

UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG

01/2018

Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich

Aktualisierte Ausgabe 2017

Für Mensch & Umwelt



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Umwelt 
Bundesamt

UMWELT, INNOVATION, BESCHÄFTIGUNG 01/2018

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3715 14 1010
UBA-FB 002609

Innovationsmotor Umweltschutz: Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich

Aktualisierte Ausgabe 2017

von

Birgit Gehrke, Katrin John, Ulrich Schasse
Center für Wirtschaftspolitische Studien des Instituts für Wirtschaftspolitik,
Leibniz Universität Hannover

Katrin Ostertag, Frank Marscheider-Weidemann, Oliver Rothengatter
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

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

 /umweltbundesamt.de
 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Center für Wirtschaftspolitische Studien CWS des Instituts für
Wirtschaftspolitik, Leibniz Universität Hannover
Königsworther Platz 1
30167 Hannover

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe

Abschlussdatum:

Mai 2017

Redaktion:

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

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1865-0538

Dessau-Roßlau, Februar 2018

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit unter der Forschungskennzahl 3715 14 1010 finanziert. 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 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 in Deutschland wie auch weltweit eine deutliche Ausweitung der öffentlichen FuE-Budgets wie auch der Patentanmeldungen zu beobachten. Dabei zeigen sich strukturelle Verschiebungen zulasten von physischer Umweltforschung (Abfall, Wasser, Boden, Lärm) hin zu Energie- und Klimaschutzforschung. In jüngerer Zeit geht die Zahl der Patentanmeldungen im Bereich erneuerbarer Energien jedoch zurück und bremst damit auch die Dynamik bei Umweltpatenten insgesamt.

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. Thereby, structural changes at the expense of physical topics (waste, water, soil, noise) towards energy and climate protection topics can be observed. Yet recently, the number of patent applications for renewable energies is falling, thereby also slowing the dynamics of overall environmental patent applications.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	9
Abbildungen im Anhang.....	10
Tabellenverzeichnis	11
Tabellen im Anhang.....	11
Abkürzungsverzeichnis.....	13
Zusammenfassung.....	17
Summary	29
1 Einleitung.....	41
2 Forschung und Entwicklung für den Umweltschutz.....	43
2.1 Staatliche Aufwendungen und Förderung von Umweltschutz- und Energieforschung im internationalen Vergleich	43
2.1.1 Staatliche FuE-Ausgabenansätze für physische Umweltforschung und Energieforschung (OECD-GBAORD).....	44
2.1.2 Öffentliche Haushaltsansätze für Forschung, Entwicklung und Demonstrationsprojekte im Energiebereich nach Trägern und Technologien (IEA-Statistik).....	48
2.2 Öffentlich geförderte Umweltforschung in Deutschland.....	55
2.2.1 Struktur und Entwicklung nach Umweltbereichen	57
2.2.2 Durchschnittliche Projektkosten, Fördersummen und Förderquoten	59
2.2.3 Struktur und Entwicklung nach forschenden Einrichtungen.....	61
2.2.4 Struktur und Entwicklung nach Förderinstitutionen.....	66
2.3 FuE und Innovationen der Wirtschaft im Umweltschutzbereich: Ausgewählte Ergebnisse im Überblick.....	69
2.3.1 Öffentliche und private FuE-Investitionen in erneuerbare Energien nach Weltregionen.....	69
2.3.2 FuE-Ausgaben von Unternehmen in Europa nach ausgewählten energiespezifischen Technologiefeldern.....	70
2.3.3 FuE-Ausgaben der US-amerikanischen Unternehmen für Energiespar- oder Umweltschutzanwendungen.....	72
2.3.4 Bedeutung von Umweltinnovationen für Unternehmen in Deutschland.....	73
3 Patentanmeldungen im Bereich Umweltschutz	75
3.1 Methodische Vorgehensweise zur Ableitung der Patentindikatoren	75
3.1.1 Betrachtete Umweltbereiche und Technologielinien.....	75
3.1.2 Umweltfreundliche Güter („adapted goods“)	76
3.1.3 Datenquellen und Schätzmethode.....	78
3.2 Ergebnisse zur Patentindikatorik.....	79

3.2.1	Dynamik der technischen Entwicklung bei potenziellen Umweltschutztechnologien.....	79
3.2.2	Patentanteile bei potenziellen Umweltschutztechnologien.....	87
3.2.3	Spezialisierungsmuster bei potenziellen Umweltschutztechnologien.....	89
3.3	Gesamtbild der Patentergebnisse für Deutschland	94
4	Quellenverzeichnis	96
5	Anhang.....	100
5.1	Zur Methodik: Spezialisierung der Wissensbasis.....	100
5.2	Technologielinien und umweltfreundliche Güter („adapted goods“) in der Patentanalyse.....	100
5.2.1	Luftreinhaltung.....	101
5.2.2	Lärmschutz.....	103
5.2.3	Abwasser	103
5.2.4	Abfall und Recycling.....	104
5.2.5	Mess-, Steuer-, Regeltechnik für den Umweltschutz (MSR)	105
5.2.6	Klimaschutz.....	106
5.2.7	CEPA 3: Abfallwirtschaft.....	109
5.2.8	CEPA 4: Schutz und Sanierung von Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser.....	109
5.2.9	CEPA 6: Arten- und Landschaftsschutz	109
5.2.10	CRoMA 10: Wassermanagement	110
5.2.11	CRoMA 11B: Minimierung der Aufnahme von Waldressourcen	110
5.2.12	CRoMA 13C: Minimierung der Aufnahme von fossilen Ressourcen als Rohstoff.....	111
5.2.13	CRoMA 14: Management mineralischer Rohstoffe.....	111
5.3	Weitere Anhangtabellen und -abbildungen	112

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Anteil ausgewählter Länder an den staatlichen FuE-Budgets aller OECD-Länder 2014 in %: Umwelt, Energie und insgesamt.....	47
Abbildung 2.2:	Struktur der Energieforschungsbudgets nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2014.....	49
Abbildung 2.3:	Struktur der Forschungsbudgets bei erneuerbaren Energien nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2014.....	53
Abbildung 2.4:	Struktur der Forschungsbudgets für Verbesserungen im Bereich Energieeffizienz 2000, 2008 und 2014.....	55
Abbildung 2.5:	Kennzahlen zu den in UFORDAT erfassten Forschungsvorhaben 2004 bis 2015.....	56
Abbildung 2.6:	Schwerpunkte in der Umweltforschung – Anteil der Umweltbereiche an den Forschungsvorhaben 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 in %.....	58
Abbildung 2.7:	Veränderung von Forschungsprojekten, Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen im Vergleich der Teilperioden 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 in %.....	59
Abbildung 2.8:	Durchschnittliches Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 (in Tsd. €).....	60
Abbildung 2.9:	Förderquoten nach Umweltbereichen 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 (in %).....	61
Abbildung 2.10:	Fördersummen nach Umweltbereichen und Förderinstitutionen 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 (Mio. €).....	68
Abbildung 2.11:	Anteile einzelner Länder an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in den EU-28, Norwegen und der Schweiz in ausgewählten Energietechnologien 2011.....	71
Abbildung 2.12:	Arten von Umweltinnovationen in Deutschland 2012-2014.....	74
Abbildung 3.1:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen in Teilbereichen der Umwelttechnologien.....	80
Abbildung 3.2:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Klimaschutz.....	81
Abbildung 3.3:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Recycling und Abfallwirtschaft.....	82
Abbildung 3.4:	Verwertung der Kunststoffabfälle in Deutschland.....	83
Abbildung 3.5:	BGR-Preisindex für Metalle (am deutschen Metalleinsatz ausgerichtet).....	84
Abbildung 3.6:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Sanierung (CEPA 4) und Wassermanagement (CReMA 10).....	85
Abbildung 3.7:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für umweltfreundliche Güter („adapted goods“.....	86
Abbildung 3.8:	Patentanteile ausgewählter Länder bei Umwelttechnologien.....	88
Abbildung 3.9:	Patentanteile ausgewählter Länder bei umweltfreundlichen Gütern („adapted goods“.....	89

Abbildung 3.10: Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich Umwelttechnologien (RPA-Werte).....	90
Abbildung 3.11: Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich umweltfreundlicher Güter („adapted goods“) (RPA-Werte)	91
Abbildung 3.12: Patentspezialisierung Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte).....	93
Abbildung 3.13: Patentspezialisierung Deutschlands bei umweltfreundlichen Gütern („adapted goods“) (RPA-Werte)	93

Abbildungen im Anhang

Abbildung A. 5.1: Vergleich der Patentdynamik bei Luftreinhaltung (Technologielinien) gegenüber dem Vorprojekt	102
Abbildung A. 5.2: Vergleich der Spezialisierungsmuster (RPA-Werte) bei Luftreinhaltung (Technologielinien) gegenüber dem Vorprojekt	102
Abbildung A. 5.3: Vergleich der Patentdynamik bei Abwasser gegenüber dem Vorprojekt	104
Abbildung A. 5.4: Vergleich der Spezialisierungsmuster (RPA-Werte) bei rationeller Energieumwandlung gegenüber dem Vorprojekt.....	107
Abbildung A. 5.5: Vergleich der Spezialisierungsmuster (RPA-Werte) bei rationeller Energieverwendung gegenüber dem Vorprojekt.....	108
Abbildung A. 5.6: Patentanteile innerhalb der EU28 für Umwelttechnologie und ihre Teilbereiche.....	124

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Umweltforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 2000 bis 2015.....	45
Tabelle 2.2:	Umweltforschung nach durchführenden Forschungseinrichtungen 2004 bis 2015.....	63
Tabelle 2.3:	Struktur der Forschungsvorhaben nach Umweltbereichen und Art der forschenden Institution 2004 bis 2015	65
Tabelle 2.4:	Förderung von Umweltforschungsvorhaben nach Förderinstitutionen 2004 bis 2015.....	66
Tabelle 2.5:	FuE-Aufwendungen von Staat und Unternehmen in Erneuerbare Energien nach Energieträgern und Regionen/Ländern 2015	69
Tabelle 3.1:	Liste der CEPA-/CReMa-Bereiche, für die Patentdaten vorliegen.....	76
Tabelle 3.2:	Zusammenfassung der Patentindikatorik für Deutschland	95

Tabellen im Anhang

Tabelle A.5.1:	Inhalte der Patentsuchstrategie für Luftreinhaltung / CEPA 1.....	101
Tabelle A.5.2:	Inhalte der Patentsuchstrategie für Lärmschutz / CEPA 5.....	103
Tabelle A.5.3:	Inhalte der Patentsuchstrategie für Abwasser / CEPA 2	103
Tabelle A.5.4:	Inhalte der Patentsuchstrategie für Abfall	104
Tabelle A.5.5:	Inhalte der Patentsuchstrategie für Recycling.....	105
Tabelle A.5.6:	Inhalte der Patentsuchstrategie für Mess-, Steuer- und Regeltechnik für den Umweltschutz.....	105
Tabelle A.5.7:	Inhalte der Patentsuchstrategie für Klimaschutz: Erneuerbare Energien / CReMA 13A.....	106
Tabelle A.5.8:	Inhalte der Patentsuchstrategie für Klimaschutz / Rationelle Energieumwandlung.....	107
Tabelle A.5.9:	Inhalte der Patentsuchstrategie für Klimaschutz / Rationelle Energieverwendung	108
Tabelle A.5.10:	Inhalte der Patentsuchstrategie für CEPA 3: Abfallwirtschaft.....	109
Tabelle A.5.11:	Inhalte der Patentsuchstrategie für CEPA 4: Schutz und Sanierung von Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser	109
Tabelle A.5.12:	Inhalte der Patentsuchstrategie für CEPA 6: Arten- und Landschaftsschutz.....	110
Tabelle A.5.13:	Inhalte der Patentsuchstrategie für CReMA 10: Wassermanagement.....	110
Tabelle A.5.14:	Inhalte der Patentsuchstrategie für CReMA 11B: Minimierung der Aufnahme von Waldressourcen	110
Tabelle A.5.15:	Inhalte der Patentsuchstrategie für CReMA 13 C: Minimierung der Aufnahme von fossilen Ressourcen als Rohstoff.....	111

Tabelle A.5.16:	Inhalte der Patentsuchstrategie für CReMA 14: Management mineralischer Rohstoffe.....	111
Tabelle A.5.17:	Energieforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 2000 bis 2015.....	112
Tabelle A.5.18:	Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten hochentwickelten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014	113
Tabelle A.5.19:	Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten osteuropäischen Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2008 bis 2014	116
Tabelle A.5.20:	Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Erneuerbarer Energien in ausgewählten hochentwickelten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014	117
Tabelle A 5.21:	Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Erneuerbarer Energien in ausgewählten osteuropäischen Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014	120
Tabelle A.5.22:	Umweltbereiche in UFORDAT im Überblick.....	121
Tabelle A.5.23:	Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von Patentanmeldungen weltweit und in Deutschland (Angaben in %)	122
Tabelle A.5.24:	Patentanteile ausgewählter Länder bei Umwelttechnologien (in %)	123
Tabelle A.5.25:	Patentspezialisierung Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte).....	125

Abkürzungsverzeichnis

\$	Dollar
€	Euro
%	Prozent
‰	Promille
a.g.	Adapted goods
AIF	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“
AMER	Amerika
ASOC	Asien und Ozeanien
AUS	Australien
AUT	Österreich
BEL	Belgien
BERD	Business Expenditure on Research and Development (Unternehmensausgaben für Forschung und Entwicklung)
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMEL	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
BRDIS	Business R&D and Innovation Survey
bspw.	beispielsweise
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
CAN	Kanada
CCS	Carbon Dioxide Capture and Storage - CO ₂ -Abscheidung und –Speicherung
CEPA	Classification of Environmental Activities
CIS	Community Innovation Survey
CPC	Cooperative Patent Classification System
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CReMA	Classification of Resource Management Activities
CSP	Concentrating Solar Power
CZE	Tschechische Republik
CWS	Center für Wirtschaftspolitische Studien des Instituts für Wirtschaftspolitik, Leibniz Uni-

	versität Hannover
d. h.	das heißt
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DE	Deutschland
DEN	Dänemark
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DG Environ- ment	Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EC	European Commission
EEA	Europäischer Wirtschaftsraum
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EGSS	Environmental Goods and Services Sector
EPA	Europäisches Patentamt
EPO	European Patent Office
ESP	Spanien
EST	Estland
et al.	und andere
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
FIN	Finnland
FONA	Forschung für nachhaltige Entwicklung
FRA	Frankreich
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
FS-UNEP	Frankfurt School United Nations Environment Programme
FuE	Forschung und Entwicklung
GBAORD	Government Budget Appropriations or Outlays for R&D
GBR	Großbritannien und Nordirland
GER	Deutschland
gGmbH	gemeinnützige GmbH
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GRE	Griechenland
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
Hrsg.	Herausgeber
HUN	Ungarn
IEA	International Energy Agency
IMF	International Monetary Fund
inkl.	inklusive

insg.	insgesamt
IPC	International Patent Classification
IRL	Republik Irland
ISI	siehe Fraunhofer ISI
ISL	Island
ITA	Italien
JD	Jahresdurchschnitt
JPN	Japan
JRC	Joint Research Centre der Europäischen Kommission
k.A.	Keine Angaben
KOR	Republik Korea
MEX	Mexiko
MI	Mission Innovation
Mio.	Million
MPI	Metallpreisindex
Mrd.	Milliarde
MSR	Messen, Steuern, Regeln
NED	Niederlande
NIW	Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.
NOR	Norwegen
NSF	National Science Foundation
NZL	Neuseeland
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
o. J.	ohne Jahr
PATSTAT	weltweite Datenbank des EPA
PCT	Patent Cooperation Treaty
POL	Polen
POR	Portugal
PV	Photovoltaik
R&D	Research and Development
RD&D	research, development, and demonstration
REN21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
RPA	Relativer Patentanteil (Spezialisierungsmaß)
s.	siehe
s. o.	Siehe oben
s. u.	siehe unten
SET-Plan	European Strategic Energie Technology Plan

SUI	Schweiz
SVK	Slowakische Republik
SWE	Schweden
Tab.	Tabelle
Tech.	Technologien
Tsd.	Tausend
u. ä.	und ähnliche
u. a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UFORDAT	Datenbank des Umweltbundesamtes zu Forschungsvorhaben im Bereich Umweltschutz
US	United States
USA	United States of America
v. a.	vor allem
vgl.	vergleiche
WfU I	Projekt „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz I“, s. Gehrke et al. 2015
WfU II	Projekt „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz II“, vorliegende Studie
WGL	Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz
WIPO	World Intellectual Property Organisation
z. B.	zum Beispiel
z. T.	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. Die Arbeiten des NIW werden beginnend mit den hier vorgelegten Analysen am Center für Wirtschaftspolitische Studien (CWS) des Instituts für Wirtschaftspolitik der Leibniz Universität Hannover unter Leitung der langjährig erfahrenen Bearbeiter fortgesetzt.

In diesem Bericht werden Indikatoren zur Messung der technologischen Leistungsfähigkeit oder Innovationsfähigkeit der Umweltwirtschaft präsentiert, die sich auf die Ressourcen für den Forschungsprozess (FuE-Ausgaben) sowie die Ergebnisse des Forschungsprozesses (Innovationen und Patente) beziehen.

Staatliche FuE-Ausgaben 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 (s.u.). Deshalb beruhen die Analysen im internationalen Vergleich im Wesentlichen auf staatlichen Ausgaben für FuE in den getrennt ausgewiesenen Programmbereichen Umweltschutz und Energieversorgung. Damit lässt sich zumindest das Gewicht abschätzen, das diesen technologiepolitischen Zielen innerhalb der gesamten Mittelverwendung zukommt.

2014 betragen die staatlichen FuE-Aufwendungen der OECD-Länder für den Umweltschutz knapp 5,5 Mrd. US-\$ und fielen damit etwas niedriger aus als 2013 (5,7 Mrd.). Die bisher vorliegenden Länderinformationen für 2015 lassen aber darauf schließen, dass die Umweltschutzausgaben in diesem Jahr wieder überdurchschnittlich stark ausgeweitet worden sind.

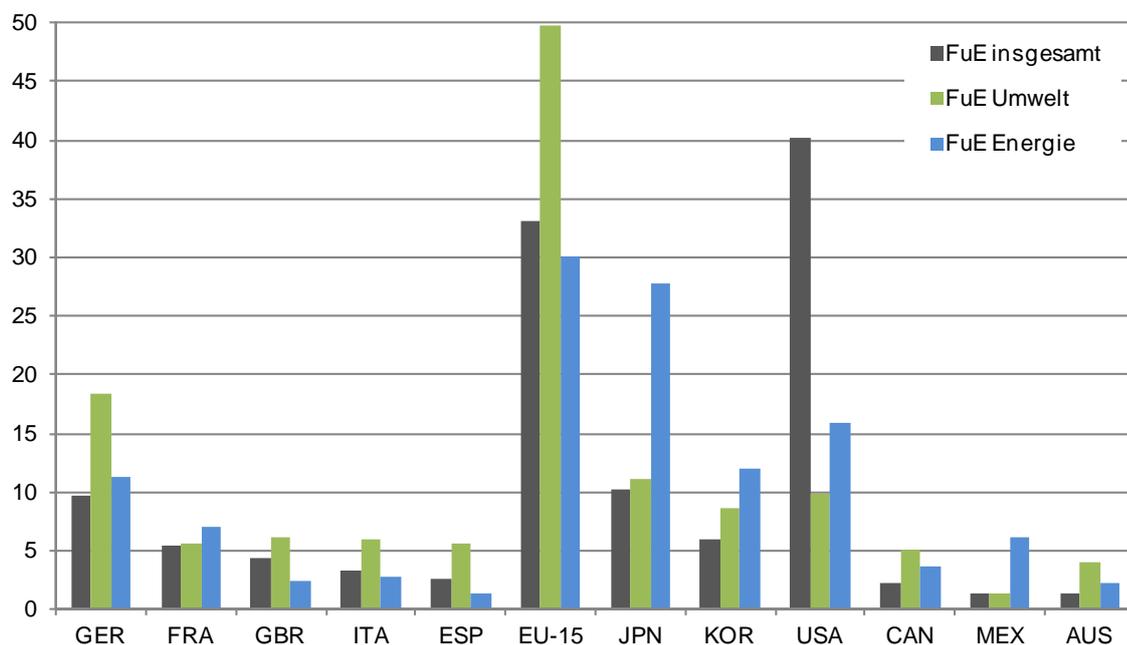
Innerhalb der EU-15 wird das Umweltschutzziel im Rahmen der staatlichen FuE-Budgets mit 2,6 % (2014) noch immer etwas höher gewichtet als im OECD-Durchschnitt (2,1 %), wenngleich andere Industrieländer im Zeitablauf deutlich aufgeholt haben. Dabei hat sich der spezifische Mitteleinsatz für physische Umweltschutzforschung von 2010 bis 2014 infolge einer zunehmenden Gewichtsverschiebung zugunsten von Energieforschung absolut und relativ rückläufig entwickelt. Für 2015 ist jedoch auch für die EU-15 wieder von einer merklichen Steigerung des physischen Umweltschutzanteils auszugehen, weil Länder wie Frankreich, Österreich und Dänemark ihre Forschungsausgaben aktuell deutlich erhöht haben.

In Deutschland ist der Anteil der staatlichen Forschungsausgaben für Umweltschutzprojekte 2014/2015 mit 3,2 % höher als im EU-15 Durchschnitt. Zudem weist er schon seit 2012 trendmäßig wieder nach oben, wenngleich sich die Förderprioritäten seit Mitte des letzten Jahrzehnts auch hier deutlich in Richtung Energieforschung verschoben haben (2005: 3 %, 2015: 5 %). Bezogen auf das Umweltschutzziel erreichen 2014 innerhalb der EU-15 nur Spanien und Portugal höhere Anteile als Deutschland. Demgegenüber werden vor allem in den USA (0,8 %), aber auch in Japan (2,0 %) relativ

gesehen deutlich weniger staatliche FuE-Mittel für Umweltforschung bereitgestellt als in Deutschland oder auch den EU-15 insgesamt.

In Abbildung Z 1, in dem die Anteile einzelner Länder an den OECD-weiten Forschungsbudgets dargestellt sind, wird diese unterschiedliche Prioritätensetzung nochmals besonders deutlich. Auf Deutschland entfielen 2014 gut 18 % der staatlichen Ausgaben aller OECD-Länder für den Umweltschutz, deutlich mehr als bei den Ausgaben für alle FuE-Programme (rund 10 %) oder den Ausgaben für Energieforschung (gut 11 %). Auch die EU-15 erreicht bei den Umweltschutzausgaben einen überdurchschnittlich hohen Anteil (50 %), fällt beim Mitteleinsatz für Energieforschung (30%) aber etwas hinter den Durchschnitt über alle FuE-Programme (33%) zurück.

Abbildung Z 1: Anteil ausgewählter Länder an den staatlichen FuE-Budgets aller OECD-Länder 2014 in %: Umwelt, Energie und insgesamt



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

Umgekehrt wird in den USA und Japan Energieforschung innerhalb der staatlichen FuE-Budgets deutlich höher gewichtet als Forschung für die physische Umwelt. In den USA genießen aber beide Förderbereiche vergleichsweise geringe Priorität. Demgegenüber setzt Japan traditionell einen herausragenden Schwerpunkt im Bereich Energieforschung. Dieser hängt mit dem noch immer hohen Mitteleinsatz für Nuklearforschung zusammen, wenngleich auch hier seit einigen Jahren mehr staatliche Forschungsmittel für erneuerbare Energien und Energieeffizienz verausgabt werden.

Öffentliche Förderung von FuE und Demonstrationsprojekten nach Energieträgern und -technologien

Vertiefende Erhebungen der Internationalen Energieagentur (IEA) zu den öffentlichen Haushaltsansätzen für Forschung und Entwicklung sowie für Demonstrationsprojekte (RD&D) im Energiebereich ermöglichen einen differenzierteren Blick auf die Ausgabenverteilung zwischen verschiedenen Energieträgern und -technologien.

Insgesamt zeigen sich seit Anfang des neuen Jahrhunderts in allen hochentwickelten Ländern deutliche Verschiebungen zugunsten nachhaltiger, ressourcenschonender Technologien (erneuerbare Energien, Energieeffizienz, Wasserstoff- und Brennstoffzellen, Sonstige Stromerzeugungs- und Speicher-

technologien, Querschnittsthemen) und zulasten von Kernenergie und fossilen Energieträgern. In Deutschland entfallen mittlerweile (2014) über 70 % der Mittel auf zukunftsorientierte Energietechnologien, in den übrigen EU-15 sind es rund zwei Drittel, in den USA sogar fast 80 %, in Japan hingegen erst gut 40 %.

Setzt man die budgetierten Mittel in Relation zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) wird die höhere Gewichtung zukunftsorientierter Energietechnologien in der öffentlichen Forschungsförderung besonders deutlich. In allen ausgewiesenen Ländern sind diese Quoten vor allem bedingt durch Ausweitungen bei Erneuerbaren Energien und im Bereich Energieeffizienz vielfach klar gestiegen. Auch für Deutschland ist von 2000 bis 2014 eine Vervierfachung (von 0,05 ‰ auf 0,20 ‰) zu verzeichnen. Dennoch fällt die deutsche Quote im Vergleich zu den meisten anderen Ländern relativ niedrig aus. Nicht nur in den nordischen Ländern, in denen gerade Energie aus erneuerbaren Trägern aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten schon seit langem eine herausragende Bedeutung hat, sondern auch in Österreich, der Schweiz, Japan, Korea und den USA liegen die Quoten teils deutlich höher.

Innerhalb des Bereichs der erneuerbaren Energien sind in längerer Frist bei globaler Mittelausweitung strukturelle Verschiebungen zwischen den Energieträgern zu beobachten. Das Gewicht des Solarbereichs, der im Jahr 2000 noch in allen Regionen dominierte, hat sich überall rückläufig entwickelt, stellt in Deutschland mit 26 % (2014) aber immer noch den größten Anteil im Vergleich zu anderen Energieträgern. Die Budgets sind insgesamt breiter gestreut. Vor allem Biokraftstoffe bzw. Biobrennstoffe haben in allen betrachteten Regionen, darunter vor allem den USA, strukturell hinzugewonnen, in Japan zudem die Windenergie, in den übrigen EU-15 die Meeresenergie und in Deutschland geothermische Energie.

