aktuell jedoch – anders als noch 2008 – nur von geringer Bedeutung ist. Vieles spricht dafür, dass die wechselnde Einordnung der Mittel in das eine oder andere Teilsegment („Erneuerbare Energien / Energieeffizienz“ auf der einen Seite, „Querschnittsthemen“ auf der anderen Seite) nicht unbedingt mit eindeutigen Änderungen in der Prioritätensetzung verbunden ist, sondern eher mit dem Meldeverhalten zusammenhängt.

<sup>29</sup> In Deutschland mag dies darauf zurückzuführen sein, dass für die Steigerung der Energieeffizienz hier über lange Zeit statt auf FuE-Förderung vorrangig auf andere Instrumente gesetzt worden ist (Fördermittel zur Gebäudesanierung).

/Brennstoffzellen, Energie- und Speicherungstechniken, Querschnittsthemen) in der öffentlichen Forschungsförderung besonders deutlich. In allen ausgewiesenen Ländern sind deren Anteile am BIP bedingt insbesondere durch Zuwächse bei Erneuerbaren Energien und im Bereich Energieeffizienz gestiegen, vielfach deutlich. Für Deutschland vollzog sich dieser Zuwachs (von 0,06 ‰ im Jahr 2000 auf 0,18 ‰ im Jahr 2012) auf vergleichsweise niedrigem Niveau. Hier spielen Fördermittel für den Energiebereich in Relation zum BIP traditionell eine deutlich geringere Rolle als beispielsweise in Dänemark, Schweden oder Finnland, in denen gerade Energie aus erneuerbaren Trägern aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten schon seit langem eine sehr hohe Bedeutung hat. Aber auch in den Niederlanden oder in der Schweiz ist die Relation der RD&D-Budgets zum BIP bereits 2000 deutlich höher gewesen als in Deutschland (vgl. Tabelle A.5.2).

Finnland, Dänemark, Norwegen und Österreich gaben 2012 im Vergleich der 15 separat betrachteten hochentwickelten Länder mit Anteilswerten von mindestens 0,38 ‰<sup>30</sup> relativ gesehen die meisten öffentlichen Mittel für FuE- und Demonstrationsprojekte in den fünf als zukunftsorientiert definierten Energieforschungssegmenten aus. Es folgen Schweden, Korea, die USA, die Schweiz und die Niederlande mit Quoten zwischen knapp 0,30 und 0,34 ‰.

Bei den für Erneuerbare Energieträger in Relation zum BIP aufgewendeten RD&D-Budgets standen Norwegen (0,21 ‰), Finnland (0,21 ‰) und Dänemark (0,19 ‰) mit Abstand an der Spitze; für Deutschland lag der entsprechende Wert bei 0,09 ‰. Insbesondere die drei genannten Spitzenreiter, aber von geringerem Niveau aus auch Japan, Korea und die USA, haben ihre Forschungsanstrengungen bei Erneuerbaren Energien gemessen an diesem Indikator überproportional ausgeweitet und erreichen 2012 höhere Quoten als Deutschland (vgl. Tabelle A.5.2).

Generell sind in den betrachteten Ländern und Regionen die RD&D-Budgets für Erneuerbare Energien seit 2000 spürbar angehoben worden. Dabei haben sich jedoch strukturelle Verschiebungen zwischen den verschiedenen Energieträgern ergeben (vgl. Abbildung 2.3). Das Gewicht des Solarbereichs im Energiemix, der im Jahr 2000 in allen Regionen noch den größten Anteil des RD&D-Förderbudgets ausmachte – in Deutschland und Japan sogar mindestens zwei Drittel –, hat sich überall rückläufig entwickelt. Die Budgets sind insgesamt breiter gestreut. Allerdings lassen sich in den letzten Jahren viele Projekte in den USA und in Deutschland nicht mehr direkt einzelnen Energieträgern zuordnen, wodurch die Bewertung der strukturellen Entwicklung eingeschränkt wird.

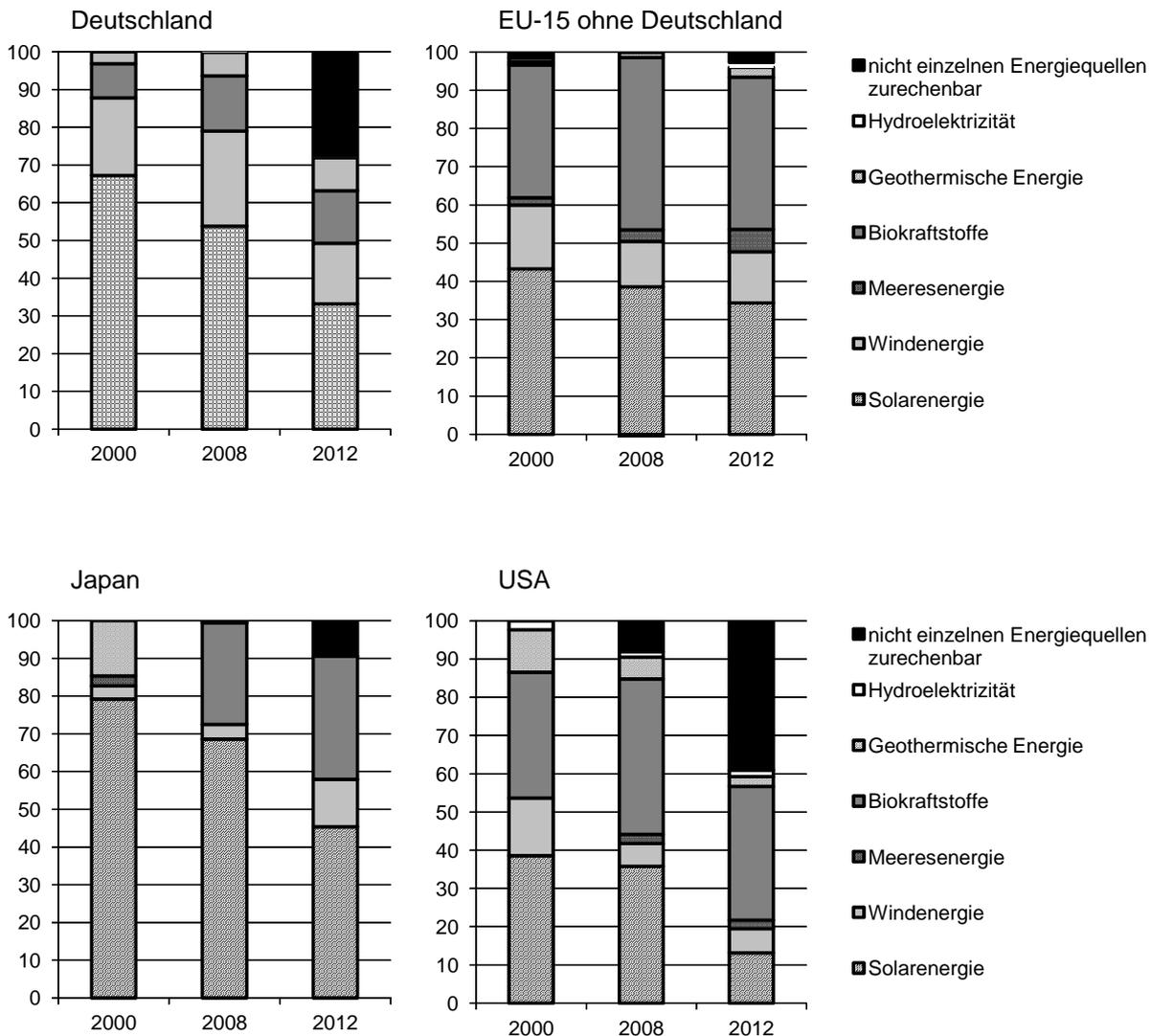
Biokraftstoffe bzw. Biobrennstoffe haben in allen Vergleichsregionen an Bedeutung gewonnen und genießen in den Budgets der EU-14, Japan und den USA mittlerweile ähnlich hohe bzw. im Falle der USA sogar höhere Priorität wie Solarenergie. Das gegenüber Deutschland (14 %) deutlich höhere Bioenergiegewicht in den EU-14 (40 %) ist vor allem auf zumeist kleinere Länder wie Schweden, Dänemark, die Niederlande, Österreich, aber auch Spanien zurückzuführen (vgl. dazu Tabelle A.5.3).

In Deutschland wird in jüngerer Zeit zudem etwas stärker auf Geothermische Energie, in den EU-14 auf Meeresenergie gesetzt. In Deutschland (20 %) und der übrigen EU-15 (15 %) blieb der Anteil der Windenergie im Zeitablauf annähernd gleich. In Japan hat Windenergie seit 2008 spürbar hinzugewonnen und mittlerweile mit rund 15 % einen höheren Strukturanteil als in den USA, wo Windkraft und Geothermie im Zuge der Ausweitung der RD&D-Budgets für Biokraftstoffe bereits im Verlauf des letzten Jahrzehnts spürbar an Gewicht verloren haben.

---

<sup>30</sup> Für Finnland ergeben sich Werte von rund 1,1 ‰, für Dänemark von fast 0,5 ‰ (vgl. Tabelle A.5.2).

Abbildung 2.3: Struktur der Forschungsbudgets bei Erneuerbaren Energien nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2012<sup>1</sup>



1) oder letztes verfügbares Jahr.

Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. – Stand Oktober 2014. Berechnungen und Schätzungen des NIW.

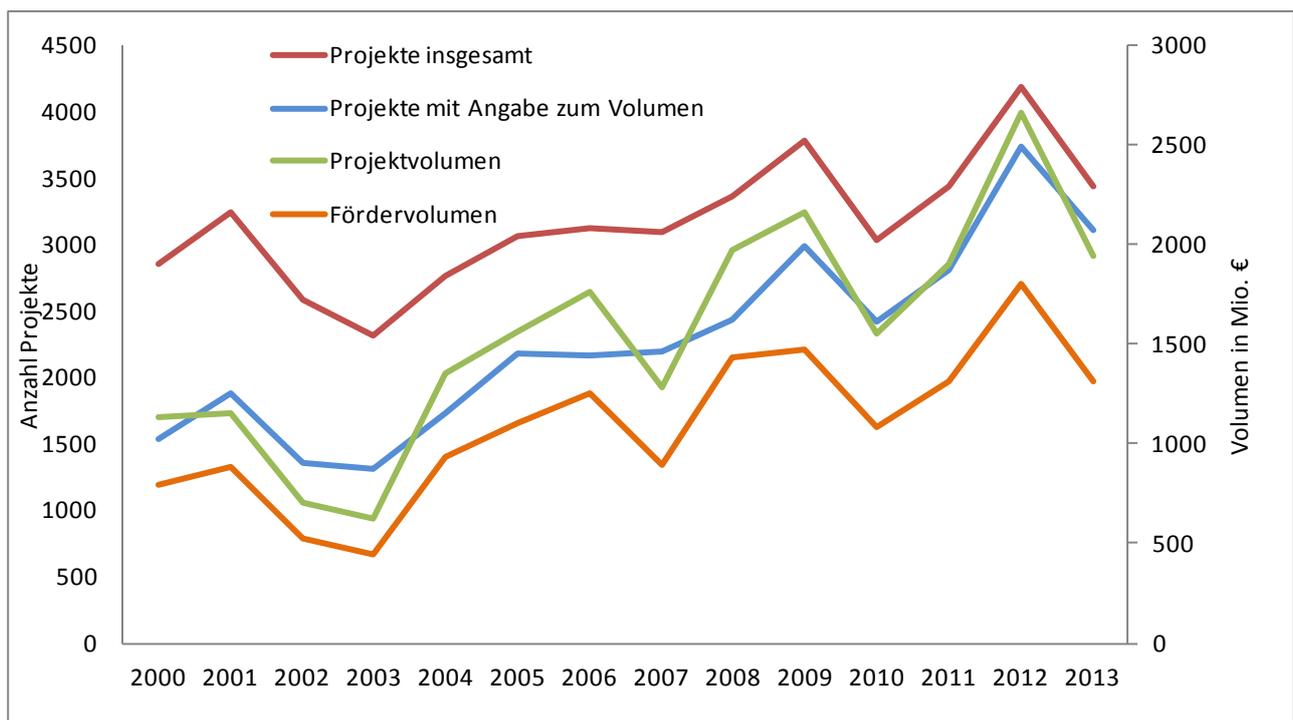
## 2.2 Öffentlich geförderte Umweltforschung in Deutschland

Um detaillierte Informationen über die thematischen Schwerpunkte in der Umweltschutzforschung und Forschungsförderung in Deutschland zu erhalten, wurde die Umweltforschungsdatenbank UFORDAT des Umweltbundesamtes ausgewertet. Die Datenbank wird seit 1974 geführt und dokumentiert Angaben zu über 120.000 laufenden und abgeschlossenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Umweltbereich von mehr als 10.000 forschenden und finanzierenden Einrichtungen aus Deutschland, darüber hinaus auch aus der Schweiz und Österreich (UBA 2014). Jährlich kommen mehr als 5.000 neue Projektbeschreibungen hinzu, die sich häufig auch auf Vorhaben beziehen, die bereits in früheren Jahren begonnen worden sind. Die laufende Aktualisierung erfolgt über regelmäßige Datenerhebungen bei forschenden und finanzierenden Institutionen, Datenaustausch z. B. mit dem BMBF, eigene Internetrecherchen und sonstige Quellen wie Pressemitteilungen, News-

letter oder Forschungsberichte.<sup>31</sup> Die Datenbank erlaubt sowohl Recherchen nach einer Vielzahl von Umweltthemen (z. B. Klimawandel, Umwelttechnik u. ä.) als auch nach 14 übergreifenden Umweltbereichen (wie Wasser, Abfall, Energie etc.).

Für die vorliegende Untersuchung wurden die seit 2000 begonnenen und in Deutschland durchgeführten Forschungsvorhaben nach dem Jahr des Forschungsbeginns, dem Projekt- und Fördervolumen, dem jeweiligen Umweltbereich<sup>32</sup> sowie der Art der durchführenden und der finanzierenden Institution ausgewertet.<sup>33</sup> Abbildung 2.4 gibt einen Überblick über die Anzahl der neu begonnenen Projekte sowie die damit verbundenen Projekt- und Fördermittel von 2000 bis 2013.

Abbildung 2.4: Kennzahlen zu den in UFORDAT erfassten Forschungsvorhaben 2000 bis 2013



\*) Die Kennzahlen für 2002 und 2003 fallen tendenziell zu niedrig aus, weil das UBA in diesen Jahren keine eigene Erhebung bei forschenden Institutionen durchgeführt hat.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2014). – Berechnungen des NIW.

In Summe sind in Deutschland von 2000 bis einschließlich 2013 nach Stand September 2014 fast 44.300 umweltbezogene Forschungsvorhaben begonnen worden. Für 31.850 Vorhaben liegen Angaben zum Projektvolumen vor, 31.400 haben eine Förderung enthalten.

Seit 2007 bis 2012 ist die Zahl der begonnenen Projekte stärker gestiegen als in der ersten Hälfte des Jahrzehnts (Abbildung 2.4). Der Rückgang am aktuellen Rand (2013) dürfte nach den Erfahrungen

<sup>31</sup> Zur Beschreibung der Datenbank vgl. auch <http://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/information-als-instrument/umweltforschungsdatenbank-ufordat> (letzter Abruf: 06.11.2014).

<sup>32</sup> In den hier vorliegenden Analysen wurden die Themenfelder Umweltökonomie und Umweltrecht zusammen betrachtet (vgl. dazu Tabelle A.5.4 in Abschnitt 5.3). Insofern reduziert sich die Zahl der Umweltbereiche hier auf 13.

<sup>33</sup> Für weiter zurückreichende Analysen ab 1991 vgl. Legler, Walz u. a. (2006) bzw. Schasse, Gehrke, Ostertag (2012).

der Vorjahre<sup>34</sup> eher ein Meldebias sein als die tatsächliche Entwicklung widerspiegeln, weil ein signifikanter Teil der zuletzt begonnenen Vorhaben erst mit Verzögerung im Verlauf der Folgejahre erfasst wird. Der Einbruch im Jahr 2010 lässt sich darauf zurückführen, dass die als Reaktion auf die Wirtschaftskrise aufgelegten Konjunkturprogramme, von denen auch Umwelt- und Energieforschungsprojekte profitieren konnten, nicht mehr zur Verfügung gestanden haben. In Abschnitt 2.1.1 ist jedoch deutlich geworden, dass nicht nur Energieforschungsprojekte – parallel zur Energiewende –, sondern auch Forschungsvorhaben aus dem Bereich Umweltschutz innerhalb der staatlichen FuE-Budgets in Deutschland wieder an Gewicht gewonnen haben. Entsprechend ist auch die Zahl der neu begonnenen und geförderten Projekte seit 2011 wieder gestiegen und hat 2012 mit fast 3.450 ihren bisher absoluten Höchststand erreicht. Das Gleiche gilt auch für Projekt- und Fördervolumen.

Die folgende Strukturanalyse nach Umweltbereichen, forschenden und durchführenden Institutionen berücksichtigt nur diejenigen Forschungsvorhaben, für die das jeweilige Finanzvolumen bekannt ist. Fallweise werden zusätzlich zur Gesamtperiode (2000 bis 2013) die Teilperioden 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 gesondert betrachtet, für die sich jeweils Unterschiede in der Entwicklungsdynamik einzelner Forschungsbereiche sowie der absoluten Höhe der verausgabten Mittel beobachten lassen (s. o.).

### 2.2.1 Struktur der Forschungsvorhaben nach Umweltbereichen

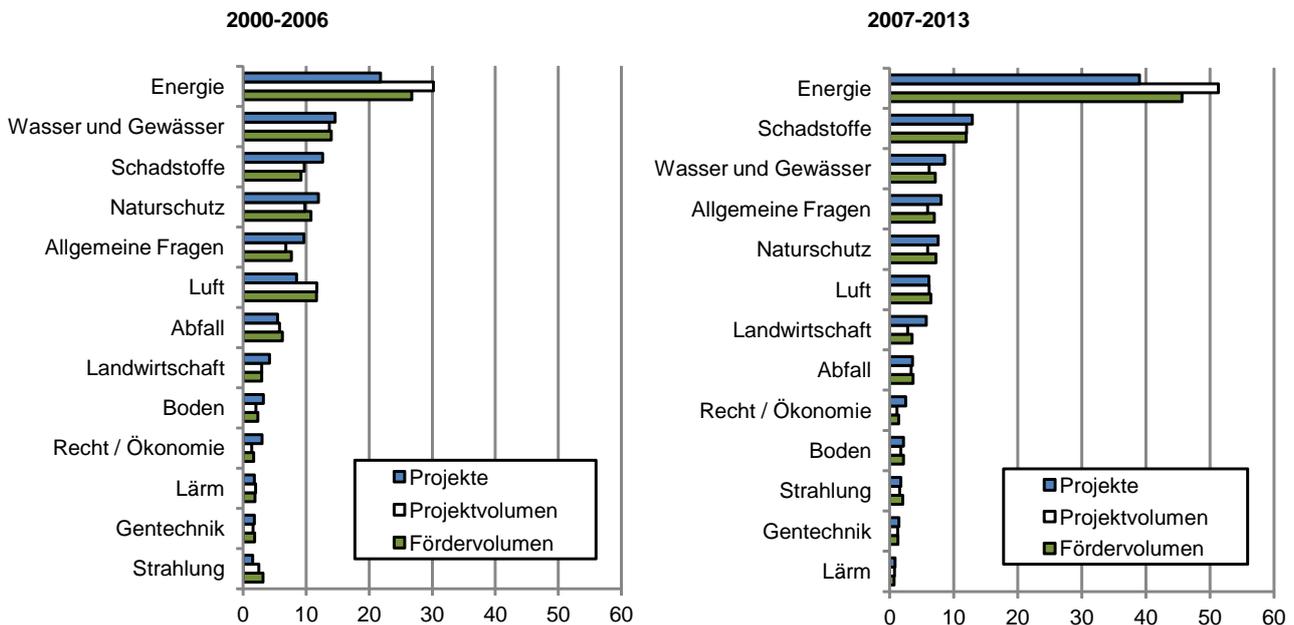
Auch im Hinblick auf die geförderten Umweltforschungsprojekte in Deutschland bestätigt sich die hohe Bedeutung von Fragen aus dem Energie- und Klimaschutzbereich, die auch schon anhand der Entwicklung der globalen öffentlichen Forschungsbudgets deutlich geworden ist (Abschnitt 2.1).<sup>35</sup> Die Dominanz des Energiebereichs innerhalb des gesamten Themenspektrums gilt für beide Teilperioden. Sie fällt im Verlauf der Jahre 2007 bis 2013 aber noch sehr viel ausgeprägter aus als in den Vorjahren (2000 bis 2006) (Abbildung 2.5) und dürfte diese Bedeutung vor dem Hintergrund der für das Energieforschungsprogramm vorgesehenen Mittel in den nächsten Jahren zumindest behaupten.<sup>36</sup>

<sup>34</sup> Bei den Analysen im Jahr 2012 fiel die Zahl der bis dato erfassten, im Referenzjahr 2011 begonnenen Projekte ebenfalls niedriger aus als im Vorjahr (vgl. Gehrke, Schasse, Ostertag 2014, Abb. 8.4), wohingegen sich nach aktuellem Erfassungsstand (September 2014) ein Zuwachs zeigt.

<sup>35</sup> Unter die Umweltklassifikation *Nutzung und Erhaltung von Energie- und Rohstoffressourcen* (kurz: Energie) entfielen von 2000 bis 2013 32 % aller begonnenen Projekte, gut 43 % des Projektvolumens und 38 % des Fördervolumens. Bezogen auf die Anzahl neu begonnener Forschungsvorhaben lagen in den 1990er Jahren noch Wasser und Gewässerschutz, Naturschutz und Luftreinhaltung – nicht zuletzt bedingt durch drängende Probleme in den neuen Bundesländern – anteilmäßig an der Spitze. Im Hinblick auf Projekt- und Fördervolumen hatte der Energiebereich schon damals die führende Position inne. Vgl. dazu Legler, Walz u. a. (2006, Abb. 5.1.3).

<sup>36</sup> So wurde bspw. als eine der ersten Maßnahmen zur Umsetzung des Energiekonzepts von der Bundesregierung im August 2011 das 6. Energieforschungsprogramm verabschiedet. Für die Jahre 2011 bis 2014 war zunächst ein Mittelvolumen von 3,5 Milliarden Euro zur Förderung von Forschung mit Schwerpunkten in Erneuerbaren Energien, Energieeffizienz, Speichern und Netzen vorgesehen, 75 % mehr als in der Vergleichsperiode 2006 bis 2009 (5. Energieforschungsprogramm). Unter der neuen Bundesregierung wurde das Programm weiterentwickelt und für die Jahre 2013 bis 2016 ein Fördervolumen in gleicher Höhe beschlossen. Vgl. BMWi (2011) und zur Weiterentwicklung <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieforschung-und-Innovationen/6-energieforschungsprogramm.html> (zuletzt abgerufen 06.11.2014).

Abbildung 2.5: Schwerpunkte in der Umweltforschung – Anteil der Umweltbereiche an den Forschungsvorhaben 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 in %



Anmerkung: absteigend sortiert nach der Entwicklung der Zahl der Projekte.  
 Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2014). – Berechnungen des NIW.

Bezogen auf alle drei Kennzahlen (Projekte, Projektvolumen, Fördervolumen) fallen die Anteile im Themenfeld Energie in der zweiten Periode deutlich höher aus als in der ersten, bei den Projekten steigen die Anteile von 22 auf 39 %, beim Projektvolumen von 30 auf 51 % und beim Fördervolumen von 27 auf 46 % (Abbildung 2.5). Fast zwei Drittel aller Energieforschungsvorhaben befassen sich mit energiesparenden und rohstoffschonenden Technologien und Maßnahmen.<sup>37</sup>

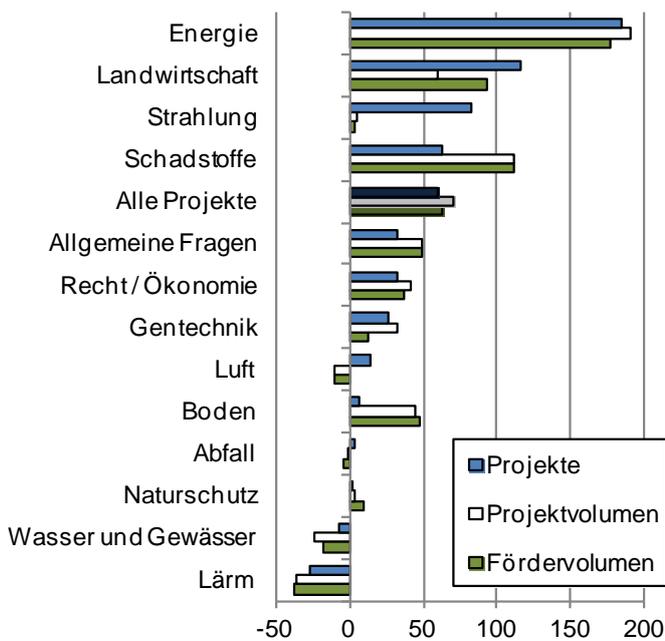
Alle anderen Teilsegmente fallen gegenüber dem Feld der Energie- und Ressourcenforschung (kurz: Energie) deutlich weniger ins Gewicht. Lediglich im Bereich Schadstoffe wird in der aktuellen Teilperiode mit 13 % noch ein zweistelliger Projektanteil erreicht. Zwischen 8,5 % und knapp 6 % der Vorhaben entfallen auf Wasser und Gewässerschutz, Allgemeine und übergreifende Fragen, Natur- und Landschaftsschutz, Luft und Landwirtschaft, wobei letztere im Hinblick auf Projekt- und Fördervolumen deutlich niedrigere Anteile erzielt als bezogen auf den Anteil der gemeldeten Forschungsprojekte. Alle anderen Bereiche bleiben bezogen auf alle drei Indikatoren deutlich zurück. Gegenüber der ersten Teilperiode haben 2007 bis 2013 vor allem Vorhaben aus den klassischen Umweltbereichen (Wasser/Gewässerschutz, Natur- und Landschaftsschutz, Luft, Abfall, Lärm) an Bedeutung verloren. Demgegenüber konnten sich die Forschungsfelder Schadstoffe und Landwirtschaft vergleichsweise gut behaupten.

Bei absoluter Betrachtung ergibt sich bezogen auf alle geförderten Forschungsprojekte im Periodenvergleich ein Zuwachs von 60 %, bezogen auf Projektvolumen und Fördervolumen ein Zuwachs von 70 bzw. 62 % (Abbildung 2.6). Angesichts dieser hohen absoluten Zuwachsraten müssen die

<sup>37</sup> Hierbei handelt es sich um die Unterkategorie EN50, eines von sieben Teilsegmenten im Themenfeld Energie- und Rohstoffressourcen - Nutzung und Erhaltung. Gut ein weiteres Viertel der Projekte im Energiebereich entfällt auf Grundlagen, Hintergrundinformationen und übergreifende Fragen im Zusammenhang von Umweltaspekten von Energie und Rohstoffen (EN70). Alle anderen Unterkategorien spielen kaum eine Rolle.

– von wenigen Feldern abgesehen – in der Breite zu beobachtenden rückläufigen Strukturanteile nicht notwendigerweise mit absolut rückläufigen finanziellen Aufwendungen verbunden sein. Einzig die Bereiche Wasser/Gewässerschutz und Lärm haben sowohl bezogen auf die Anzahl der Projekte als auch aus finanzieller Sicht nicht nur anteilmäßig, sondern auch absolut verloren.

Abbildung 2.6: Veränderung von Forschungsprojekten, Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen im Vergleich der Teilperioden 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 in %



Anmerkung: absteigend sortiert nach der Entwicklung der Zahl der Projekte.  
 Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2014). – Berechnungen des NIW.

Allerdings bleiben die meisten anderen Forschungsfelder in ihrer Dynamik teils deutlich hinter der Durchschnittsentwicklung über alle Projekte zurück, die stark vom dominierenden Energiebereich determiniert ist (Abbildung 2.6). Dort haben sich sowohl die Zahl der geförderten Projekte als auch Projekt- und Fördervolumen im Periodenvergleich mit Zuwächsen zwischen 180 und 190 % annähernd verdreifacht.

Überdurchschnittlich hohe positive Wachstumsraten ergeben sich darüber hinaus nur noch für die Themenfelder Schadstoffe und Landwirtschaft, im letztgenannten Feld allerdings mit leichten Abstrichen im Hinblick auf das Projektvolumen. Ferner ist die Zahl der Projekte, die zum Thema Strahlung forschen, bei annähernd stagnierendem Projekt- und Fördervolumen von vergleichsweise niedrigem Niveau aus überdurchschnittlich gestiegen (80 %). Stark schwankende Projektzahlen und Fördervolumina in diesem Bereich sind auch darauf zurückzuführen, dass die Forschungsvorhaben dort vielfach sehr kostenintensiv sind, längere Laufzeiten haben, ein höheres Risiko bergen und daher seltener bzw. unregelmäßiger durchgeführt werden und in großem Umfang auf öffentliche Fördermittel angewiesen sind (vgl. dazu auch Abbildung 2.8).

Durchgängig positive, wenngleich unterdurchschnittlich hohe Zuwachsraten verzeichnen Allgemeine und übergreifende Fragen des Umweltschutzes, Umweltrecht/-ökonomie und Forschungsthemen aus den Bereichen Boden sowie Umweltaspekte gentechnisch veränderter Organismen und Viren (kurz: Gentechnik). In den Themenfeldern Abfall und Naturschutz ist sowohl bei den Vorhaben als auch bei Projekt- und Fördervolumen annähernd Stagnation zu verzeichnen. Im Luftbereich ist die

Zahl der Vorhaben im Periodenvergleich zwar etwas gestiegen; die damit verbundenen finanziellen Mittel fallen 2007 bis 2013 jedoch niedriger aus als im Vergleichszeitraum.

Grundsätzlich bestätigt sich der schon seit den 1990er Jahren feststellbare Trend, dass alle klassischen, stark nachsorgend geprägten Felder (Wasser und Gewässerschutz, Luft, Abfall, Lärm, Boden, Naturschutz) in der Umweltschutzforschung in Deutschland zunehmend an Bedeutung verlieren. Ähnliches gilt seit 2009 auch für gentechnische Fragen, wenngleich diese Entwicklung im hier gewählten Periodenvergleich nicht deutlich wird.<sup>38</sup> Hingegen treten übergreifende Themen (Allgemeine Fragen des Umweltschutzes, Umweltrecht/-ökonomie), vor allem aber Forschungsvorhaben zu vorsorgenden, emissionsmindernden und -vermeidenden Fragen (Energie, Schadstoffminderung) immer stärker in den Vordergrund.

Der seit Mitte des letzten Jahrzehnts zu beobachtende Bedeutungs- und Mittelzuwachs für Fragen zu Umweltaspekten der Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Nahrungsmittel (kurz: Landwirtschaft) mag damit zusammenhängen, dass Forschungsvorhaben aus diesem Bereich infolge diverser Skandale vor allem im Zusammenhang mit industrieller Agrarproduktion und Tierhaltung höhere Priorität eingeräumt wird.

### **Durchschnittliche Projektkosten, Fördersummen und Förderquoten**

Das durchschnittliche Projektvolumen über alle Forschungsvorhaben lag über die Gesamtperiode 2000 bis 2013 betrachtet bei rund 635 Tsd. €, das durchschnittliche Fördervolumen je gefördertem Vorhaben bei fast 460 Tsd. €. Während das durchschnittliche Projektvolumen in der zweiten Teilperiode mehr als 7 % höher war als in der Vorperiode 2000 bis 2006, ergibt sich beim Fördervolumen lediglich ein Zuwachs von einem Prozent (Abbildung 2.7).

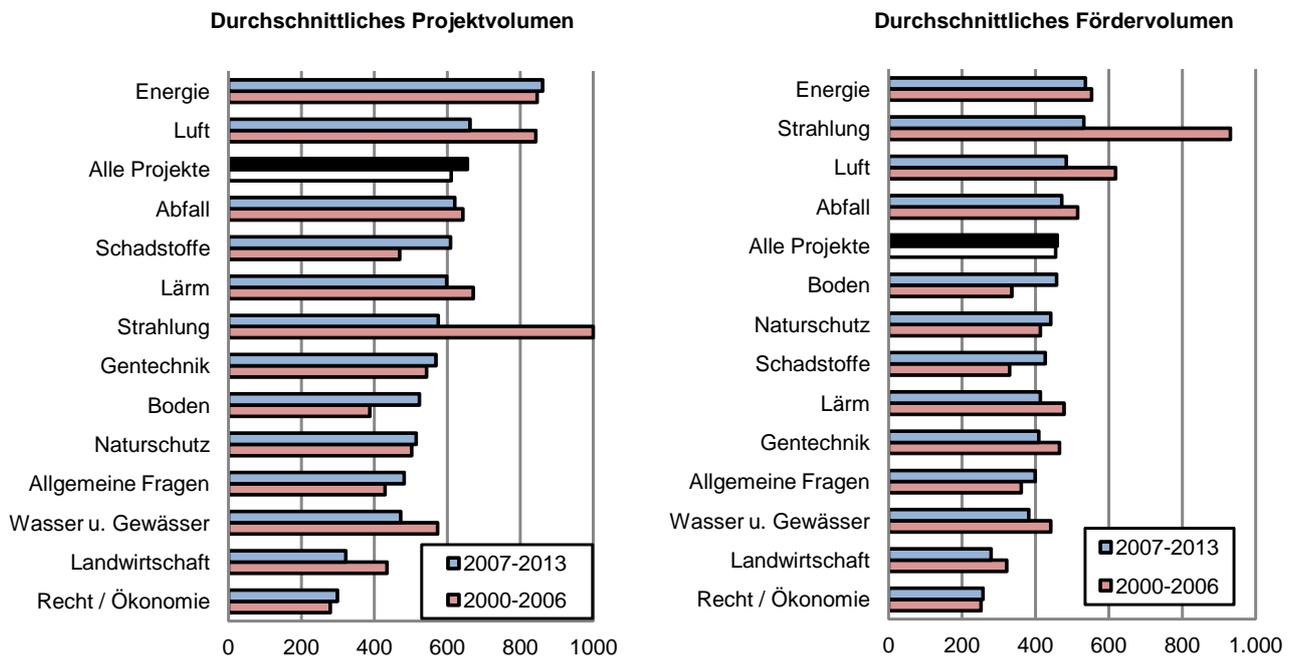
In den Themenfeldern Energie, Luft, Abfall, Lärm und Strahlung fallen über den Gesamtzeitraum betrachtet die im Schnitt höchsten Projektkosten an. Der mit Abstand höchste Wert ergibt sich in der jüngeren Teilperiode (2007 bis 2013) für Vorhaben aus dem Energiebereich mit Durchschnittskosten von 860 Tsd. €, gefolgt von Luft (660 Tsd. €), Abfall (620 Tsd. €), Schadstoffen (610 Tsd. €) und Lärm (600 Tsd. €). Am unteren Ende rangieren Vorhaben aus der Landwirtschaft (320 Tsd. €) sowie aus dem Bereich Umweltrecht/-ökonomie (300 Tsd. €).

Die durchschnittlichen Projektkosten für Vorhaben aus den Themengebieten Schadstoff- und Bodenforschung sowie zu Allgemeinen, übergreifenden Fragen fallen in der zweiten Teilperiode signifikant höher aus als in den Jahren 2000 bis 2006, weil sich die Anzahl der jährlich begonnenen Projekte im Periodenvergleich ungünstiger entwickelt als die finanziellen Mittel (vgl. Abbildung 2.6). In diesen Feldern hat sich die Forschung in den letzten Jahren demnach stärker auf relativ weniger, dafür aber umfangreichere und kostenintensivere Projekte konzentriert. Hingegen zeigt sich insbesondere im Bereich Strahlung, aber auch bei Luft, Wasser, Lärm und Landwirtschaft in jüngerer Zeit eine gegenläufige Entwicklung, so dass dort pro Vorhaben im Schnitt weniger Mittel verausgabt werden konnten als 2000 bis 2006 (vgl. Abbildung 2.7).

---

<sup>38</sup> Hohe Projekt- und Fördervolumen in den Jahren 2007 und 2008 verzerren das Ergebnis.

Abbildung 2.7: Durchschnittliches Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 (in Tsd. €)

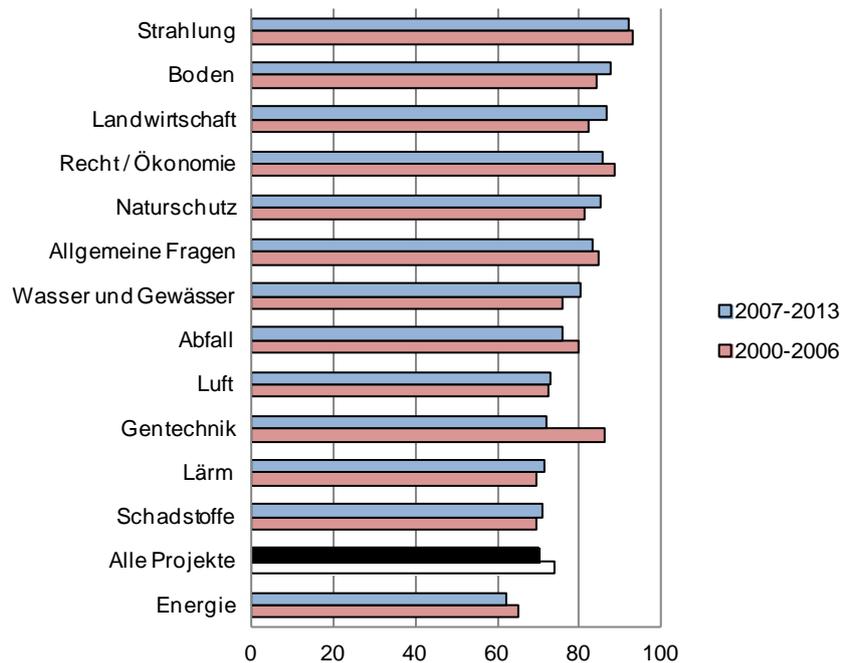


Anmerkung: absteigend sortiert nach den Werten für die Teilperiode 2007 bis 2013.  
 Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2013). – Berechnungen des NIW.

Gestiegene bzw. gesunkene Durchschnittskosten pro Projekt gehen in der Regel mit einer gleich gerichteten Entwicklung der durchschnittlichen Fördersummen einher (Abbildung 2.7). Signifikante Ausnahme hiervon ist lediglich die Gentechnik, wo die staatliche Förderung bei steigenden Durchschnittskosten im Verlauf der zweiten Teilperiode spürbar zurückgenommen worden ist. Zwar zeigt sich auch im Energiebereich eine gegenläufige Entwicklung; dort ist sie jedoch deutlich weniger ausgeprägt als in der Gentechnik.

Insgesamt betrachtet ist das Fördervolumen im Periodenvergleich etwas weniger stark ausgeweitet worden als das Projektvolumen.: Die durchschnittliche Förderquote sank von fast 74 % (2000 bis 2006) auf gut 70 % (2007 bis 2013) (vgl. Abbildung 2.8). Im Hinblick auf einzelne Themenfelder stellt sich die Situation jedoch unterschiedlich dar. Rückläufige Förderquoten verzeichnen Energie, Abfall, Umweltrecht/-ökonomie, allgemeine und übergreifende Fragen des Umweltschutzes sowie – aufgrund der oben beschriebenen gegensätzlichen Entwicklung von Projektkosten und Fördersummen – insbesondere Gentechnik. In den anderen Themenfeldern ist die staatliche Förderung demgegenüber weiter ausgeweitet worden bzw. annähernd unverändert geblieben (Luft, Strahlung). Im Hinblick auf die Förderquote rangiert das gewichtigste Themenfeld Energie mit 62 % (2007 bis 2013) am unteren Ende der Hierarchie. Die höchsten durchschnittlichen Förderquoten von 80 % und mehr werden in den Bereichen Strahlung, Boden, Landwirtschaft, Natur- und Landschaftsschutz, Wasser sowie bei übergreifenden umweltrelevanten Themen (Umweltrecht/-ökonomie, Allgemeine Fragen) erreicht.

Abbildung 2.8: Förderquoten nach Umweltbereichen 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013



Anmerkung: absteigend sortiert nach den Werten für die Teilperiode 2007 bis 2013.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2014). – Berechnungen des NIW.

## 2.2.2 Struktur und Entwicklung nach forschenden Einrichtungen

Die Liste der forschenden Institutionen ist sehr heterogen und umfasst neben reinen Forschungseinrichtungen auch eine Vielzahl von privaten und öffentlichen Unternehmen. In UFORDAT lag bis zum Zeitpunkt der letztmaligen Analyse (2012) keine Klassifizierung nach verschiedenen Einrichtungstypen vor, so dass eine eigene Zuordnung nach Hochschuleinrichtungen (Universitäten, Fachhochschulen, An-Institute), Forschungseinrichtungen des Bundes (Bundesbehörden/-anstalten u. ä.) und der Länder (Landesbehörden/-anstalten u. ä.), Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft, Max-Planck-Instituten, Instituten der Helmholtz Gemeinschaft und der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL-Institute) sowie sonstigen Einrichtungen vorgenommen wurde (Gehrke, Schasse, Ostertag 2014, Kap. 8.3). Nunmehr ist in UFORDAT eine qualitative Spezifikation der forschenden Institutionen eingeführt worden, die eine differenziertere Untersuchung der gewichtigen Restgruppe der „sonstigen Einrichtungen“ zulässt, auf die bei der letzten Analyse rund die Hälfte der Projekte und Fördersummen sowie 60 % der Projektmittel entfallen sind (Tab. 8.4 ebd.). Danach können die vier Teilsegmente Sonstige (öffentliche und private) Forschungseinrichtungen, Forschungsförderer, Kommunale Einrichtungen (z. B. kommunale Ver- und Entsorgungsbetriebe) sowie Wirtschaft (Ingenieurdienstleister, aber auch Unternehmen verschiedener industrieller Branchen) unterschieden werden (Tabelle 2.3).