Die Forschungsbudgets zur Verbesserung von Energieeffizienz sind in Deutschland vergleichsweise stärker auf den Gebäudebereich ausgerichtet, in den übrigen EU-15 und den USA auf den Verkehrssektor und in Japan auf die Industrie.

Öffentlich geförderte Umweltforschung in Deutschland

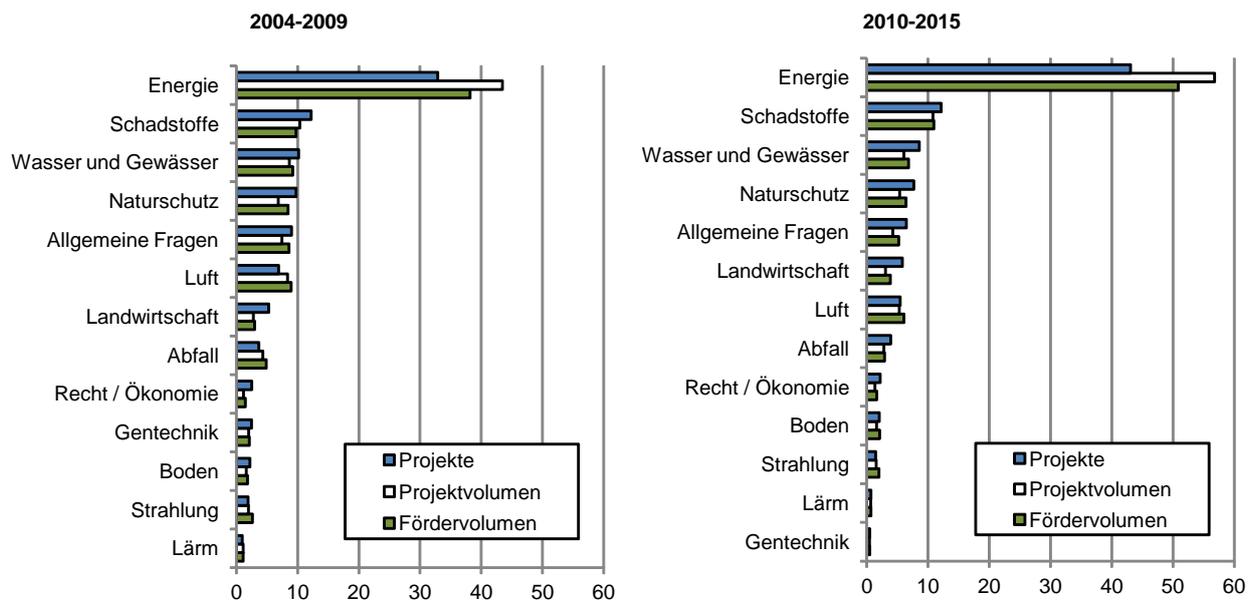
Für Deutschland lässt sich die Forschungsförderung im Umweltbereich (inkl. Energie) mit Hilfe der Umweltforschungsdatenbank (UFORDAT) des Umweltbundesamtes (UBA) sehr viel differenzierter analysieren, als dies im internationalen Vergleich möglich ist. Für die vorliegende Untersuchung wurden die seit 2004 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 2004 bis einschließlich 2015 (Recherche Oktober 2016) rund 42.700 umweltbezogene Forschungsvorhaben begonnen worden. Für fast 33.000 Vorhaben liegen Angaben zum Projektvolumen vor, 31.600 haben eine Förderung enthalten. Im Jahr 2012 war parallel zur deutlichen Ausweitung der staatlichen FuE-Budgets für Umwelt und Energie die bis dato höchste Zahl an begonnenen Forschungsvorhaben wie auch an Projekt- und Fördervolumen zu verzeichnen; 2013/14 haben sich alle drei Kennzahlen rückläufig entwickelt, zeigen 2015 aber wieder deutlich nach oben.

Differenziert nach Umweltbereichen bestätigt sich auch hier 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 33 % (2004 bis 2009) auf 43 % (2010 bis 2015), beim Projektvolumen von 43 % auf 57 % und beim Fördervolumen von 38 % auf 51 % gestiegen. Mehr als 60 % aller Energieforschungsvorhaben befassen sich mit energiesparenden und rohstoffschonenden Technologien und Maßnahmen. 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 Bedeutung verlieren, fortgesetzt. Seit 2010 gilt dies darüber hinaus für Forschung im Bereich Gentechnik. Hingegen sind Forschungsvorhaben zu vorsorgenden, emissionsmindernden und -vermeidenden Fragen (vor allem Klimaschutz und Ressourcenschonung, Schadstoffminderung, mit geringerem Gewicht auch Landwirtschaft) sowie Umweltrecht/-ökonomie immer stärker in den Vordergrund getreten.

Abbildung Z 2: Schwerpunkte in der Umweltforschung in Deutschland – Anteil der Umweltbereiche an den Forschungsvorhaben 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 in %



Anmerkung: absteigend sortiert nach der Entwicklung der Zahl der Projekte.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

Die durchschnittliche Förderquote, d.h. die Relation aus Fördervolumen und Projektvolumen, ist im Themenfeld Energie mit gut 60 % mit Abstand am niedrigsten. Die höchsten Quoten von 80 % ergeben sich für die Bereiche Boden, Strahlung, Landwirtschaft, bei übergreifenden umweltrelevanten Themen (Allgemeine Fragen, Umweltrecht/-ökonomie) und für Natur- und Landschaftsschutz. Insgesamt betrachtet, ist das Fördervolumen etwas weniger stark ausgeweitet worden als das Projektvolumen: Die durchschnittliche Förderquote sank von fast 73 % (2004 bis 2009) auf gut 70 % (2010 bis 2015). Im Hinblick auf einzelne Themenfelder stellt sich die Situation jedoch unterschiedlich dar. Rückläufige Förderquoten verzeichnen Strahlung, Umweltrecht/-ökonomie, Natur- und Landschaftsschutz sowie insbesondere Abfall. In den anderen Themenfeldern ist die staatliche Förderung weiter ausgeweitet worden bzw. im Energiebereich annähernd unverändert geblieben.

Während in beiden Untersuchungsperioden rund die Hälfte der Projekte und rund 44 % des Fördervolumens auf die Wirtschaft entfallen sind, ist deren Anteil am Projektvolumen im Periodenvergleich von 54 % auf fast 58 % gestiegen. Dies zeigt, dass auch umfangreichere, umweltrelevante Forschungsvorhaben immer stärker in privaten Unternehmen stattfinden, vielfach in Kooperation mit öffentlichen Forschungseinrichtungen. Innerhalb der Gruppe der reinen Forschungseinrichtungen liegen Hochschulen mit fast 30 % der Forschungsvorhaben (2010 bis 2015) an der Spitze. Mit deutlichem Abstand folgen Institute der Fraunhofer-Gesellschaft (6,3 %) und Helmholtz Gemeinschaft (5,9 %) vor Instituten der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz und Bundesbehörden/-anstalten mit jeweils annähernd 3 %.

Die dominierende Position von Hochschulen innerhalb der öffentlichen Forschungseinrichtungen hängt auch mit deren thematischer Breite zusammen. Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen setzen eher Schwerpunkte auf einzelne Themenfelder innerhalb der Umweltforschung.

Zwar konnten Hochschulen im Hinblick auf das Fördervolumen im Periodenvergleich signifikante Strukturanteile hinzugewinnen. Dennoch fällt die Lücke zwischen Hochschulen und anderen öffentlichen Forschungseinrichtungen bezogen auf die Anteile an den Projekt- und Fördermitteln zumeist weniger deutlich aus als bei der Zahl der Projekte. Insbesondere die in Instituten der Helmholtz- und Fraunhofer Gemeinschaft 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 aus allgemeinen Hochschulmitteln finanziert.

Einzig bezogen auf die Wirtschaft ist der Anteil an den Fördermitteln deutlich niedriger als der Projektmittelanteil; zudem hat diese Differenz im Vergleich zur Vorperiode weiter zugenommen. 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.

Der weit überwiegende Teil der Fördermittel für Umweltforschung kommt traditionell vom Bund, der seine führende Position in den letzten Jahren nochmals deutlich ausgebaut hat: 2010 bis 2015 entfielen fast 93 % der Fördermittel auf den Bund, 2004 bis 2009 waren es erst gut drei Viertel. Teils ist dieser Effekt aber auch Erfassungslücken in der Datenbank geschuldet: Während die von Bundesministerien geförderten Projekte automatisch und vollständig erfasst werden, müssen Projekte anderer finanzierender Institutionen (z.B. DBU, DFG, aber auch EU) vielfach aufwendig (nach-)recherchiert werden, so dass sie insgesamt etwas unterschätzt sein dürften.

Größter Mittelgeber innerhalb der Bundesförderung ist das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2010 bis 2015: 43 %). Jedoch haben andere Bundesministerien, insbesondere das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), aber auch, von niedrigem Niveau aus startend, das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sowie das Ministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ihre Projektförderung 2010 bis 2015 noch stärker ausgeweitet als das BMBF und damit überdurchschnittlich zur Verdoppelung der Bundesfördermittel gegenüber 2004 bis 2009 beigetragen.

Ausgewählte Ergebnisse zu FuE und Innovationen seitens der Wirtschaft

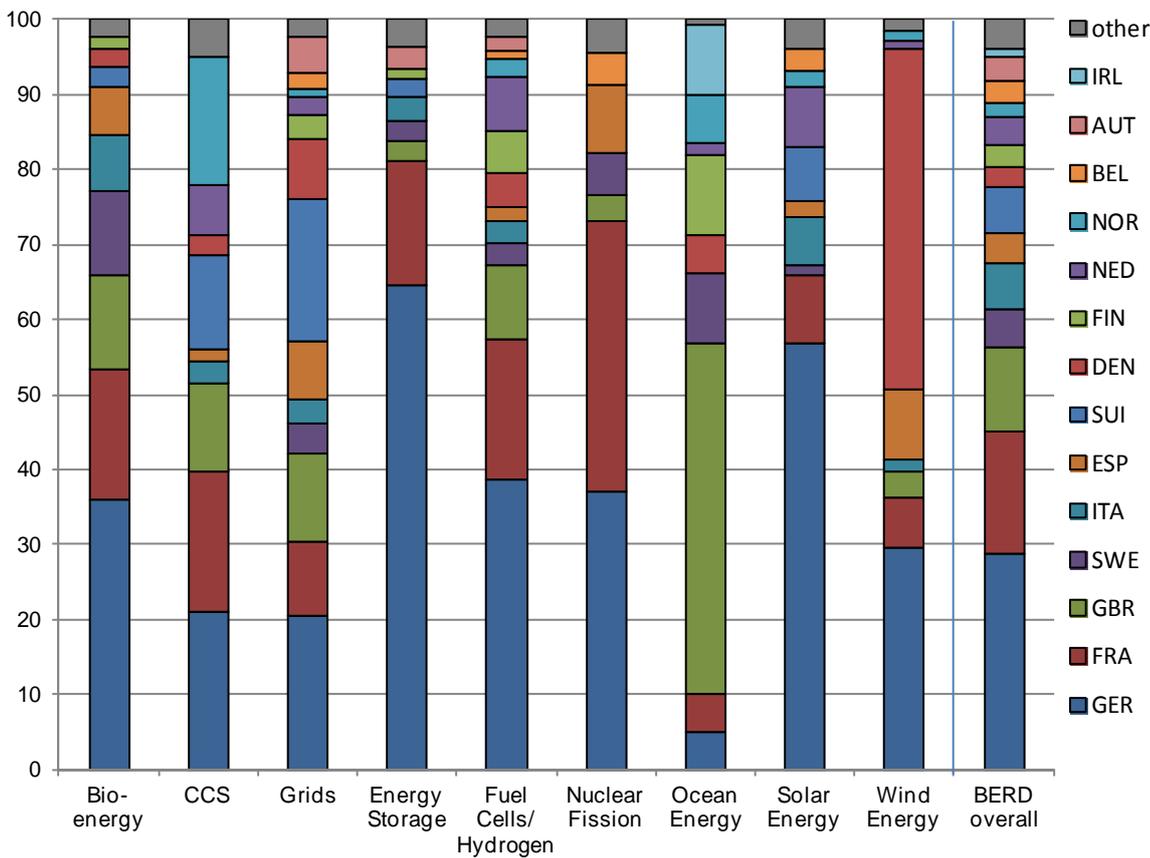
Bloomberg New Finance veröffentlicht seit 2007 jährlich eigene Schätzungen zu den globalen FuE-Aufwendungen für erneuerbare Energien von Staat und Unternehmen nach Weltregionen und beruft sich dabei vor allem auf Geschäftsberichte großer, multinational agierender Unternehmen. Danach liegt Europa bei den FuE-Aufwendungen der Wirtschaft mit rund 1,7 Mrd. US-\$ noch immer klar an der Spitze vor China und den USA mit jeweils rund 1 Mrd. (2015).

Für die Mitgliedsländer der EU-28, Norwegen und die Schweiz werden von EU-eigenen Forschungszentren seit 2009 regelmäßig Schätzungen zu den öffentlichen und privaten FuE-Aufwendungen in ausgewählten Energietechnologien, zuletzt für das Bezugsjahr 2011, vorgenommen. Der Vergleich mit den jeweiligen Anteilen an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft (BERD insg., vgl. Abbildung Z 3) zeigt, dass deutsche Unternehmen vor allem in den Bereichen Solarenergie und Energiespeicherung herausragend hohe Anteile an den gesamten Forschungsaufwendungen erzielen. Aber auch in den Forschungsfeldern Kernspaltung, Brennstoff- und Wasserstoffzellen sowie Bio-

energie fallen die deutschen Anteile überdurchschnittlich aus. Als problematisch kann die vergleichsweise schwache deutsche Positionierung im Bereich Energietransport und -verteilung (grids) angesehen werden, weil gerade hier ein besonderer Engpass für die verstärkte, aber auch bezahlbare Nutzung erneuerbarer Energiequellen liegt, die für die Umsetzung der Energiewende in Deutschland unerlässlich ist.

In den USA wird seit 2008 in der amtlichen FuE-Erhebung der Wirtschaft auch erfragt, wie hoch die FuE-Ausgaben für Energiespar- oder Umweltschutzanwendungen sind. Die Erhebung für 2013 kommt zu dem Ergebnis, dass US-Unternehmen in diesem Jahr aus eigenen Mitteln rund 20 Mrd. US-\$ (7,6 % ihrer gesamten inländischen FuE-Ausgaben) für Energiesparanwendungen und rund 7,5 Mrd. US-\$ (2,8 %) für Umweltschutzzwecke aufgewendet haben. Hinzu kamen fast 5,3 Mrd. US-\$ aus externen Finanzierungsquellen, die vor allem im Umweltschutzbereich eine wichtige Rolle spielen. Mittelfristig lässt sich auch hier – analog zu den staatlichen FuE-Budgets - eine strukturelle Verschiebung zugunsten von Energiesparmaßnahmen beobachten.

Abbildung Z3: Anteile einzelner Länder an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in den EU-28, Norwegen und der Schweiz in ausgewählten Energietechnologien 2011



BERD: Business Expenditures on Research and Development

Quelle: Corsatea u.a. (2015), Eurostat. – Berechnungen des CWS.

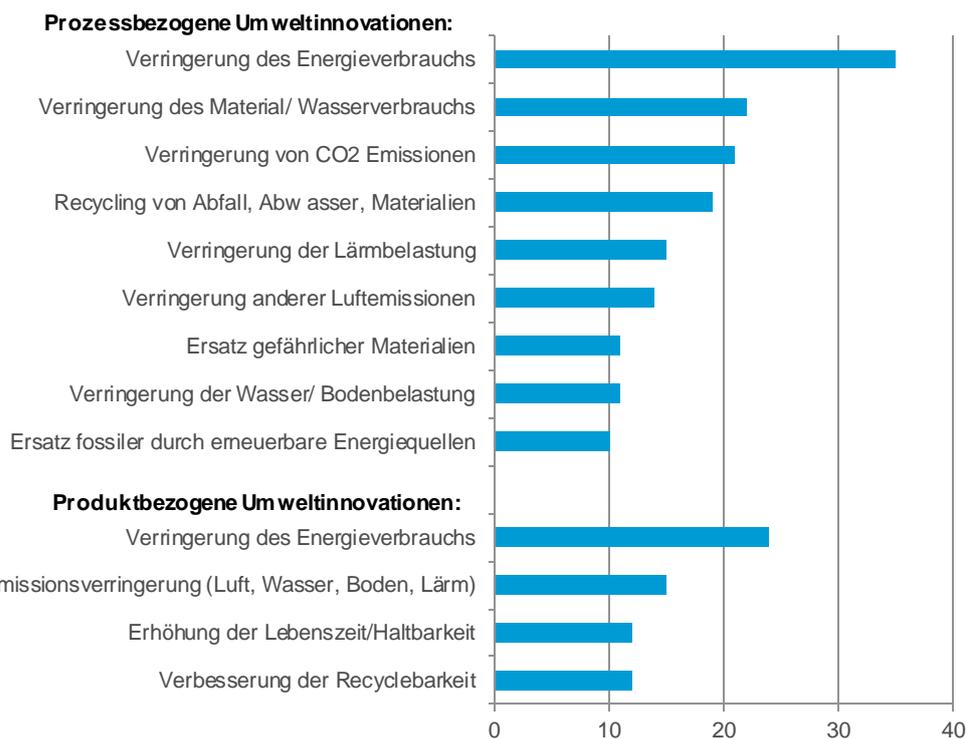
Für Europa wurde im Rahmen der Europäischen Innovationsbefragung (Community Innovation Survey: CIS) im Jahr 2015 zum zweiten Mal die Bedeutung von Umweltinnovationen für die Unternehmen erhoben. Bei Unternehmen mit produktbezogenen Innovationen, deren primäre Wirkung beim Kunden anfällt, handelt es sich zumindest im weiteren Sinne um Anbieter von Umweltschutzgütern und –

leistungen, weil die Verringerung der Umweltbelastung hier nicht primäres Innovationsziel sein muss, sondern auch als Nebeneffekt auftreten kann.

Bisher liegen lediglich die Ergebnisse der deutschen Befragung vor. Generell zeigt sich, dass Umweltinnovationen in einem stärkeren Maße als Innovationen allgemein auch in Kleinunternehmen vorkommen und eine Domäne der Industrie sind, weil vor allem dort energie- und materialintensive Prozesse mit möglichen negativen Wirkungen auf die Umwelt stattfinden. Zudem sind prozessbezogene Umweltinnovationen im Schnitt deutlich stärker verbreitet als produktbezogene Umweltinnovationen, wobei in beiden Fällen die Verringerung des Energieverbrauchs das dominierende Innovationsziel bildet (Abbildung Z 4).

Produktbezogene Umweltinnovationen machen mehr als die Hälfte des Gesamtumsatzes mit Produktneuheiten von Unternehmen aus, die im Zeitraum 2012 bis 2014 Produktinnovationen durchgeführt haben. Dies unterstreicht die hohe Bedeutung von umweltschutzbezogenen Innovationen für den Erfolg deutscher Unternehmen, gerade in der Elektro- und Elektronikindustrie sowie im Fahrzeugbau. Der Vergleich mit der Erhebung aus dem Jahr 2009 zeigt, dass energiespar- und klimaschutzbezogene Umweltinnovationen in Deutschland weiter an Gewicht gewonnen haben, sowohl im eigenen Unternehmen als auch in Bezug auf den Nutzen beim Kunden.

Abbildung Z 4: Arten von Umweltinnovationen in Deutschland 2012-2014



Nennungen als Anteil an allen Unternehmen in %.

Quelle: ZEW – Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2015. – Darstellung des CWS in Anlehnung an Rammer u.a. (2016, 110).

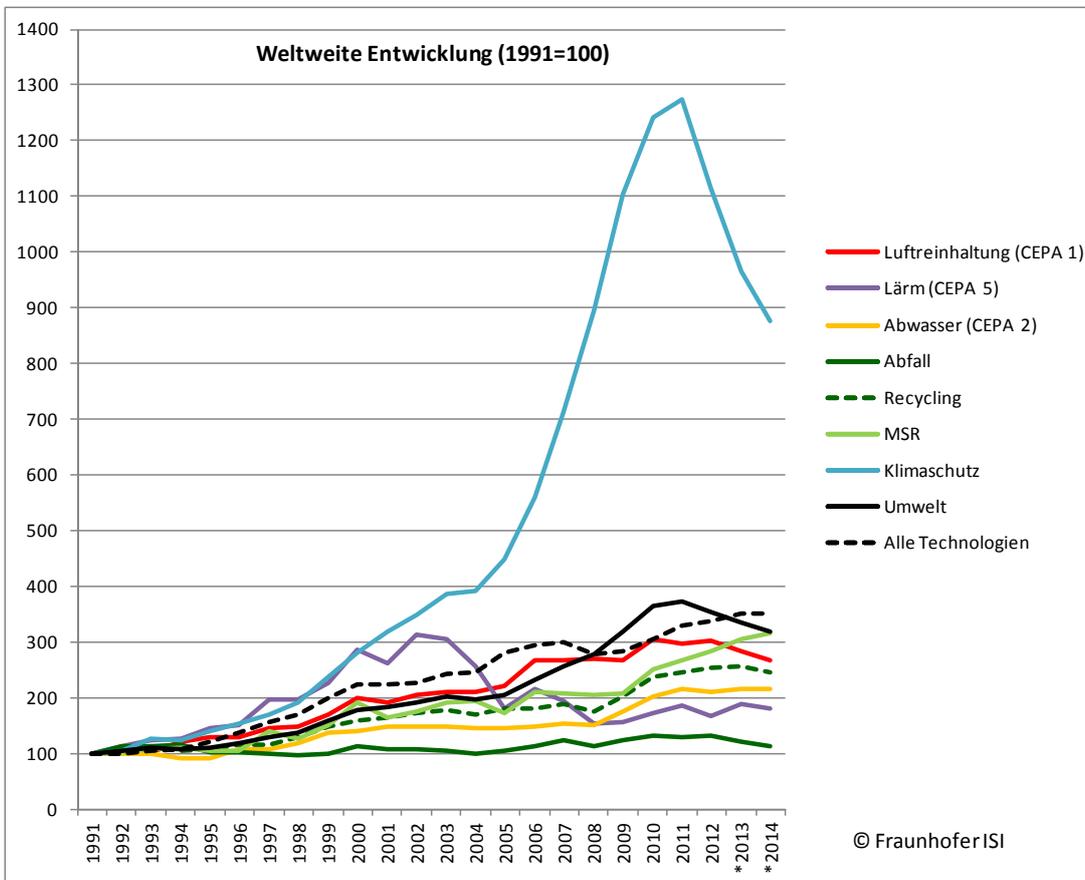
Patentindikatoren im Bereich Umweltschutz – Internationale Entwicklungen

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 Marktort-

entierung 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 andere Berichte aus der gleichen Projektfamilie werden auch hier die Bereiche Lärmschutz, Luftreinhaltung, Abwasser, Abfall, Recycling, Mess-/Steuer-/Regeltechnik (MSR) und Klimaschutz mit den Teilbereichen rationelle Energieverwendung, rationelle Energieumwandlung und erneuerbare Energien abgedeckt und unter dem Begriff „Umwelt“ gebündelt dargestellt. Als Neuerung in diesem Bericht wurde jedoch bei der Abgrenzung die Anschlussfähigkeit an die CEPA-/CReMA-Klassifikation hergestellt. Aus diesem Grund wurden zum einen Teilbereiche neu hinzugenommen – u.a. (Umwelt-) Sanierung (CEPA4) und Wassermanagement (CReMA 10). Zum anderen wurde der Bereich Recycling stärker differenziert, um das Management mineralischer Rohstoffe (CReMA 14) sowie die Minimierung der Aufnahme von Waldressourcen (CReMA 11B) und die Minimierung der Aufnahme fossiler Ressourcen als Rohstoff (CReMA 13C) getrennt betrachten zu können. Neu ist auch, dass umweltfreundliche Güter („adapted goods“) separat betrachtet werden. Dies sowie die Arbeiten des Europäischen Patentamtes zur Weiterentwicklung der Abgrenzung von Klimaschutztechnologien in einer neuen Patentklassifikation haben im Vergleich zur vorangegangenen Auflage dieses Berichts (vgl. Gehrke et al. 2015) umfangreiche methodische Anpassungen erforderlich gemacht.