Tabelle 2.3: Umweltforschung nach durchführenden Forschungseinrichtungen 2000 bis 2013

	Projekte			
	Anzahl	Strukturanteile in %		
		2000-2013	2000-2013	2000-2006
Hochschulen	9.037	30,4	31,7	29,6
Fraunhofer Gesellschaft	1.394	4,7	3,5	5,4
Helmholtz Gemeinschaft	1.685	5,7	4,7	6,3
WGL-Institute*	858	2,9	2,8	3,0
Max-Planck-Institute	211	0,7	0,7	0,7
sonst. Forschungseinrichtung	550	1,8	2,5	1,5
Forschungsförderer	73	0,2	0,4	0,1
Bundesbehörden/-anstalten	668	2,2	2,1	2,3
Landesbehörden/-anstalten	467	1,6	1,8	1,4
Kommunale Einrichtungen	427	1,4	2,1	1,0
Wirtschaft	14.362	48,3	47,8	48,6
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>29.732</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	Projektvolumen			
	Mio. €	Strukturanteile in %		
	2000-2013	2000-2013	2000-2006	2007-2013
Hochschulen	4.209	22,1	25,2	20,4
Fraunhofer Gesellschaft	1.121	5,9	4,6	6,7
Helmholtz Gemeinschaft	1.664	8,8	10,5	7,7
WGL-Institute*	487	2,6	3,3	2,1
Max-Planck-Institute	165	0,9	1,4	0,5
sonst. Forschungseinrichtung	300	1,6	2,2	1,2
Forschungsförderer	31	0,2	0,2	0,2
Bundesbehörden/-anstalten	291	1,5	1,5	1,6
Landesbehörden/-anstalten	171	0,9	1,4	0,6
Kommunale Einrichtungen	237	1,2	1,5	1,1
Wirtschaft	10.334	54,4	48,2	57,9
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>19.009</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
	Förderung			
	Mio. €	Strukturanteile in %		
	2000-2013	2000-2013	2000-2006	2007-2013
Hochschulen	3.766	27,9	29,2	27,1
Fraunhofer Gesellschaft	964	7,1	5,0	8,4
Helmholtz Gemeinschaft	1.419	10,5	12,1	9,5
WGL-Institute*	455	3,4	4,1	2,9
Max-Planck-Institute	143	1,1	1,5	0,8
sonst. Forschungseinrichtung	269	2,0	2,6	1,6
Forschungsförderer	26	0,2	0,2	0,2
Bundesbehörden/-anstalten	269	2,0	1,9	2,1
Landesbehörden/-anstalten	140	1,0	1,5	0,8
Kommunale Einrichtungen	159	1,2	1,3	1,1
Wirtschaft	5.892	43,6	40,5	45,5
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>13.504</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

\*) Institute der Leibniz-Gemeinschaft.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2014). – Berechnungen des NIW.

Fast die Hälfte aller Projekte, 58 % des Projektvolumens und 45 % der Fördersumme, entfallen in der Periode 2007 bis 2013 auf durchführende Einrichtungen aus der Wirtschaft. Diese Kategorie hat ihren Anteil an den Projekt- und Fördermitteln im Verlauf der zweiten Betrachtungsperiode deutlich steigern können. Dies zeigt, dass umweltrelevante Forschungsvorhaben immer stärker in privaten Unternehmen stattfinden, vielfach auch in Kooperation mit öffentlichen Forschungseinrichtungen.<sup>39</sup>

Unter den explizit ausgewiesenen Forschungseinrichtungen rangieren Hochschulen mit fast 30 % der Forschungsvorhaben (2007 bis 2013) klar auf Platz 1, wenngleich sie gegenüber der ersten Teilperiode leicht an Bedeutung verloren haben (Tabelle 2.3). Erst mit deutlichem Abstand folgen Institute der Helmholtz Gemeinschaft (6,3 %) und der Fraunhofer-Gesellschaft (5,4 %) vor WGL-Instituten, Bundes- und Landesbehörden/-anstalten sowie Sonstigen Forschungseinrichtungen mit Projektanteilen zwischen 3 und 1,5 %. Max-Planck-Institute erreichen bezogen auf die Anzahl der Projekte einen konstant geringen Anteil von unter einem Prozent. Auch kommunale Einrichtungen (1 %) und Forschungsförderer (0,1 %) fallen als durchführende Institution kaum ins Gewicht.

Aus finanzieller Sicht fallen die Strukturanteile der Hochschulen deutlich niedriger aus als bei den Forschungsvorhaben (Tabelle 2.3). Ähnliche Relationen auf deutlich niedrigerem Niveau ergeben sich für Bundes- und Landesanstalten und in jüngerer Zeit (2007 bis 2013) auch für WGL-Institute. Die anderen Teilgruppen außeruniversitärer Forschungseinrichtungen können sowohl an den Projektmitteln und erst recht an der Förderung überproportional partizipieren. Dies gilt besonders für Institute der Helmholtz- und Fraunhofer Gemeinschaft, d. h. die dort begonnenen Projekte sind vergleichsweise kostenintensiver und werden stärker gefördert. Dies gibt Aufschluss über die Arbeitsteilung in der öffentlichen Umweltforschung: Besonders teure und risikoreiche Vorhaben finden in hochspezialisierten Instituten statt. Hochschulforschung ist demgegenüber weniger kostenintensiv und wird z. T. auch durch allgemeine Hochschulmittel gedeckt.<sup>40</sup>

Die im Zeitablauf weiter zunehmende Bedeutung der Wirtschaft als durchführende Institution von öffentlich geförderten Umweltforschungsprojekten geht aus finanzieller Sicht zulasten fast aller anderen Einrichtungen. Lediglich Fraunhofer-Institute konnten ihren Strukturanteil an den Projektmitteln und Fördersummen ebenfalls nachhaltig steigern. Bundesbehörden/-anstalten und Forschungsförderer konnten ihre eher geringen Anteile halten, alle anderen haben teils deutlich verloren (Tabelle 2.3). Auffällig ist, dass einzig bezogen auf die Wirtschaft der Förderanteil mit 45,5 % deutlich niedriger ist als der Projektmittelanteil (58 %) und diese Differenz in der jüngeren Teilperiode noch deutlicher ausfällt als in den Vorjahren (40,5 zu 48 %). Die dort zumeist stärker anwendungsorientierten Projekte werden also im Durchschnitt in geringerem Umfang gefördert als dies vor allem für Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen gilt, wo die Vorhaben tendenziell stärker grundlagenorientiert und längerfristig angelegt sind.

Die dominierende Position von Hochschulen innerhalb der Gruppe der klassischen Forschungseinrichtungen außerhalb der Wirtschaft ist mit einer ausgeprägten thematischen Breite verbunden, die sich in dieser Form bei anderen außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die z. T. ganz unterschiedliche Schwerpunkte in der Umweltforschung setzen, nicht findet. Die hohe Spezialisierung einzelner Einrichtungen auf bestimmte Forschungsfelder zeigt sich daran, dass sie dort sehr viel höhere Anteile erzielen als im Durchschnitt aller begonnenen Forschungsvorhaben (Tabelle 2.4a). Hierbei können sich durchaus Unterschiede zur jeweiligen Hierarchie der begonnenen Projekte nach

---

<sup>39</sup> Oftmals werden mehrere durchführende Institutionen angeführt. Da über die interne Verteilung der Projektmittel keine Informationen vorliegen, erfolgt die institutionelle Zuordnung jeweils nach der erstgenannten Einrichtung.

<sup>40</sup> Vgl. Legler, Walz u. a. (2006).

Forschungsfeldern ergeben, die auch vom strukturellen Gesamtgewicht einzelner Forschungsthemen determiniert ist. So ist es nicht überraschend, dass Forschungsthemen aus den Bereichen Energie, Schadstoffe, Wasser sowie Natur- und Landschaftsschutz, auf die in der Gesamtperiode 2000 bis 2013 die meisten begonnenen Projekte entfallen, vielfach auch bezogen auf die Vorhaben einzelner Einrichtungen zweistellige Anteile erreichen (vgl. Tabelle 2.4b).

Dennoch ergeben sich gemessen am spezifischen Anteil der Einrichtungen an allen Produkten teils deutliche Abweichungen in den jeweiligen Spezialisierungsmustern (Tabelle 2.4a):

- ▶ Hochschulen sind in der Umweltforschung überdurchschnittlich stark auf die Bereiche Gentechnik, Boden, Strahlung, Naturschutz, Landwirtschaft und Wasser ausgerichtet und erreichen dort Projektanteile zwischen 43 und fast 36 % (Durchschnitt: 30,5 %).
- ▶ Diametral dazu beschäftigen sich Unternehmen aus der Wirtschaft überdurchschnittlich häufig mit Fragen aus den Bereichen Abfall, Lärm, Energie, Schadstoffe sowie übergreifenden umweltrelevanten Themen (Allgemeine Fragen, Umweltrecht/-ökonomie).
- ▶ Bundesbehörden/-anstalten forschen besonders häufig in den Feldern Gentechnik, Landwirtschaft und Boden. Bei Landesbehörden/-anstalten steht insbesondere der Bereich Landwirtschaft (mit 10 % bei einem Durchschnitt von nur 1,6 %) im Vordergrund, daneben sind noch Gentechnik sowie Naturschutz überdurchschnittlich vertreten. Fragen aus dem Themenfeld Natur- und Landschaftsschutz spielen auch bei kommunalen Einrichtungen eine herausragende Rolle; daneben zielen deren Projekte überdurchschnittlich häufig auf Wasserthemen sowie allgemeine umweltrelevante Fragen ab.
- ▶ Fraunhofer-Institute zeigen eine klare Spezialisierung auf Energie (7,5 %) und Schadstoffe (7,2 %). Alle anderen Forschungsfelder bleiben hinter dem Durchschnitt aller begonnenen Forschungsvorhaben (4,7 %) zurück.
- ▶ Helmholtz-Einrichtungen sind in ihrer umweltrelevanten Forschung breiter ausgerichtet als Fraunhofer-Institute. Zwar fällt die Spezialisierung auf die Bereiche Strahlung und Boden besonders deutlich aus, darüber hinaus werden aber auch noch bei Luft, Wasser und Naturschutz überdurchschnittlich hohe Projektanteile erreicht.
- ▶ Auch wenn insgesamt nur weniger als ein Prozent der Forschungsvorhaben von Max-Planck-Einrichtungen durchgeführt werden bzw. worden sind, spielen diese Einrichtungen vor allem im Themenfeld Gentechnik (7 %) sowie im Luftbereich (3 %) doch eine vergleichsweise gewichtige Rolle.
- ▶ Die Leibniz-Gemeinschaft (WGL) verbindet 89 Einrichtungen aus einer Vielzahl von Wissenschaftsbereichen. Demzufolge weisen diese Institute wie die Hochschulen im Schnitt ein flacheres Spezialisierungsmuster auf als die anderen gemeinsam von Bund und Ländern geförderten Einrichtungen (Fraunhofer, Max-Planck, Helmholtz). Bei den WGL-Instituten ist die umweltrelevante Forschung besonders stark auf Umweltrecht/-ökonomie, Luft, Landwirtschaft und Wasser (mit Anteilen über 4 %) ausgerichtet; aber auch Projekte aus den Bereichen Gentechnik, Naturschutz und Allgemeine Fragen sind von überdurchschnittlicher Bedeutung.

Tabelle 2.4: Struktur der Forschungsvorhaben nach Umweltbereichen und Art der forschenden Institution 2000 bis 2013

## a) Verteilung der Umweltbereiche auf forschende Institutionen (Anteile in %)

	Hochschulen	Fraunhofer	Helmholtz	WGL	Max-Planck	Forschungseinricht.	Forschungsförderer	Bundesbehörden/anstalten	Landesbehörden/anstalten	Kommunale Einrichtung.	Wirtschaft	GRS*
Abfall	26,7	4,2	2,7	0,5	0,0	1,6	0,2	1,8	0,4	0,7	58,1	3,1
Boden	42,8	3,3	10,2	3,2	0,5	1,6	0,1	5,8	2,0	0,5	27,2	2,8
Schadstoffe	29,2	7,2	5,7	2,8	0,8	1,6	0,2	2,8	0,4	0,6	48,3	0,4
Energie	24,8	7,5	4,0	1,3	0,3	1,7	0,1	0,6	0,3	1,1	58,3	0,1
Gentechnik	43,1	1,5	3,2	3,9	7,1	1,1	0,2	7,5	5,8	0,4	26,2	0,0
Lärm	24,0	3,7	4,0	0,3	0,0	1,4	0,0	1,7	0,3	0,6	64,0	0,0
Landwirtschaft	38,6	1,7	2,7	4,9	0,8	1,8	0,7	7,2	10,2	1,7	29,6	0,0
Luft	28,8	2,7	9,3	5,4	2,9	2,0	0,2	2,9	1,2	0,7	43,9	0,0
Naturschutz	38,8	1,5	7,0	3,6	0,4	2,5	0,5	2,5	3,5	3,6	36,1	0,0
Strahlung	39,8	2,2	17,6	2,8	0,2	1,0	0,0	2,0	0,6	0,0	19,2	14,5
Allg. Fragen	29,3	2,4	4,2	3,7	0,4	1,6	0,9	2,0	1,5	2,3	51,3	0,4
Recht/ Ökonomie	28,7	3,8	3,6	5,4	0,4	1,5	0,1	2,1	1,0	0,5	52,4	0,4
Wasser	35,7	2,2	8,9	4,4	0,5	2,7	0,0	2,4	1,6	2,6	38,8	0,1
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>30,4</b>	<b>4,7</b>	<b>5,7</b>	<b>2,9</b>	<b>0,7</b>	<b>1,8</b>	<b>0,2</b>	<b>2,2</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>47,7</b>	<b>0,6</b>

## b) Verteilung der forschenden Institutionen auf Umweltbereiche (Anteile in %)

	Hochschulen	Fraunhofer	Helmholtz	WGL	Max-Planck	Forschungseinricht.	Forschungsförderer	Bundesbehörden/anstalten	Landesbehörden/anstalten	Kommunale Einrichtung.	Wirtschaft	GRS*
Abfall	3,8	3,9	2,0	0,7	0,0	3,8	2,7	3,4	1,1	2,1	5,2	22,6
Boden	3,6	1,8	4,6	2,8	1,9	2,2	1,4	6,6	3,2	0,9	1,5	11,9
Schadstoffe	12,3	19,7	12,9	12,5	13,7	10,7	9,6	16,2	3,2	5,2	12,9	9,6
Energie	26,5	51,7	23,0	14,1	15,6	30,5	11,0	8,7	5,8	23,9	39,6	5,1
Gentechnik	2,2	0,5	0,9	2,1	15,6	0,9	1,4	5,2	5,8	0,5	0,9	0,0
Lärm	0,9	0,9	0,8	0,1	0,0	0,9	0,0	0,9	0,2	0,5	1,6	0,0
Landwirtschaft	6,5	1,9	2,4	8,7	5,7	4,9	13,7	16,5	33,2	6,1	3,2	0,0
Luft	6,7	4,1	11,6	13,1	28,4	7,5	6,8	9,0	5,6	3,3	6,5	0,6
Naturschutz	11,8	2,9	11,5	11,4	5,2	12,4	17,8	10,3	20,3	23,2	7,0	0,6
Strahlung	2,2	0,8	5,2	1,6	0,5	0,9	0,0	1,5	0,6	0,0	0,7	40,7
Allg. Fragen	8,3	4,4	6,4	11,2	4,7	7,3	32,9	7,8	8,1	13,6	9,3	5,6
Recht/ Ökonomie	2,5	2,2	1,7	5,0	1,4	2,2	1,4	2,5	1,7	0,9	2,9	1,7
Wasser	12,7	5,2	17,0	16,7	7,1	15,8	1,4	11,4	11,1	19,9	8,8	1,7
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

\*) Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2014). – Berechnungen des NIW.

- ▶ Die Gruppe der übrigen Forschungseinrichtungen zeigt eine Spezialisierung auf die Themenfelder Wasser und Naturschutz. In den wenigen Fällen, in denen Forschungsförderer, wie z. B. die Bundesstiftung Umwelt, als durchführende Institution gelistet sind (insgesamt nur 0,2 % der begonnenen Projekte), geht es vor allem um Allgemeine umweltrelevante Fragen, Landwirtschaft und Naturschutz.
- ▶ Die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH ist die zentrale Fachinstitution für nukleare Sicherheit und Entsorgung in Deutschland. Sie finanziert sich ausschließlich über Aufträge und zählt deshalb grundsätzlich zur Kategorie „Wirtschaft“. Zwar wurde und wird in dieser Einrichtung über die Gesamtperiode hinweg nur gut ein halbes Prozent aller Umweltforschungsprojekte durchgeführt, dafür aber fast 15 % aller Projekte aus dem Bereich Strahlung (Tabelle 2.4a). Mehr als 70 % der dort begonnenen Forschungsprojekte beschäftigen sich mit Umweltauswirkungen von Strahlung (41 %) sowie der Entsorgung nuklearer Abfälle (23 %) oder der Sanierung verseuchter Böden (12 %) (Tabelle 2.4b).

### 2.2.3 Struktur nach Förderinstitutionen

Während im vorigen Abschnitt die durchführenden Institutionen im Vordergrund standen, wird an dieser Stelle der Blick auf die Fördereinrichtungen gelenkt. Insgesamt wurden in Deutschland von 2000 bis 2013 Umweltforschungsprojekte mit rund 13,5 Mrd. € gefördert. Der weit überwiegende Teil der Mittel kommt traditionell vom Bund<sup>41</sup>, der seine führende Position in den letzten Jahren nochmals deutlich ausgebaut hat: 2000 bis 2013 entfielen rund 88 % der Fördermittel auf den Bund und damit 24 Prozentpunkte mehr als in der Vorperiode (64 %) (Tabelle 2.5).

Innerhalb der Bundesförderung für Umweltforschung wird der weit überwiegende Teil der Mittel vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (fast 46 %) gestellt. Dessen Anteil ist 2007 bis 2013 im Vergleich zur Vorperiode strukturell sogar wieder deutlich gestiegen, nachdem er sich gegenüber der ersten Hälfte der 1990er Jahre in der Folgezeit zunächst eher rückläufig entwickelt hatte.<sup>42</sup> Dennoch haben andere Bundesministerien, insbesondere das frühere Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), aber auch das frühere Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie – von niedrigem absoluten Niveau aus startend – das frühere Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und das frühere Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)<sup>43</sup> ihre Projektförderung im Umweltforschungsbereich im Periodenvergleich noch stärker ausgeweitet und damit überdurchschnittlich zum Zuwachs der Bundesfördermittel beigetragen.<sup>44</sup>

<sup>41</sup> Für die Entwicklung im Verlauf der 1990er Jahre vgl. Legler, Walz u. a. (2006).

<sup>42</sup> Vgl. ebd.

<sup>43</sup> Hier werden die bis Ende der Betrachtungsperiode 2013 gültigen Bezeichnungen verwendet. Seit Anfang 2014 haben sich die Zuständigkeiten der Bundesministerien und damit auch ihre Bezeichnungen zum Teil geändert.

<sup>44</sup> Die Verschiebung der Zuständigkeiten zwischen BMU und BMWi im Energiebereich dürfte sich in zukünftigen Analysen auch in einer entsprechenden Gewichtsverschiebung zwischen den fördernden Institutionen niederschlagen.

Tabelle 2.5: Förderung von Umweltforschungsvorhaben nach Förderinstitutionen 2000 bis 2013

	Fördervolumen				Geförderte Projekte			
	in Mio. €	Strukturanteile in %		Veränd. in %	Strukturanteile in %		Veränd. in %	Durchschn. Fördervolumen in Tsd.
	2000-2013	2000-2006	2007-2013	2000-06/2007-13	2000-2006	2007-2013	2000-06/2007-13	2000-2013
Bund gesamt	10.679,0	64,2	88,2	123,6	69,7	92,2	112,5	429,8
darunter								
BMBF	5.887,8	40,3	45,7	84,5	42,3	47,9	81,8	433,2
BMU	1.995,6	12,3	16,3	115,7	16,5	18,3	78,6	381,1
BMVBS	251,4	0,0	3,0	*	0,1	2,3	*	594,3
BMELV	455,7	1,8	4,3	283,2	3,8	8,5	257,6	229,5
BMWl	2.062,8	9,6	18,8	218,4	6,6	14,7	259,5	599,3
sonst. Bundeseintr.	25,7	0,2	0,2	80,7	0,5	0,6	98,2	156,9
EU	1.937,3	24,9	7,8	-48,9	5,8	1,1	-70,4	2.258,0
Land	179,2	2,2	0,8	-38,9	4,0	1,3	-47,1	258,3
DBU	342,1	5,2	0,9	-73,0	14,1	2,2	-75,5	170,6
Andere Stiftungen	22,2	0,3	0,1	-56,4	0,6	0,1	-62,5	251,9
DFG	133,6	1,5	0,7	-28,7	1,6	0,8	-25,1	408,6
AIF	31,5	0,2	0,2	68,8	0,6	0,5	36,2	193,2
sonstige	178,7	1,4	1,3	41,1	3,7	1,8	-19,4	237,4
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>13.503,6</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>62,6</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>60,5</b>	<b>454,2</b>

Einbezogen wurden nur diejenigen Projekte, für die Angaben zu den finanzierenden Institutionen vorlagen.