Abbildung Z5: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen in Teilbereichen der Umwelttechnologien

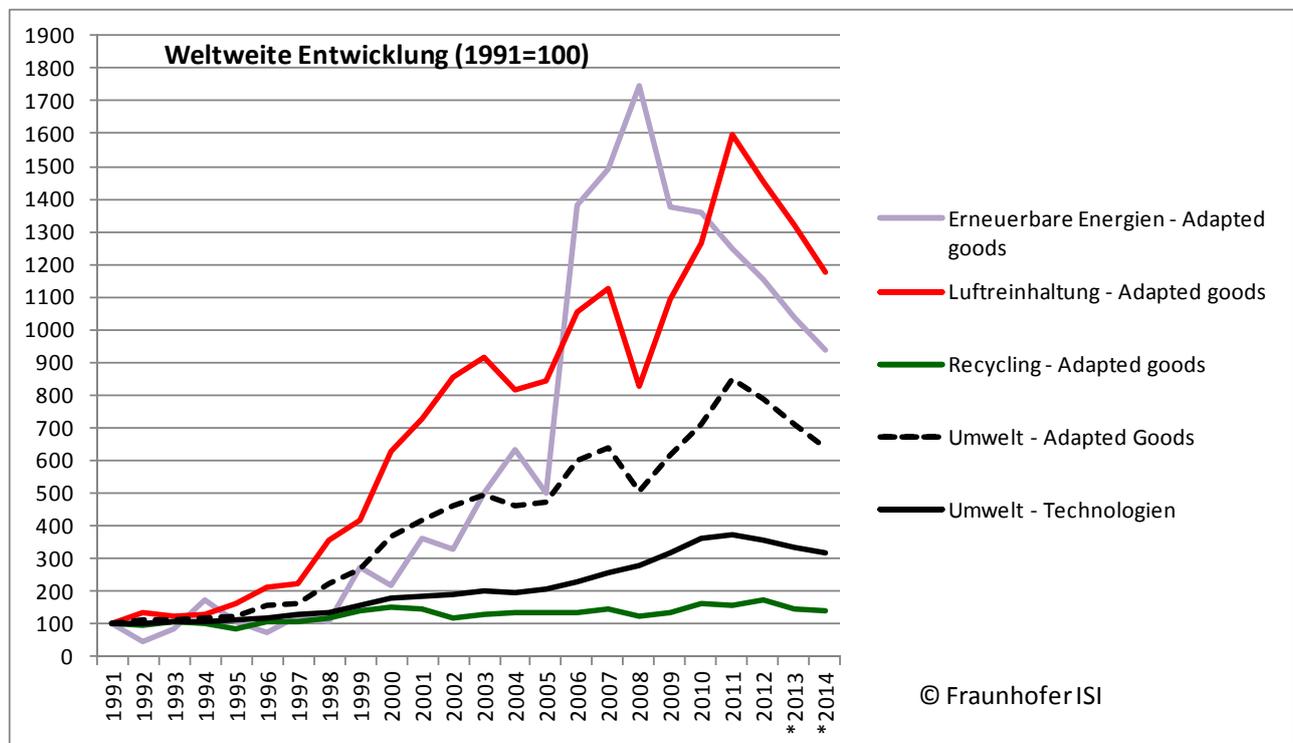


Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI, * Werte für Klimaschutz geschätzt

Betrachtet man die Ergebnisse zunächst auf globaler Ebene, hat sich die Dynamik der Umweltpatente weiter abgeschwächt und liegt aktuell leicht unter der allgemeinen technologischen Dynamik (vgl. Abbildung Z 5). Dieser Trend wird stark von den Entwicklungen im Bereich Klimaschutz, und dort insbesondere den erneuerbaren Energien getrieben. Diese haben einen zahlenmäßig großen Anteil an den Umwelttechnologiepatekten und verzeichnen nach den aktuellen Schätzungen weiterhin einen sehr deutlichen Abschwung der Zahl der jährlichen Patentanmeldungen. Den schwächsten Verlauf unter den Umwelttechnologien haben die Bereiche Sanierung (CEPA 4, nicht im Bild) und Abfall zu verzeichnen, deren Zahlen absolut rückläufig sind bzw. nahezu stagnieren. Dagegen bewegt sich das Feld Recycling deutlich dynamischer. Mit Abwasser findet sich ein weiterer „klassischer“ Umweltschutzbereich unter den drei Schlusslichtern bei Patentanmeldungen weltweit. Dagegen entwickeln sich die Wassermanagement-Technologien deutlich dynamischer.

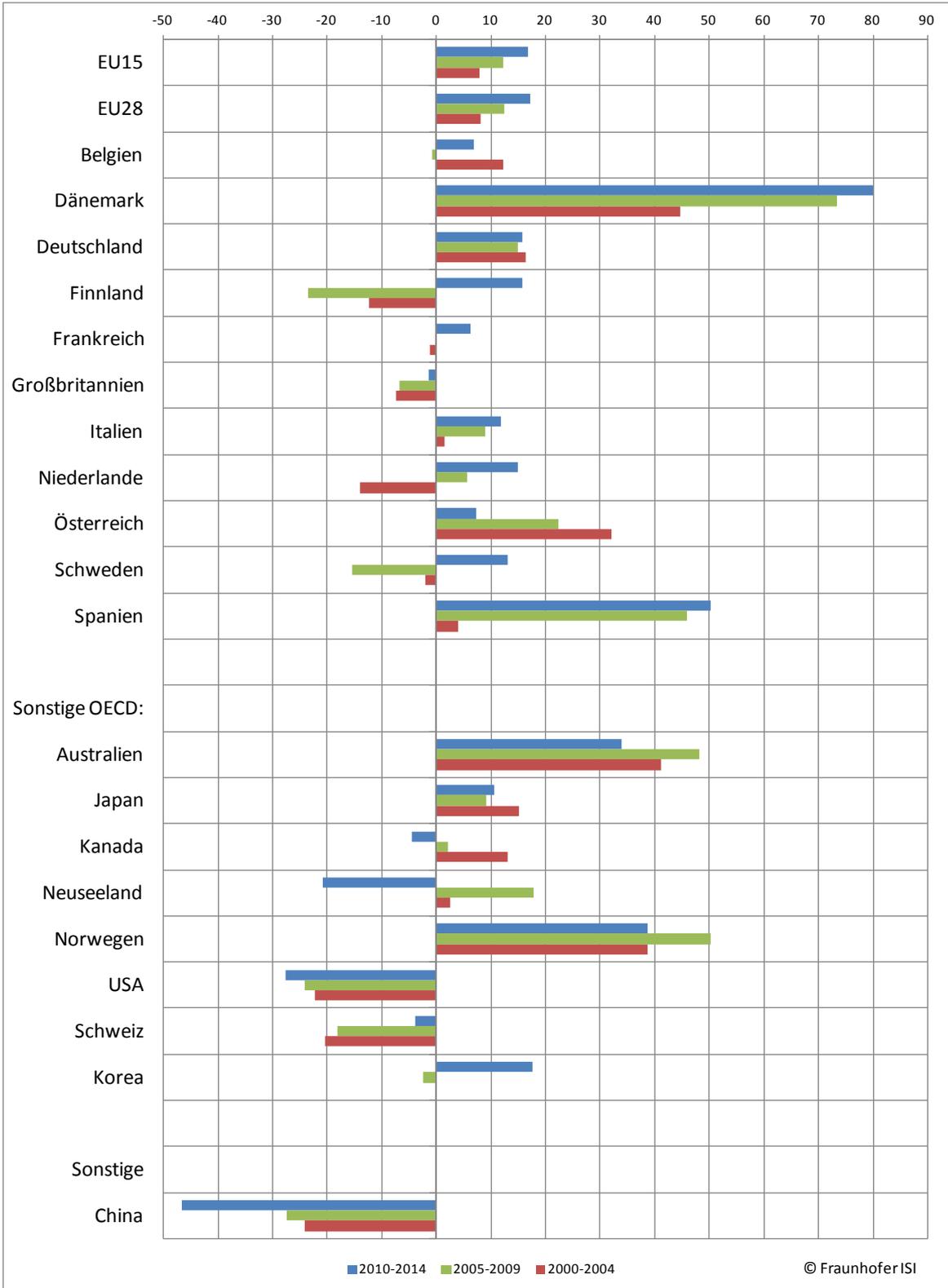
Verglichen mit den integrierten Umwelttechnologien fallen die umweltfreundlichen Güter („adapted goods“) zahlenmäßig weit weniger ins Gewicht und werden stark dominiert von Anmeldungen im Bereich Luftreinhaltung, d. h. den Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Die Zahl der Patentanmeldungen wächst bei umweltfreundlichen Gütern schneller als bei (integrierten) Umwelttechnologien (vgl. Abbildung Z 6), allerdings ist die Entwicklung im letzten 5-Jahres-Zeitraum rückläufig. Die Dynamik wird vor allem getrieben durch die umweltfreundlichen Güter im Bereich Luftreinhaltung, wo der Vorsprung gegenüber der Dynamik der (integrierten) Technologien besonders groß ist. Die Entwicklung bei den umweltfreundlichen Gütern im Bereich Recycling, also bei Produkten aus Sekundärrohstoffen, ist dagegen sehr verhalten mit stagnierenden Zahlen der Patentanmeldungen, die noch unter denen der integrierten Recyclingtechnologien liegen.

Abbildung Z 6: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für umweltfreundliche Güter („adapted goods“)



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI * Werte für Klimaschutz geschätzt

Abbildung Z 7: Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich Umwelttechnologien (RPA-Werte)



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Anhand der Patentanteile des letzten 5-Jahres-Zeitraums erkennt man aktuell bedeutende Technologieführer. Dieser Indikator spiegelt allerdings auch die Größe einer Volkswirtschaft wieder. So ist es nicht verwunderlich, dass die EU-28 und die USA durchgängig auf den vorderen Plätzen bei den Patentanteilen in allen Umweltbereichen liegen. Darüber hinaus ist Japan durchgängig gut vertreten und trotz seines deutlich geringeren ökonomischen Gewichts in vielen Feldern den USA überlegen. So verdeutlichen beispielsweise die Patentanteile im Bereich der umweltfreundlichen Güter für Luftreinhaltung Japans starke Stellung bei elektrischen Fahrzeugen.

Der Blick auf die Spezialisierungsmuster anhand des „Relativen Patentanteils“ (RPA) als Indikator zeigt, dass viele Länder leicht positive Werte für den RPA aufweisen, aber nur wenige davon eine ausgeprägte Spezialisierung der Wissensbasis (RPA über 20) auf Umwelttechnologien insgesamt (vgl. Abbildung Z 7). Dieses Bild ist über die Jahre sehr stabil. Innerhalb der EU-28 hat die Spezialisierung auf Umwelttechnologien über die Jahre leicht zugenommen und liegt jetzt geringfügig über den Werten von Deutschland. Mit deutlich positiven RPA-Werten stechen in Europa Länder wie Dänemark, Spanien und Norwegen hervor, die im Patentgeschehen insgesamt aber eine eher kleine Rolle spielen. Außerhalb Europas ist Australien ein weiteres Land mit starken stabilen positiven Spezialisierungsvorteilen.

Patentindikatoren im Bereich Umweltschutz – ein Gesamtbild für Deutschland

Tabelle Z 1 zeigt eine Zusammenschau der Patentindikatoren für Deutschland im aktuellen 5-Jahres-Zeitraum. Schaut man auf die Gesamtheit der Umwelttechnologien, gehen die Patentzahlen hier zwar deutlich stärker zurück als die Patentanmeldungen Deutschlands insgesamt. Dennoch liegt Deutschlands Patentanteil immer noch über seinem Anteil bei allen Technologien. Damit fällt auch das Spezialisierungsmaß für Deutschland positiv aus. Allerdings sind die Spezialisierungsvorteile in der Wissensbasis nicht sehr stark ausgeprägt – der RPA ist zwar positiv aber nicht sehr hoch. Der Wert war über die letzten 10 Jahre relativ stabil.

Positiv stechen die Umweltbereiche Luftreinhaltung und Lärmschutz hervor, ebenso wie der neu ausgewiesene Bereich der CReMA 14, der das Recycling von Metallen und Mineralstoffen sowie umweltfreundliche Güter aus diesem Bereich umfasst. Zwar sind auch in diesen drei Bereichen die Patentanmeldungen rückläufig, jedoch nicht so stark wie bei Umwelttechnologien insgesamt. Deutschlands Patentanteil ist überdurchschnittlich hoch und die Spezialisierungsvorteile in der Wissensbasis sind deutlich positiv ausgeprägt. Im Fall der CReMA 14 könnte man hier den positiven Einfluss der Forschungsförderung des BMBF im Bereich Ressourceneffizienz im Rahmen des FONARahmenprogramms vermuten.

Ähnlich positiv ist die Situation im Klimaschutz. Zwar gehen die Patentanmeldungen sehr viel stärker zurück als bei Umwelttechnologien insgesamt. Dies ist jedoch allein auf das negative Wachstum im Bereich der erneuerbaren Energien zurückzuführen. Dagegen entwickeln sich die Patentzahlen bei rationeller Energieverwendung überdurchschnittlich und im Bereich der rationellen Energieumwandlung sogar entgegen dem allgemeinen Trend deutlich positiv. Die Spezialisierungsvorteile Deutschlands sind in allen drei Teilbereichen des Klimaschutzes signifikant. Diese Einschätzung weicht von der vorherigen Auflage dieses Berichts ab (vgl. Gehrke et al. 2015). Dies ist auf die Entwicklungen am aktuellen Rand zurückzuführen (die allerdings noch gewissen Schätzunsicherheiten unterliegen). Außerdem spielt die Umstellung der Suchstrategie eine Rolle, die u.a. bei der rationellen Energieverwendung eine bessere Abgrenzung von anderen Technologien im Bauwesen bewirkt.

Tabelle Z 1: Zusammenfassung der Patentindikatorik für Deutschland

	Wachstumsrate (2010-2014)	Patentanteile (2010 – 2014)	RPA* (2010 – 2014)
Alle Technologien	-1,4 %	12,2 %	(nicht definiert)
Umwelt (alle Technologien)	-7,1 %	14,3 %	16
Luftreinhaltung	-4,3 %	16,6 %	30
Lärmschutz	-3,6 %	22,8 %	55
Abwasser (CEPA 2)	-2,2 %	11,5 %	-6
Wassermanagement (CReMA 10)	-6,0 %	9,2 %	-28
Sanierung (CEPA 4)	k.A.	7,4 %	-46
Abfallwirtschaft (CEPA 3)	0,4 %	12,1 %	-1
davon: Abfall	1,8 %	9,7 %	-23
davon: Recycling allgemein	-0,2 %	12,6 %	3
CReMA 13C	-6,9 %	14,1 %	15
CReMA 14	-6,9 %	18,5 %	39
Recycling (alle Technologien)	-1,8 %	14,4 %	16
MSR	-1,2 %	14,0 %	14
Klimaschutz (alle Technologien)	-12,9 %	15,9 %	26
davon: Rationelle Energieverwendung	-1,6 %	16,3 %	28
davon: Rationelle Energieumwandlung	8,3 %	16,0 %	26
davon: Erneuerbare Energien	-18,7 %	14,7 %	19
Adapted goods			
Umwelt (a.g.)**	2,2 %	16,4 %	29
davon Luftreinhaltung (a.g.)	2,6 %	18,0 %	37
davon Recycling (a.g.)	-7,7 %	10,3 %	-17
davon Erneuerbare Energien (a.g.)	k.A.	6,8 %	-53

Anmerkung: grün = über dem Durchschnitt aller Umwelttechnologien, rot = unter dem Durchschnitt aller Umwelttechnologien

*RPA = Relativer Patentanteil, Wertebereich -100 bis +100; Positive Werte bedeuten positive Spezialisierung

**a.g. = adapted goods (umweltfreundliche Güter)

Quelle: Darstellung des Fraunhofer ISI.

Bei den in diesem Bericht erstmalig separat ausgewiesenen umweltfreundlichen Gütern („adapted goods“) ist die Position Deutschlands insgesamt im Vergleich zu Umwelttechnologien überdurchschnittlich gut. Die Werte werden dominiert von den umweltfreundlichen Gütern im Bereich Luftreinhaltung, d.h. den Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Andere Bereiche der umweltfreundlichen Güter schneiden weniger gut ab. Insbesondere fallen die Patentanmeldungen für umweltfreundliche Güter im Bereich Recycling, also vor allem für aus Sekundärrohstoffen hergestellte Produkte, deutlich hinter den Durchschnitt aller Umwelttechnologien zurück und haben vor allem eine deutlich schlechtere Performanz als Recyclingtechnologien. Dies wirft Fragen auf, in wie weit auf Dauer ein attraktiver Absatzmarkt für Recyclate – also die Produkte des Recyclingsektors – zu erwarten ist. Der ansteigende Trend im RPA dieses Umweltbereichs weist hier immerhin in die richtige Richtung.

Summary

The Federal Environment 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. From now on, the NIW work will be continued at the Center for Economic Policy Studies (Center für Wirtschaftspolitische Studien CWS) at the Institute of Economic Policy, Leibniz Universität Hannover, under the lead of the experienced staff members.

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 the 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) (see below). Therefore, the analyses on R&D in international comparison mainly consider public spending, aiming 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 2014, the OECD countries’ public spending for R&D in the field of environmental protection reached 5.5 billion US-\$ and therefore turned out to be a bit lower than in 2013 (5.7 billion). However, the so far available country-specific information for the year 2015 indicates that the expenditures have been increased again (and at an above-average rate) this year.

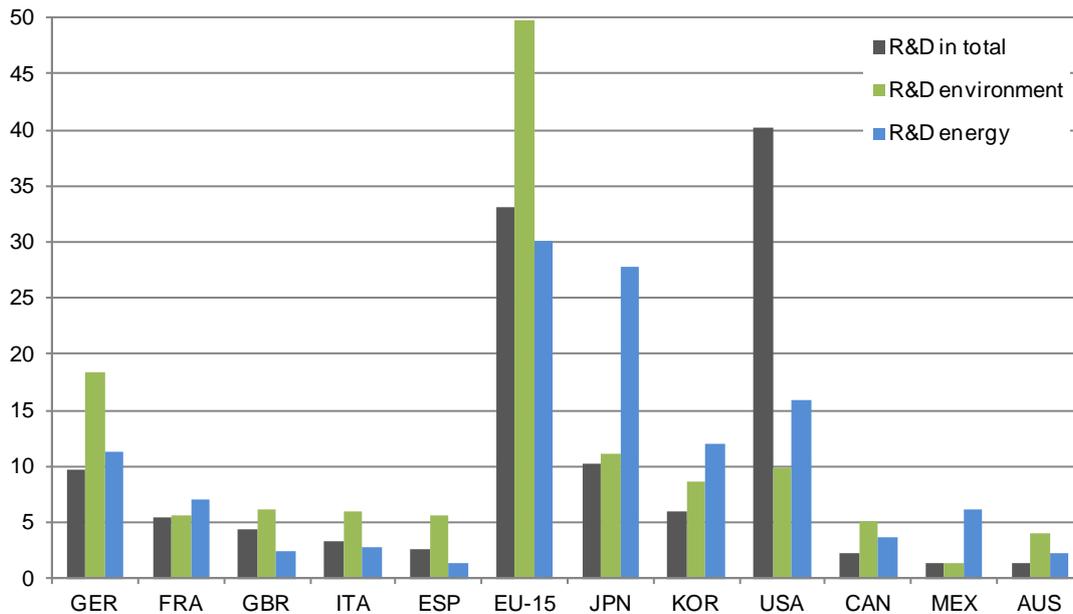
Compared with the OECD average (2.1 %), the EU-15 is still attaching higher value to environmental protection in its public R&D budgets (2.6%). Yet, other industrial countries have been clearly catching up. Within the EU-15, the specific research funds spend on physical environmental protection decreased from 2010 to 2014. This is due to an absolute and relative increase in priority towards energy research. Yet, it is very likely that there will again be a significant rise in the importance of physical environment protection in the EU in 2015, because countries like France, Austria and Denmark have currently extended their respective research expenditures.

In Germany, the share of public research expenditures for environmental protection projects was higher (3.2%) than the EU-15 average in 2014/2015. Moreover, there can be seen a positive trend again since 2012 although a clear shift towards energy research can also be witnessed here since the middle of the last decade (2005: 3%; 2015: 5%). With respect to the environmental protection goal, only Spain and Portugal realize higher shares than Germany within the EU-15. In contrast, especially in the US (0.8%) and also in Japan (2.0%) notably fewer public R&D funds 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 the different priorities in publically financed environmental research. In

2014, Germany accounted for about 18% of the public expenditures of all OECD-countries for environmental protection. Regarding its total R&D expenses (10%) as well as its expenditures for energy research (roughly 11%), the shares are considerably smaller. The EU-15 also gains an over-average share with respect to environmental protection (almost 50%). This is a lot compared to their share in total OECD-wide R&D expenditures (33%) and particularly to their share in public energy research (30%) that is even lower.

Figure Z 1: Shares of selected countries in total public R&D budgets of all OECD countries in 2014 in %: environment, energy and total



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

By contrast, 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. But as the US still attributes merely below-average priority to both specific research goals, Japan makes a traditionally high contribution to the OECD budgets for energy research. This can be explained with the continuously large-scale use of resources for nuclear research, even though also here can be seen an increase in public R&D funds spend on renewable energy and energy efficiency.

Public funding of R&D and demonstrating projects according to energy sources and technologies

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 sector provide a differentiated view on how the funds are allocated between different 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, these future-oriented energy technologies accounted for over 70 % of financial resources in 2014 while in the remaining EU-15 they made up around two third. The US even spend 80 % of their public funding on renewable energies and projects whereas Japan only roughly 40 %.

If these funds are set into relation with the gross domestic product (GDP) it becomes particularly apparent that future-oriented energy technologies now have a higher weight in public research funding. In all observed countries these quotes increased significantly mainly due to a rise in the domains of renewable energy and energy efficiency. In Germany, this quote quadruplicated from 0.05 ‰ in 2000 to 0.2 ‰ in 2014. Nevertheless, it is relatively low compared with most of the other countries. Not only the Nordic countries benefitting from their natural environmental advantages for energy from renewable sources, but also Austria, Switzerland, Japan, Korea and the US partly exhibit significantly higher quotes.

The long-term expansion of the global RD&D budgets for renewable energies has been connected with structural shifts between different energy sources. The share of solar energy, which was the dominant domain in all regions in 2000, has now declined everywhere. Yet in Germany, solar energy still constitutes the biggest share compared to other energy sources with a rate of 26 % (2014). Overall, the budgets are more widely diversified over the different sources than before. In particular bio-fuels had structurally gained weight in all observed regions, especially in the US. In Japan there is also an increase in the share of wind energy, in Germany for geothermal energy, and in the remaining EU-15 for ocean energy. The research budgets for the improvement of energy efficiency set different priorities in country comparison. Whereas in Germany, those expenditures are mainly aimed at the building sector, the remaining EU-15 and the US set priorities in the transport sector and Japan in the industry sector.

Publically 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 Environment Agency (UBA). For the present study, the research projects that have been started and carried out in Germany since 2004 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.).

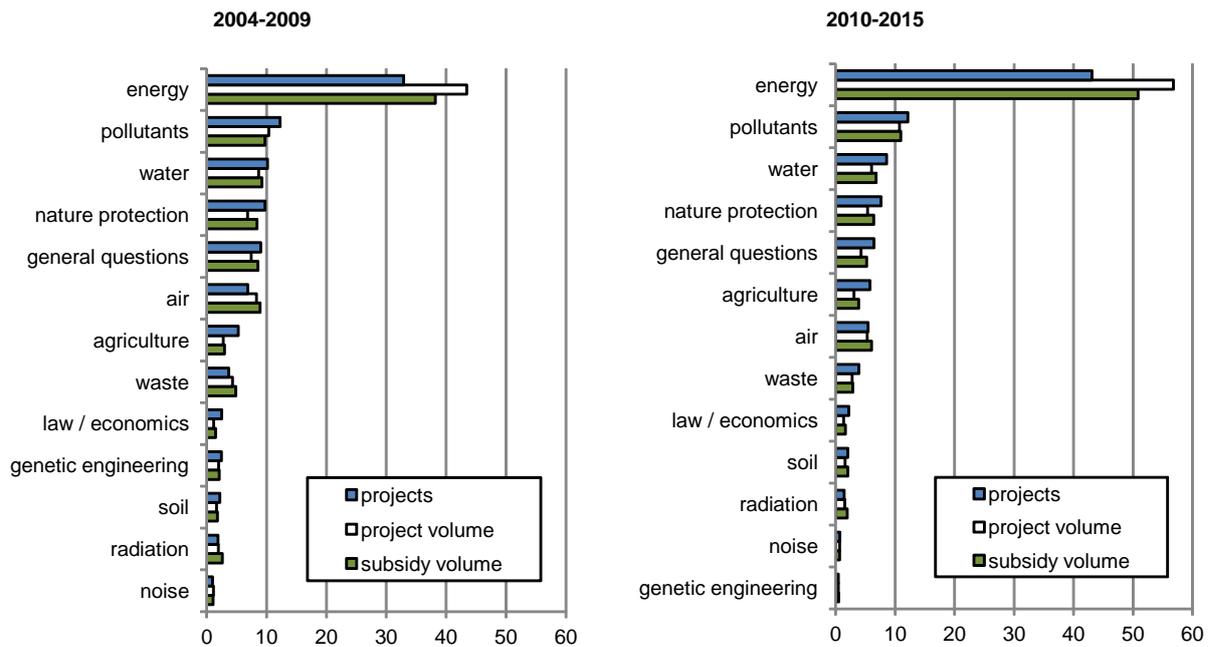
In sum, nearly 42,700 environment-related research projects were started in Germany from the year 2004 through 2015 (effective October 2016). Reports on project volumes are available for nearly 33,000 projects, 31,600 have been subsidized. Simultaneously to the increase in the public R&D budget for environmental and energetic issues in 2012, the number of newly started projects reached its so far highest value. This also holds for project and subsidy volumes. In 2013/2014 all three measures decreased but showed an increasing trend again in 2015.

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 33 % (2004 till 2009) to 43 % (2010 till 2015), with respect to project volume from 43 % to 57 %, and in terms of subsidy volume from 38 % to 51 %. 60 % of all projects in energy research deal with energy-saving or raw material-saving technologies and methods. 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. Since 2010 this also holds true for research in the domain of genetic engineering. On the contrary, research projects concerning preventive, emission-reducing and -avoiding questions (particularly climate protection and resource efficiency, pollution reduction, with less importance also agriculture) and general questions referring to environmental law/economics come to the fore more and more strongly.

In view of the average subsidy ratio, i.e. 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 60 %. The highest ratios of 80 % are reached in the fields of radiation, soil, agriculture, na-

ture and landscape protection, 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 73 % (2004 till 2009) to about 70 % (2010 till 2015). Regarding individual thematic fields, the situation looks different. Radiation, environmental law/economics, nature and landscape protection, and especially waste exhibit falling subsidy ratios. By contrast, public subsidies have been further expanded or kept at nearly the same level (energy) in the other domains.

Figure Z 2: Focal points in environmental research in Germany – shares of environmental domains in research projects between 2000 and 2009 and between 2010 and 2015 in %



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

Almost half of all projects in both observation periods are realized by industry with a constant subsidy volume of 44 %. Thereby, the respective project volume between both periods increased from 54 % to 58 %. This result shows that even extensive and environmentally relevant projects are more and more undertaken by private companies, frequently in cooperation with public research institutions. Institutions of higher education account for about 30 % (2010 till 2015) of the research projects. Institutes of the Fraunhofer Association (6.3 %) and Helmholtz Association (5.9 %) follow, ahead of WGL institutes, federal and federal states agencies/institutes as well as other research institutes with project shares between nearly 3 %, respectively.

The dominating position of universities within the public research institutions is due to their large scope of topics. Non-university research institutes are more focused on individual topics within the environmental research.

Considering the shares in project and subsidy funding, the gap between universities and other public research institutions becomes less significant than in terms of the amount of projects. In particular, the projects conducted by the Helmholtz Association and the Fraunhofer Association are more costly and are subsidized more strongly. This sheds light on the division of tasks within publically subsidized environmental research in Germany: 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 industry in subsidy funding is considerably smaller than its share in project funding. Moreover, this difference grew further in comparison to the prior period. 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 93 % of the research funds between 2010 and 2015 as opposed to roughly 75 % between 2004 and 2009. This effect may be partly due to coverage gaps in the database: whereas the projects funded by the government are recorded automatically, the ones funded by other institutions (e.g. DBU, DFG, and also the EU) have to be investigated elaborately. Therefore the latter ones are likely to be underestimated.

The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is the main sponsor (2010 till 2015: 43 %) with respect to federal subsidy provision. Nonetheless, other federal ministries, especially the Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), but also – starting from a low absolute value – the Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure (BMVI) as well as the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMEL) have been extending their project subsidies from 2010 to 2015 more strongly than the BMBF and thereby made an above-average contribution to the doubling in federal subsidies compared to 2004 till 2009.

Selected results concerning corporate R&D and innovation

Since 2007, Bloomberg New Finance releases annual estimations concerning the global R&D expenditures for renewable energy of governments and companies. These estimations are subdivided into global regions and mostly rely on financial statements of big, multinational operating companies. According to these estimations, European companies had R&D expenditures of around 1.7 billion US-Dollars in 2015, thus being still far ahead of China and the US with around 1 billion US-Dollars, respectively.

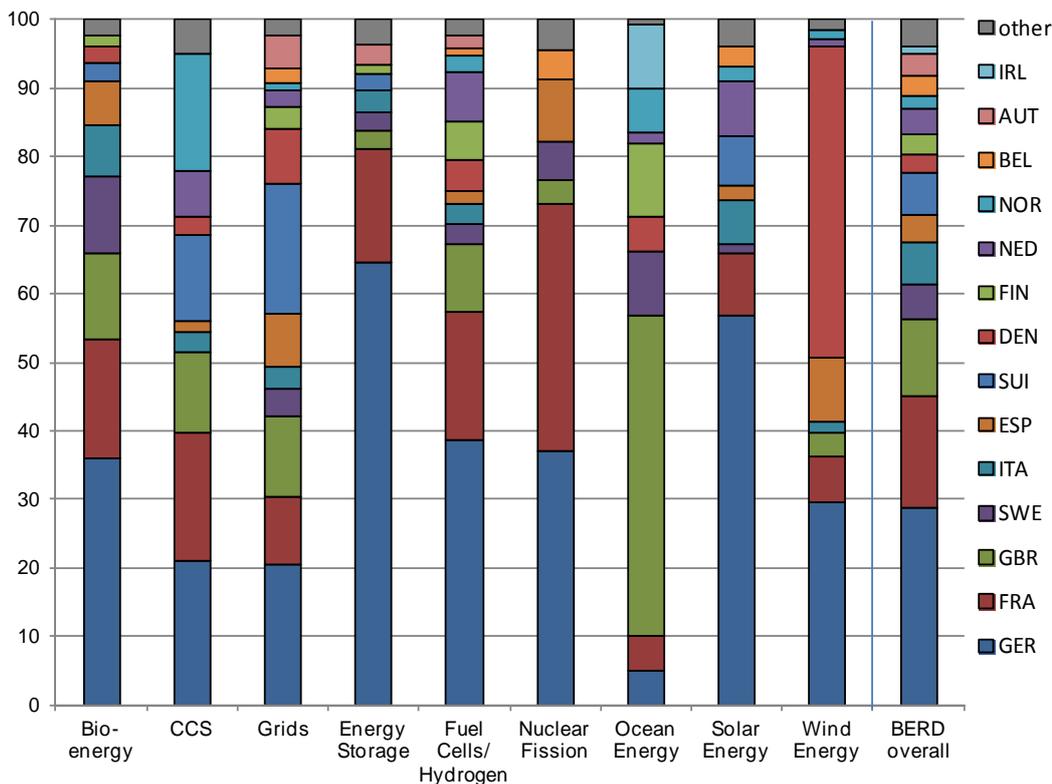
For the EU-28, Norway and Switzerland, EU-owned research centers estimate public and private R&D expenditures in selected energy technology domains on a regular basis since 2009. Recent estimates refer to 2011. The comparison between the respective shares on total business expenditures on R&D (BERD overall) shows that German companies' R&D expenditures are highly specialized on solar energy and energy storage (Figure Z 3). Moreover, Germany shows above-average shares with respect to nuclear fission, fuel cells/hydrogen technologies, and bioenergy. Otherwise, the weak German position in energy transport and smart networks (grids) can be seen as an issue. Progress in those domains is essential for the German "Energiewende", because deficits in those domains still are a bottleneck for an intensified and affordable usage of renewable energy sources.

Since 2008, the official R&D and innovation survey in the US also asks for the amount of R&D expenditures regarding energy saving- or environmental protection applications. The survey for 2013 finds that US-companies in-house spent about 20 billion US-\$ (i.e. 7.6 % of their overall domestic R&D expenditures) for energy saving applications and around 7.5 billion US-\$ (2.8 %) for environmental protection purposes. Other 5.3 billion US-\$ came from external sources and were mostly spent in the domain of environment protection. In the medium term also here – analogously to the US public R&D budget - can be seen a structural shift towards energy saving methods.

Within the European Community Innovation Survey (CIS) 2015, companies were for the second time asked for the importance of innovations with environmental benefits obtained either within their enterprise (process innovation) or during the consumption or use of a good or service by the end user (product innovation). Companies with product-related innovations with primary impacts on the cos-

tumers' side are at least in broader sense suppliers of environmental protection goods and services, because a reduction of environmental pollution doesn't need to be the primary objective of innovation, but rather be a by-product of other objectives.

Figure Z 3: Shares of individual countries on overall corporate R&D expenditures in the EU-28, Norway and Switzerland for selected domains of energy technology 2011

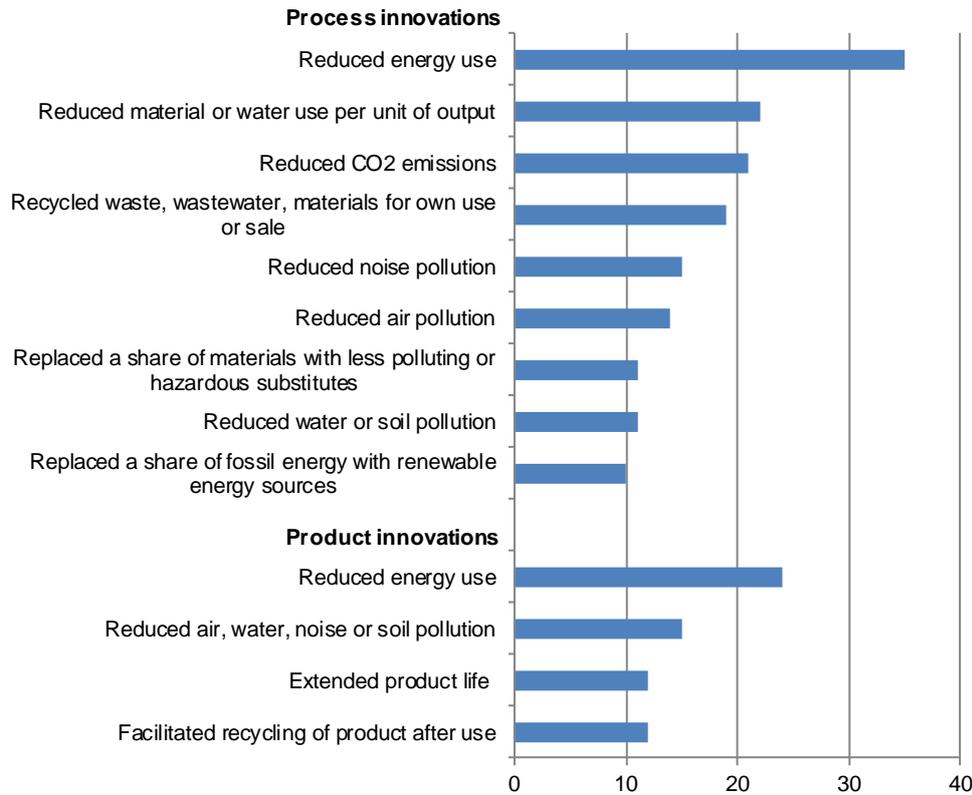


BERD: Business Expenditures on Research and Development
 Source: Corsatea et al. (2015), Eurostat (BERD). – Calculation by CWS

So far, the only available results of this survey come from Germany. Overall, one can see that also in small enterprises innovations with environmental benefits are more strongly represented than general innovations. Furthermore, environmental innovations are a domain of manufacturing industry, because energy and material intensive processes with possibly negative impact on the environment mostly take place there. Process innovations with environmental benefits are, on average, more popular than product innovations. Both types of innovation mainly target on the reduction of energy use (Figure Z 4).

Product innovations with environmental benefits account for more than half of the turnover that companies with product innovations 2012 to 2014 gained with world first product innovations. This underlines the high relevance of environmental innovations for the success of German companies, especially within the electronic and car manufacturing industry. The comparison to the 2009 survey shows that environmental benefits obtained by energy saving and climate protection related innovations remained to gain in importance within the companies as well as during the consumption or use by their customers.

Figure Z 4: Types of environmental innovations in Germany from 2012-2014



Mentions as shares on all companies in %

Source: ZEW – Mannheimer Innovationspanel, Survey 2015. – Depiction from CWS based on Rammer et al. (2016, 110).

Patent dynamics in environmental protection – International developments

Obtaining patent protection for an invention shows that the applicant is interested in potentially utilizing it commercially on the market. Patent applications therefore indicate the orientation of technological innovations towards (future) applications and markets. They are used as an early indicator of innovations and of how a country’s knowledge base is developing and therefore mirror one facet of international competitiveness. There are no classes in the international patent classification that are specifically related to environmental protection issues. However, it is possible to use the patent search strategies developed by the Fraunhofer ISI to identify relevant individual technology fields.

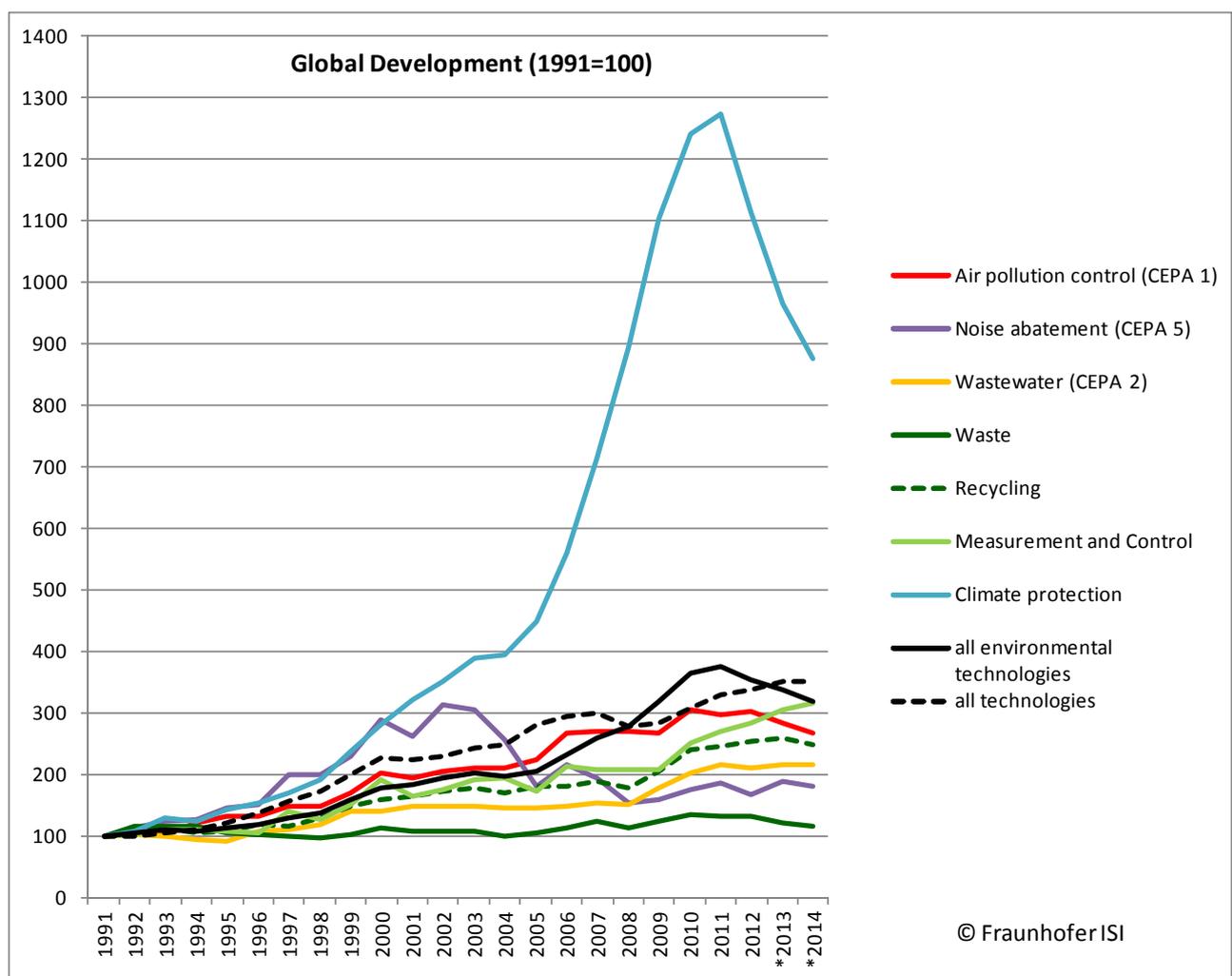
In line with other reports from the same project family, we cover the fields of noise abatement, air pollution control, wastewater, waste management, recycling, measurement & control technology and climate protection, including the sub-fields of efficient energy use, efficient energy transformation and renewable energies. All fields are grouped under the heading of “environment”. However, a new feature of this report is to create a link to the CEPA/CReMA classifications when making definitions. On the one hand, new sub-fields were added for this reason – including (environmental) protection and remediation of soil, groundwater and surface water (CEPA4) and management of water resources (CReMA10). On the other hand, the field of recycling was more strongly differentiated to be able to monitor separately the management of minerals (CReMA 14) as well as the minimization of the intake of forest resources (CReMA 11B) and the minimization of the use of fossil energy as raw materials (CReMA 13C). It is also new that environmentally-friendly goods (“adapted goods”) are considered

separately. Compared to the previous edition of this report (cf. Gehrke et al. 2015), this as well as the work of the European Patent Office to further develop the definition of climate protection technologies in a new patent classification have necessitated extensive methodological modifications.

Looking at the results at global level to start with, it becomes clear that the dynamics of environmental patents has weakened further and is currently slightly below the overall technology dynamics (cf. Figure Z5).

This trend is driven strongly by developments in climate protection, and particularly in renewable energies. In terms of numbers, these make up a large proportion of environmental technology patents and current estimates show their continued clear downward trend in the number of annual patent applications. Among the environmental technologies, the fields of protection and remediation (CEPA 4, not illustrated in the figure) and waste show the weakest performance; in absolute terms, their numbers are declining or almost stagnating. In contrast, the field of recycling is much more dynamic. Wastewater is another “classical” field of environmental protection that is among the three lowest rankings of patent applications worldwide. Water management technologies, on the other hand, show a much more dynamic development.

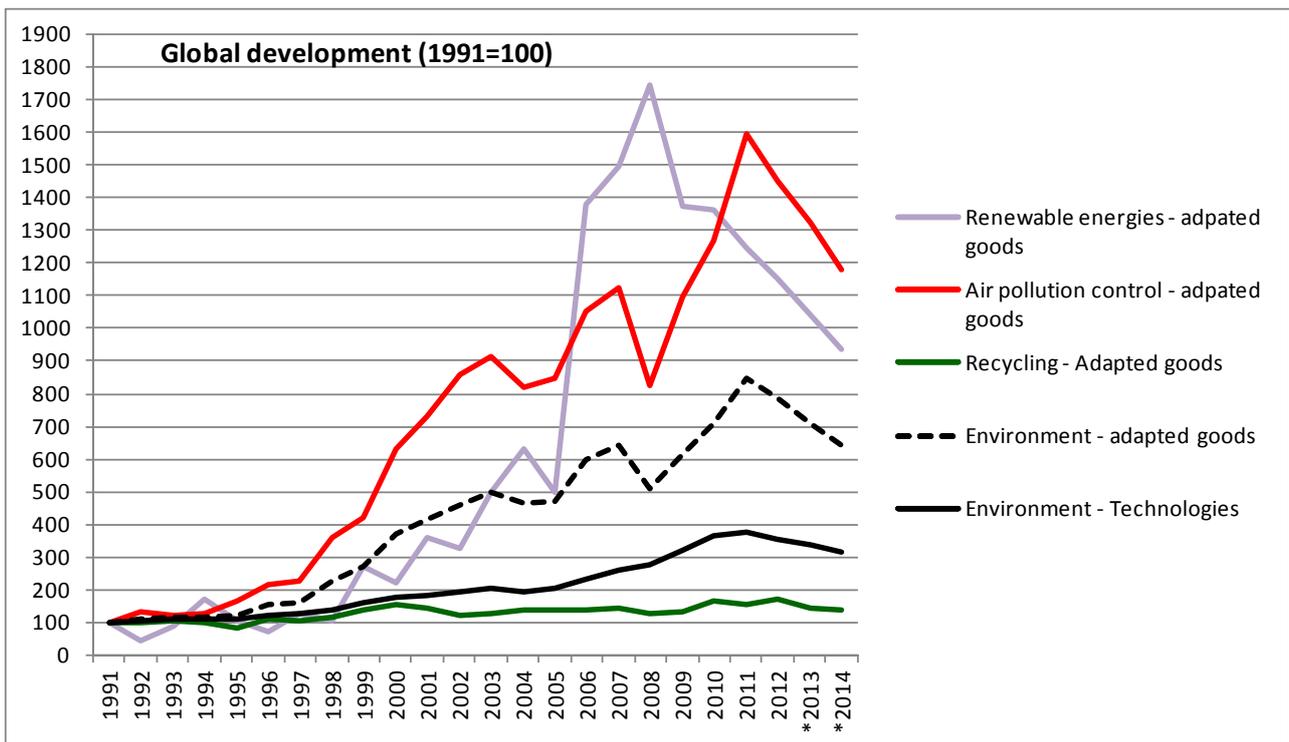
Figure Z 5: Development in the number of patent applications in sub-fields of environmental technologies



Source: Patstat, Calculations by Fraunhofer ISI, * values for climate protection are estimates

Compared to integrated environmental technologies, “adapted goods” are weaker in numbers and strongly dominated by applications in the field of air pollution control, i.e. battery and fuel cell vehicles. The number of patent applications is growing faster for adapted goods than for (integrated) environmental technologies (cf. Figure Z6), but this trend has declined over the last five years. The dynamics is driven primarily by adapted goods in the field of air pollution control; here, there is a noticeably large lead over the dynamics in integrated technologies. In contrast, the development of adapted goods in the field of recycling, i. e. products made of secondary raw materials, is very sluggish, with stagnating numbers of patent registrations that are even lower than those of integrated recycling technologies.

Figure Z 6: Development in the number of patent applications for „adapted goods“

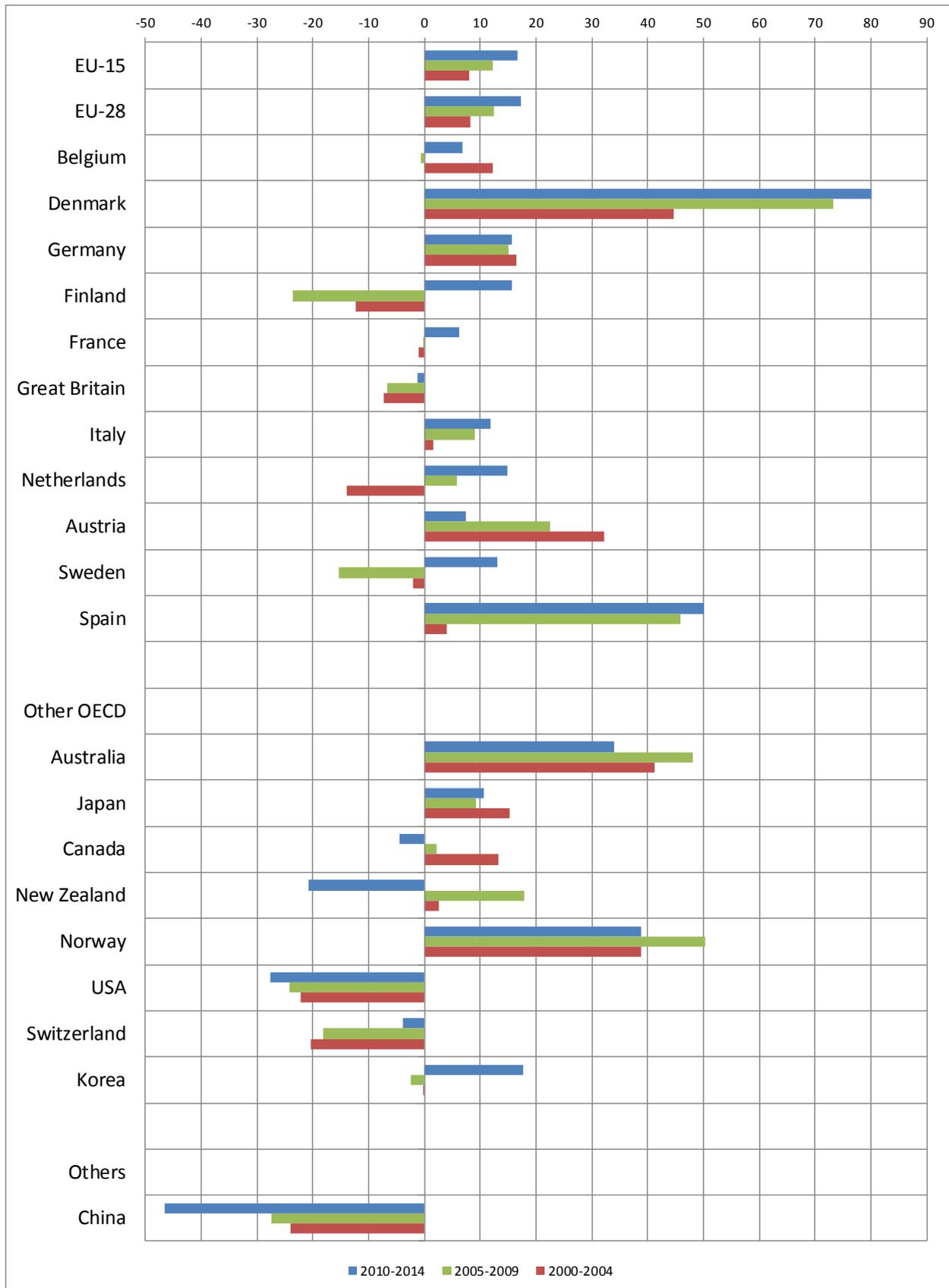


Source: Patstat, Calculations by Fraunhofer ISI, * values for renewable energies and for the aggregate “Environment - adapted goods” are estimates

It is possible to identify the current technology leaders based on the patent shares of the last 5 years. However, this indicator also reflects the size of a national economy. So it is not surprising that the EU-28 and the US are consistently among the leaders in patent shares in every environmental field. Japan is also consistently well represented and is actually ahead of the US in many fields, in spite of its much lower economic size. Japan’s patent shares in the field of adapted goods for air pollution control, for example, demonstrate its strong position in electric vehicles.

Looking at specialization patterns using the Relative Patent Advantage (RPA) indicator reveals that many countries have slightly positive RPA values, but only a few of them show a marked specialization in the knowledge base in environmental technologies overall (RPA of more than 20) (cp. Figure Z 7). This picture remains very stable over time. Within the EU-28, the specialization in environmental technologies has increased slightly over time and is now marginally higher than the figures for Germany. Countries like Denmark, Spain and Norway stand out from the rest in Europe with significantly positive RPA values, although these countries actually play a small role in the patent scene overall. Outside Europe, Australia is another country with strong and stable positive specialization advantages.

Figure Z 7: Specialization of selected countries in the field of environmental technologies (RPA figures)



Source: Patstat, Calculations by Fraunhofer ISI.

Patent dynamics in environmental protection – Overview of results for Germany

Table Z 1 shows a summary of the patent indicators for Germany in the latest 5 year period. Looking at environmental technologies as a whole, patent numbers are declining more strongly than Germany's total patent applications. Nevertheless, Germany's patent share here is still above its share in all technologies. The specialization index is therefore positive for Germany, too. However, the specialization advantages in the knowledge base are not very pronounced – the RPA is positive, but not very high. This value has remained relatively stable over the last 10 years.

Table Z 1: Summary of patent indicators for Germany

	Growth rate (2010-2014)	Patent shares (2010 – 2014)	RPA* (2010 – 2014)
All technologies	-1,4 %	12,2 %	(not defined)
Environmental technologies (all)	-7,1 %	14,3 %	16
Air pollution control	-4,3 %	16,6 %	30
Noise abatement	-3,6 %	22,8 %	55
Wastewater (CEPA 2)	-2,2 %	11,5 %	-6
Water management (CReMA 10)	-6,0 %	9,2 %	-28
Remediation (CEPA 4)	k.A.	7,4 %	-46
Waste management (CEPA 3)	0,4 %	12,1 %	-1
of which: waste	1,8 %	9,7 %	-23
of which: general recycling	-0,2 %	12,6 %	3
CReMA 13C	-6,9 %	14,1 %	15
CReMA 14	-6,9 %	18,5 %	39
Recycling (all technologies)	-1,8 %	14,4 %	16
Measurement and Control	-1,2 %	14,0 %	14
Climate protection (all technologies)	-12,9 %	15,9 %	26
of which: Efficient energy use	-1,6 %	16,3 %	28
of which: Efficient energy transformation	8,3 %	16,0 %	26
of which: Renewable energies	-18,7 %	14,7 %	19
Adapted goods			
Environment (a.g.)**	2,2 %	16,4 %	29
of which: Air pollution control (a.g.)	2,6 %	18,0 %	37
of which: Recycling (a.g.)	-7,7 %	10,3 %	-17
of which: Renewable energies (a.g.)	k.A.	6,8 %	-53

Notes: green = above the average of all environmental technologies, red = below the average of all environmental technologies

*RPA = Relative patent advantage, assumes values between -100 and +100; positive values indicate specialization advantages

**a.g. = adapted goods

Source: Synopsis by Fraunhofer ISI.