\*) Darstellung der Veränderungsrate aufgrund der extrem niedrigen Fördersummen in der 1. Teilperiode nicht sinnvoll.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2014). – Berechnungen des NIW.

Während die Finanzmittel des Bundes im Bereich Umweltforschung deutlich ausgeweitet worden sind, haben alle anderen relevanten Förderinstitutionen mit Ausnahme der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AIF) ihre Förderung im Periodenvergleich absolut zurückgenommen. Ins Gewicht fällt dabei vor allem die Halbierung der EU-Fördermittel, die 2000 bis 2006 noch ein Viertel des gesamten Fördervolumens ausgemacht haben, in der Folgeperiode aber nur mehr knapp 8 % (vgl. Tabelle 2.5). Auch die meisten anderen Förderinstitutionen außerhalb des Bundes haben ihren Beitrag absolut deutlich zurückgefahren und damit klar an Relevanz für die Förderung der Umweltforschung in Deutschland eingebüßt. Dies gilt besonders ausgeprägt für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), deren Anteil von gut 5 % auf knapp ein Prozent zurückgegangen ist, aber auch für die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und die Bundesländer (Land), deren Anteile sich von geringerem Niveau aus mehr als halbiert haben. Die traditionell geringe Bedeutung der anderen genannten Fördereinrichtungen (AIF, Andere Stiftungen, sonstige) hat im Zeitablauf

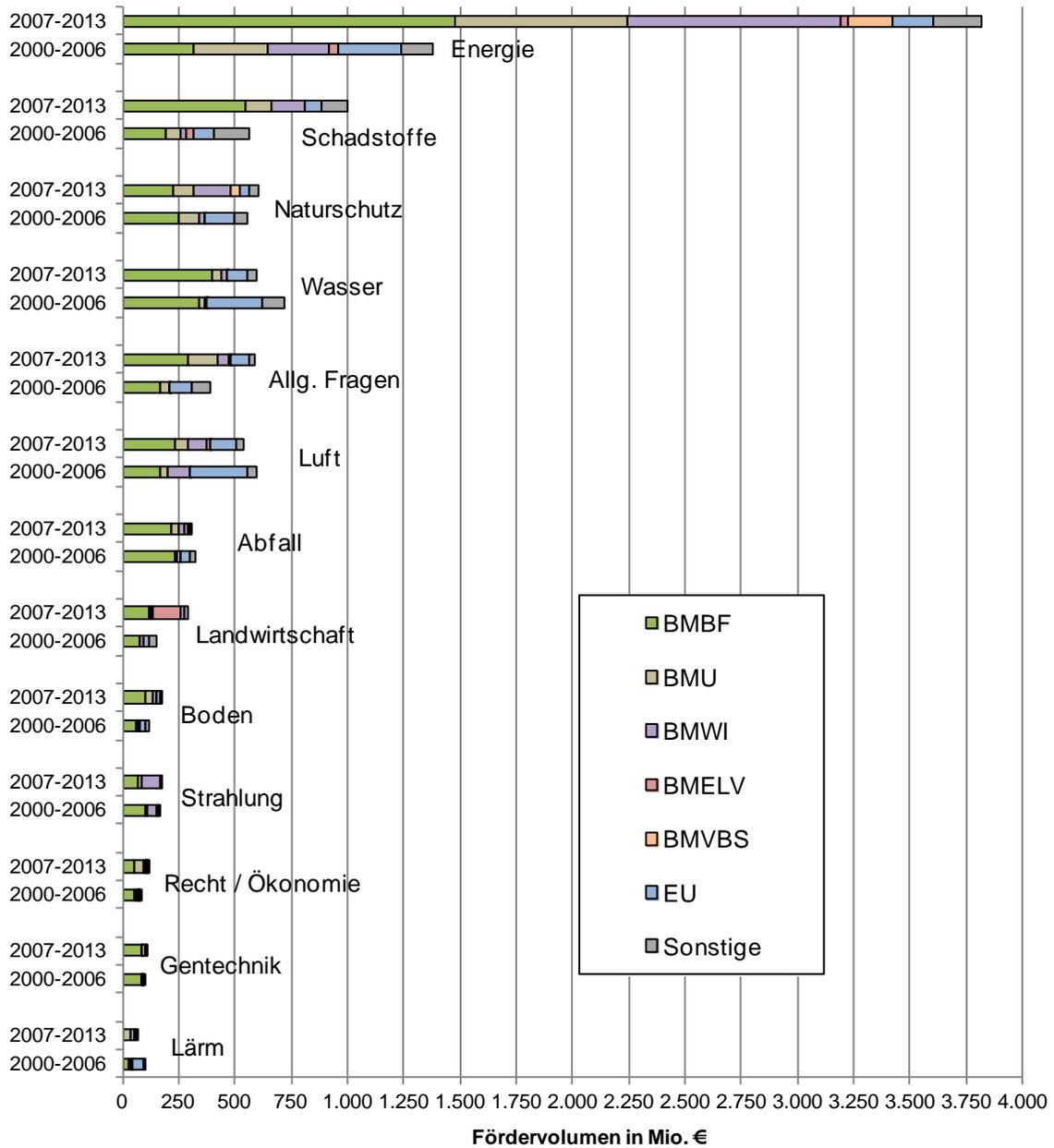
noch weiter abgenommen, obwohl AIF und sonstige Einrichtungen ihre Fördermittel gegen den Trend der anderen Förderinstitutionen außerhalb des Bundes ausgeweitet haben.

Die differenzierte Betrachtung der Fördermittel nach finanzierenden Institutionen, Umweltbereichen und Beobachtungsperioden zeigt, dass die bereits vorne beschriebene Strukturverschiebung der Umweltforschungsmittel hin zu den Bereichen Energie und Schadstoffforschung (Abbildung 2.5 und Abbildung 2.6) für alle Fördermittelgeber gilt, zum weit überwiegenden Teil aber von den Bundesministerien getragen wird.

Im Themenfeld Energie hat allein das BMBF seine Mittel annähernd verfünffacht, das BMWI mehr als verdreifacht und das BMU mehr als verdoppelt (Abbildung 2.9). Damit entfallen auf diese drei Hauptsponsoren fast 85 % der in den Jahren 2007 bis 2013 verausgabten Fördermittel im Energiebereich (2000 bis 2006: 66 %). Daneben engagieren sich dort in der zweiten Teilperiode – auf niedrigerem Niveau – zunehmend auch die früheren Bundesministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) sowie für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), die abgesehen von diesem Themenfeld in der Umweltforschungsförderung kaum in Erscheinung treten. Auch im Bereich Schadstoffforschung ist die Ausweitung der Fördermittel vor allem auf BMBF, BMU und BMWI zurückzuführen. Hierhin sind 2007 bis 2013 zudem – gegen den allgemeinen Trend und auch entgegen der Entwicklung im Energiebereich – mehr EU-Mittel geflossen als in der Vorperiode.

Abgesehen von Lärm, Strahlung, Abfall und Naturschutz konnten auch alle anderen Themenfelder an der deutlichen Ausweitung der BMBF-Fördermittel in der zweiten Teilperiode partizipieren. Die Zuwächse fielen allerdings jeweils deutlich schwächer aus als bei Energie und Schadstoffforschung. Der Zuwachs der BMU-Mittel kam weiterhin besonders übergreifenden Fragen (allgemeine Fragen des Umweltschutzes, Umweltrecht/-ökonomie) zu Gute, bezogen auf die BMWI-Fördermittel konnten abgesehen von Energie und Schadstoffforschung vor allem Natur- und Landschaftsschutz sowie Strahlenschutz 2007 bis 2013 deutlich zulegen. Die gestiegenen Fördermittel für Projekte aus dem Themenfeld Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Nahrungsmittel (kurz: Landwirtschaft) kamen neben dem BMBF im Wesentlichen aus dem früheren Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). Die Mittel aus dem früheren Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) flossen hingegen vor allem in die Forschungsbereiche Energie und Naturschutz (Abbildung 2.9).

Abbildung 2.9: Fördersummen nach Umweltbereichen und Förderinstitutionen 2000 bis 2006 und 2007 bis 2013 (Mio. €)



Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche September 2014). – Berechnungen des NIW.

## 3 Patentanmeldungen im Bereich Umweltschutz

Der Erwerb des Patentschutzes zeigt das Interesse des Anmelders, eine Erfindung potenziell auf dem Markt zu verwerten. Patentanmeldungen geben daher Auskunft über die Anwendungs- und Marktorientierung von technologischen Neuerungen, wenn auch nicht über deren ökonomischen Wert. Sie werden als Frühindikator herangezogen, der zeigt, wie viel neues Wissen in welchen Ländern oder Technologiebereichen entstanden ist. Die Charakterisierung der Wissensbasis eines Landes zeigt eine Facette seiner internationalen Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere im Hinblick auf seine zukünftige Position auf den betrachteten Märkten.

### 3.1 Methodische Aspekte der Patentindikatorik

Die Merkmale der Internationalen Patentklassifikation (IPC), die der Patentstatistik zugrunde liegt, ermöglichen eine relativ disaggregierte und treffende Abgrenzung einzelner Technologiebereiche, auch wenn es keine umweltspezifischen IPC-Klassen gibt. Von Vorteil ist auch, dass die Klassifikation häufig fortgeschrieben wird, um neue Technologien separat zu erfassen. Grundsätzlich ist bei der Definition von Patentsuchstrategien zu beachten, dass Patente im Allgemeinen auf Funktionen abheben und nicht auf Anwendungsgebiete. Eine Zuordnung von Patenten oder Patentklassen erfordert deshalb teilweise erhebliche technologische Expertise. Die Suchstrategien basieren auf einzelnen Klassen der IPC und deren logischer Verknüpfung, teilweise in Kombination mit Stichwortsuchen.

Die Patentsuchstrategien des Fraunhofer ISI werden laufend mit öffentlich zugänglichen Patentsuchstrategien für einzelne relevante Technologiefelder abgeglichen (u.a. OECD 2011). Bei den hier präsentierten Zahlen handelt es sich um eine Aktualisierung der Werte aus Gehrke, Schasse, Ostertag (2014). Damit ein Vergleich gut möglich ist, wurden die Suchstrategien von dort übernommen. Folgende sechs Umwelt- und Klimaschutzbereiche werden abgebildet:

1. Abfall/Recycling
2. Lärmschutz
3. Luftreinhaltung
4. Abwasser
5. Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
6. Klimaschutz, unterteilt in
  - ▶ Rationelle Energieverwendung
  - ▶ Rationelle Energieumwandlung
  - ▶ Erneuerbare Energien

Welche Technologielinien in diesen Bereichen jeweils abgebildet wurden, ist im Anhang (s. Abschnitt 5.2) dargestellt.

Die Patentrecherchen wurden mittels der Patent-Datenbank des Fraunhofer ISI basierend auf der PATSTAT-Datenbank in der Version von Oktober 2014 durchgeführt. Der aktuelle Rand der Daten liegt im Jahr 2012. Sie knüpfen vorrangig bei den Patentanmeldungen über das Verfahren gemäß Patent-Corporation-Treaty (PCT-Verfahren) an, mit dem Anmeldungen bei der World Intellectual Property Organisation (WIPO) hinterlegt werden können. Da dieses Anmeldeverfahren erst in jüngerer Zeit an Beliebtheit gewonnen hat und es auch weitere Möglichkeiten für internationale Anmeldungen von Patenten gibt, werden zusätzlich Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt hin-

zugerechnet, wobei Doppelzählungen von identischen Erfindungsmeldungen ausgeschlossen werden. Damit wird eine Methode zur Abbildung der internationalen Patente herangezogen, die nicht auf einzelne Märkte wie Europa abzielt, sondern einen stärker transnationalen Charakter aufweist. Die Anmeldungen werden entsprechend dem Wohnort der Erfinder den Ländern zugeordnet, was erfahrungsgemäß die Verzerrungen minimiert. Als Beobachtungszeitraum wird die Entwicklung seit 1991 betrachtet. Für den Querschnittsvergleich werden die Durchschnittswerte mehrjähriger Vergleichszeiträume herangezogen, so dass eine statistisch zuverlässige Grundgesamtheit erreicht wird, bei der zufällige Schwankungen in einzelnen Jahren ausgeglichen werden.

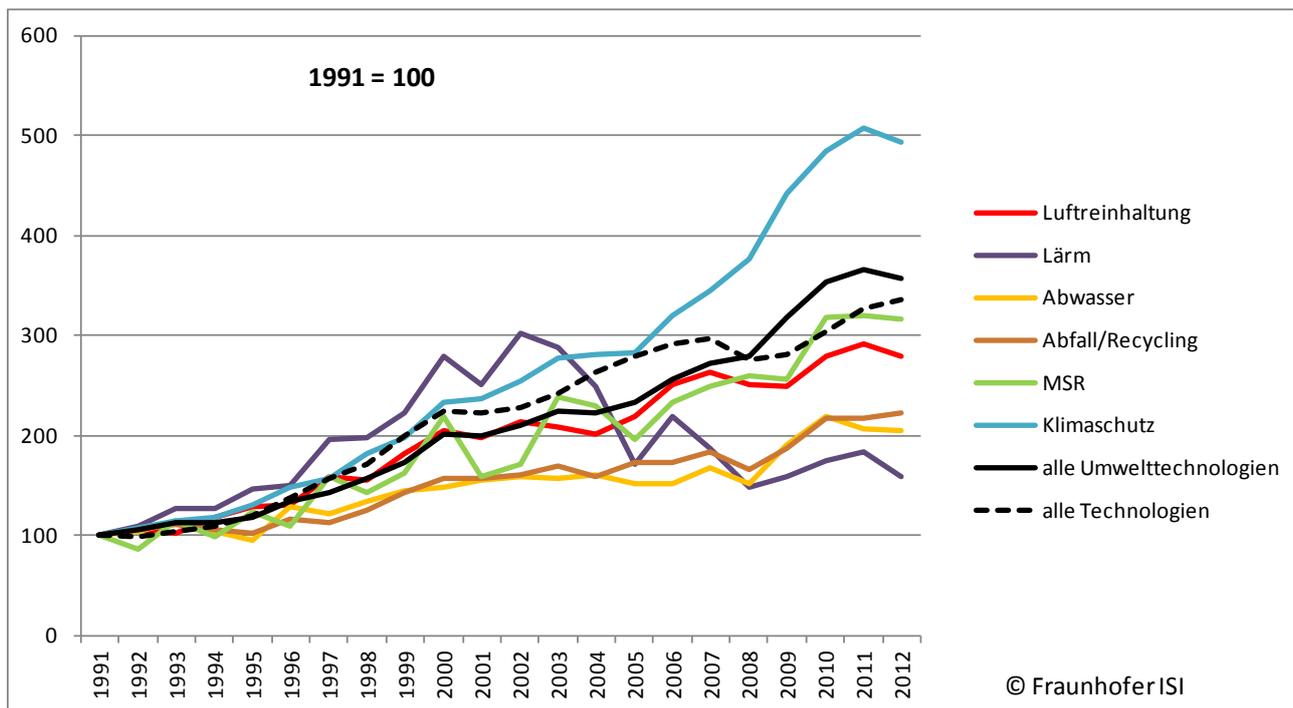
## 3.2 Ergebnisse zur Patentindikatorik

Im Folgenden werden drei Indikatoren herangezogen. Die „Patentdynamik“ zeigt die Entwicklung der Zahl der jährlichen Patentanmeldungen über die Zeit. Das Basisjahr 1991 wird dabei auf 100 indiziert. Als weiterer Indikator werden die „Patentanteile“ verschiedener Länder in einzelnen Technologiebereichen betrachtet. Sie zeigen, welche Länder die meisten jährlichen Patentanmeldungen im betrachteten Technologiebereich haben. Dieser Indikator ist stark beeinflusst von der Größe eines Landes. Ergänzend wird deshalb ein dritter Indikator zur Identifikation nationaler Stärken herangezogen, nämlich der „Relative Patentanteil (RPA)“ als Spezialisierungsmaß für die nationale Wissensbasis (s. auch Anhang 5.1). Er nimmt Werte zwischen -100 und +100 an. Positive Werte zeigen eine Stärke im Sinne einer positiven Spezialisierung. Von einer signifikanten Spezialisierung spricht man im Allgemeinen, wenn der RPA den Wert +20 übersteigt (bzw. den Wert -20 unterschreitet).

### 3.2.1 Dynamik der technischen Entwicklung bei potenziellen Umweltschutztechnologien

Richtet man den Blick zunächst auf die globale Entwicklung (vgl. Abbildung 3.1) und vergleicht die Dynamik der Umwelttechnologien insgesamt mit der allgemeinen technologischen Entwicklungsdynamik („alle Technologien“), so zeigt sich, dass sich die Umwelttechnologien über lange Jahre fast parallel, aber oft leicht unterdurchschnittlich entwickelt haben. Ab dem Jahr 2005 beginnen sie aufzuholen und überflügeln die anderen Technologien seit 2008. Diese Dynamik hat sich allerdings in den letzten zwei Jahren wieder abgeschwächt, am aktuellen Rand ist sogar eine Abnahme der absoluten Zahl der Patentanmeldungen im Umweltbereich zu verzeichnen. Insgesamt bedeutet die Ähnlichkeit in der Dynamik der Umweltpatente und der Patentanmeldungen für alle Technologien, dass der Anteil der Umweltpatente über die Jahre nur leicht schwankt – nämlich zwischen rund 5,5 % und 7,5 % – und heute auf einem ähnlichen Niveau liegt wie auch Anfang der 1990er Jahre. Angesichts der gewachsenen und vielbeschworenen Herausforderungen im Umweltbereich würde man hier eher eine Zunahme erwarten oder erhoffen, stattdessen steht den steigenden Herausforderungen keine entsprechende Verlagerung des Zugewinns an Wissen und technologischen Neuerungen gegenüber. Dies kann darauf hindeuten, dass die Anreize für Umweltinnovationen immer noch zu schwach ausgeprägt sind, um dieses Verhältnis zu verändern. Das Phänomen kann allerdings auch methodisch begründet sein und in der – z. B. im Vergleich zum GreenTech-Atlas 4.0 (BMUB 2014) – relativ engen Abgrenzung der Umweltbereiche liegen, die zum Beispiel viele Entwicklungen im Bereich der nachhaltigen Mobilität, der nachhaltigen Wasserwirtschaft und der Rohstoff- und Materialeffizienz außen vor lässt.