The environmental fields of air pollution control and noise abatement stand out in a positive way as does the newly defined field of CReMA 14, which covers the recycling of minerals and metals and

adapted goods from this field. Patent applications are declining in these three fields as well, but not as strongly as in environmental technologies as a whole. Germany's patent share is well above average and its specialization advantages in the knowledge base are clearly positive. In the case of CReMA 14, it is possible to speculate that the research funding support for the field of resource efficiency within the FONA framework program - a program run by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) - may have had a positive influence here.

There is a similarly positive situation in climate protection. Though patent applications are declining much more strongly than for environmental technologies in total, this is solely due to the negative growth in the field of renewable energies. In contrast to this, the growth of patent numbers in efficient energy use is above average and in the field of efficient energy transformation is even clearly positive, contrary to the overall trend. Germany has significant specialization advantages in all three subfields of climate protection. This assessment deviates from the previous edition of this report (cf. Gehrke et al. 2015) and can be attributed to the developments in the two most recent years in the data (which are still subject to uncertainties). In addition, the switch in the search strategy to the classifications provided by the European Patent Office and the resulting more specific definition of efficient energy use also plays a role.

For adapted goods that were analyzed separately for the first time in this report, Germany's overall position is better than average compared to environmental technologies. The figures are dominated by adapted goods in the field of air pollution control, i. e. battery and fuel cell vehicles. Other fields of adapted goods perform less well. In particular, the patent applications for environmentally-friendly goods in the field of recycling, mainly for products made from secondary raw materials, are clearly below the average for all environmental technologies and perform much worse than recycling technologies. This raises questions about the extent to which an attractive sales market can be expected in the long term for recyclates, the products of the recycling sector. The upward trend in the RPA of this environmental field is at least pointing in the right direction here.

1 Einleitung

Technologien, die zum Schutz von Klima und Umwelt beitragen, wird ein herausragendes weltweites Wachstumspotenzial zugesprochen. Alle bekannten Prognosen weisen angesichts der großen umweltpolitischen Herausforderungen auf eine expansive Marktentwicklung hin – vor allem im internationalen Raum.¹ Die günstigen Wachstumsprognosen beruhen nicht zuletzt auch auf der Tatsache, dass der verstärkte Einsatz dieser Technologien weltweit politisch gefördert wird.² Dies gilt vor allem im Klimaschutzbereich, wo zusätzliche Impulse davon ausgehen, dass in jüngerer Zeit deutliche Fortschritte bei internationalen Abkommen erzielt worden sind.³ 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.⁴

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. Die Arbeiten des NIW werden beginnend mit den hier vorgelegten Analysen am Center für Wirtschaftspolitische Studien (CWS) des Instituts für Wirtschaftspolitik der Leibniz Universität Hannover unter Leitung der langjährig erfahrenen Bearbeiter fortgesetzt. In diesem Bericht stehen Indikatoren zur Messung der technologischen Leistungsfähigkeit oder Innovationsfähigkeit der Umweltwirtschaft im Vordergrund, die sich auf den Forschungsinput (FuE-Ausgaben) sowie die Ergebnisse des Forschungsprozesses (Innovationen und Patente) beziehen.

Für die Messung technologischen Wandels wird ein Portfolio komplementärer Indikatoren herangezogen (vgl. Grupp 1997, Johnstone et al. 2008). Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf „Ressourcen“- oder „Input“-Indikatoren sowie Output-Indikatoren für den Forschungsprozess. 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 eine vertiefende Analyse der deutschen Forschungsförderung im Umweltschutzbereich wird in Abschnitt 2.2 die Umweltforschungsdatenbank (UFORDAT) nach Schwerpunktsetzungen, durchführenden Institutionen und Mittelgebern ausgewertet. In Abschnitt 2.3 werden einzelne Ergebnisse aus Analysen zu FuE und Innova-

¹ Vgl. dazu z. B. BMU, UBA (2011) sowie BMUB (2014).

² 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).

³ So beispielsweise bei der Klimakonferenz Ende 2015 in Paris, wo erstmals in großer Runde ein gemeinsames Klimaschutzziel formuliert wurde und sich die Länder gleichzeitig verpflichtet haben, dafür nationale Umsetzungspläne zu erarbeiten.

⁴ 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).

tionen für Umweltschutz in Unternehmen vorgestellt, die aber zumeist nur Teilaspekte betrachten, Querschnitte abbilden und keine Zeitreihenanalysen zulassen. D.h. im Hinblick auf die FuE-Aktivitäten von Umweltwirtschaftsunternehmen ist die Datenlage in Deutschland wie auch im internationalen Vergleich weiterhin unbefriedigend.

Eine Einschränkung von Ressourcen-Indikatoren wie FuE-Ausgaben liegt darin, dass sie zwar wichtige Voraussetzungen für technisch-wissenschaftliche Innovationen darstellen, aber für sich genommen nichts über den Erfolg und die Ergebnisse der finanzierten Forschung aussagen. Deshalb ist die zusätzliche Betrachtung von Indikatoren auf der Output-Seite des Forschungsprozesses sinnvoll. 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. Im Vergleich zur Vorläuferstudie (s. Gehrke et al. 2015) wurden über die regelmäßige Fortschreibung der Suchstrategien hinaus zwei Neuerungen umgesetzt: Die abgebildeten Umwelt-Teilbereiche sind nun anschlussfähig an die CEPA-/CREMA-Klassifikation, indem zusätzliche Bereiche aufgenommen und andere tiefer untergliedert wurden. Außerdem werden umweltfreundliche Güter („adapted goods“) separat ausgewiesen.

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 gewisse Unschärfen für die Interpretation, wenn ein Zusammenhang zwischen den FuE- und den Patentdaten gesucht wird. Insbesondere sei auf folgende Abgrenzungsunterschiede hingewiesen:

- ▶ Im Abschnitt 3 (Patentanalyse) werden unter der Bezeichnung „Umwelt“ alle analysierten Umweltbereiche subsumiert. Diese schließen auch Klimaschutztechnologien ein. Letztere umfassen 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 Umwelt und Energie.
- ▶ 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. Bei den Energie-FuE-Ausgaben wird zum Teil nach einzelnen Forschungsfeldern differenziert. Die Kategorie „zukunftsorientierte Technologien insgesamt“ ist in der Abgrenzung grob vergleichbar mit „Klimaschutz“ bei der Patentanalyse.
- ▶ In der Umweltforschungsdatenbank (UFORDAT) sind Umweltbereiche enthalten, die über die bei den Patenten verwendete Abgrenzung hinausgehen (z. B. Landwirtschaft, Umweltrecht, Umweltökonomie, Gentechnik, Strahlenschutz, vgl. Abschnitt 2.2). Da die Analyse jedoch eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Umweltbereichen ermöglicht, lassen sich im Hinblick auf die vergleichbaren klassischen Forschungsfelder Abfall, Wasser, Luft und Lärm sowie den Energiebereich durchaus Querbezüge zur Patentanalyse herstellen.

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. Deshalb wird im Folgenden Abschnitt 2.1 zunächst 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 Umweltschutz und Energieversorgung neben anderen öffentlichen Gütern wie Gesundheit oder Verteidigung von hoher Bedeutung sind. Hieraus können Aussagen hinsichtlich der Gewichtung dieser Forschungsfelder in den einzelnen Volkswirtschaften abgeleitet werden.

In Abschnitt 2.2 folgt ein vertiefender Blick auf die deutsche Forschungsförderung im Umweltschutzbereich. Dies eröffnet die Möglichkeit, strukturelle Verschiebungen zwischen den Forschungsschwerpunkten im Zeitablauf zu betrachten. Hierbei werden die Informationen von den durchführenden Institutionen geliefert, während beim oben genannten Budgetansatz die Ausgabenplanungen der öffentlichen Haushalte als finanzierende Institution erfasst werden

In Abschnitt 2.3 werden einzelne Ergebnisse zu FuE und Innovationen von Unternehmen im Umweltschutzbereich präsentiert, die jedoch zumeist nur Querschnitte und keine Zeitreihen untersuchen, nicht international vergleichbar sind und zudem in der Regel nur Teilaspekte des FuE- und Innovationsgeschehens betrachten bzw. auf Schätzungen für ausgewählte Technologien (in der Regel aus dem Energiebereich) beruhen. Insofern ist die Datenlage zu den FuE-Aktivitäten von Umweltwirtschaftsunternehmen in Deutschland und im internationalen Vergleich weiterhin unbefriedigend.

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 (Abschnitt 2.1.1). Diese sind ein Indiz dafür, inwieweit über die Marktchancen hinaus durch die staatliche Innovationspolitik ökonomische Impulse zur Technologieentwicklung in diesen Bereichen gegeben werden, um Vorsorgeaufgaben zu erfüllen (EEA 2014). 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.⁵

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 Budgets⁶). 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 Entwicklungen in diesem Forschungsfeld geben, das angesichts der globalen Herausforderungen im Klimaschutzbereich überall in den Fokus gerückt worden ist.

⁵ Vgl. Griliches (1980).

⁶ Die Informationen werden von der IEA jährlich von den zuständigen nationalen Stellen erfragt. Vgl. dazu ausführlich IEA (2011).

2.1.1 Staatliche FuE-Ausgabenansätze für physische Umweltforschung und Energieforschung (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.⁷ 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 aufgliedert. 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.⁸ 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.

2014⁹ betragen die staatlichen FuE-Aufwendungen der OECD-Länder für den Umweltschutz knapp 5,5 Mrd. US-\$. Sie fielen damit etwas niedriger aus als 2013 (5,7 Mrd.). Die bisher vorliegenden Länderinformationen für 2015 lassen aber darauf schließen, dass die Umweltschutzausgaben in diesem Jahr wieder deutlich und auch stärker ausgeweitet worden sind als die Forschungsausgaben insgesamt. Nachdem der Anteil an den gesamten Forschungsausgaben 2014 auf 2,1 % gesunken ist, dürfte diese Quote 2015 wie bereits 2013 wieder auf 2,3 % steigen (vgl. Tabelle 2.1). Die rückläufige Entwicklung in 2014 ist unter anderem auch auf die (nach der deutlichen Ausweitung im Zuge der Katastrophe von Fukushima) wieder gesunkenen umweltschutzbezogenen FuE-Ausgaben Japans zurückzuführen¹⁰.

⁷ Vgl. Legler, Walz u. a. (2006).

⁸ Weitere explizit ausgewiesene Forschungsziele sind Gesundheit, Verkehr/Telekommunikation/andere Infrastrukturen, Landwirtschaft, Industrielle Produktion und Technologie, Politische und soziale Systeme, Weltraumforschung und -nutzung. Hinzu kommen Gelder für „Allgemeine Hochschulforschungsmittel für Grundlagenforschung“ sowie für „Nicht zielorientierte Forschung“, die jeweils die größten Einzelposten innerhalb der FuE-Budgets der Länder ausmachen, in Deutschland zusammengekommen rund 60 %. Deutschland setzt einen weiteren Schwerpunkt bei industriellen Technologien, die USA und Großbritannien in der Gesundheitsforschung, Japan bei Energietechnologien und Frankreich in der Weltraumforschung sowie bei Verkehr/Telekommunikation/andere Infrastrukturen (vgl. dazu Schasse u. a., 2014, Tab. 2.1.2).

⁹ Für 2015 liegen für mehrere Länder noch keine Informationen vor, sodass diese für die Berechnung der Indikatoren geschätzt werden müssen.

¹⁰ Es ist nicht auszuscheiden, dass auch Ermessensspielräume bei der Zuordnung der Fördermaßnahmen zu einzelnen Zielbereichen (Gliederungskriterium ist der Hauptzweck der Projekte) zwischenzeitlich zu Gewichtverlagerungen 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.

Tabelle 2.1: Umweltforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 2000 bis 2015

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	2014	2015	2000-2009	2009-2011	2011-2015	2000 ¹	2015 ²	
GER	3,6	3,7	3,1	2,9	2,8	3,0	2,9	3,2	3,2	3,7	2,8	5,8	0,26	0,27	
FRA	2,2	3,3	2,7	3,0	1,6	1,9	2,1	1,8	3,6	5,8	-16,1	17,6	0,16	0,22	
GBR ⁵	3,5	2,4	3,7	3,7	3,5	3,3	3,3	2,8		6,9	-4,9	-4,6	0,15	0,13	
ITA ⁵	2,3	2,8	3,2	3,0	3,5	3,4	2,7	2,9		7,3	2,0	-7,6	0,14	0,15	
BEL ⁵	3,3	2,3	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1		2,7	-1,6	2,6	0,18	0,14	
NED	3,5	1,1	0,3	0,0	0,9	0,9	0,7	0,6	0,6	-20,6	75,9	-8,4	0,26	0,04	
DEN	2,7	1,7	2,6	2,0	2,0	1,9	1,6	1,6	2,1	6,6	-5,2	3,3	0,20	0,21	
IRL	0,4	0,9	1,8	1,7	1,8	1,3	1,2	1,2	1,0	35,5	-2,9	14,9	0,01	0,03	
GRE	5,0	3,6	1,1	0,9	0,9	1,4	2,0	2,7	2,5	-8,4	-24,0	41,6	0,15	0,11	
ESP ⁵	5,4	4,8	5,6	4,3	4,6	3,8	3,9	3,5		14,0	-16,7	-13,6	0,24	0,19	
POR	4,5	4,0	3,0	3,1	2,7	3,5	3,4	3,9	4,1	7,0	-3,6	12,2	0,24	0,40	
SWE	1,5	2,7	2,0	1,9	2,1	2,1	2,2	2,0	1,5	10,6	4,2	-8,4	0,09	0,12	
FIN	2,3	1,9	1,5	1,5	1,6	1,5	1,3	1,1	1,1	1,0	6,3	-10,2	0,22	0,11	
AUT	1,5	1,6	1,9	1,8	2,0	2,4	2,3	0,9	1,7	9,1	10,6	0,3	0,09	0,08	
EU-15⁵	3,1	3,1	3,1	2,9	2,7	2,7	2,6	2,6	3,0	6,0	-4,6	2,7	0,19	0,19	
SUI ³	0,2			0,3		0,2		0,2		16,9	10,0		0,01	0,02	
NOR	2,9	2,2	2,8	2,5	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	8,6	4,5	4,2	0,18	0,23	
ISL ⁵	0,5	0,4	2,4	3,0	3,2	3,5	3,3	3,4		26,0	11,2	7,2	0,05	0,33	
CZE	3,3	3,2	2,6	2,8	2,3	1,9	2,0	2,1	1,9	5,2	0,9	-2,9	0,16	0,11	
POL		2,4				6,6	6,2	6,2					0,07	0,25	
SVK		1,1	2,4	2,1	2,2	3,1	2,8	3,2	2,4	15,6	12,2	1,3	0,05	0,09	
HUN ^{4, 5}		10,3	3,7	2,5	2,0	1,7	2,6	3,0		-16,4	-38,7	16,6	0,42	0,09	
EST ^{4, 5}		5,5	4,5	10,5	6,7	3,6	5,5	6,1		14,2	40,8	-0,3	0,20	0,43	
CAN	4,8	5,1	4,4	4,3	4,7	4,0	4,0			6,2	-1,2		0,23	0,20	
USA	1,3	1,1	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,6	1,7	-2,5	0,05	0,03	
MEX	1,2	2,1	1,8	1,5	1,6					11,4	6,4		0,02	0,05	
JPN	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	2,1	2,6	1,8	2,0	6,7	9,8	14,9	0,05	0,13	
KOR ⁵	4,7	4,7	2,6	2,4	3,0	2,7	2,7	2,7		6,9	14,8	1,6	0,22	0,27	
AUS	3,2	2,0	4,5	4,2	3,7	4,2	4,0	4,9	4,6	9,7	-7,7	5,5	0,16	0,18	
NZL			17,1	11,5	10,7	10,7	10,9	9,8	9,4		-18,5	4,5	0,07	0,53	
OECD⁶	2,2	2,3	2,1	2,2	2,1	2,2	2,3	2,1	2,3	6,2	-0,9	3,4	0,06	0,06	

1) POL, HUN 2005, 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 2000-2009, HUN 2005-2009, EST 2002-2009 statt 2000-2009. -5) JD Veränderung: 2011-2014. - 6) EU-15 2015 geschätzt. – OECD aufgrund fehlender Länderwerte durchgängig geschätzt.

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

Innerhalb der EU-15¹¹ wird das Umweltschutzziel im Rahmen der staatlichen FuE-Budgets mit 2,6 % (2014) noch immer etwas höher gewichtet als im OECD-Durchschnitt, was insbesondere durch die über dem Durchschnitt liegenden Werte der größeren Länder Deutschland, Großbritannien, Italien und Spanien bestimmt wird. Allerdings fällt der Anteil der für physische Umweltforschung aufgewendeten spezifischen Forschungsmittel in den EU-15 von 2010 bis 2014 niedriger aus als im Verlauf des letzten Jahrzehnts (gut 3 %). Dies hängt vor allem mit der zunehmenden Gewichtsverschiebung zugunsten von Energieforschung – gerade für erneuerbare Energieträger und Energieeffizienz¹² – zusammen. Für 2015 ist jedoch trotz noch fehlender Angaben für einzelne Länder wieder mit einer Ausweitung des Anteils auf 3 % auszugehen, weil Länder wie Frankreich, Österreich und Dänemark ihre physischen Umweltforschungsausgaben in 2015 deutlich erhöht haben.

Der Anteil der Energieforschung an den zivilen staatlichen FuE-Budgets der EU-15 lag im Jahr 2005 bei 3,0 % und ist bis 2014 bis auf 4,3 % gestiegen (vgl. Tabelle A.5.17 in Abschnitt 5.3), während sich der Mitteleinsatz für physische Umweltforschung von 2009 bis 2014 absolut und relativ rückläufig entwickelt hat. In längerfristiger Sicht (seit 2000) hat das Umweltschutzziel innerhalb der staatlichen FuE-Budgets in Deutschland, Großbritannien, Belgien, den Niederlanden, Dänemark, Griechenland, Spanien und Finnland zum Teil deutlich an Gewicht verloren. Auf der anderen Seite haben Schweden, Italien, Irland und bis 2013 auch 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 2014/2015 mit 3,2 % höher als im EU-15-Durchschnitt. Zudem sind die staatlichen FuE-Aufwendungen für Umweltschutz ab dem Jahr 2012 wieder stärker ausgeweitet worden als die FuE-Aufwendungen insgesamt (Tabelle 2.1). Aber auch hier haben sich die Prioritäten seit Mitte des letzten Jahrzehnts relativ gesehen zugunsten der Förderung von Energieforschungsprojekten verschoben, auch wenn der anteilige Mitteleinsatz 2015 etwas niedriger ausgefallen ist als 2013/14 (2005: 3 %, 2015: 5,0 %, Tabelle A.5.17 in Abschnitt 5.3). Bezogen auf das Umweltschutzziel erreichen innerhalb der EU-15 im Jahr 2014 nur Spanien und Portugal höhere Anteile an den staatlichen FuE-Budgets als Deutschland. 2015 dürfte dies auch für Frankreich gelten, das seine öffentlichen FuE-Ausgaben im Umweltbereich aktuell deutlich ausgeweitet hat (Tabelle 2.1) Unter den anderen europäischen Ländern gilt dies für Island, Polen und Estland, außerhalb Europas zudem für Australien und Neuseeland.

Demgegenüber werden vor allem in den USA und auch in Japan noch deutlich geringere Anteile staatlicher FuE-Mittel für Umweltforschung bereitgestellt. Mit Ausnahme Österreichs ist Deutschland das einzige Land innerhalb der EU-15, das über alle drei betrachteten Zeiträume (2000-2009, 2009-2011, 2011-2015) positive Veränderungen der realen FuE-Ausgaben für Umweltschutz aufweist.

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.¹³ Auf den ersten Blick finden sich die Niveauunterschiede zwischen den Volkswirtschaften zwar auch beim Anteil der Umweltforschungsausgaben am BIP wieder (Tabelle 2.1). Bei genauerer Prüfung zeigen sich aber durchaus Abweichungen vom bisherigen Muster. Deutschland liegt bezogen auf diesen Indikator mit 0,27 ‰ (2015) deutlich über dem Durchschnitt der EU-15 (0,19 ‰). Lediglich Frankreich und Dänemark erreichen ähnlich hohe Umweltforschungsanteile am BIP über

¹¹ EU-15 steht für die traditionellen EU-Länder Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, Niederlande, Dänemark, Irland, Großbritannien, Griechenland, Portugal, Spanien, Österreich, Finnland, Schweden.

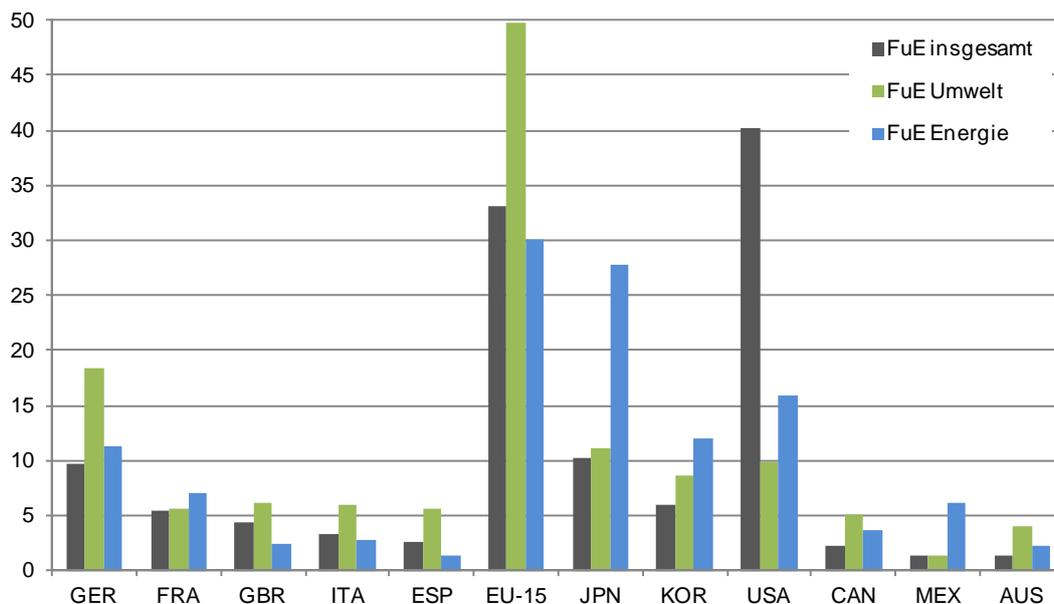
¹² Vgl. Abschnitt 2.1.2.

¹³ Vgl. dazu z. B. ausführlich Legler, Kraczyk (2009).

0,20 ‰ und allein Portugal liegt mit 0,40 ‰ über dem deutschen Wert. Die anderen EU-15-Länder fallen hingegen deutlich zurück. Im außereuropäischen Raum zeichnen sich Kanada, Australien und Neuseeland, die hohe Anteile der staatlichen FuE-Ausgaben für physischen Umweltschutz aufweisen, auch durch hohe Anteile am BIP aus. Diese liegen für Kanada und Australien um etwa 0,2 ‰ (und damit unter dem Wert für Deutschland) und für Neuseeland mit 0,53 ‰ deutlich darüber. Die USA dagegen, deren Anteil an den staatlichen FuE-Ausgaben mit 0,8 % deutlich niedriger ist als in Deutschland, liegen mit ihrer Quote gemessen am BIP (0,03 ‰) noch deutlich darunter.

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 im Jahr 2014.¹⁴ Auf Deutschland entfallen gut 18 % der OECD-weiten staatlichen FuE-Ausgaben für den Umweltschutz. Demgegenüber fallen die deutschen Anteile an den gesamten staatlichen FuE-Ausgaben (rund 10 %) sowie an den Aufwendungen für Energieforschung (gut 11 %) niedriger aus. Der Beitrag der EU-15 liegt bei fast der 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 (30 %) ausgesprochen viel.

Abbildung 2.1: Anteil ausgewählter Länder an den staatlichen FuE-Budgets aller OECD-Länder 2014 in %: Umwelt, Energie und insgesamt



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

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, ist Japan bezogen auf den Umweltbereich leicht überdurchschnittlich vertreten und trägt im Energiebereich herausragend stark zum OECD-Forschungsbudget bei. Dies ist auf die noch immer große Bedeutung des Atomstroms für die Energieversorgung und den daraus resultierenden hohen Mitteleinsatz für Nuklearforschung

¹⁴ Für das Jahr 2015 fehlen noch zu viele Ländermeldungen, als dass es sinnvoll wäre, hier Anteile am „OECD-Gesamtwert“ zu berechnen.

zu erklären¹⁵, wengleich auch hier durch veränderte umwelt- und energiepolitische Einstellungen nach Fukushima eine spürbare Verschiebung von FuE-Mitteln in Richtung erneuerbare Energiequellen und Energieeffizienz zu beobachten ist (vgl. Abschnitt 2.1.2).

2.1.2 Öffentliche Haushaltsansätze für Forschung, Entwicklung und Demonstrationsprojekte im Energiebereich nach Trägern und Technologien (IEA-Statistik)

Im Folgenden werden Daten zu den staatlichen Haushaltsansätzen für Forschung und Entwicklung sowie für Demonstrationsprojekte (RD&D) im Energiebereich genutzt, die von der Internationalen Energieagentur (IEA) bereitgestellt werden und auf Erhebungen bei öffentlichen Stellen basieren. Während die weltweit stark verbreiteten staatlichen Fördermaßnahmen wie Einspeisevergütungssysteme, Quotenmodelle oder verringerte Steuersätze¹⁶ vor allem der Diffusion erneuerbarer Energien und damit der Erreichung bestimmter energiepolitischer Zielvorgaben dienen, soll die gezielte Förderung von FuE- und Demonstrationsprojekten parallel dazu die technologische Weiterentwicklung dieses Sektors unterstützen.¹⁷ Die IEA-Förderdaten ermöglichen einen differenzierten und längerfristigen Blick auf die Ausgabenverteilung zwischen verschiedenen zukunftsorientierten Energietechnologien (erneuerbare Energieträger, Technologien zur Verbesserung der Energieeffizienz, Wasserstoff- und Brennstoffzellen, Stromerzeugungs- und Speichertechnologien), und zeigen gleichzeitig deren Gewichtung gegenüber fossilen Energieträgern und Kernenergie auf.¹⁸ Der Unterschied zu den oben ausgewerteten GBAORD-Statistiken der OECD liegt darin, dass in den IEA-Statistiken auch Aufwendungen für Demonstrationsprojekte berücksichtigt werden. Nach Schätzungen von Gnamus (2011) machen diese insgesamt nur einen geringen Teil des gesamten Mittelvolumens aus. Die in den IEA-Statistiken verfügbaren Daten zum Anteil staatlich geförderter Demonstrationsprojekte an den gesamten RD&D Budgets sind oftmals recht lückenhaft und streuen erheblich über die Länder. Während beispielsweise für Deutschland und Japan hierzu gar keine Angaben vorliegen, ergeben sich für Frankreich, Österreich, Belgien, Italien, die Schweiz, Südkorea und die USA Anteilswerte von teils deutlich unter 10 %, für die Niederlande, Schweden und Großbritannien von 20 bis 25 % und für Spanien und Norwegen von mehr als 50 %.

Stukturanteile und Wachstumsraten der Energieforschungsbudgets nach Teilsegmenten

In allen hochentwickelten Ländern setzen sich die im Zeitablauf deutlichen Verschiebungen hin zu zukunftsorientierten, ressourcenschonenden Energietechnologien und weg von Kernenergie am aktuellen Rand fort (vgl. Abbildung 2.2 und Tabelle A.5.18 in Abschnitt 5.3). Zum Bereich zukunftsorientierter Technologien gehört auch Forschung zu Querschnittsthemen (crosscutting), die „systemische Innovationen“ und nicht einzelnen Bereichen zuzuordnende Grundlagenforschung beinhaltet. In Deutschland entfallen mittlerweile 70 % der Mittel auf zukunftsorientierte Energietechnologien, in

¹⁵ Ähnliches gilt – wengleich 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.

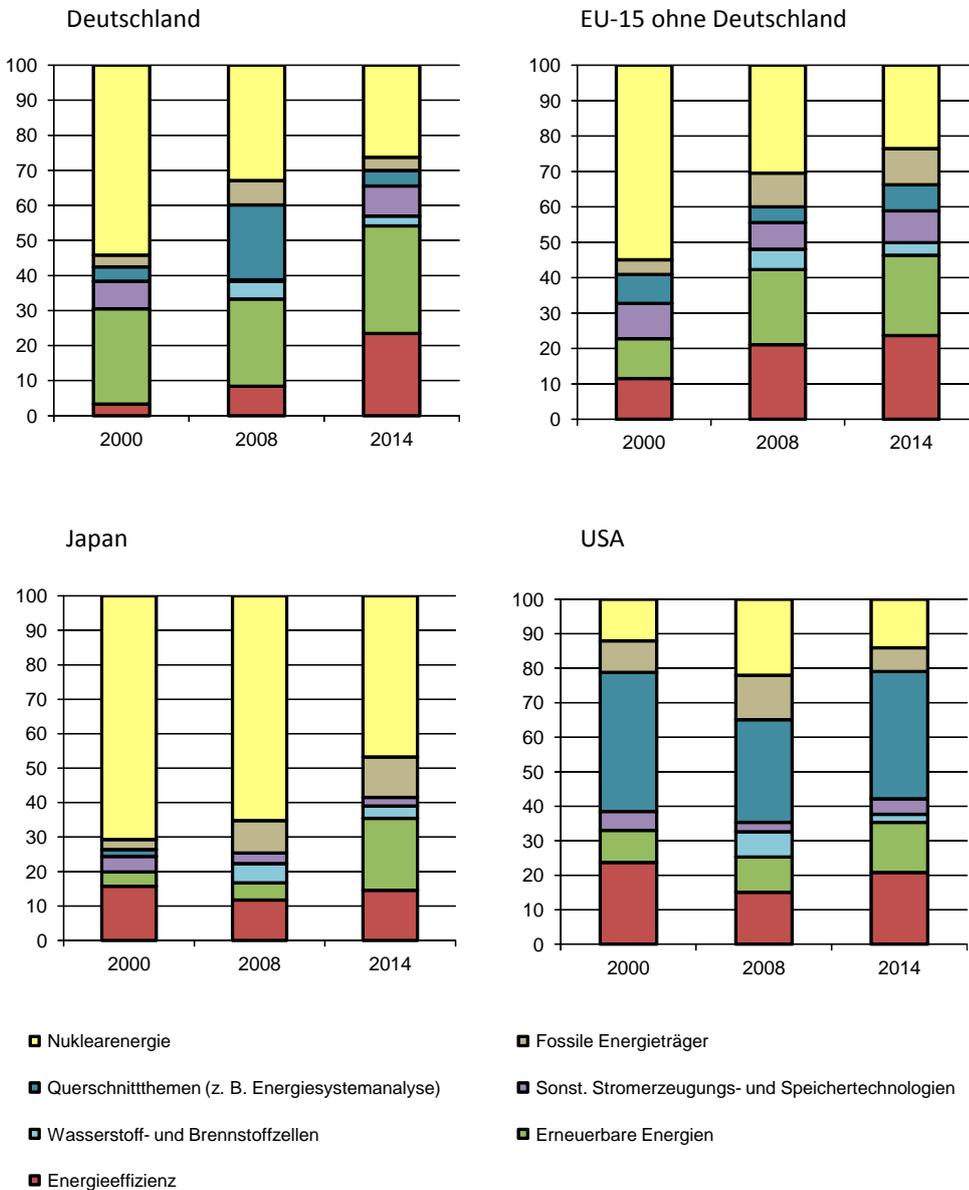
¹⁶ Ende 2015 hatten 173 Länder oder Teilstaaten (z. B. der USA) Zielvorgaben formuliert und politische Maßnahmen zur Förderung Erneuerbarer Energien umgesetzt. Vgl. REN 21 (2016).

¹⁷ Vgl. OECD (2012).

¹⁸ 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. Einen aktuellen Überblick über grundlegende Trends liefert IEA (2016).

den übrigen EU-15 sind es rund zwei Drittel, in den USA sogar fast 80 %, in Japan hingegen erst gut 40 %.¹⁹

Abbildung 2.2: Struktur der Energieforschungsbudgets nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2014



Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. – Stand Oktober 2016. Berechnungen und Schätzungen des CWS.

¹⁹ Im Rahmen der Mission Innovation (MI) Initiative, die im November 2015 in Paris eingeführt wurde, haben sich zwanzig Länder, darunter die IEA-Mitgliedsländer, darunter Deutschland, Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Italien, Schweden, Norwegen, Japan, Südkorea, Australien und die USA, verpflichtet, ihre staatlichen FuE-Investitionen in saubere Energien (clean energy) bis 2021 zu verdoppeln. Der Fokus der FuE-Aktivitäten variiert zwischen den Ländern, richtet sich aber vor allem auf die Bereiche Energieeffizienz (in Industrie, Gebäuden und Verkehr), Erneuerbare Energien, Wasserstoff- und Brennstoffzellen, Netze, Speicher und CO₂-Abscheidung und Speicherung (CCS), teils auch auf „sauberere“ fossile Energie und Nuklearenergie sowie energiebezogene Grundlagenforschung (<http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2016/06/MI-Country-Plans-and-Priorities.pdf>). Es bleibt abzuwarten, wann sich die Ergebnisse dieser Initiative quantitativ in den RD&D-Statistiken nachzeichnen lassen.

Im Hinblick auf fossile Energieträger stellt sich das Bild unterschiedlich dar: Während Deutschland und die USA 2014 im Vergleich zu 2008 deutlich niedrigere Anteile ihrer RD&D-Budgets für diesen Bereich veranschlagen, haben fossile Energieträger in Japan und den übrigen EU-15, bedingt durch starke Zuwächse in Großbritannien und Italien, im gleichen Zeitraum wieder an Bedeutung gewonnen. Bemerkenswert ist darüber hinaus, dass im Verlauf des letzten Jahrzehnts in allen betrachteten Regionen die Förderung von Projekten im Bereich Wasser- und Brennstoffzellenforschung hinzugekommen ist, 2014 gegenüber 2008 aber wieder an Bedeutung verloren hat.

In den EU-15 hat sich der auf Nuklearforschung entfallende Anteil im Zeitablauf in etwa halbiert. Dies gilt neben Deutschland auch für die anderen großen Mitgliedsländer (Frankreich, Großbritannien, Italien), wengleich in Frankreich noch immer 45 % des Gesamtbudgets in diese Quelle fließen (Tabelle A.5.18). Auch in Japan ist der Anteil der für Nuklearforschung verausgabten Mittel seit 2008 von rund zwei Drittel auf 47 % zurückgegangen, wohingegen erneuerbare Energieträger und Energieeffizienz in annähernd gleichem Umfang hinzugewonnen haben.

Ähnlich stellt sich die Situation für Norwegen in Bezug auf fossile Energieträger dar: Dort waren die Forschungsfördermittel bedingt durch die eigenen Ölvorkommen in der Nordsee im Jahr 2008 noch mit rund 62 % auf fossile Energieträger konzentriert; seitdem ist jedoch eine deutliche Verschiebung zugunsten von Energieeffizienzprojekten zu verzeichnen, sodass diese 2014 bereits rund 46 % der RD&D-Budgets beanspruchen; 2008 waren es erst 4 % (Tabelle A.5.18).

In Deutschland entfielen 2014 54 % der RD&D-Budgets auf erneuerbare Energien und Projekte zur Steigerung der Energieeffizienz, in den übrigen EU-15 zeigt sich diesbezüglich ein ähnliches Bild.

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 31 % (2014) zwar noch immer deutlich höher als im Schnitt der übrigen EU-15 (23 %) oder erst recht in den USA (14,5 %). Die übrigen EU-15 haben jedoch deutlich aufgeschlossen (Abbildung 2.2) und einzelne Länder innerhalb der EU (z.B. Spanien, Niederlande, Dänemark, Schweden) setzen hier noch größere Priorität als Deutschland (Tabelle A.5.18).

Mit Bezug auf die USA scheint der 2014 mit 14,5 % vergleichsweise sehr niedrige Anteil von erneuerbaren Energien in den öffentlichen RD&D-Budgets zumindest in Teilen auch auf das Meldeverhalten zurückzuführen zu sein. Denn 2010 war ein Anteil von mehr als 27 % ausgewiesen. Seitdem haben sich die Prioritäten jedoch in das Segment der Querschnittsthemen verschoben (2014: 37 %²⁰), das in Japan so gut wie gar keine Rolle spielt. Dort machen erneuerbare Energien mittlerweile einen Anteil von gut einem Fünftel am Gesamtbudget aus.

Besonders hohe absolute Zuwächse in den realen Budgets für erneuerbare Energien von jahresdurchschnittlich mindestens 10 % verzeichnen seit 2008 Deutschland, Frankreich, Norwegen, Schweden, die Schweiz, Japan und – trotz des insgesamt eher niedrigen Anteils – auch die USA (Tabelle A.5.18).

Auch der Bereich Energieeffizienz hat insbesondere in Deutschland, aber auch im Durchschnitt der übrigen EU-15 seit 2000 anteilmäßig hinzugewonnen. Während in den übrigen EU-15 – bedingt durch

²⁰ Die USA haben insbesondere dann „aufgeholt“, wenn man das Teilsegment der Querschnittsthemen mitberücksichtigt, 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.

hohe Anteile in den nordischen Ländern - Energieeffizienz bereits 2008 deutlich höhere Priorität genossen hat als in Deutschland, ist der Bereich innerhalb des deutschen RD&D-Budgets erst in den letzten Jahren deutlich gewachsen.²¹ In den anderen großen EU-15 Ländern (Frankreich, Großbritannien, Italien, Spanien), Japan und Korea besitzt Energieeffizienz vergleichsweise weniger Gewicht.

Die höchsten absoluten Zuwächse bei der Förderung von Energieeffizienzprojekten von mindestens 10 % p.a. ergeben sich 2008 bis 2014 für Deutschland, Großbritannien, Spanien, Dänemark, Norwegen, Österreich, die Schweiz und die USA (Tabelle A.5.18).

Die aktuelle Berichterstattung wird ergänzt um die Betrachtung ausgewählter osteuropäischer Länder, für die entsprechende Daten zur Verfügung stehen (Tabelle A.5.19). Hier ergibt sich kein einheitliches Bild:

In Ungarn entfielen sowohl 2008 wie auch 2014 die budgetierten Mittel zu fast 100 % auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz, wobei der Fokus eindeutig im Bereich Energieeffizienz (jeweils 94 %) liegt. Absolut betrachtet sind die Budgets seit 2008 in Ungarn nicht ausgeweitet worden.

In der Slowakei machten erneuerbare Energien und Energieeffizienz zusammen genommen 2014 rund 83 % des Gesamtbudgets aus (2008: 28 %). Dabei wird der Schwerpunkt hier, anders als in Ungarn, auf erneuerbare Energien (62 %) gesetzt, wenngleich Förderung von Forschung zur Verbesserung der Energieeffizienz seit 2008 noch stärker ausgeweitet worden ist (+28 % p.a.) als Förderung von erneuerbaren Energien (+ 22 % p.a.). Dieser Anteilsgewinn ging hauptsächlich zu Lasten der Bereiche Nuklearenergie sowie der Förderung von Querschnittsthemen²², so dass die Budgetausweitung seit 2008 lediglich bei 3,2 % gelegen hat.

Auch in Polen haben sich die Strukturen innerhalb des deutlich breiter gefächerten Energiebudgets zugunsten von zukunftsorientierten Technologien (2014: 63 %, 2008: 42 %) verschoben, speziell in Richtung Energieeffizienz (23 %) und sonstige Stromerzeugungs- und Speichertechnologien (18 %), während erneuerbare Energien (18 %) anteilmäßig nur noch wenig hinzugewonnen haben. Parallel dazu ist der Anteil der Nuklearenergie deutlich zurückgegangen (von über 30 % 2008 auf 4 % 2014), der Anteil der Förderung für fossile Energieträger aber weiter ausgebaut worden (von 26,5 % auf 33 %).

Im Gegensatz dazu ist der Anteil zukunftsorientierter Technologien in der Tschechischen Republik seit 2008 von 56 % auf 40 % gesunken, weil hier, anders als in vielen anderen europäischen Ländern, die Prioritäten für Nuklearenergieforschung noch weiter erhöht worden sind (von 37 % 2008 auf 55 % 2014). Wie in Polen haben auch hier andere Stromerzeugungs- und Speichertechnologien (16 %) anteilmäßig hinzu gewonnen, während erneuerbare Energien (14 %) und vor allem Energieeffizienz (4 %) absolut und relativ an Bedeutung verloren haben.

In Estland entfallen 2014 fast 80 % der öffentlichen RD&D-Budgets auf zukunftsorientierte Technologien, mit Schwerpunkten bei sonstigen Stromerzeugungs- und Speichertechnologien (44 %) sowie erneuerbaren Energien (33 %). Ein zeitlicher Vergleich mit früheren Jahren ist aufgrund fehlender Daten nicht möglich.

Gesamtwirtschaftliche Einordnung: RD&D-Budgets in Relation zum BIP

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

²¹ 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).

²² Auch dies dürfte auch mit dem Meldeverhalten zusammenhängen, vgl. Fußnote 20.

/Brennstoffzellen, Energie- und Speicherungstechniken, Querschnittthemen) in der öffentlichen Forschungsförderung besonders deutlich. In allen ausgewiesenen Ländern sind deren Anteile am BIP vor allem bedingt durch Ausweitungen bei erneuerbaren Energien und im Bereich Energieeffizienz klar gestiegen (vgl. Tabelle A.5.18). Die höchsten Zuwächse, auf diesen Indikator bezogen, ergeben sich für Norwegen (von 0,07 ‰ im Jahr 2000 auf 0,89 ‰ im Jahr 2014), Finnland (von 0,40 ‰ auf 0,96 ‰), Österreich (von 0,09 ‰ auf 0,43 ‰), Korea (von 0,09 ‰ auf 0,39 ‰), Dänemark (von 0,21 ‰ auf 0,54 ‰) und - allerdings von sehr geringem Niveau aus startend - Frankreich (0,02 ‰ auf 0,22 ‰).

Für Deutschland ist von 2000 bis 2014 eine Vervierfachung (von 0,05 ‰ auf 0,20 ‰) zu verzeichnen. Dennoch fällt die deutsche Quote im Vergleich zu den meisten anderen Ländern vergleichsweise niedrig aus. Nicht nur in den nordischen Ländern, in denen gerade Energie aus erneuerbaren Trägern aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten schon seit langem eine herausragende Bedeutung hat, sondern auch in Österreich, der Schweiz, Japan, Korea und den USA liegen die Quoten teils deutlich höher. Lediglich in Frankreich, den Niederlanden und Italien erreichen die summierten Anteile am BIP ein ähnliches Niveau wie in Deutschland, das nur noch von Großbritannien (0,12 ‰) und Spanien (0,09 ‰) unterboten wird (vgl. Tabelle A.5.18).

Die niedrige Quote für Spanien kann als Ausdruck der öffentlichen Sparauflagen im Zuge der Wirtschaftskrise gewertet werden. Gemessen an den jüngsten Zahlen aus 2014 macht das Budget für die betrachteten Bereiche nur noch rund ein Drittel des entsprechenden Wertes des Spitzenjahres 2011 aus. Dem entgegen steht Norwegen, dessen RD&D Budget für zukunftsorientierte Technologien 2014 gegenüber dem Vorjahr real mehr als verdoppelt wurde. Die zusätzlichen Mittel flossen fast ausschließlich in den Bereich Energieeffizienz, welcher allein einen Anteil am BIP von 0,59 ‰ (zukunftsorientierte Energietechnologien insgesamt: 0,89 ‰) aufweist.

Finnland, Dänemark und Norwegen gaben 2014 im Vergleich der 15 separat betrachteten hochentwickelten Länder mit Anteilswerten von über 0,5 ‰²³ relativ zum BIP die meisten öffentlichen Mittel für FuE- und Demonstrationsprojekte in den fünf als zukunftsorientiert definierten Energieforschungssegmenten aus. Es folgen Österreich, Korea, Schweden und die Schweiz mit Quoten von rund 0,4 ‰. Die rückläufige Anteilsentwicklung für die Niederlande scheint eine Momentaufnahme des Jahres 2014 zu sein. 2013 wie auch 2015 waren die Budgets für zukunftsorientierte Energietechnologien deutlich höher.

Bei den für erneuerbare Energieträger in Relation zum BIP aufgewendeten RD&D-Budgets standen Dänemark (0,21 ‰) und Norwegen (0,20 ‰) im Jahr 2014 mit Abstand an der Spitze. Finnland, Schweden, die Schweiz und Japan weisen Quoten von rund 0,15 ‰ auf; für Deutschland lag der entsprechende Wert bei 0,09 ‰. Insbesondere die beiden Spitzenreiter, aber auch Finnland, Japan und Korea haben ihre Forschungsanstrengungen bei erneuerbaren Energien gemessen an diesem Indikator überproportional ausgeweitet (vgl. Tabelle A.5.18).

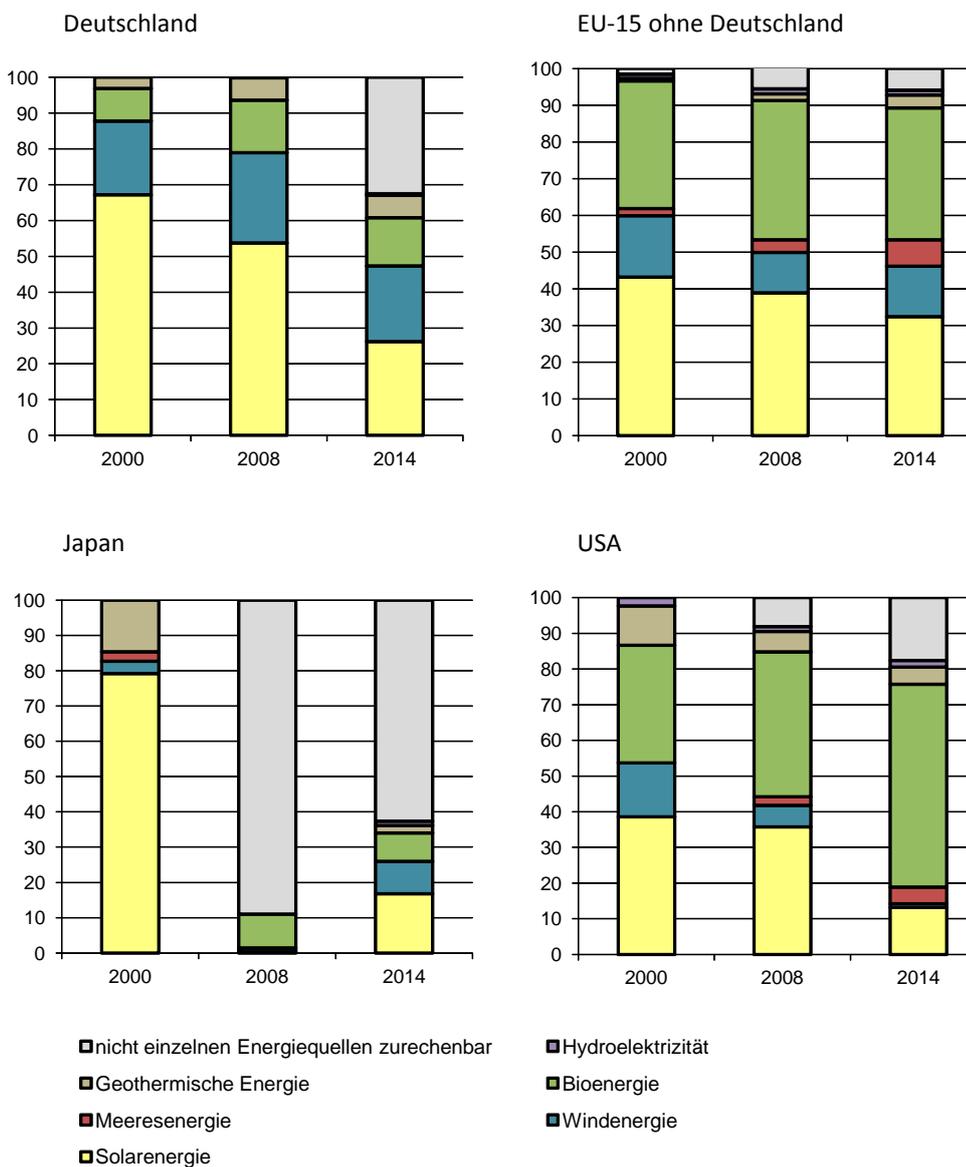
In Hinblick auf die betrachteten osteuropäischen Länder (Tabelle A.5.19) ist der Anteil der zukunftsorientierten Energietechnologien in Relation zum BIP insbesondere in Ungarn enorm hoch (0,87 ‰). Die Slowakei weist eine Quote von 0,24 ‰ auf und liegt damit etwas über dem entsprechenden Wert für Deutschland (0,20 ‰). Die übrigen Anteilswerte betragen 0,13 ‰ für Polen und jeweils 0,09 ‰ für die Tschechische Republik und Estland. Vor allem in Polen und der Slowakei sind die für erneuerbare Energien und Energieeffizienz aufgewendeten Mittel seit 2008 deutlich gestiegen.

²³ Für Finnland ergibt sich ein Wert von rund 0,96 ‰, für Norwegen von 0,89 ‰ und für Dänemark von 0,54 ‰ (vgl. Tabelle A.5.18).

Strukturen und Entwicklungen innerhalb der Budgets für erneuerbare Energien und Energieeffizienz

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 erneuerbaren Energieträgern ergeben (vgl. Abbildung 2.3).

Abbildung 2.3: Struktur der Forschungsbudgets bei erneuerbaren Energien nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2014



Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. – Stand Oktober 2016. Berechnungen und Schätzungen des CWS.

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. In Deutschland beträgt der Anteil der Solarenergie an allen erneuerbaren Energiequellen insgesamt nur noch 26 %. Die Budgets sind nun insgesamt breiter gestreut. Allerdings lassen sich in den letzten Jahren viele Projekte in Japan, Deutschland und den USA

nicht mehr direkt einzelnen Energieträgern zuordnen, wodurch die Bewertung der strukturellen Entwicklung eingeschränkt wird.

Die Bioenergie hat in fast allen Vergleichsregionen an Bedeutung gewonnen und genießt in den Budgets der EU-15, der USA, den Niederlanden, Frankreich, Großbritannien, Dänemark, Schweden und Finnland sogar höhere Priorität als Solarenergie. Innerhalb des gesamten RD&D-Budgets für erneuerbare Energiequellen (100 %) entfallen in den EU-15 ohne Deutschland 36 % auf Bioenergie, in Deutschland hingegen nur 13,5 %. Das hohe Gewicht in den übrigen EU-15 ist nicht nur von einzelnen Ländern bestimmt, sondern lässt sich auf alle ausgewiesenen Mitgliedsländer zurückführen (vgl. dazu Tabelle A.5.20).