Abbildung 3.1: Weltweite Patentdynamik in Teilbereichen der Umwelttechnologien

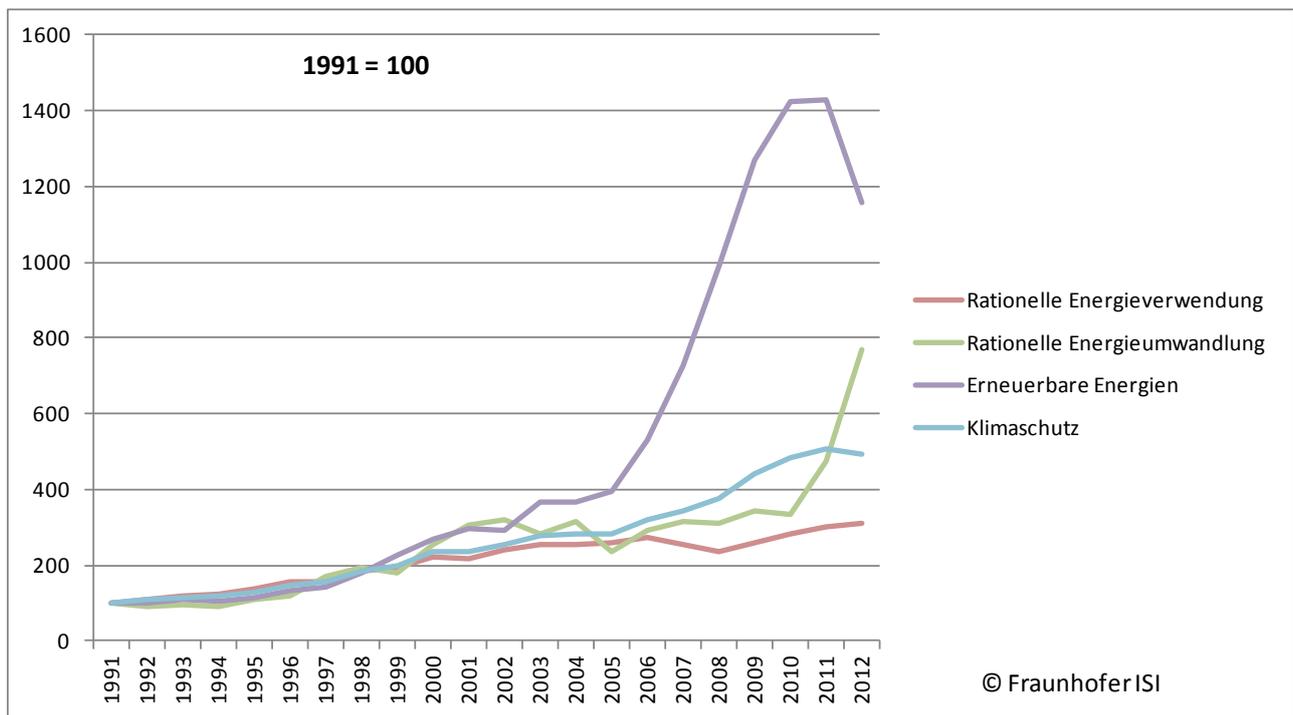


Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Während sich die Dynamik der Umweltpatente von den Entwicklungen aller Technologien insgesamt nur wenig abhebt, gibt es innerhalb der Teilbereiche der Umwelttechnologien große Unterschiede. So zeigen die eher „klassischen“ Umweltschutzbereiche Abwasser und Abfall/Recycling insgesamt eine deutlich unterdurchschnittliche Dynamik, die sich allerdings, getrieben v. a. durch Entwicklungen im Bereich Recycling, in den letzten fünf Jahren erheblich beschleunigt hat. Dagegen weist die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen bei Klimaschutztechnologien, die inzwischen einen sehr hohen Anteil aller Umweltpatente ausmachen (aktuell ca. 60 %), insgesamt ein sehr starkes Wachstum auf. Dies wird hauptsächlich getrieben durch die dynamische Entwicklung im Bereich Erneuerbarer Energien (vgl. Abbildung 3.2). Allerdings ist hier, und somit auch bei Klimaschutz insgesamt, am aktuellen Rand ein starker absoluter Rückgang der Patentanmeldungen zu beobachten. Damit sinkt der jahresdurchschnittliche Zuwachs an Erneuerbare-Energien-Patenten in den letzten fünf Jahren (2008 bis 2012) auf nur noch rund 4 % und damit unter den Schnitt aller Umwelttechnologien, während der Bereich zuvor noch Spitzenreiter war. (vgl. Tabelle A.5.5 im Abschnitt 5.3). Die rückläufige Entwicklung am aktuellen Rand betrifft in geringerem Ausmaß auch fast alle anderen Umweltbereiche<sup>45</sup>. Möglicherweise besteht hier ein Zusammenhang mit der Entwicklung der FuE-Ausgaben auf OECD-Ebene: Die Zahlen dort zeigen für Umwelt einen Rückgang (2009 bis 2011) und für Energie eine Stagnation (2009 bis 2011) bzw. Rückläufigkeit (2011 bis 2013) (vgl. Tabelle 2.2 und Tabelle A.5.1 im Abschnitt 5.3).

<sup>45</sup> Nur im Bereich Abfall/Recycling nehmen die jährlich Patentanmeldungen im Jahr 2012 zu. Dies geht auf positive Entwicklungen im Bereich Recycling zurück (vgl. Abbildung A.5.1 in Abschnitt 5.3)

Abbildung 3.2: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Klimaschutz weltweit



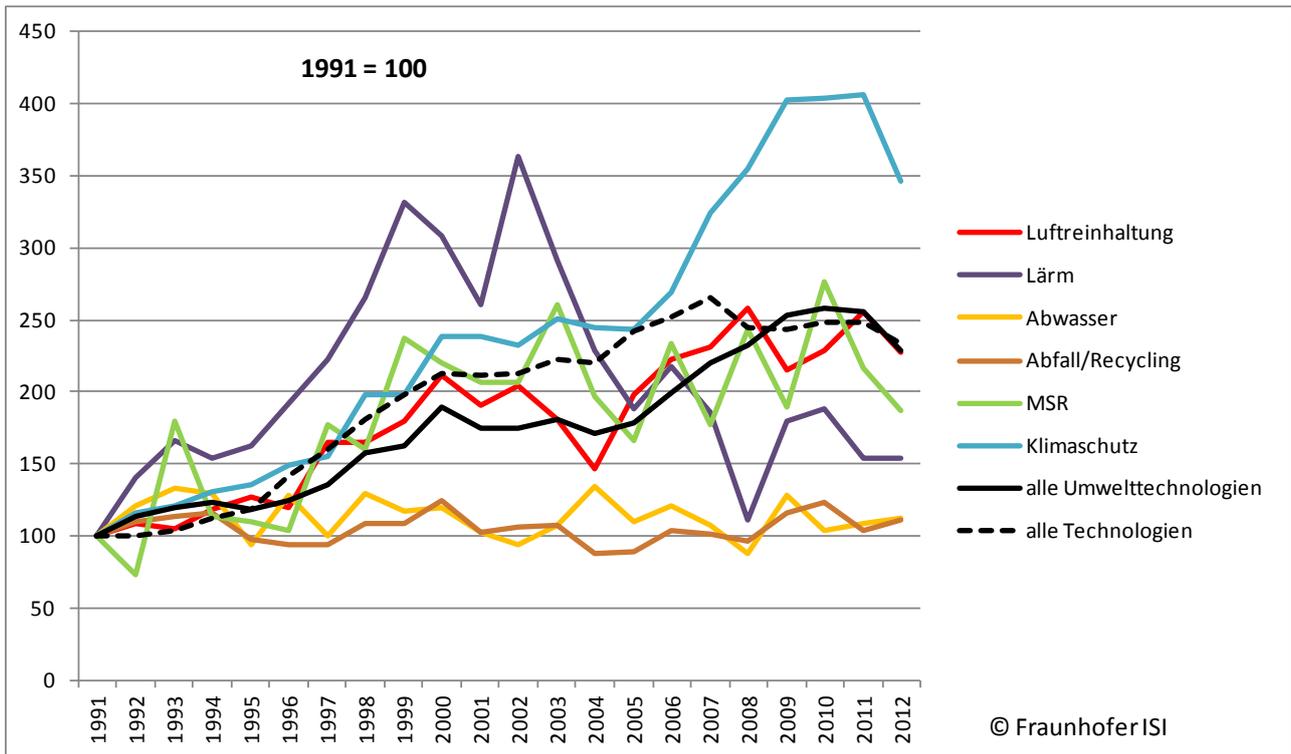
Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Für die Entwicklung der Umweltpatentanmeldungen in Deutschland sind viele Beobachtungen ähnlich (vgl. Abbildung 3.3). So ist auch hier die Dynamik der Umweltpatente gegenüber der allgemeinen technologischen Dynamik über weite Phasen leicht unterdurchschnittlich, überholt sie aber ab 2008. Allerdings ist der Vorsprung weniger prononciert und durch die aktuelle rückläufige Entwicklung bereits wieder abgeschmolzen. Über die Jahre hinweg betrachtet liegt in Deutschland der Anteil der Umweltpatente an allen Patentanmeldungen mit Werten zwischen ca. 6 % und 9 % etwas über dem entsprechenden globalen Wert und schwankt etwas stärker. Der Anteil hat sich aber auch hier nicht zugunsten der Umweltpatente verlagert und liegt heute auf einem ähnlichen Niveau wie schon Anfang der 1990er Jahre.

Unter den verschiedenen Teilbereichen der Umwelttechnik hebt sich der Klimaschutz deutlich positiv ab. Allerdings war die Entwicklung bereits ab 2008 deutlich gedämpfter und verzeichnet einen etwas stärkeren Abfall am aktuellen Rand, als dies global der Fall ist. Dieser Rückgang betrifft in Deutschland anders als weltweit nicht nur die Erneuerbaren Energien, sondern auch die anderen Teilbereiche des Klimaschutzes, wenn auch weniger deutlich (vgl. Abbildung 3.4). Ein Zusammenhang mit der Entwicklung der FuE-Ausgaben liegt nicht auf der Hand. Die Zahlen für Deutschland aus den internationalen Vergleichsstatistiken zeigen zwar eine leichte Wachstumsdelle der FuE-Ausgaben für Energie in den Jahren 2009 bis 2011, sind aber durchaus positiv (vgl. Tabelle A.5.1 im Abschnitt 5.3). Auch bei der Entwicklung der Teilbereiche der Energieforschung ist keine Schwächung des Klimaschutzes erkennbar (vgl. Tabelle A.5.2 im Abschnitt 5.3).

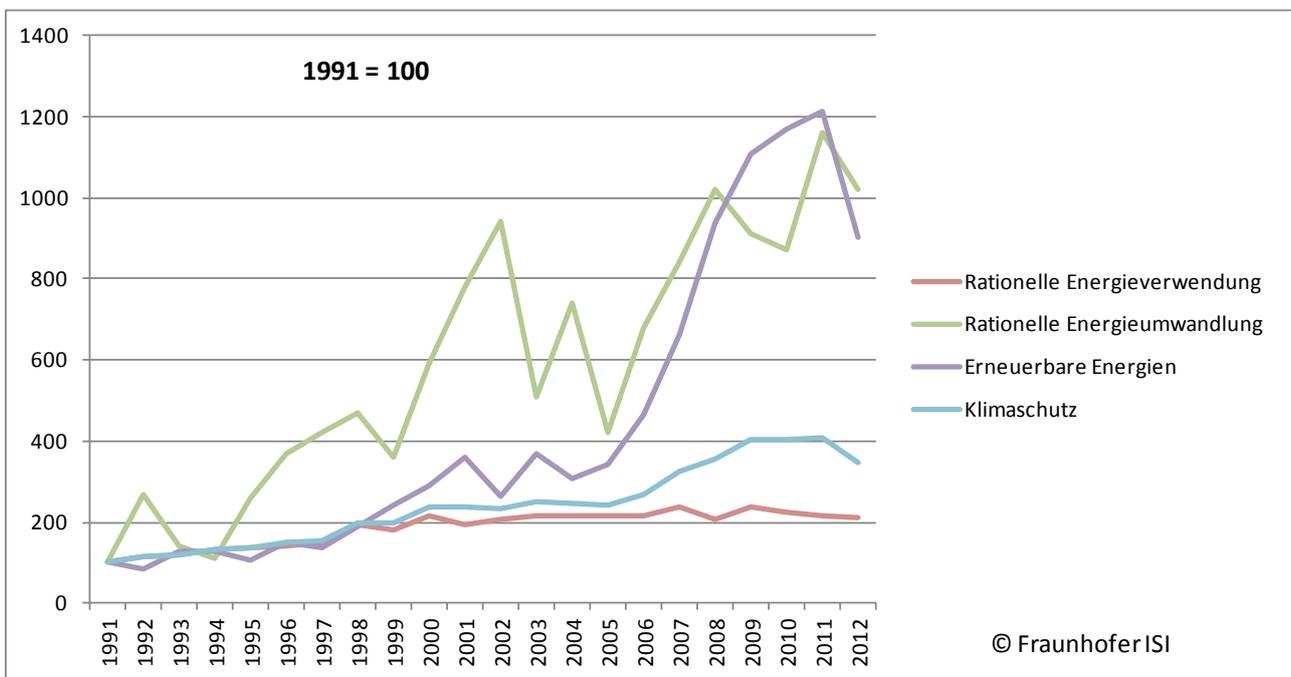
Ähnlich dem weltweiten Bild betrifft die rückläufige Entwicklung der Patente am aktuellen Rand auch die Luftreinhaltung und MSR. Mit den Bereichen Abwasser und Abfall/Recycling (vgl. Abbildung A.5.2 im Abschnitt 5.3) gibt es in Deutschland allerdings auch zwei Bereich, die einen leichten Aufwärtstrend zeigen, wenn auf niedrigem Niveau. Die Entwicklung im Bereich Lärmschutz ist – anders als weltweit – am aktuellen Rand stabil.

Abbildung 3.3: Patentedynamik Deutschlands in Teilbereichen der Umwelttechnologien



Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Abbildung 3.4: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Klimaschutz in Deutschland

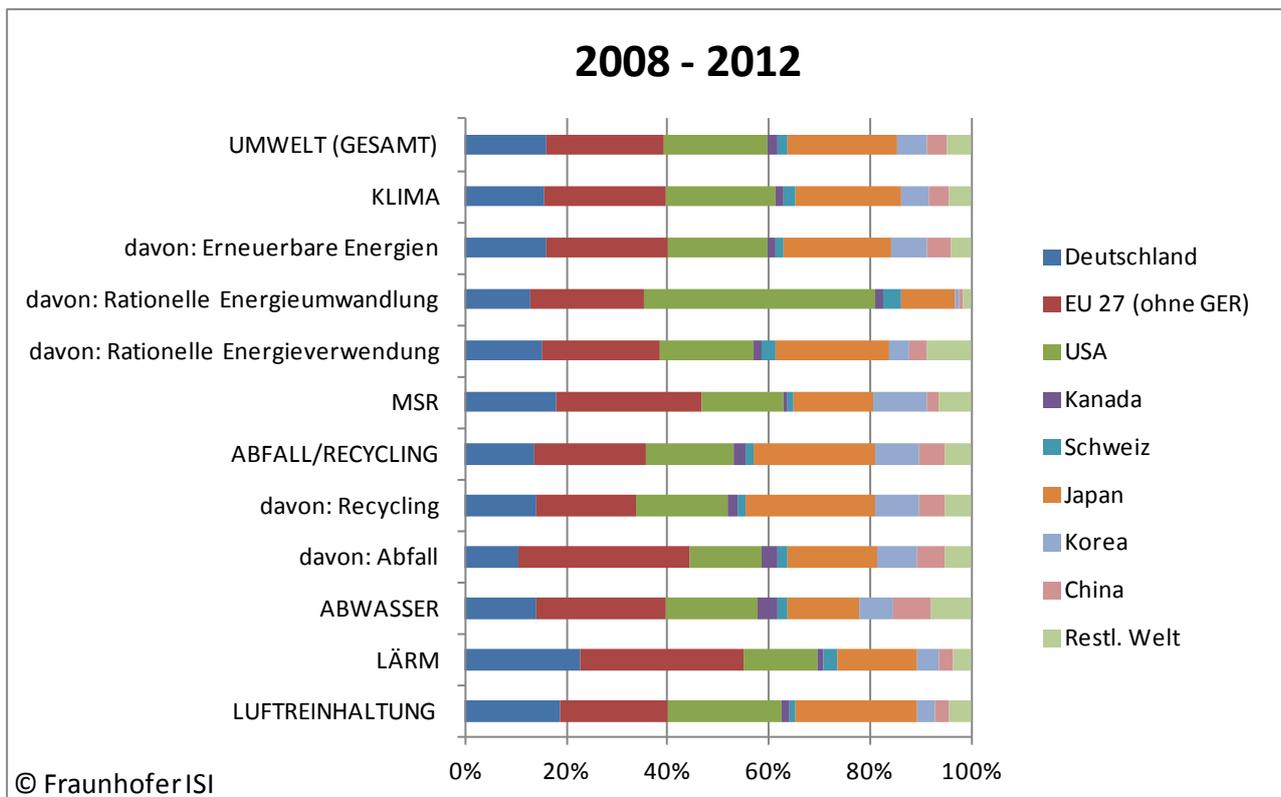


Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI-

### 3.2.2 Patentanteile bei potenziellen Umweltschutztechnologien

Bedeutende Akteure in den einzelnen Technologiefeldern lassen sich gut anhand der Patentanteile in den letzten fünf Jahren des Betrachtungszeitraums (2008 bis 2012) feststellen. Hier werden naturgemäß vor allem die großen Volkswirtschaften sichtbar (s. Abbildung 3.5). Die EU-27 weisen durchweg den größten Patentanteil auf, gefolgt von den USA und Japan. Am größten ist der Vorsprung der EU-27 im Bereich Lärm. Eine Ausnahme zu diesem Muster bildet der Bereich der rationellen Energieumwandlung, der von den USA angeführt wird. China wird vor allem in den klassischen Umweltschutzbereichen Abwasser und Abfall/Recycling mengenmäßig schon deutlich sichtbar, ist aber auch in allen anderen Umweltbereichen ein relevanter Akteur.

Abbildung 3.5: Patentanteile ausgewählter Länder



Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Der Patentanteil der EU-27 bei Umweltpatenten insgesamt wird maßgeblich von den EU-15-Ländern geprägt. Im aktuellen Fünf-Jahres-Zeitraum (2008 bis 2012) gewinnen aber auch die Patentanmeldungen von Polen, der Tschechischen Republik und Ungarn an Gewicht. Auf Deutschland entfallen aktuell (2008 bis 2012) im Schnitt aller Umwelttechnologien rund 40 % aller Patentanmeldungen aus der EU-27, mit zum Teil deutlichen Abweichungen je nach Teilbereich nach oben – z. B. Luftreinhaltung mit knapp 50 % – und nach unten – z. B. Abfall mit knapp 25 % (s. Abbildung A.5.3 in Abschnitt 5.3). Innerhalb der EU halten auch Frankreich, Großbritannien und Italien große Patentanteile, jedoch in deutlichem Abstand zu Deutschland. In einzelnen Teilbereichen treten weitere Länder hervor, so zum Beispiel Dänemark im Bereich Erneuerbarer Energien, Schweden im Bereich MSR und die Niederlande im Bereich Abwasser und Recycling.

### 3.2.3 Spezialisierungsmuster bei potenziellen Umweltschutztechnologien

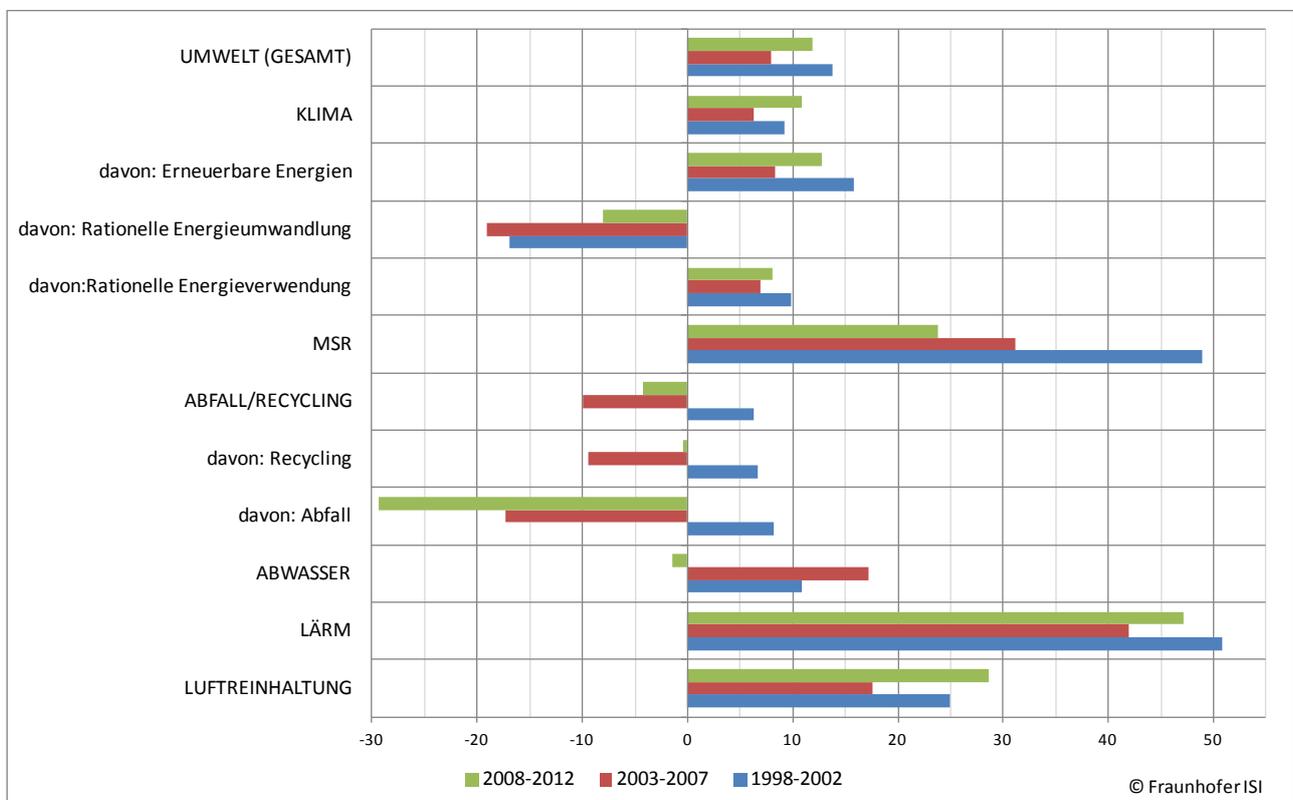
Der Vergleich der Patentanteile wird durch die Größenunterschiede zwischen den Ländern stark beeinflusst. Für einen größenbereinigten Blick auf die Stärken Deutschlands wird der Relative Patentanteil (RPA) als Spezialisierungsmaß herangezogen (s. Abbildung 3.6).