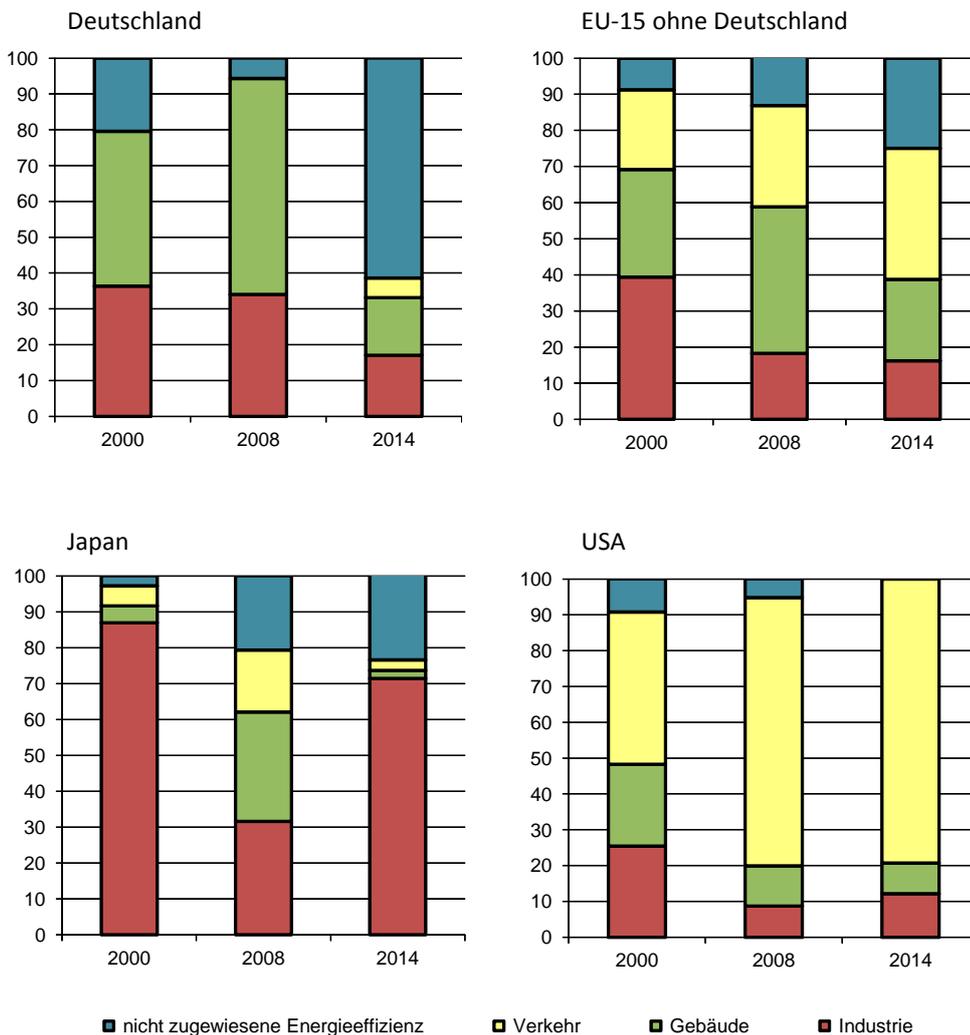
In Deutschland wird seit Ende des letzten Jahrzehnts zudem etwas stärker auf Geothermische Energie, in den übrigen EU-15 in jüngerer Zeit auf Meeresenergie gesetzt. In Deutschland (21 %) und der übrigen EU-15 (14 %) blieb der Anteil der Windenergie im Zeitablauf annähernd gleich. In Japan hat Windenergie in jüngerer Zeit spürbar hinzugewonnen und mittlerweile mit rund 9 % einen deutlich höheren Strukturanteil als in den USA, wo Windkraft und Geothermie im Zuge der Ausweitung der RD&D-Budgets für Bioenergie bereits im Verlauf des letzten Jahrzehnts spürbar an Gewicht verloren haben.

In Ungarn, Polen, der Slowakischen und der Tschechischen Republik (siehe Tabelle A 5.21) konzentriert sich das Budget bedingt durch den hohen Anteil der Land- und Forstwirtschaft hauptsächlich auf die Bioenergie. In Polen entfällt zusätzlich ein ähnlich hoher Anteil auf Solarenergie, die in den anderen oben genannten Ländern innerhalb des erneuerbaren Energien Budgets kaum eine Rolle spielt. Hingegen werden in Estland ausschließlich Solarenergie (mit deutlichem Schwerpunkt) und Windenergie gefördert.

Bezogen auf den Bereich Energieeffizienz wird zwischen den Teilsegmenten Industrie, Wohn- und Geschäftsgebäude (Anwendungen und Ausrüstungen) und Verkehr unterschieden (Abbildung 2.4). Weiterhin gibt es eine Restgruppe „nicht zugewiesene Energieeffizienz“, in der bspw. RD&D-Mittel im Bereich Abwärmenutzung, Fernwärme und -kühlung, Verkehrsmanagementsysteme oder Forschungsförderung zu Energieeffizienzverbesserungen in Land- und Forstwirtschaft subsummiert sind (IEA 2011, 2015).

Bei einer Gegenüberstellung der Struktur der Forschungsbudgets im Bereich Energieeffizienz in Abbildung 2.4 ist eine heterogene Verteilung zwischen den dargestellten Ländern zu erkennen. Deutschlands Schwerpunkt lag im Jahr 2008 auf der Energieeffizienz von Gebäuden und verschob sich bis zum Jahr 2014 auf die unspezifische Restgruppe, d.h. sektorübergreifende Anwendungen haben deutlich an Gewicht gewonnen (61 %) und die spezifischen Bereiche Industrie und Gebäude liegen mit 17 bzw. 16 % annähernd gleich auf. In den übrigen EU-15 entfällt der höchste Anteil auf den Verkehrssektor (36 %) vor Gebäude (23 %) und Industrie (16 %). In den USA liegt der Fokus eindeutig auf dem Verkehrsbereich (79 %), in Japan auf der Industrie (71 %).

Abbildung 2.4: Struktur der Forschungsbudgets für Verbesserungen im Bereich Energieeffizienz 2000, 2008 und 2014



Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. – Stand Oktober 2016. Berechnungen und Schätzungen des CWS.

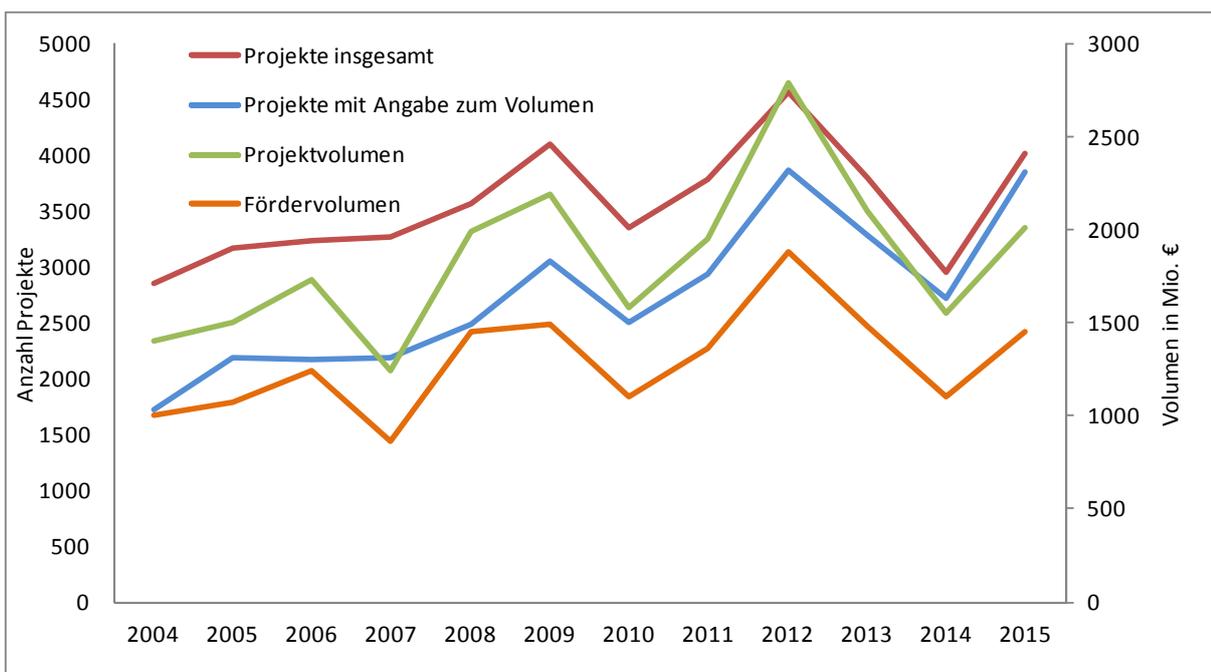
2.2 Öffentlich geförderte Umweltforschung in Deutschland

Um detaillierte Informationen über die thematischen Schwerpunkte in der Umweltschutzforschung und Forschungsförderung in Deutschland zu erhalten, wird seit Jahren in regelmäßigem Turnus die Umweltforschungsdatenbank UFORDAT des Umweltbundesamtes ausgewertet. Sie wird seit 1974 geführt und dokumentiert insgesamt Angaben zu über 120.000 laufenden und abgeschlossenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten im Umweltbereich von mehr als 10.000 forschenden und finanzierenden Einrichtungen aus Deutschland, der Schweiz und Österreich (UBA 2014). Die Datenbank dokumentiert sowohl öffentlich geförderte Projekte als auch privatwirtschaftlich finanzierte Forschung von Unternehmen, Stiftungen, Verbänden und Vereinen. Jährlich kommt eine Vielzahl neuer Projektbeschreibungen hinzu, die sich häufig auch auf Vorhaben beziehen, die bereits in früheren Jah-

ren begonnen worden sind.²⁴ 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, Newsletter oder Forschungsberichte.²⁵ Möglich sind 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 2004 begonnenen und in Deutschland durchgeführten Forschungsvorhaben nach dem Jahr des Forschungsbeginns, dem Projekt- und Fördervolumen, dem jeweiligen Umweltbereich²⁶ sowie der Art der durchführenden und der finanzierenden Institution ausgewertet.²⁷ Im Gegensatz zu früheren Auswertungen berücksichtigt die vorliegende Analyse nicht mehr die Jahre 2000 bis 2003. Diese Veränderung trägt einerseits der zunehmend erschwerten Darstellung der Zeitreihe Rechnung. Andererseits galt auch für frühere Auswertungen die Einschränkung, dass die Kennzahlen aus den Jahren 2002 und 2003 aufgrund geringerer Rechercheintensität zu niedrig ausgefallen waren. Eine Verschiebung des Auswertungszeitraums hat daher auch den Vorteil, dass nun eine gleichbleibende Datenqualität über den gesamten Zeitraum vorliegt. Abbildung 2.5 gibt einen Überblick über die Anzahl der neu begonnenen Projekte sowie die damit verbundenen Projekt- und Fördermittel von 2004 bis 2015.

Abbildung 2.5: Kennzahlen zu den in UFORDAT erfassten Forschungsvorhaben 2004 bis 2015



Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

²⁴ Deshalb muss bei jeder Aktualisierung der Gesamtzeitraum neu recherchiert werden, weil sich auch für frühere Jahre Abweichungen gegenüber früheren Ergebnissen ergeben.
²⁵ Zur Beschreibung der Datenbank vgl. auch <http://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/information-als-instrument/umweltforschungsdatenbank-ufordat> (letzter Abruf: 02.11.2016).
²⁶ In den vorliegenden Analysen wurden die Themenfelder Umweltökonomie und Umweltrecht zusammen betrachtet (vgl. dazu Tabelle A.5.22 in Abschnitt 5.3). Insofern reduziert sich die Zahl der Umweltbereiche hier auf 13.
²⁷ Für weiter zurückreichende Analysen ab 1991 vgl. Legler, Walz u. a. (2006) bzw. Schasse, Gehrke, Ostertag (2012).

In Summe sind in Deutschland von 2004 bis einschließlich 2015 nach Stand Oktober 2016 rund 42.700 umweltbezogene Forschungsvorhaben begonnen worden. Für knapp 33.000 Vorhaben liegen Angaben zum Projektvolumen vor, fast 31.600 haben eine Förderung enthalten.

Von 2004 bis 2009 ist die Zahl der begonnenen Projekte relativ gleichmäßig gestiegen (Abbildung 2.5). Zwischen 2009 und 2012 erfolgte ein Einbruch mit schneller Wiederaufnahme der vorherigen Entwicklung, so dass 2012 die bis dato höchste Zahl an neu begonnenen Forschungsvorhaben wie auch Projekt- und Fördermitteln verzeichnet werden konnte. In den Folgejahren 2013/14 gingen die entsprechenden Kennzahlen jedoch wieder deutlich zurück. 2015 ist hingegen wieder ein spürbarer Anstieg zu beobachten. Nach Erfahrungen aus früheren Analysen führt der Meldebias dazu, dass die Zahlen am aktuellen Rand eher zu niedrig ausfallen, da ein signifikanter Teil der Vorhaben erst mit Verzögerung in den Folgejahren erfasst wird.²⁸ Insbesondere in Zusammenhang mit den geringen Zahlen für die Jahre 2012 bis 2014 deutet der beobachtete Anstieg am aktuellen Rand daher auf einen geänderten Trend zu wieder steigenden Zahlen an neu begonnenen Forschungsvorhaben wie auch einer Ausweitung der Projekt- und Fördermittel hin.

Die folgende Strukturanalyse nach Umweltbereichen sowie forschenden und durchführenden Institutionen berücksichtigt nur diejenigen Forschungsvorhaben, für die das jeweilige Finanzvolumen bekannt ist. Fallweise werden zusätzlich zur Gesamtperiode (2004 bis 2015) die Teilperioden 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 gesondert betrachtet, für die sich jeweils Unterschiede in der Entwicklungsdynamik einzelner Forschungsbereiche sowie der absoluten Höhe der verausgabten Mittel beobachten lassen (s. o.). Bezüglich des Mittelvolumens ist zu beachten, dass sich die zum Zeitpunkt der Erfassung begonnener Forschungsvorhaben bewilligten Projekt- und Fördervolumen vielfach auf mehrere Jahre verteilen.

2.2.1 Struktur und Entwicklung 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).²⁹ Die Dominanz des Energiebereichs innerhalb des gesamten Themenspektrums gilt für beide Teilperioden. Sie fällt im Verlauf der Jahre 2010 bis 2015 aber noch sehr viel ausgeprägter aus als in den Vorjahren (2004 bis 2009) (Abbildung 2.6) und dürfte diese Bedeutung vor dem Hintergrund der für das Energieforschungsprogramm vorgesehenen Mittel auch zukünftig zumindest behaupten.³⁰

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 33 % auf 43 %, beim Projektvolumen von 43 % auf 57 % und beim Fördervolumen von 38 % auf 51 % (Abbildung 2.6). Mehr als 60 % aller Energieforschungsvorhaben im Zeitraum 2004 bis 2015 befassen sich mit energiesparenden und rohstoffschonenden Technologien und

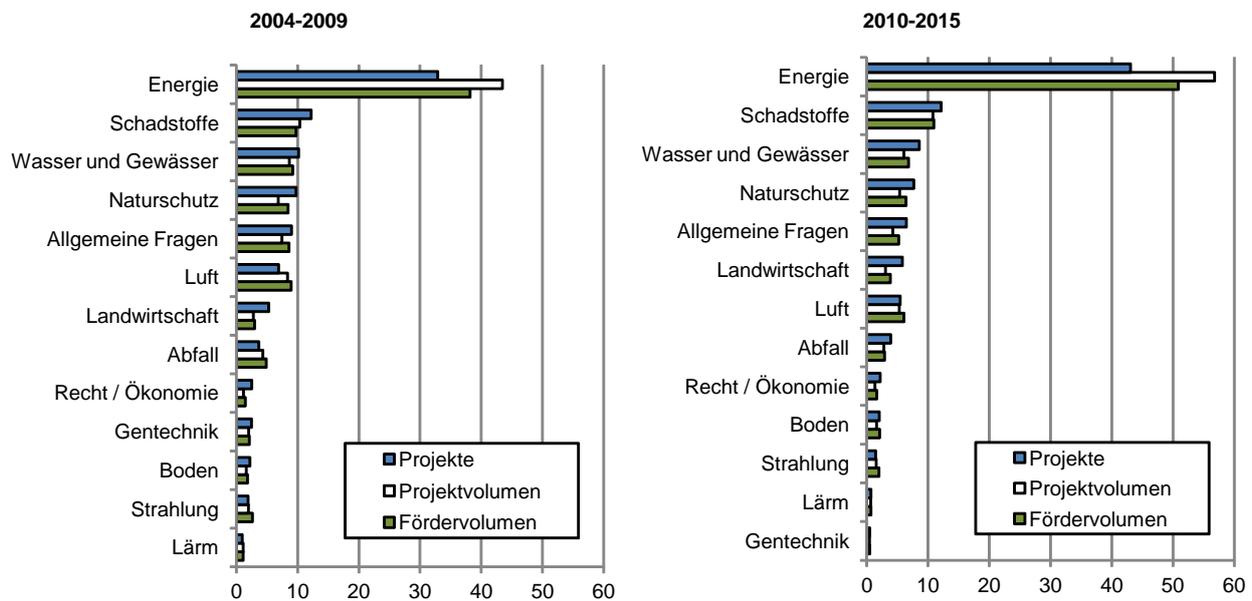
²⁸ Siehe dazu auch die vergangene Analyse in Gehrke et al. (2015).

²⁹ Im Gegensatz dazu lagen in den 1990er Jahren bezogen auf die Anzahl neu begonnener Forschungsvorhaben noch Wasser und Gewässerschutz sowie Naturschutz anteilmäßig an der Spitze. Im Hinblick auf Projekt- und Fördervolumen rangierte der Energiebereich als Synonym für die Umweltklassifikation *Nutzung und Erhaltung von Energie- und Rohstoffressourcen* schon damals vorn. Vgl. dazu Legler, Walz u. a. (2006).

³⁰ Im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms wurde von der Bundesregierung für die Jahre 2013 bis 2016 ein Mittelvolumen von rund 3,5 Mrd. Euro für Forschungsförderung vorgesehen (BMW i 2011). Entsprechend lagen die durch die beteiligten Bundesministerien aufgewendeten Mittel in den Jahren 2013 bis 2015 jeweils bei über 800 Mio. Euro und waren damit deutlich höher als 2009 bis 2011 (mit jeweils gut 600 Mio. Euro). Im Jahr 2015 flossen 65 % der insgesamt aufgewendeten gut 860 Mio. Euro in Projektförderung, 2011 waren es erst 57 %. Vgl. dazu BMW i (2016).

Maßnahmen³¹, damit ist die Bedeutung dieser Unterklasse gegenüber dem vorherigen Auswertungszeitraum 2000 bis 2013 annähernd gleich hoch geblieben (Gehrke et al. 2015).

Abbildung 2.6: Schwerpunkte in der Umweltforschung – Anteil der Umweltbereiche an den Forschungsvorhaben 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 in %



Anmerkung: absteigend sortiert nach der Entwicklung der Zahl der Projekte.

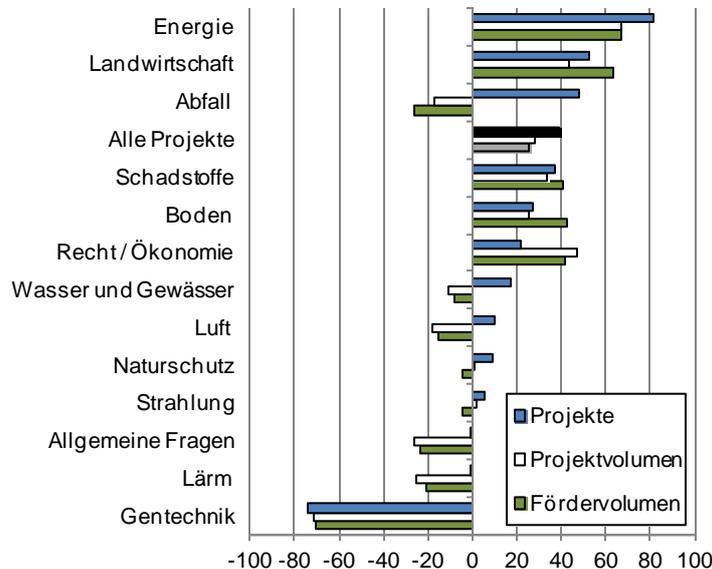
Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

Alle anderen Teilsegmente fallen gegenüber dem Themenfeld deutlich weniger ins Gewicht. Lediglich im Bereich Schadstoffe wird in der aktuellen Teilperiode mit 12 % noch ein zweistelliger Projektanteil erreicht. Zwischen 8,6 % und 5,5 % der Vorhaben entfallen auf Wasser und Gewässerschutz, Allgemeine und übergreifende Fragen, Natur- und Landschaftsschutz, Luft sowie Landwirtschaft, wobei letztere mit Ausnahme von Luft im Hinblick auf Projekt- und Fördervolumen teils deutlich niedrigere Anteile erzielen als bezogen auf den Anteil der gemeldeten Forschungsprojekte. Alle anderen Bereiche bleiben bezogen auf alle drei Indikatoren deutlich zurück. Gegenüber der ersten Teilperiode haben im Zeitraum 2010 bis 2015 vor allem Vorhaben aus den klassischen Umweltbereichen (Wasser/Gewässerschutz, Natur- und Landschaftsschutz, Luft, Abfall, Lärm) an Bedeutung verloren (Abbildung 2.6). Demgegenüber haben sich die Forschungsfelder Schadstoffe und Landwirtschaft vergleichsweise gut behauptet und ihre Anteile an den Projekt- und Fördermitteln im Periodenvergleich ausgebaut.

Bei absoluter Betrachtung ergibt sich bezogen auf alle Forschungsprojekte im Periodenvergleich ein Zuwachs von 39 %, bezogen auf Projektvolumen und Fördervolumen von 28 % bzw. 25 % (Abbildung 2.7), wobei die Durchschnittsentwicklung klar vom dominierenden Energiebereich determiniert wird.

³¹ 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). Die anderen fünf Unterkategorien spielen demgegenüber kaum eine Rolle.

Abbildung 2.7: Veränderung von Forschungsprojekten, Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen im Vergleich der Teilperioden 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 in %



Anmerkung: absteigend sortiert nach der Entwicklung der Zahl der Projekte.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

Daneben weist nur noch der Bereich Landwirtschaft eine überdurchschnittliche Dynamik bei allen drei Kennzahlen auf. Schadstoffforschung sowie Umweltrecht/-ökonomie schneiden im Hinblick auf die beiden pekuniären Kennzahlen überdurchschnittlich gut ab, im Bereich Bodenforschung gilt dies lediglich für das Fördervolumen (Abbildung 2.7). Alle anderen Forschungsfelder zeigen eine vielfach deutlich unterdurchschnittliche Dynamik, die aber nicht notwendigerweise mit absolut rückläufigen Projektzahlen oder finanziellen Aufwendungen verbunden ist. So sind in den klassischen Bereichen Luft, Wasser/Gewässerschutz und Abfall zwar die Mittel absolut gesunken, die Zahl der Forschungsvorhaben ist aber weiter gestiegen: D.h. der durchschnittliche Projektumfang in diesen Feldern ist spürbar geringer geworden (s.u.). Nur die Bereiche Gentechnik, Lärm sowie Allgemeine Fragen haben sowohl bezogen auf die Anzahl der Projekte als auch aus finanzieller Sicht nicht nur - wie in Abbildung 2.6 oben ersichtlich - anteilmäßig, sondern auch absolut verloren.

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. Darüber hinaus gilt dies in besonderem Maße seit 2010 auch für gentechnische Fragen. Hier wird für alle drei Kennzahlen ein Rückgang um etwa 70 % gegenüber dem Zeitraum 2004 bis 2009 verzeichnet. Hingegen treten Forschungsvorhaben zu vorsorgenden, emissionsmindernden und -vermeidenden Fragen (vor allem Energie, Schadstoffminderung, von geringerem Gewicht auch Landwirtschaft³²) sowie Umweltrecht/-ökonomie immer stärker in den Vordergrund.

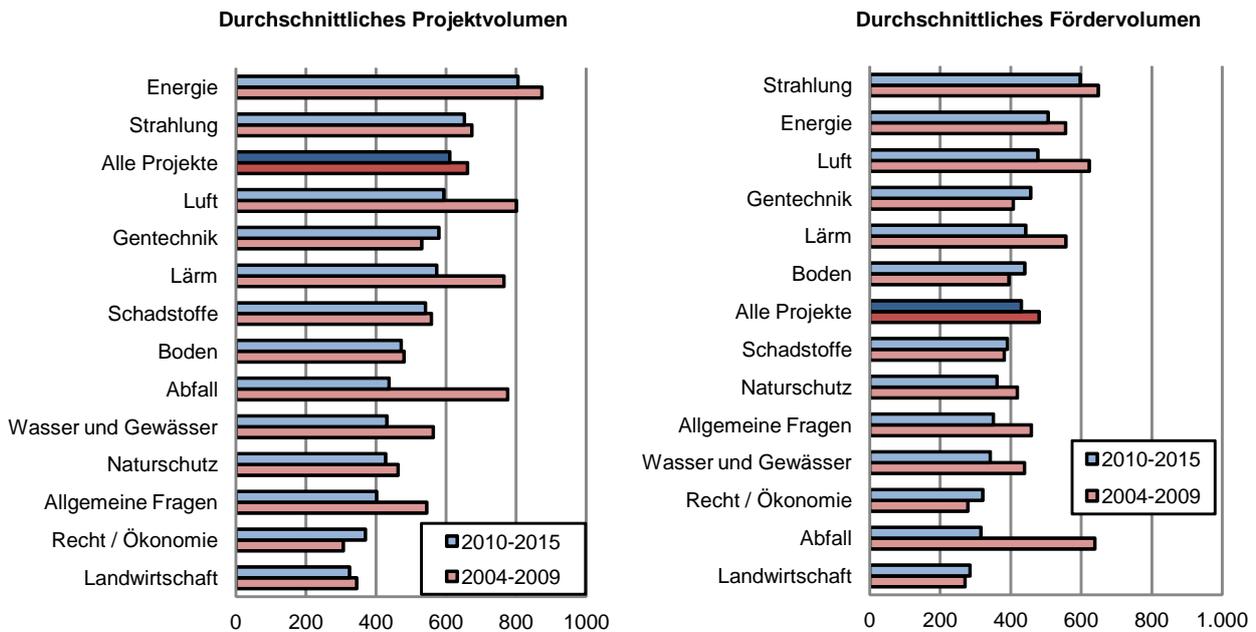
2.2.2 Durchschnittliche Projektkosten, Fördersummen und Förderquoten

Das durchschnittliche Projektvolumen über alle Forschungsvorhaben lag in der Periode 2010 bis 2015 bei 610 Tsd. € und ist damit rund 7,5 % niedriger als in der Vorperiode 2004 bis 2009 (660 Tsd. €).

³² Hier spielen beispielsweise auch Forschungsfragen eine Rolle, die sich mit den umweltschutzrelevanten Aspekten industrieller Agrarproduktion und Tierhaltung befassen.

Parallel dazu hat sich das durchschnittliche Fördervolumen im Periodenvergleich von 480 Tsd. € (2004 bis 2009) auf 430 Tsd. € (2010 bis 2015) um gut 10 % verringert. Damit setzt sich der bereits in früheren Auswertungen konstatierte Trend rückläufiger durchschnittlicher Projektkosten aktuell fort (Abbildung 2.8) und spiegelt die oben festgestellte unterschiedliche Expansionsdynamik bei Projekten, Projektvolumen und Fördervolumen wieder (s. o.).

Abbildung 2.8: Durchschnittliches Projekt- und Fördervolumen nach Umweltbereichen 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 (in Tsd. €)



Anmerkung: absteigend sortiert nach den Werten für die Teilperiode 2010 bis 2015.
 Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

In den Themenfeldern Energie, Luft, Lärm und Strahlung fallen über den Gesamtzeitraum betrachtet die im Schnitt höchsten Projektkosten an (höher als der Durchschnitt über alle Projekte). Der mit Abstand höchste Wert ergibt sich in der jüngeren Teilperiode (2010 bis 2015) für Vorhaben aus dem Energiebereich mit Durchschnittskosten von rund 800 Tsd. €. Danach folgen mit deutlichem Abstand die Felder Strahlung (650 Tsd. €), Luft (590 Tsd. €), Gentechnik (580 Tsd. €), Lärm (570 Tsd. €) und Schadstoffe (540 €). Am unteren Ende rangieren Vorhaben aus den Forschungsfeldern Landwirtschaft (320 Tsd. €) und Umweltrecht/-ökonomie (370 Tsd. €).

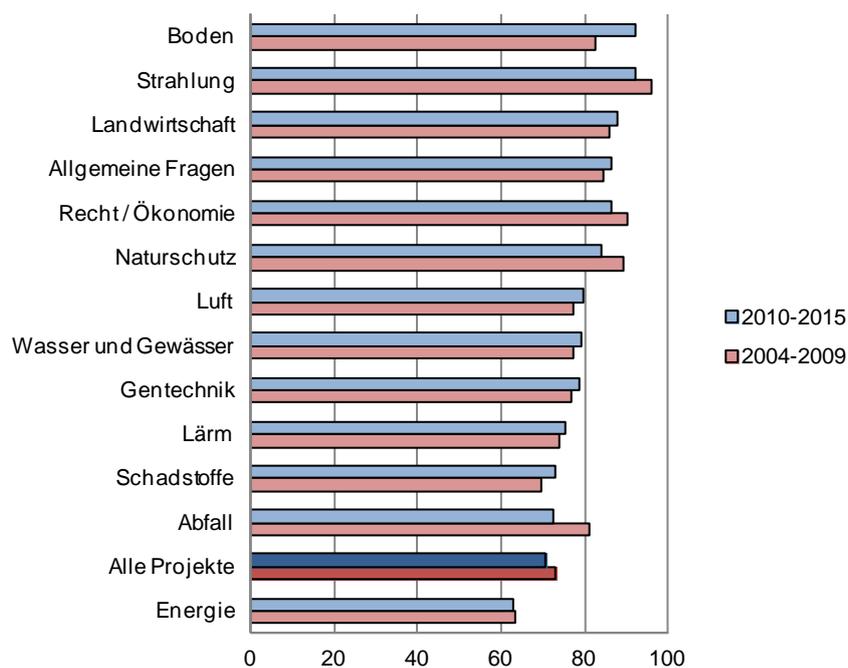
Die durchschnittlichen Projektkosten für Vorhaben zu den klassischen Umweltmedien Abfall, Luft, Lärm, Wasser/Gewässerschutz sowie zu Allgemeinen Fragen fallen in der zweiten Teilperiode signifikant niedriger aus als in den Jahren 2004 bis 2009, weil sich die Anzahl der jährlich begonnenen Projekte im Periodenvergleich günstiger entwickelt hat als die finanziellen Mittel (vgl. Abbildung 2.7). In diesen Feldern hat sich die Forschung in den letzten Jahren demnach stärker auf weniger umfangreiche und damit weniger kostenintensive Projekte konzentriert. Auf den Gebieten Umweltrecht/-ökonomie und Gentechnik zeigt sich eine gegenläufige Entwicklung, so dass dort pro Vorhaben im Schnitt mehr Mittel verausgabt wurden als 2004 bis 2009 (vgl. Abbildung 2.8), allerdings unter völlig unterschiedlichen Rahmenbedingungen: Absolut rückläufigen Entwicklungen bei allen drei Kennzahlen im Feld Gentechnik stehen hohe Expansionsraten bei Umweltrecht/-ökonomie gegenüber (vgl. Abbildung 2.7).

Gestiegene bzw. gesunkene Durchschnittskosten pro Projekt gehen zumeist mit einer gleich gerichteten Entwicklung der durchschnittlichen Fördersummen einher (Abbildung 2.8). Lediglich im Forschungsfeld Boden hat die staatliche Förderung trotz gesunkener Durchschnittskosten im Verlauf der zweiten Teilperiode signifikant zugenommen. Das Gleiche gilt grundsätzlich, aber weniger ausgeprägt, auch für Schadstoffe und Landwirtschaft.

Insgesamt betrachtet ist das Fördervolumen im Periodenvergleich etwas weniger stark ausgeweitet worden als das Projektvolumen: Die durchschnittliche Förderquote sank von fast 73 % (2004 bis 2009) auf gut 70 % (2010 bis 2015) (vgl. Abbildung 2.9). Damit hat sich die bereits in früheren Analysen festgestellte Entwicklung fortgesetzt (vgl. dazu z.B. Gehrke, Schasse, Ostertag 2014).

Allerdings zeigen sich teils deutliche Unterschiede zwischen den Forschungsfeldern. Rückläufige Förderquoten verzeichnen Strahlung, Umweltrecht-/ökonomie, Naturschutz sowie insbesondere Abfall. In den anderen Themenfeldern ist die staatliche Förderung demgegenüber weiter ausgeweitet worden bzw. bei Energie annähernd stabil geblieben. Dort ist die Förderquote (aktuell knapp 63 %) mit Abstand am niedrigsten und zieht den Durchschnitt nach unten. In allen anderen Gebieten fallen die Förderquoten überdurchschnittlich aus. Die höchsten Werte von 80 % und mehr werden in den Bereichen Boden, Strahlung, Landwirtschaft, bei übergreifenden umweltrelevanten Themen (Allgemeine Fragen, Umweltrecht/-ökonomie) und im Bereich Naturschutz erreicht.

Abbildung 2.9: Förderquoten nach Umweltbereichen 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 (in %)



Anmerkung: absteigend sortiert nach den Werten für die Teilperiode 2010 bis 2015.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

2.2.3 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. Ihre Zuordnung zu verschiedenen Einzelpositionen folgt im Wesentlichen der vom Datenbankbetreiber vorgenommenen Spezifikation. Danach lassen sich bei den forschenden Einrichtungen 11 Untergruppen unterscheiden.

Neben Hochschulen und verschiedenen außeruniversitären Forschungseinrichtungen finden sich darunter auch Bundes- und Landesbehörden, kommunale Einrichtungen (z.B. kommunale Ver- und Entsorgungsbetriebe) und insbesondere private Unternehmen aus der Wirtschaft (insbesondere Ingenieur- und FuE-Dienstleister, vor allem aber auch Unternehmen verschiedener industrieller Branchen). Wirtschaftsunternehmen machen bei allen drei Kennzahlen für sich genommen jeweils den größten Posten aus.

Während in beiden Untersuchungsperioden rund die Hälfte der Projekte und rund 44 % des Fördervolumens auf die Wirtschaft entfallen sind, ist deren Anteil am Projektvolumen im Periodenvergleich von 54 % auf fast 58 % gestiegen (Tabelle 2.2). Dies zeigt, dass auch umfangreichere, umweltrelevante Forschungsvorhaben immer stärker in privaten Unternehmen stattfinden, vielfach in Kooperation mit öffentlichen Forschungseinrichtungen.³³

Unter den reinen Forschungseinrichtungen liegen Hochschulen mit 30 % der Forschungsvorhaben (2010 bis 2015) unangefochten auf Platz 1, auch wenn sich gegenüber der Vorperiode ein leichter Bedeutungsverlust (-1 Prozentpunkt) feststellen lässt (Tabelle 2.2). Dahinter erzielen Institute der Fraunhofer-Gesellschaft (6,3 %) und Helmholtz Gemeinschaft (5,9 %) die höchsten Anteile deutlich vor WGL-Instituten und Bundesbehörden/-anstalten (mit jeweils knapp unter 3 %). Kommunale Einrichtungen und Landesbehörden/-anstalten erreichen Anteile von etwas mehr als einem Prozent. Alle anderen Kategorien fallen gemessen an der Zahl der Projekte kaum ins Gewicht.

In Bezug auf das Projektvolumen fallen die Strukturanteile der Hochschulen mit knapp 22 % allerdings konstant deutlich niedriger aus als bei der Projektanzahl (Tabelle 2.2). Ähnlich stellt sich die Situation für WGL-Institute, Bundes- und Landesbehörden/-anstalten sowie Kommunale Einrichtungen dar. Die anderen Teilgruppen außeruniversitärer Forschungseinrichtungen sind bei den Projektmitteln und erst recht an der Förderung überproportional vertreten.³⁴ 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 aus allgemeinen Hochschulmitteln finanziert.³⁵

Im Hinblick auf das Fördervolumen konnten Hochschulen signifikant Strukturanteile hinzugewinnen (von 26 % auf fast 30 %). Auf der anderen Seite haben außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, insbesondere Institute der der Helmholtz Gemeinschaft, WGL-Institute sowie sonstige Forschungseinrichtungen aus finanzieller Perspektive überproportional verloren. Lediglich Fraunhofer-Institute haben bei allen drei Kennzahlen deutlich zulegen können (Tabelle 2.2).

Auffällig ist, dass einzig bezogen auf die Wirtschaft der Förderanteil mit knapp 44 % (2010 bis 2015) deutlich niedriger ist als der Projektmittelanteil (58 %) und diese Differenz im Vergleich zur Vorperiode (44 % zu 54 %) weiter gewachsen ist. 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.

³³ 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.

³⁴ Bei Max-Planck-Instituten sind die Anteile an den Forschungsvorhaben und am Projektvolumen zwar identisch, bei der Förderung aber etwas höher.

³⁵ Vgl. Legler, Walz u. a. (2006).

Tabelle 2.2: Umweltforschung nach durchführenden Forschungseinrichtungen 2004 bis 2015

	Anzahl 2004-2015	Projekte		
		Strukturanteile in %		
		2004-2015	2004-2009	2010-2015
Hochschulen	9.725	30,6	31,2	30,1
Fraunhofer Gesellschaft	1.748	5,5	4,4	6,3
Helmholtz Gemeinschaft	1.845	5,8	5,6	5,9
WGL-Institute*	949	3,0	3,2	2,9
Max-Planck-Institute	202	0,6	0,7	0,6
sonst. Forschungseinrichtungen	290	0,9	1,2	0,7
Forschungsförderer	38	0,1	0,2	0,1
Bundesbehörden/-anstalten	825	2,6	2,5	2,6
Landesbehörden/-anstalten	435	1,4	1,7	1,1
Kommunale Einrichtungen	378	1,2	1,0	1,3
Wirtschaft	15.356	48,3	48,2	48,4
Gesamtergebnis	31.791	100,0	100,0	100,0
	Mio. € 2004-2015	Projektvolumen		
		Strukturanteile in %		
		2004-2015	2004-2009	2010-2015
Hochschulen	4.347	21,6	21,3	21,9
Fraunhofer Gesellschaft	1.364	6,8	6,0	7,4
Helmholtz Gemeinschaft	1.688	8,4	10,8	6,6
WGL-Institute*	395	2,0	2,2	1,7
Max-Planck-Institute	129	0,6	0,7	0,6
sonst. Forschungseinrichtungen	226	1,1	1,5	0,8
Forschungsförderer	22	0,1	0,1	0,1
Bundesbehörden/-anstalten	319	1,6	1,6	1,6
Landesbehörden/-anstalten	141	0,7	0,9	0,6
Kommunale Einrichtungen	185	0,9	0,8	1,0
Wirtschaft	11.276	56,1	54,0	57,8
Gesamtergebnis	20.094	100,0	100,0	100,0
	Mio. € 2004-2015	Förderung		
		Strukturanteile in %		
		2004-2015	2004-2009	2010-2015
Hochschulen	3.998	28,1	26,1	29,6
Fraunhofer Gesellschaft	1.205	8,5	7,0	9,6
Helmholtz Gemeinschaft	1.510	10,6	12,9	8,8
WGL-Institute*	380	2,7	3,0	2,4
Max-Planck-Institute	118	0,8	0,8	0,8
sonst. Forschungseinrichtungen	213	1,5	1,9	1,2
Forschungsförderer	19	0,1	0,2	0,1
Bundesbehörden/-anstalten	293	2,1	2,0	2,1
Landesbehörden/-anstalten	121	0,9	1,0	0,7
Kommunale Einrichtungen	127	0,9	0,7	1,0
Wirtschaft	6.267	44,0	44,4	43,6
Gesamtergebnis	14.252	100,0	100,0	100,0

*) Institute der Leibniz-Gemeinschaft.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

Das hohe Gewicht der Hochschulen im Vergleich zu anderen Forschungseinrichtungen ist auch auf deren thematische Breite zurückzuführen. Hingegen setzen außeruniversitäre Forschungseinrichtungen teils ausgeprägte Schwerpunkte in der Umweltforschung. Die hohe Spezialisierung einzelner Ein-

richtungen zeigt sich daran, dass sie in einzelnen Forschungsfeldern sehr viel höhere Anteile erzielen als im Durchschnitt aller begonnenen Forschungsvorhaben (Gesamtergebnis in Tabelle 2.3a):³⁶

- ▶ Hochschulen erzielen über alle Umweltforschungsfelder hinweg betrachtet einen Anteil von 30,6 %. Auf der Ebene einzelner Forschungsfelder klar überdurchschnittlich hohe Anteile für Gentechnik, Boden, Strahlung, Naturschutz, Landwirtschaft und Wasser zeigen, dass die Hochschulforschung verglichen mit anderen forschenden Institutionen, besonders stark auf diese Bereiche ausgerichtet ist.
- ▶ Sie bilden damit quasi das Gegenstück zur Wirtschaft, die ebenfalls breit aufgestellt ist, dabei aber gemessen an ihrem durchschnittlichen Anteil (47,8 %) besonders auf Forschungsfragen aus den Bereichen Lärm, Energie, Abfall und Übergreifende Themen (Allgemeine Fragen Umweltrecht/-ökonomie) spezialisiert ist.
- ▶ Bundesbehörden/-anstalten (Durchschnitt: 2,6 %) - und Landesbehörden/-anstalten (Durchschnitt: 1,4 %) setzen klare Schwerpunkte auf den Gebieten Landwirtschaft und - damit zusammenhängend - Gentechnik. Bei Bundesbehörden/-anstalten liegt ein weiterer Fokus bei der Bodenforschung; zudem sind die Themenfelder Luft, Schadstoffe und Wasser überdurchschnittlich vertreten. Auf Landesebene spielt neben Landwirtschaft und Gentechnik nur noch der Natur- und Landschaftsschutz eine überdurchschnittliche Rolle. Dieses Themenfeld dominiert neben Fragen aus dem Gebiet Wasser/Abwasser auch die Forschung von Kommunalen Einrichtungen.
- ▶ Helmholtz Einrichtungen (Durchschnitt: 5,8 %) setzen klare Forschungsschwerpunkte in den Themenfeldern Strahlung, Boden, Luft und Wasser. Darüber hinaus werden noch bei Luft und Schadstoffen leicht überdurchschnittlich hohe Projektanteile erreicht.
- ▶ Fraunhofer-Institute (Durchschnitt: 5,5 %) sind vor allem auf Energie- und Schadstoffforschung spezialisiert. Daneben ergeben sich nur noch für Lärm und Abfall durchschnittliche Anteile, alle anderen Themenfelder bleiben deutlich zurück.
- ▶ Max-Planck-Einrichtungen (Durchschnitt: 0,6 %) sind in ihrer umweltschutzbezogene Forschung überdurchschnittlich stark auf die Felder Gentechnik und Luft ausgerichtet.
- ▶ Die Institute der Leibniz-Gemeinschaft (WGL) (Durchschnitt: 3,0 %) weisen ein ähnlich breites Spezialisierungsspektrum auf wie die Hochschulen. Dies hängt damit zusammen, dass unter diesem Dach 88 selbstständige Forschungseinrichtungen aus einer Vielzahl von Wissenschaftsbereichen zusammengeschlossen sind. Forschungsschwerpunkte liegen auf den Feldern Luft, Landwirtschaft, Boden, Wasser, Naturschutz, Gentechnik sowie bei übergreifenden Themen (Allgemeine Fragen, Umweltrecht/-ökonomie).
- ▶ Die Sammelgruppe der sonstigen Forschungseinrichtungen (Durchschnitt: 0,9 %) setzt relative Schwerpunkte in den Feldern Naturschutz und Landwirtschaft; daneben sind die Themengebiete Recht/Ökonomie und Luft vergleichsweise häufig vertreten. In den wenigen Fällen, in denen Forschungsförderer, wie z. B. die Bundesstiftung Umwelt, als forschende Einrichtung angeführt sind, geht es neben Allgemeinen Fragestellungen überdurchschnittlich häufig um Naturschutz, Landwirtschaft oder Gentechnik.
- ▶ 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 in dieser Einrichtung über die Gesamtperiode hinweg nur ein halbes Prozent aller Umweltforschungsprojekte durchgeführt, dafür aber gut 15 % aller Vorhaben aus dem Feld Strahlung sowie 3 % aus dem Feld Abfall, wobei es vor allem um die Entsorgung nuklearer Abfälle geht

³⁶ Zu den Anteilen einzelner Forschungsfelder am Gesamtergebnis je Einrichtung vgl. Tabelle 2.3b.

(Tabelle 2.3a). Beide Themenfelder zusammen machen rund 70 % der dort begonnenen Forschungsvorhaben aus (Tabelle 2.3b).

Tabelle 2.3: Struktur der Forschungsvorhaben nach Umweltbereichen und Art der forschenden Institution 2004 bis 2015

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

	Hochschulen	Fraunhofer	Helmholtz	WGL	Max-Planck	Sonst. Forschungseinricht.	Forschungsförderer	Bundesbehörden/anstalten	Landesbehörden/anstalten	Kommunale Einrichtung.	Wirtschaft	GRS*
Abfall	26,8	5,4	3,3	0,6	0,0	0,5	0,0	2,6	0,3	0,6	56,9	3,0
Boden	43,8	2,5	13,9	5,2	0,6	0,1	0,0	7,0	1,0	0,3	23,7	1,8
Schadstoffe	30,4	8,6	6,0	2,8	0,7	0,6	0,1	3,3	0,2	0,2	46,6	0,3
Energie	25,6	8,1	4,2	1,1	0,3	0,9	0,0	0,7	0,2	0,7	58,0	0,1
Gentechnik	45,6	0,7	3,8	4,3	6,5	0,2	0,2	6,7	4,3	0,5	27,1	0,0
Lärm	28,6	5,9	3,9	0,4	0,0	0,4	0,0	1,6	0,0	0,8	58,4	0,0
Landwirtschaft	37,9	1,4	2,4	5,4	0,7	1,4	0,5	10,3	10,0	0,3	29,7	0,0
Luft	29,5	2,8	10,4	6,2	3,0	1,1	0,1	3,5	1,1	0,4	41,9	0,1
Naturschutz	39,0	2,1	6,8	4,7	0,4	1,7	0,3	3,0	3,1	5,0	33,8	0,0
Strahlung	43,7	1,9	16,9	2,9	0,2	0,2	0,0	2,5	0,2	0,0	16,3	15,2
Allg. Fragen	31,2	3,0	4,3	4,2	0,4	0,9	0,5	1,5	1,2	1,4	51,1	0,4
Recht/Ökonomie	29,3	3,2	4,3	5,0	0,1	1,2	0,0	2,1	0,9	0,3	53,0	0,5
Wasser	34,5	2,4	9,8	4,8	0,4	0,6	0,0	3,4	1,7	2,8	39,4	0,1
Gesamtergebnis	30,6	5,5	5,8	3,0	0,6	0,9	0,1	2,6	1,4	1,2	47,8	0,5

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

	Hochschulen	Fraunhofer	Helmholtz	WGL	Max-Planck	Sonst. Forschungseinricht.	Forschungsförderer	Bundesbehörden/anstalten	Landesbehörden/anstalten	Kommunale Einrichtung.	Wirtschaft	GRS*
Abfall	3,4	3,8	2,2	0,7	0,0	2,1	0,0	3,8	0,9	1,9	4,5	21,9
Boden	3,0	1,0	5,0	3,7	2,0	0,3	0,0	5,7	1,6	0,5	1,0	7,1
Schadstoffe	12,1	19,1	12,6	11,5	13,9	8,6	7,9	15,5	2,1	2,1	11,9	7,7
Energie	32,5	57,2	27,9	14,9	18,8	39,7	13,2	10,9	6,9	23,5	47,2	5,3
Gentechnik	2,0	0,2	0,9	1,9	13,4	0,3	2,6	3,4	4,1	0,5	0,7	0,0
Lärm	0,8	0,9	0,5	0,1	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,5	1,0	0,0
Landwirtschaft	6,9	1,4	2,3	10,1	5,9	8,6	23,7	22,2	40,7	1,3	3,5	0,0
Luft	5,9	3,1	10,9	12,6	28,2	7,2	2,6	8,2	4,8	2,1	5,3	0,6
Naturschutz	10,8	3,3	10,0	13,5	5,9	15,9	21,1	9,8	19,3	36,0	6,0	0,6
Strahlung	2,4	0,6	4,8	1,6	0,5	0,3	0,0	1,6	0,2	0,0	0,6	47,3
Allg. Fragen	7,7	4,1	5,6	10,6	5,0	7,2	28,9	4,2	6,4	9,0	8,1	5,9
Recht/Ökonomie	2,2	1,4	1,7	3,9	0,5	3,1	0,0	1,9	1,6	0,5	2,6	2,4
Wasser	10,4	4,1	15,6	14,9	5,9	6,2	0,0	12,2	11,3	22,0	7,6	1,2
Gesamtergebnis	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*) Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit.

Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

2.2.4 Struktur und Entwicklung nach Förderinstitutionen

Nachdem in Abschnitt 2.2.3 die durchführenden Einrichtungen von umweltbezogenen Forschungsvorhaben im Mittelpunkt standen, geht es nunmehr um die Förderinstitutionen. Insgesamt lag die Förder-summe in der hier betrachteten Periode (2004 bis 2015) bei fast 14,3 Mrd. €. Der weit überwiegende Teil der Mittel kommt traditionell vom Bund³⁷, der seine führende Position im Zeitablauf weiter ausgebaut hat: 2010 bis 2015 entfielen fast 93 % der Fördermittel auf den Bund, 2004 bis 2009 waren es erst gut drei Viertel; dies bedeutet einen Zuwachs von fast 51 % (Tabelle 2.4).

Tabelle 2.4: Förderung von Umweltforschungsvorhaben nach Förderinstitutionen
2004 bis 2015

	Fördervolumen				Geförderte Projekte			Durchschn. Förder- volumen in Tsd.
	in Mio. €	Strukturanteile in %		Veränd. in %	Strukturanteile in %		Veränd. in %	
	2004-2015	2004-2009	2010-2015	2004-2009/ 2010-2015	2004-2009	2010-2015	2004-2009/ 2010-2015	
Bund gesamt	12.212,1	76,9	92,7	50,7	82,4	95,1	60,7	427,9
darunter								
BMBF	6.121,7	42,4	43,4	27,9	46,0	46,6	41,2	415,5
BMUB	2.037,5	14,6	14,0	20,0	16,9	15,0	24,0	405,9
BMVI	433,8	1,3	4,4	*	1,0	3,2	*	600,8
BMEL	608,2	3,5	4,9	73,9	7,4	8,6	63,5	236,0
BMW i	2.977,5	14,8	25,7	116,9	10,6	20,8	175,1	566,2
sonst. Bundeseinr	33,4	0,2	0,2	26,6	0,6	0,8	62,8	147,7
EU	1.303,1	14,5	4,9	-58,1	2,3	0,7	-58,5	3.058,8
Land	158,4	1,6	0,7	-45,7	3,1	0,9	-60,5	271,7
DBU	195,9	2,5	0,5	-76,0	7,2	1,3	-74,5	163,2
Andere Stiftungen	15,6	0,2	0,0	-76,8	0,3	0,1	-56,8	252,3
DFG	109,7	1,5	0,2	-80,6	1,3	0,5	-45,3	412,6
AIF	32,3	0,3	0,1	-50,0	0,9	0,2	-69,3	216,9
sonstige	224,7	2,5	0,8	-58,7	2,5	1,2	-31,3	397,0
Gesamtergebnis	14.251,7	100,0	100,0	25,0	100,0	100,0	39,3	448,3

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 Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

Wichtigster Forschungsförderer seitens des Bundes ist erwartungsgemäß („nomen est omen“) das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2010 bis 2015: 43,4 %). Allerdings haben das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), sowie – von sehr niedrigem absoluten Niveau aus startend – das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und das Ministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ihre spezifische Projektförderung im Periodenvergleich noch stärker ausgeweitet als das BMBF und damit überdurchschnittlich zur Verdoppelung der

³⁷ Für die Entwicklung seit Anfang der 1990er Jahre vgl. Legler, Walz u. a. (2006) sowie Schasse, Gehrke, Ostertag (2012).

gesamten