Für die Umwelttechnologien insgesamt kann Deutschland in den letzten fünf Jahren des Betrachtungszeitraums (2008 bis 2012) keine signifikanten Spezialisierungsvorteile der Wissensbasis vorweisen. Der RPA ist positiv, aber eher niedrig. In den letzten 15 Jahren des Betrachtungszeitraum ist kein einheitlicher Trend erkennbar (s. auch Tabelle A.5.6 im Abschnitt 5.3). Doch während um die Jahrtausendwende der RPA in allen Teilbereichen bis auf eine Ausnahme (Rationelle Energieumwandlung) noch positiv war, hat sich die Zahl der Bereiche mit negativen RPA-Werten inzwischen deutlich erhöht.

Ein Blick auf die einzelnen Teilbereiche zeigt folgende Facetten:

- ▶ Eine ausgeprägte Stärke im Sinne einer signifikant positiven Spezialisierung ( $RPA > 20$ ) liegt aktuell bei MSR, Lärmschutz und Luftreinhaltung vor.
- ▶ Eine gewisse Schwäche mit zunehmender Tendenz wird im Bereich Abfall deutlich. Hier ist der RPA in der aktuellen Zeitscheibe (2008 bis 2012) signifikant negativ ( $RPA < -20$ ), das heißt der Patentanteil liegt deutlich unter Deutschlands allgemeinem Patentanteil.
- ▶ In vielen Umweltbereichen ist im aktuellen Fünf-Jahres-Zeitraum eine leichte Erholung der RPA-Werte erkennbar, so zum Beispiel in den Bereichen Klima, Recycling, Lärmschutz und Luftreinhaltung.

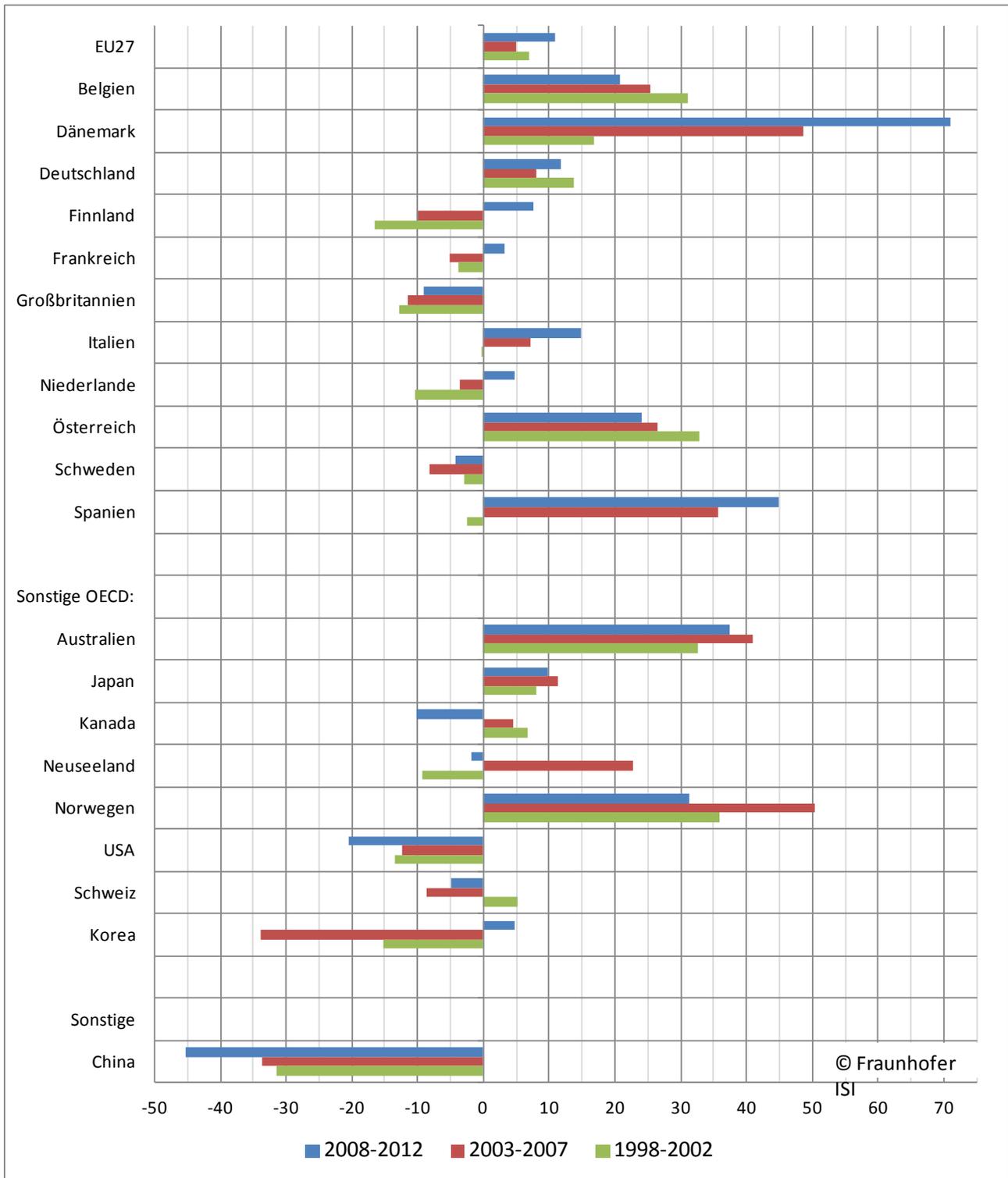
Abbildung 3.6: Patentspezialisierung Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte)



Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Für einen Ländervergleich der Spezialisierungsmuster fokussieren wir zunächst auf die Umwelttechnologien insgesamt (s. Abbildung 3.7). Im aktuellen Fünf-Jahres-Zeitraum zeigt Deutschland leicht positive RPA-Werte, aber keine signifikanten Spezialisierungsvorteile. Im Vergleich zu Japan und insbesondere den USA schneidet es jedoch besser ab. China ist zwar gemessen an seinem Patentanteil bei Umwelttechnologien im Ländervergleich inzwischen deutlich sichtbar (vgl. Abbildung 3.5) und kann seinen Patentanteil gegenüber 2003-2007 sogar mehr als verdoppeln. Bzgl. seiner Spezialisierung hat es aber im Umweltbereich eine zunehmende Schwäche. Das heißt, der Zuwachs an marktnahem Wissen erfolgt in China im Umweltbereich unterproportional zu seinem gesamten Wissenszuwachs. Die Schwäche zieht sich durch alle Umweltbereiche, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß. Nur im Bereich Abwasser sind Chinas RPA-Werte leicht positiv.

Abbildung 3.7: Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich Umwelttechnologien



Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Deutschland liegt mit seinen Werten nur wenig über dem EU-Durchschnitt. Innerhalb Europas haben Belgien, Dänemark, Spanien, Österreich und Norwegen eine signifikant auf Umwelttechnologien spezialisierte Wissensbasis (RPA>20). Außerhalb Europas ist dies unter den betrachteten Ländern nur noch bei Australien der Fall. Für diese Länder sind die RPA-Werte nach Umweltbereichen

disaggregiert in Tabelle 3.1 dargestellt. Die Stärken sind recht ungleich verteilt und längst nicht in allen Teilbereichen ausgeprägt. Mit großem positivem RPA (über 50) stechen insbesondere hervor:

- ▶ Belgien: bei Rationeller Energieverwendung
- ▶ Dänemark: bei Erneuerbare Energien und Abwasser
- ▶ Spanien: bei Erneuerbare Energien und Abfall
- ▶ Österreich: bei Lärm
- ▶ Norwegen: bei Luftreinhaltung und Abwasser
- ▶ Australien: bei Abwasser und Abfall/Recycling

Tabelle 3.1: RPA-Werte der Länder mit deutlich positivem Spezialisierungsvorteil bei Umwelt insgesamt (2008 bis 2012)

	Luftreinhaltung	Lärm	Abwasser	Abfall/Recycling	davon: Abfall	davon: Recycling	MSR	Klima	davon: Rationelle Energieverwendung	davon: Rationelle Energieumwandlung	davon: Erneuerbare Energien	Umwelt (gesamt)
Deutschland	29	47	-1	-4	-29	0	24	11	8	-8	13	12
Belgien	22	-35	1	13	-15	19	-49	26	51	-80	-2	21
Dänemark	33	2	62	-37	-27	-42	-33	83	28	-98	93	71
Spanien	-31	17	31	23	72	0	46	58	27	-91	77	45
Österreich	12	73	45	13	10	14	8	26	42	-86	13	24
Norwegen	60	-92	65	33	23	34	-39	25	-6	-50	48	31
Australien	-8	24	83	62	61	64	14	30	47	-88	16	37

Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

### 3.2.4 Gesamtbild der Patentergebnisse für Deutschland

Tabelle 3.2 zeigt eine qualitative Zusammenschau der Patentergebnisse für Deutschland. Die Einschätzung beruht dabei auf einem Vergleich der jeweiligen Umweltbereiche zu den Werten für Umweltschutztechnologien insgesamt. Die verschiedenen Indikatoren für einen Umweltteilbereich müssen nicht in die gleiche Richtung vom Durchschnitt aller Umwelttechnologien abweichen. Im Teilbereich Lärm steht beispielsweise die zuletzt unterdurchschnittliche Dynamik der jährlichen Patentanmeldungen überdurchschnittlichen Ergebnissen bei Patentanteilen und RPA gegenüber. Dies erklärt sich daraus, dass auch weltweit die Patentanmeldungen hier rückläufig sind, so dass Deutschland seinen hohen Patentanteil trotz allem halten kann. Dieser schlägt sich auch in einem hohen RPA nieder. Ähnlich verhält es sich bei MSR.

Wie bereits in der Vorgängerstudie beobachtet, zeigen die Bereiche Abwasser und Abfall eine im Vergleich zu allen Umwelttechnologien deutlich unterdurchschnittliche Dynamik. Diese bleibt auch hinter der weltweiten Dynamik zurück und führt dazu, dass Deutschlands Patentanteil und RPA niedriger liegt als bei Umwelttechnologien insgesamt und der RPA sogar leicht negativ wird.

Die Klimaschutztechnologien führen bei der Dynamik. Sie folgen damit dem weltweiten Trend, der ebenfalls ein starkes Wachstum in diesem Bereich zeigt. Der Patentanteil Deutschlands bei Klimaschutztechnologien liegt nahe dem Wert für Umwelttechnologien insgesamt. Dies liegt auch darin begründet, dass die Zahl der Patentanmeldungen für Klimaschutztechnologien mehr als die Hälfte aller Umweltschutzpatente ausmachen und damit das Gesamtergebnis stark prägen.

Tabelle 3.2: Qualitative Zusammenfassung der Patentindikatorik für Deutschland

	Patentdynamik	Patentanteile (2008 – 2012)	RPA (2008 – 2012)
Luftreinhaltung	∅	+	++
Lärm	bis 2006: + ab 2006: -	++	++
Abwasser	--	-	--
Abfall/Recycling			
davon:	--	-	--
Abfall	---	--	--
Recycling	--	-	--
MSR	∅	+	++
Klima			
davon:	++	∅	∅
Rationelle Energieverwendung	∅	∅	∅
Rationelle Energieumwandlung	++	-	--
Erneuerbare Energien	++	∅	∅

Anmerkung: ∅ = nah am Durchschnitt aller Umwelttechnologien, +/++ = (deutlich) über dem Durchschnitt, -/-- = (deutlich) unter dem Durchschnitt, --- = absoluter Rückgang ggü. 1991.

Quelle: Darstellung des Fraunhofer ISI.

Der beobachtete Rückgang der Patentanmeldungen am aktuellen Rand (2010 auf 2012) in den allermeisten Teilbereichen der Umwelttechnologien scheint ein weltweites Phänomen, dem sich auch Deutschland nicht entziehen kann. Hier ist allerdings der Rückgang bei Klimaschutztechnologien, insbesondere Erneuerbaren Energien, besonders stark ausgeprägt.

Schaut man auf die Spezialisierungsvorteile Deutschlands bzgl. seiner Wissensbasis (RPA) sind diese für Umwelttechnologien nur schwach ausgeprägt. Dies gilt auch für den Bereich Klimaschutz und steht hier in einem gewissen Widerspruch zu der Führungsrolle, die Deutschland in der Klimapolitik beansprucht. Dagegen artikulieren sich die Stärken Deutschlands im Bereich Lärmschutz und Luftreinhaltung bisher weniger prominent in der Umweltpolitik.

## 4 Quellenverzeichnis

- BMU, UBA (Hrsg.) (2011): Umweltwirtschaftsbericht 2011. Berlin, Dessau-Roßlau.
- BMUB (Hrsg.) (2014): GreenTech made in Germany 4.0 - Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. Berlin: BMUB
- BMWi (Hrsg.) (2011): Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung., Juli 2011.
- EIO (2012): The Eco-Innovation Gap: An economic opportunity for business. Eco-Innovation Observatory, funded by the European Commission, DG Environment, Brussels.
- Frankfurt School-UNEP Centre / BNEF (2014): Global Trends in Renewable Energy Investment 2014. Frankfurt School of Finance & Management gGmbH.
- Frankfurt School-UNEP Centre / BNEF (2013): Global Trends in Renewable Energy Investment 2013. Frankfurt School of Finance & Management gGmbH.
- Frankfurt School-UNEP Centre / BNEF (2012): Global Trends in Renewable Energy Investment 2012. Frankfurt School of Finance & Management gGmbH.
- Frankfurt School-UNEP Centre / BNEF (2011): Global Trends in Renewable Energy Investment 2011. Frankfurt School of Finance & Management gGmbH.
- Gehrke, B., U. Schasse (2015): Die Umweltschutzwirtschaft in Deutschland: Produktion, Umsatz und Außenhandel. In: UBA, BMUB (Hrsg.): Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 04/2015. Dessau-Roßlau, Berlin.
- Gehrke, B., U. Schasse, K. Ostertag (2014): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Produktion-Außenhandel-Forschung-Patente: Die Leistungen der Umweltschutzwirtschaft in Deutschland. In: UBA, BMUB (Hrsg.): Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 01/2014. Dessau-Roßlau, Berlin.
- Gehrke, B., U. Schasse (2013): Umweltschutzgüter – wie abgrenzen? Methodik und Liste der Umweltschutzgüter 2013. In: UBA, BMU (Hrsg.): Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 01/2013. Dessau-Roßlau, Berlin.
- Gnamus, A. (2011): Capacities Map 2011. Update on the R&D Investment in Three Selected Priority Technologies within the European Strategic Energy Technology Plan: Wind, PV and CSP. Joint Research Centre (JRC), Luxembourg.
- Griliches, Z. (1980): Returns to Research and Development Expenditures in the Private Sector. In: Kendrick, J.W., B.N. Vaccara (Hrsg.): New Developments in Productivity Measurement, NBER, 419-462.
- Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des technischen Wandels. Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik., Springer-Lehrbuch, Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- International Energy Agency (IEA) (2011): IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics. June 2011 edition. OECD/IEA, Paris.
- Johnstone, N.; Hascic, I.; Ostertag, K. (2008): Environmental policy, technological innovation and patent activity. In: OECD (Hrsg.): Environmental policy, technological innovation and patents. Paris: OECD, S. 17-51.
- Joint Research Centre of the European Commission (JRC) (2014): 2013 Technology Map of the European Strategic Energy Technology (SET) Plan. JRC Science and Policy Report. Edited by European Commission.
- Legler, H., O. Krawczyk (2009): FuE-Aktivitäten von Wirtschaft und Staat im internationalen Vergleich. In: EFI (Hrsg.): Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 1-2009, Berlin.
- Legler, H., R. Walz u. a. (2006): Wirtschaftsfaktor Umwelt. Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich, Studie des NIW und des ISI im Auftrag des Umweltbundesamtes, Hannover, Karlsruhe. Veröffentlicht als Texte 16-06 des Umweltbundesamtes.
- National Science Foundation (NSF) (o.J.a): Business R&D and Innovation Survey (BRDIS). <http://www.nsf.gov/statistics/srvyindustry/about/brdis/>. Aufgerufen am 06.01.2015.

National Science Foundation (NSF, o.J. b): Business and Industrial R&D series. <http://www.nsf.gov/statistics/industry/>. Aufgerufen am 06.01.2015

National Science Foundation (NSF) (2011): BRDIS Questionnaire 2011. [http://www.nsf.gov/statistics/srvyindustry/about/brdis/surveys/srvybrdis\\_2011.pdf](http://www.nsf.gov/statistics/srvyindustry/about/brdis/surveys/srvybrdis_2011.pdf). Zuletzt aufgerufen am 06.01.2015.

OECD (2012): OECD-Umweltprüfberichte: Deutschland 2012, OECD, Paris.

OECD (Hrsg.) (2011): Patent search strategies for the identification of selected environment-related technologies (ENV-TECH). Paris: OECD

Renewable Energy Policy Network for the 21<sup>st</sup> Century (REN21) (2014): Renewables 2014. Global Status Report.

Schasse, U., B. Gehrke, K. Ostertag (2012): Ausgewählte Indikatoren zur Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich - Produktion, Außenhandel, Umweltforschung und Patente. In: UBA, BMU (Hrsg.): Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 02/12, Dessau-Roßlau, Berlin.

Umweltbundesamt (UBA) (2014): Umweltforschung im Überblick. Die Umweltforschungsdatenbank UFORDAT. Februar 2014. Download unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/faltblatt-umweltforschung-im-ueberblick>

Wiesenthal, T., G. Leduc, H.-G. Schwarz, K. Haegeman (2009): R&D Investment in the Priority Technologies of the European Strategic Energy Technology Plan. Joint Research Centre (JRC), Luxembourg.

## 5 Anhang

### 5.1 Zur Methodik: Spezialisierung der Wissensbasis

Zur Identifikation nationaler Stärken eines Landes im internationalen Technologiewettbewerb wird der „Relative Patentanteil (RPA)“ herangezogen. Als Spezialisierungsmaß für die nationale Wissensbasis setzt er den Patentanteil des betrachteten Landes beim jeweiligen Kompetenzfeld in Relation zu den Patentanteilen des Landes über alle Technologien hinweg. Diese Relation wird anschließend so transformiert, dass der RPA Werte zwischen -100 und +100 annimmt:

$$\text{RPA}_{ij} = 100 \cdot \tanh \ln[(p_{ij}/\sum_i p_{ij})/(\sum_j p_{ij}/\sum_{ij} p_{ij})]$$

$p_{ij}$ : Zahl der Patentanmeldungen des Landes  $i$  im Technologie-/ Kompetenzfeld  $j$

Ist der Patentanteil eines Landes für das Kompetenzfeld überdurchschnittlich hoch, dann nimmt der RPA einen positiven Wert an. Dies bedeutet, dass innerhalb des betreffenden Landes überproportional viel im Kompetenzfeld patentiert wird und daher – verglichen mit der nationalen Wissensbasis insgesamt – überdurchschnittliche nationale Kenntnisse bestehen. Das jeweilige Kompetenzfeld nimmt also in dem Profil des Landes eine herausgehobene Stellung ein – und zwar gemessen an den weltweiten Aktivitäten. Von einer Stärke im Sinne einer positiven Spezialisierung (bzw. einer Schwäche) spricht man im Allgemeinen, wenn der RPA den Wert +20 übersteigt (bzw. den Wert -20 unterschreitet).

### 5.2 Technologielinien in der Patentanalyse

In der Patentanalyse wurden die unten stehenden sechs Umweltbereiche unterschieden. Zwei davon – Abfall/Recycling sowie Klimaschutz – sind in weitere Teilbereiche untergliedert. Jeder Umweltbereich ist mit einer Reihe von Technologielinien hinterlegt, die konkreter darlegen, was unter dem jeweiligen Umweltbereich gefasst ist. In aggregierten Darstellungen werden unter der Bezeichnung „Umwelt“ bzw. „alle Umwelttechnologien“ alle sechs Umweltbereiche inkl. Klimaschutz gefasst.

#### 1. Abfall / Recycling:

- ▶ Abfall: Sammlung von Müll, Verfahren zur Abfallbehandlung, Deponierung, Verbrennung.
- ▶ Recycling: Zerkleinerung, Stoffaufbereitung und -trennung, spezifische Verfahren zur Wiedergewinnung und Verarbeitung bestimmter Materialien (z. B. elektrochemische und metallurgische Trennung verschiedener Metalle, Wiedergewinnung von Kunststoffen aus Altmaterialien, Recycling von Phosphat bzw. Düngemitteln aus Schlacken, Abwasser und tierischen Abfällen sowie die Wiedergewinnung von Baustoffen aus dem Abraum abgerissener Gebäude), ansatzweise auch Demontage und Wiederverwendung.

2. Lärmschutz: schalldämmende Isoliermaterialien, lärmabsorbierende Bauelemente, aktive Schallschutzsysteme (inkl. Sensoren, Aktuatoren, Monitoring-Systeme), Schalldämpfung an Fahrzeugen (z. B. geräuscharme Reifen), Lärmreduktion in industriellen Prozessen (z. B. bei Gasturbinen).

3. Luftreinhaltung: Chemische Reinigung von Abgasen sowie Methoden zum Abscheiden von Staub und Aschen.

4. Abwasser: Bau, Betrieb, Überwachung und Instandhaltung von Kanalisationsnetzen, Verfahren zur Behandlung von Abwasser, z. B. durch Sedimentation, Filtration, chemische und biologische Verfahren.

5. Mess-, Steuer- und Regelungstechnik: Verfahren zur Bestimmung der Stoffeigenschaften von Immissionen in verschiedenen Medien (Luft, Wasser, Boden), Verfahren zur Lärmmessung; Messgeräte zur Überwachung des Energieverbrauchs; Steuern und Regeln von Geräten und Anlagen.
6. Klimaschutz: Dieses Gebiet setzt sich aus dem Teilbereich der Rationellen Energieverwendung, der Rationellen Energieumwandlung und der Erneuerbaren Energien zusammen:
  - ▶ Rationelle Energieverwendung:  
Erzeugnisse zum Wärmetausch und zur Wärmeisolation.
  - ▶ Rationelle Energieumwandlung:  
Blockheizkraftwerke / Kraft-Wärme-Kopplung, Gaskraftwerkstechnik, Brennstoffzellen (mit Fokus auf stationären Brennstoffzellen).
  - ▶ Erneuerbare Energien:  
Photovoltaik, Solarthermie (inkl. solarthermische Stromerzeugung und solare Warmwasserbereitstellung), Windkraft, Wasserkraft (inkl. Wellen- und Gezeitenkraft), Biomasse/Biogas, Wärmepumpen.

## 5.3 Anhangtabellen und -abbildungen

Tabelle A.5.1: Energieforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 1991 bis 2013

Land	Anteil staatlicher FuE-Ausgaben für Energie an den zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in %							Jahresdurchschnittliche Veränderung der realen FuE-Ausgaben für Energie in %			Anteil staatlicher FuE-ausgaben für Energie am BIP in Promille	
	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2000-2009	2009-2011	2011-2013	2000 <sup>1</sup>	2013 <sup>2</sup>
GER	3,7	3,0	4,3	4,0	4,0	4,7	5,4	7,3	3,4	20,0	0,27	0,48
FRA	6,1	5,4	6,8	7,8	6,6	6,7	7,2	4,8	6,6	-1,4	0,46	0,49
GBR	0,8	0,3	0,7	1,0	1,2	1,4		6,0	24,5		0,03	0,07
ITA	4,0	4,1	4,2	6,2	6,4	6,4		3,8	19,2		0,25	0,36
BEL	2,7	1,9	1,8	1,6	1,8	2,2		0,8	5,4		0,15	0,14
NED	3,5	2,0	2,6	3,0	1,6	2,2	1,6	1,4	-20,7	-3,2	0,28	0,12
DEN	1,8	1,7	3,1	5,3	4,7	3,7	4,1	13,5	30,3	-4,5	0,14	0,42
IRL	0,0	0,9	3,0	3,5	1,0	0,6			-42,6		0,00	0,03
GRE	1,9	2,1	4,1	3,2	3,2	4,0	3,3	17,8	-22,9	9,4	0,06	0,13
ESP	4,2	2,3	3,4	3,5	3,9	2,4		10,9	-1,4		0,19	0,14
POR	0,9	1,0	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	21,4	3,5	-3,3	0,05	0,19
SWE	6,2	2,8	4,6	5,1	5,7	5,4		3,4	13,0		0,40	0,43
FIN	5,5	5,0	10,1	9,9	10,0	8,4	9,5	13,0	2,5	-3,8	0,53	0,97
AUT	0,5	0,9	1,3	1,2	1,4	1,9	1,2	17,1	11,4	-2,1	0,03	0,10
<b>EU-15<sup>5</sup></b>	<b>3,8</b>	<b>3,0</b>	<b>3,9</b>	<b>4,4</b>	<b>4,3</b>	<b>4,3</b>	<b>4,6</b>	<b>6,4</b>	<b>6,1</b>	<b>3,7</b>	<b>0,24</b>	<b>0,32</b>
SUI <sup>3</sup>	0,9	1,0	0,7	0,7				4,6	1,3		0,06	0,05
NOR	2,4	3,1	3,4	4,4	3,3	3,2	3,1	13,7	2,0	1,3	0,15	0,24
ISL	2,0	1,6	1,0	1,0	0,7	0,6	0,6	-1,5	-17,2	-2,0	0,18	0,07
CZE <sup>4</sup>		2,5	3,3	3,5	3,3	3,5	3,3	19,2	8,0	1,3	0,09	0,22
POL		0,9					2,1				0,03	0,07
SVK		1,8	1,7	1,6	2,1	0,6	0,7	9,5	32,5	-47,3	0,06	0,03
HUN <sup>4</sup>		11,5	1,4	1,3	0,8	1,9		-36,5	-35,5		0,48	0,07
EST <sup>4</sup>		2,2	3,1	3,1	2,3	2,1		13,8	-2,4		0,14	0,17
CAN	4,7	4,2	7,2	9,8	8,6			12,5	4,8		0,23	0,47
USA	2,5	2,3	4,8	4,0	3,6	3,4	3,2	15,6	-22,7	-6,6	0,10	0,12
MEX	27,8	6,9	10,1	17,4	19,1			-4,8	54,9		0,60	0,48
JPN	18,8	17,5	13,7	12,8	13,7	11,7	12,4	0,7	5,5	-4,0	1,16	0,89
KOR	6,3	6,8	6,3	6,3	6,4			11,7	9,4		0,31	0,57
AUS	1,7	1,9	5,0	4,7	4,5	4,2	4,7	18,5	-2,5	1,7	0,08	0,19
NZL			1,5	1,6	1,5	1,4	1,2		0,3	-4,6	0,09	0,07
<b>OECD<sup>6</sup></b>	<b>5,9</b>	<b>5,1</b>	<b>5,6</b>	<b>5,8</b>	<b>5,8</b>	<b>5,5</b>	<b>5,7</b>	<b>6,0</b>	<b>0,6</b>	<b>-1,3</b>	<b>0,29</b>	<b>0,29</b>

1) POL, HUN 2005, CZE, EST 2002, NZL 1999 statt 2000.

2) oder letztes verfügbares Jahr.

3) 2004 und 2008 statt 2005 und 2009. - Jahresdurchschnittliche Veränderung 2000-2008 statt 2000-2009 und 2008-2010 statt 2009-2011.

4) Jahresdurchschnittliche Veränderung: CZE 2002-2009, HUN 2005-2009, EST 2002-2009 statt 2000-2009.

5) 2013 geschätzt.

6) 2012 und 2013 geschätzt.

Quelle: OECD, Research and Development Statistics. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Tabelle A.5.2: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2012

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %			in Relation zum BIP in ‰	
	2000	2008	2012	2000 - 2008	2008 - 2012	2000 - 2012	2000	2012
<b>Deutschland</b>								
Energieeffizienz	3,4	8,5	21,9	19,5	38,1	25,4	0,00	0,06
Erneuerbare Energien	27,2	24,9	33,8	5,2	17,6	9,2	0,04	0,09
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	5,1	2,7	..	-7,1	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	7,8	0,5	5,2	-25,4	99,6	3,6	0,01	0,01
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	4,1	21,3	3,1	30,9	-32,7	4,9	0,01	0,01
Fossile Energieträger	3,4	7,0	3,9	16,4	-5,9	8,4	0,00	0,01
Nuklearenergie	54,1	32,9	29,4	0,0	6,0	1,9	0,07	0,08
insgesamt	100,0	100,0	100,0	6,4	8,9	7,2	0,13	0,26
<b>Frankreich</b>								
Energieeffizienz	2,0	13,6	18,3	31,5	11,4	24,4	0,01	0,10
Erneuerbare Energien	2,2	9,9	13,4	24,7	11,5	20,2	0,01	0,07
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	6,3	3,2	..	-12,6	..	..	0,02
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	0,1	2,7	2,0	53,1	-3,9	31,1	0,00	0,01
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	1,3	1,0	4,2	0,9	47,2	14,4	0,01	0,02
Fossile Energieträger	5,2	14,7	9,6	17,9	-6,9	9,0	0,02	0,05
Nuklearenergie	89,1	51,8	49,2	-3,2	2,1	-1,5	0,36	0,27
insgesamt	100,0	100,0	100,0	3,6	3,4	3,5	0,41	0,54
<b>Großbritannien</b>								
Energieeffizienz	3,0	14,9	28,6	38,5	36,8	38,0	0,00	0,06
Erneuerbare Energien	9,2	29,5	18,5	31,2	3,4	21,2	0,00	0,04
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	6,9	4,3	..	3,0	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	3,5	6,0	6,2	21,2	17,0	19,8	0,00	0,01
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	39,5	9,7	11,4	-4,9	20,9	3,1	0,02	0,02
Fossile Energieträger	9,3	8,8	11,3	12,7	23,4	16,2	0,00	0,02
Nuklearenergie	35,6	24,1	19,7	8,0	10,5	8,8	0,02	0,04
insgesamt	100,0	100,0	100,0	13,4	16,2	14,3	0,05	0,20
<b>Italien <sup>1)</sup></b>								
Energieeffizienz	8,8	24,0	23,8	15,8	-0,5	11,1	0,02	0,06
Erneuerbare Energien	8,5	20,8	17,3	14,3	-6,3	8,2	0,02	0,04
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	6,6	0,0	..	..	..	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	29,8	17,2	25,6	-4,7	14,0	0,1	0,07	0,06
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	12,2	2,6	2,6	-15,7	-1,2	-12,0	0,03	0,01
Fossile Energieträger	0,0	9,0	7,7	..	-5,3	..	0,00	0,02
Nuklearenergie	40,7	19,8	23,0	-6,7	4,9	-3,6	0,09	0,06
insgesamt	100,0	100,0	100,0	2,1	-0,3	1,5	0,22	0,25
<b>Spanien</b>								
Energieeffizienz	8,2	11,0	20,1	7,3	35,7	16,0	0,01	0,03
Erneuerbare Energien	32,5	42,1	47,4	6,8	20,3	11,1	0,03	0,07
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	7,4	4,1	..	0,9	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	3,1	5,6	7,7	11,2	26,6	16,1	0,00	0,01
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	1,1	0,3	1,1	-10,9	57,7	7,8	0,00	0,00
Fossile Energieträger	6,3	5,8	4,0	2,3	..	..	0,00	0,01
Nuklearenergie	48,7	27,8	15,6	-3,6	1,1	-2,1	0,04	0,02
insgesamt	100,0	100,0	100,0	3,4	16,8	7,7	0,08	0,16

1) jeweils 2011 statt 2012; .. keine Angabe möglich.

Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&amp;D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

noch Tab. A.5.2: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2012<sup>1</sup>

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %			in Relation zum BIP in ‰	
	2000	2008	2012	2000 - 2008	2008 - 2012	2000 - 2012	2000	2012
<b>Dänemark</b>								
Energieeffizienz	29,3	15,2	16,1	-2,4	9,4	1,4	0,07	0,08
Erneuerbare Energien	36,9	53,1	37,5	10,9	-1,1	6,7	0,09	0,19
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	21,2	22,9	..	9,9	..	..	0,12
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	7,9	6,5	12,2	3,4	26,2	10,5	0,02	0,06
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	11,5	1,2	5,8	-20,5	61,8	0,7	0,03	0,03
Fossile Energieträger	4,2	2,8	3,4	0,8	12,8	4,6	0,01	0,02
Nuklearenergie	10,1	0,0	2,0	..	..	-6,7	0,03	0,01
insgesamt	100,0	100,0	100,0	5,9	7,9	6,6	0,25	0,51
<b>Schweden</b>								
Energieeffizienz	36,1	36,2	45,7	3,0	11,9	5,9	0,10	0,16
Erneuerbare Energien	33,6	31,6	30,1	2,2	4,2	2,8	0,10	0,10
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	2,9	2,3	..	-0,2	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	10,4	6,7	9,4	-2,6	14,9	2,9	0,03	0,03
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	12,6	16,2	9,0	6,3	-8,9	1,0	0,04	0,03
Fossile Energieträger	0,2	0,1	1,0	-12,6	109,9	17,0	0,00	0,00
Nuklearenergie	7,0	6,3	2,4	1,5	-16,7	-5,0	0,02	0,01
insgesamt	100,0	100,0	100,0	3,0	5,5	3,8	0,29	0,35
<b>Norwegen</b>								
Energieeffizienz	3,5	4,2	10,2	7,1	71,6	25,3	0,01	0,11
Erneuerbare Energien	11,7	13,2	19,9	6,3	52,3	19,8	0,03	0,21
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	6,4	1,9	..	1,8	..	..	0,02
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	12,2	1,7	3,8	-18,0	67,4	4,0	0,03	0,04
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	2,1	3,3	4,0	10,7	44,7	21,0	0,01	0,04
Fossile Energieträger	54,1	61,6	57,3	6,4	35,1	15,2	0,14	0,61
Nuklearenergie	16,5	9,6	2,8	-2,1	1,2	-1,0	0,04	0,03
insgesamt	100,0	100,0	100,0	4,7	37,5	14,7	0,25	1,07
<b>Finnland</b>								
Energieeffizienz	41,7	42,6	58,7	11,3	15,3	12,6	0,21	0,71
Erneuerbare Energien	13,3	21,0	16,3	17,6	-0,2	11,3	0,07	0,20
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	0,0	0,0	..	..	..	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	19,4	14,2	9,0	6,7	-4,9	2,7	0,10	0,11
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	8,3	11,3	6,1	15,4	-8,9	6,6	0,04	0,07
Fossile Energieträger	5,9	4,3	3,2	6,5	-1,3	3,9	0,03	0,04
Nuklearenergie	11,4	6,6	6,7	3,7	6,4	4,6	0,06	0,08
insgesamt	100,0	100,0	100,0	11,0	6,4	9,4	0,50	1,21
<b>Niederlande</b>								
Energieeffizienz	30,6	29,5	23,9	-1,0	1,2	-0,3	0,09	0,08
Erneuerbare Energien	24,1	31,9	46,5	3,0	17,1	7,5	0,07	0,15
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	5,8	0,0	..	..	..	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	7,3	6,2	9,6	-2,7	19,1	4,1	0,02	0,03
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	13,3	5,8	7,8	-10,3	14,6	-2,7	0,04	0,03
Fossile Energieträger	6,8	9,6	6,9	3,9	-2,0	1,9	0,02	0,02
Nuklearenergie	17,8	11,4	5,3	-5,9	-12,1	-8,1	0,05	0,02
insgesamt	100,0	100,0	100,0	-0,5	6,5	1,8	0,30	0,33

1) jeweils 2011 statt 2012; .. keine Angabe möglich.

Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&amp;D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

noch Tab. A.5.2: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2012<sup>1</sup>

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %			in Relation zum BIP in ‰	
	2000	2008	2012	2000 - 2008	2008 - 2012	2000 - 2012	2000	2012
<b>Österreich</b>								
Energieeffizienz	30,7	33,1	46,1	14,1	21,8	16,6	0,03	0,18
Erneuerbare Energien	28,0	34,4	23,5	16,0	1,9	11,1	0,03	0,09
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	3,3	3,1	..	10,4	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	13,8	7,3	19,1	4,4	42,5	15,8	0,02	0,07
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	14,0	11,9	5,0	10,7	-9,7	3,4	0,02	0,02
Fossile Energieträger	1,9	3,8	1,1	23,3	-18,4	7,4	0,00	0,00
Nuklearenergie	11,6	6,3	2,1	4,7	-14,7	-2,2	0,01	0,01
insgesamt	100,0	100,0	100,0	13,1	12,1	12,7	0,11	0,39
<b>Schweiz</b>								
Energieeffizienz	14,9	15,0	21,0	1,0	12,9	4,8	0,06	0,08
Erneuerbare Energien	23,7	22,7	27,7	0,4	9,1	3,2	0,09	0,11
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	8,4	10,9	..	10,9	..	..	0,04
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	16,0	11,4	6,7	-3,4	-9,1	-5,3	0,06	0,03
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	7,3	7,4	8,3	1,1	6,7	3,0	0,03	0,03
Fossile Energieträger	6,4	6,8	4,1	1,8	-8,5	-1,8	0,02	0,02
Nuklearenergie	31,6	28,2	21,3	-0,6	-3,1	-1,4	0,12	0,08
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,9	3,9	1,9	0,39	0,40
<b>USA</b>								
Energieeffizienz	23,8	15,1	15,6	0,2	8,3	2,8	0,05	0,06
Erneuerbare Energien	9,3	10,2	24,1	7,3	33,1	15,3	0,02	0,09
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	7,3	1,9	..	-23,2	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	5,5	2,8	1,6	-2,6	-5,6	-3,6	0,01	0,01
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	40,3	29,7	39,1	2,1	15,0	6,2	0,09	0,15
Fossile Energieträger	9,2	12,9	5,1	10,7	-14,9	1,4	0,02	0,02
Nuklearenergie	12,0	22,0	12,5	14,3	-6,7	6,8	0,03	0,05
insgesamt	100,0	100,0	100,0	6,0	..	6,5	0,22	0,38
<b>Korea <sup>1)2)</sup></b>								
Energieeffizienz	18,8	20,0	16,3	25,3	-0,1	16,2	0,03	0,08
Erneuerbare Energien	11,0	20,0	26,2	37,0	17,1	30,0	0,02	0,13
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	16,7	8,4	..	-14,9	..	..	0,04
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	17,6	11,7	12,6	15,8	9,8	13,8	0,03	0,06
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	12,1	4,1	3,8	3,5	4,0	3,7	0,02	0,02
Fossile Energieträger	12,7	12,6	12,7	24,0	7,2	18,1	0,02	0,06
Nuklearenergie	27,8	14,8	20,1	11,6	18,5	13,9	0,04	0,10
insgesamt	100,0	100,0	100,0	24,0	7,1	18,1	0,15	0,49
<b>Japan <sup>1)</sup></b>								
Energieeffizienz	15,7	11,7	9,4	-3,1	-8,4	-5,6	0,13	0,07
Erneuerbare Energien	4,1	5,0	19,6	8,9	20,3	14,0	0,04	0,14
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	5,5	3,0	..	-15,3	..	..	0,02
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	4,5	3,1	3,4	-6,1	0,2	-3,3	0,04	0,02
Querschnittsthemen (z. B. Energiesystemanalyse)	2,0	0,0	0,1	..	..	-26,7	0,02	0,00
Fossile Energieträger	2,9	9,5	10,1	23,6	-2,9	10,8	0,03	0,07
Nuklearenergie	70,7	65,2	54,4	-1,3	-5,7	-3,4	0,61	0,39
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,8	-3,2	-1,0	0,86	0,71

1) jeweils 2011 statt 2012; 2) 2002 statt 2000.;... keine Angabe möglich.

Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&amp;D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Tabelle A.5.3: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Erneuerbarer Energien in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2012

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %		
	2000	2008	2012	2000 -2008	2008 -2012	2000 -2012
<b>Deutschland</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	27,2	24,9	33,8	5,2	17,6	9,2
Solarenergie	18,3	13,4	11,2	2,3	4,2	2,9
Windenergie	5,6	6,3	5,4	7,9	5,2	7,0
Meeresenergie	0,0	0,0	..	..	..	..
Biokraftstoffe	2,5	3,6	4,7	11,6	16,3	13,2
Geothermische Energie	0,9	1,6	2,9	14,6	27,9	18,9
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,1	..	47,8	..
<b>Frankreich</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	2,2	9,9	13,4	24,7	11,5	20,2
Solarenergie	1,3	4,2	5,5	19,4	10,6	16,4
Windenergie	0,3	0,2	0,5	1,2	27,1	9,2
Meeresenergie	0,0	0,0	0,9	..	362,2	..
Biokraftstoffe	0,5	4,7	5,6	37,5	8,0	26,8
Geothermische Energie	0,1	0,4	0,4	20,7	4,6	15,1
Hydroelektrizität	0,0	0,2	0,1	62,4	-3,7	36,5
<b>Großbritannien</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	9,2	29,5	18,5	31,2	3,4	21,2
Solarenergie	2,7	..	2,8	..	..	14,7
Windenergie	1,9	..	5,2	..	..	24,4
Meeresenergie	0,8	..	3,7	..	..	29,6
Biokraftstoffe	3,5	1,2	6,1	-1,0	75,0	19,7
Geothermische Energie	0,0	..	..	..	..	..
Hydroelektrizität	0,2	..	0,0	..	..	-7,0
<b>Italien<sup>1</sup></b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	8,5	20,8	17,3	14,3	-6,3	8,2
Solarenergie	7,5	16,9	9,0	13,1	-19,2	3,2
Windenergie	0,2	0,8	0,4	22,0	-21,6	8,1
Meeresenergie	0,0	0,0	0,3	..	..	..
Biokraftstoffe	0,8	3,2	5,4	20,6	19,0	20,2
Geothermische Energie	0,0	0,0	2,0	..	..	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,3	..	..	..
<b>Spanien</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	32,5	42,1	47,4	6,8	20,3	11,1
Solarenergie	19,8	24,9	19,9	6,4	10,4	7,7
Windenergie	5,3	6,9	11,3	7,0	32,1	14,8
Meeresenergie	0,0	3,4	1,9	..	1,4	..
Biokraftstoffe	7,5	6,9	10,7	2,3	30,3	10,9
Geothermische Energie	0,0	0,0	0,4	..	..	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	..	..	..	..

1) jeweils 2011 statt 2012; 2) einschließlich solcher Mittel, die sich nicht den ausgewiesenen Energieträgern zuordnen lassen (z. B. übergreifende Querschnittstechnologien, Prozesstechnik); .. keine Angabe möglich.

Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

noch Tab. A.5.3: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Erneuerbarer Energien in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2012

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %		
	2000	2008	2012	2000-2008	2008-2012	2000-2012
<b>Dänemark</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	36,9	53,1	37,5	10,9	-1,1	6,7
Solarenergie	8,2	7,9	9,4	5,5	12,5	7,8
Windenergie	14,6	12,8	13,2	4,2	8,8	5,7
Meeresenergie	4,6	5,4	2,0	8,2	-16,1	-0,6
Biokraftstoffe	9,6	27,0	12,9	20,5	-10,2	9,3
Geothermische Energie	0,0	0,0	0,0	..	..	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,0	..	..	..
<b>Schweden</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	33,6	31,6	30,1	2,2	4,2	2,8
Solarenergie	2,3	4,4	5,9	11,6	13,8	12,3
Windenergie	6,2	2,6	3,7	-7,7	15,3	-0,6
Meeresenergie	..	1,3	0,8	..	-7,4	..
Biokraftstoffe	23,1	21,9	18,6	2,2	1,3	1,9
Geothermische Energie	0,5	0,0	0,0	..	..	..
Hydroelektrizität	1,6	1,2	0,8	-0,2	-4,9	-1,8
<b>Norwegen</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	11,7	13,2	19,9	6,3	52,3	19,8
Solarenergie	2,8	6,6	3,8	16,5	19,6	17,5
Windenergie	2,0	1,7	4,9	2,3	80,0	23,5
Meeresenergie	0,8	0,0	3,3	-36,5	431,9	29,0
Biokraftstoffe	2,0	3,0	3,0	10,5	37,4	18,9
Geothermische Energie	0,0	0,0	..	..	..	..
Hydroelektrizität	4,1	1,2	4,0	-10,4	86,3	14,4
<b>Finnland</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	13,3	21,0	16,3	17,6	-0,2	11,3
Solarenergie	0,3	1,5	3,0	36,9	25,1	32,8
Windenergie	0,5	3,6	1,1	40,4	-20,5	16,2
Meeresenergie	0,0	0,0	0,0	..	..	..
Biokraftstoffe	11,9	15,0	10,1	14,3	-3,7	7,9
Geothermische Energie	0,0	0,0	0,0	..	..	..
Hydroelektrizität	0,5	0,4	1,5	6,4	51,5	19,7
<b>Niederlande</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	24,1	31,9	46,5	3,0	17,1	7,5
Solarenergie	9,4	10,0	14,6	0,3	17,1	5,6
Windenergie	6,2	4,3	6,8	-5,0	19,9	2,6
Meeresenergie	0,1	..	..	..	..	..
Biokraftstoffe	8,4	17,5	23,8	9,1	15,0	11,0
Geothermische Energie	0,0	..	0,1	..	..	..
Hydroelektrizität	0,0	..	..	..	..	..

1) jeweils 2011 statt 2012; 2) einschließlich solcher Mittel, die sich nicht den ausgewiesenen Energieträgern zuordnen lassen (z. B. übergreifende Querschnittstechnologien, Prozesstechnik); .. keine Angabe möglich.

Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

noch Tab. A.5.3: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Erneuerbarer Energien in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2012

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %		
	2000	2008	2012	2000 -2008	2008 -2012	2000 -2012
<b>Österreich</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	28,0	34,4	23,5	16,0	1,9	11,1
Solarenergie	10,3	6,1	9,8	5,9	25,9	12,2
Windenergie	1,8	1,2	0,4	7,4	-13,8	-0,2
Meeresenergie	0,0	0,0	..	..	..	..
Biokraftstoffe	15,1	24,1	11,4	19,8	-7,0	10,1
Geothermische Energie	0,1	1,2	0,9	53,1	5,4	35,2
Hydroelektrizität	0,7	1,0	0,4	17,8	-12,4	6,7
<b>Schweiz</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	23,7	22,7	27,7	0,4	9,1	3,2
Solarenergie	16,3	12,4	17,4	-2,4	12,9	2,4
Windenergie	0,8	0,9	1,5	1,2	18,8	6,8
Meeresenergie	0,0	0,0	0,0	..	..	..
Biokraftstoffe	4,1	4,4	4,3	1,9	3,1	2,3
Geothermische Energie	1,5	1,8	2,4	3,4	12,5	6,3
Hydroelektrizität	1,1	3,2	1,2	15,8	-18,8	2,9
<b>USA</b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	9,3	10,2	24,1	7,3	33,1	15,3
Solarenergie	3,6	3,7	3,2	6,3	3,8	5,4
Windenergie	1,4	0,6	1,5	-4,4	34,7	7,2
Meeresenergie	0,0	0,2	0,6	..	31,8	..
Biokraftstoffe	3,1	4,2	8,4	10,2	28,2	15,9
Geothermische Energie	1,0	0,6	0,6	-1,4	9,1	2,0
Hydroelektrizität	0,2	0,1	0,4	0,9	38,1	12,0
<b>Korea<sup>1,3</sup></b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	11,0	20,0	26,2	37,0	17,1	30,0
Solarenergie	4,1	13,6	14,3	51,4	8,9	35,7
Windenergie	2,4	3,9	6,3	33,9	25,7	31,1
Meeresenergie	0,0	0,4	1,2	..	57,8	..
Biokraftstoffe	1,9	1,1	2,0	12,9	30,2	18,4
Geothermische Energie	0,0	0,9	1,2	..	18,3	..
Hydroelektrizität	2,5	0,2	0,0	-22,2	..	..
<b>Japan<sup>1</sup></b>						
Erneuerbare Energiequellen insg. <sup>2</sup>	4,1	5,0	19,5	8,9	20,3	14,0
Solarenergie	3,3	0,0	8,8	6,3	10,7	0,0
Windenergie	0,1	0,0	2,4	10,9	52,2	21,4
Meeresenergie	0,1	0,0	0,0	..	..	..
Biokraftstoffe	0,0	0,5	6,4	..	25,0	..
Geothermische Energie	0,6	0,0	0,0	..	..	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,0	..	..	..

1) jeweils 2011 statt 2012; 2) einschließlich solcher Mittel, die sich nicht den ausgewiesenen Energieträgern zuordnen lassen (z. B. übergreifende Querschnittstechnologien, Prozesstechnik); 3) 2002 statt 2000; .. keine Angabe möglich.

Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des NIW.

Tabelle A.5.4: Umweltbereiche in UFORDAT im Überblick

Kennung	Originalbezeichnung in UFORDAT	Verwendete Bezeichnung in den Tabellen und Abbildungen in Kap. 2
AB	Abfall	Abfall
BO	Boden	Boden
CH	Chemikalien/ Schadstoffe	Schadstoffe
EN	Energie- und Rohstoffressourcen – Nutzung und Erhaltung	Energie
GT	Umweltaspekte gentechnisch veränderter Organismen und Viren	Gentechnik
LE	Lärm/ Erschütterung	Lärm
LF	Umweltaspekte in Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Nahrungsmittel	Landwirtschaft
LU	Luft	Luft
NL	Natur und Landschaft/ räumliche Aspekte von Landschaftsnutzung, Siedlungs- und Verkehrswesen, urbaner Umwelt	Naturschutz
SR	Strahlung	Strahlung
UA	Allgemeine und übergreifende Umweltfragen (z. B. Umweltpolitik, Umweltbildung, Umwelt und Gesundheit u.ä.)	Allgemeine Fragen
UR	Umweltrecht	Recht/ Ökonomie
UW	Umweltökonomie	Recht/ Ökonomie
WA	Wasser und Gewässer	Wasser

Zusammenstellung des NIW nach Umweltbundesamt;  
<http://doku.uba.de/aDISWeb/app;jsessionid=61322E7ECDF0D717D09E826849737219>

Tabelle A.5.5: Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von Patentanmeldungen weltweit in %

Umweltbereich	2003 - 2007	2008 - 2012
Luftreinhaltung	6,1	2,8
Lärm	-10,3	1,9
Abwasser	1,6	7,9
Abfall / Recycling	1,8	7,7
darunter:		
Abfall	3,1	3,1
Recycling	1,6	1,6
MSR	1,1	5,0
Klimaschutz	5,6	7,0
darunter:		
Rationelle Energieverwendung	0,1	6,9
Rationelle Energieumwandlung	2,8	25,3
Erneuerbare Energien	18,6	4,0
<b>alle Umwelttechnologien</b>	<b>5,0</b>	<b>6,4</b>
alle Technologien	5,3	5,1

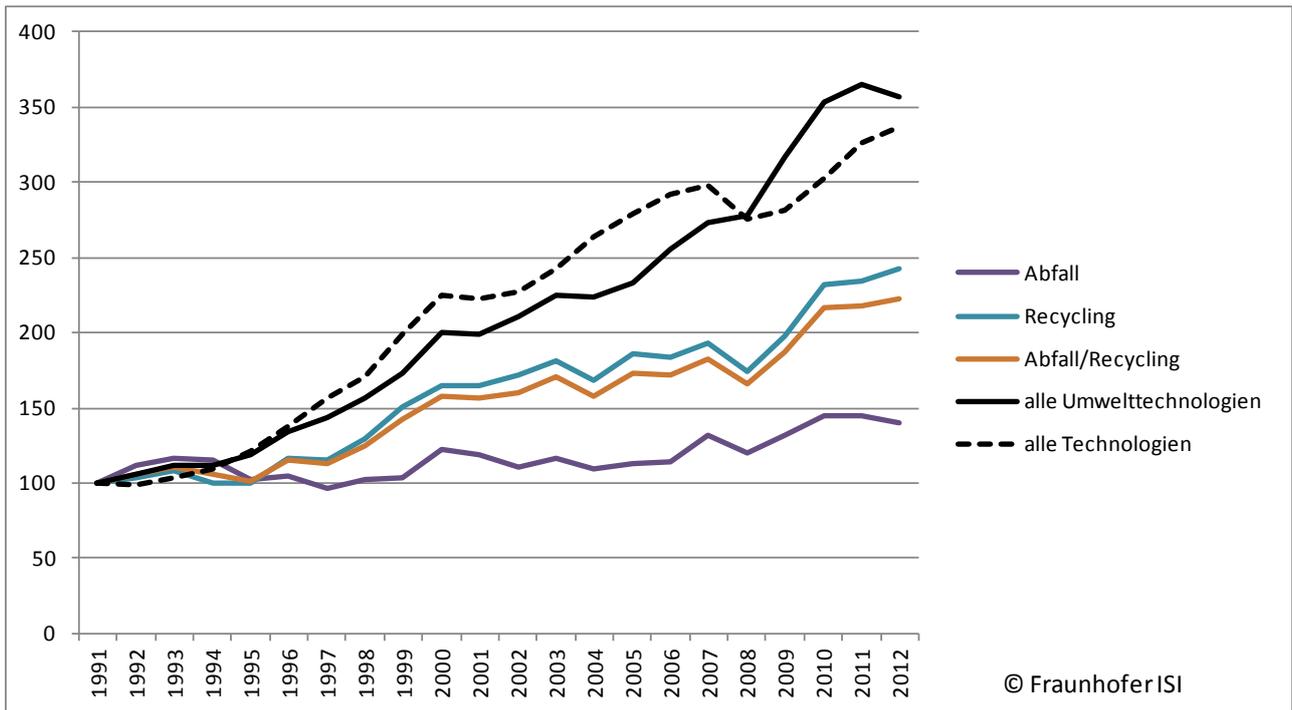
Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Tabelle A.5.6: Patentspezialisierung Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte)

	Luft- reinhal- tung	Lärm	Abwasser	Abfall/ Recycling	davon: Abfall	davon: Recycling	MSR	Klima	davon: Ratio- nelle Energie- verwen- dung	davon: Ratio- nelle Energie- umwand- lung	davon: Erneuer- bare Energien	Umwelt (gesamt)
1991	22	36	36	32	42	31	29	7	14	-79	6	22
1992	25	53	45	34	40	32	14	12	16	3	-9	25
1993	24	54	46	34	46	32	64	12	15	-61	22	27
1994	20	46	49	38	48	32	40	15	19	-73	26	27
1995	21	44	33	31	20	32	17	13	18	-24	-2	21
1996	10	52	33	11	18	8	22	4	4	-2	13	11
1997	25	44	16	12	9	13	37	4	7	-21	-1	14
1998	23	53	26	15	16	17	37	10	13	-24	8	16
1999	21	63	15	8	23	7	62	8	8	-35	14	15
2000	31	31	18	14	17	16	37	14	16	-23	20	19
2001	23	40	0	-4	-6	-6	55	11	7	-15	30	12
2002	25	53	-10	-2	-16	-1	51	4	5	1	2	8
2003	17	41	6	-3	-9	-3	44	5	5	-40	15	7
2004	1	34	28	-14	-23	-13	27	4	5	-15	0	4
2005	25	50	18	-17	-29	-16	28	5	7	-36	7	8
2006	24	43	28	-3	-1	-5	42	4	3	-12	8	10
2007	17	41	3	-14	-26	-12	8	12	14	-2	10	10
2008	34	14	-5	-8	-31	-4	33	13	8	19	14	14
2009	20	56	10	1	-27	6	16	13	17	4	9	13
2010	21	55	-20	-1	-38	5	34	9	8	4	7	10
2011	33	39	-2	-12	-51	-7	19	12	3	5	17	12
2012	33	59	10	-1	-2	-1	13	7	5	-43	17	11

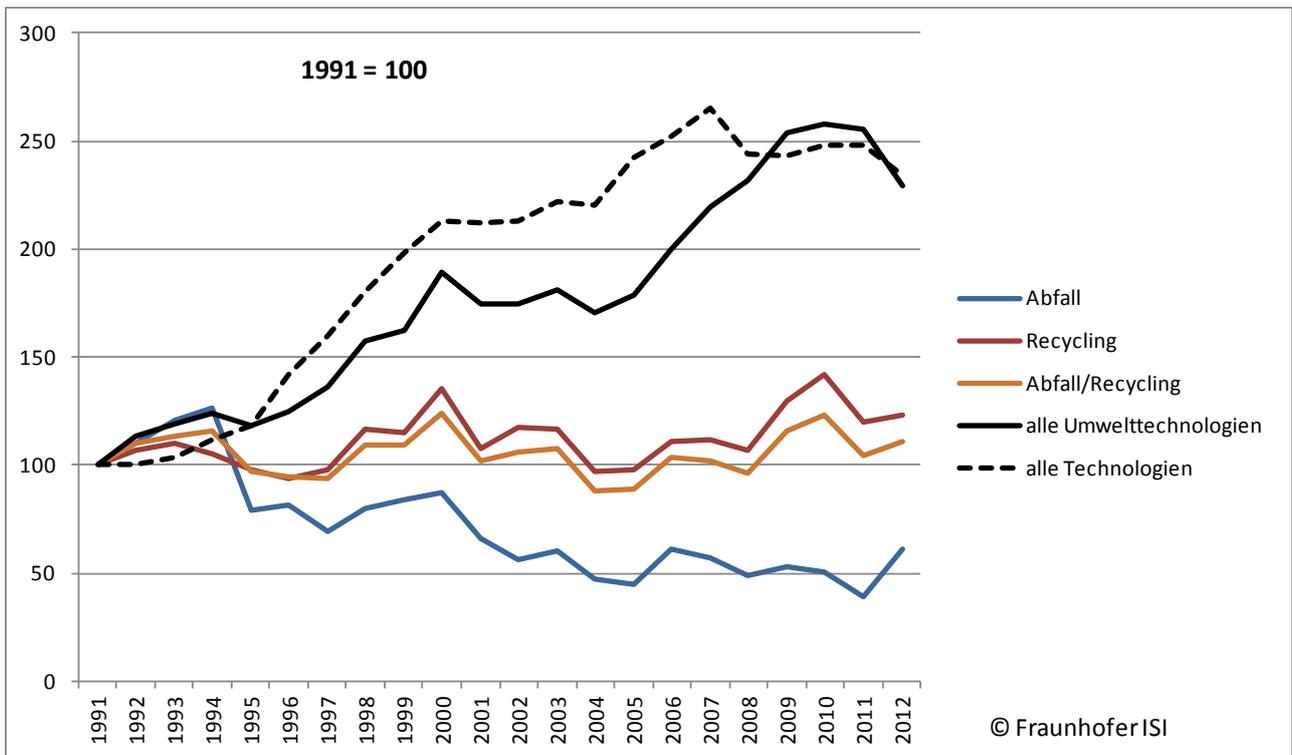
Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Abbildung A.5.1: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Abfall/Recycling weltweit



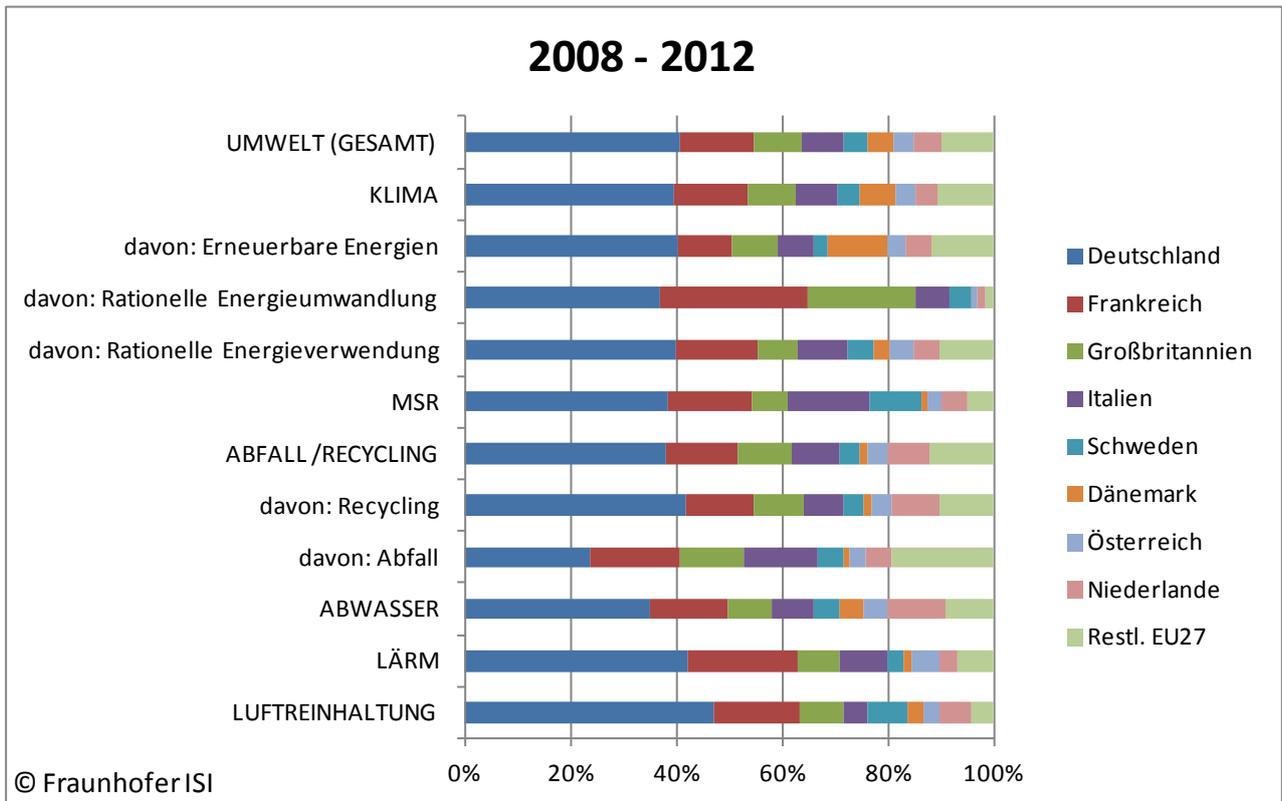
Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Abbildung A.5.2: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Abfall/Recycling in Deutschland



Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.

Abbildung A.5.3: Patentanteile innerhalb der EU-27



Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI.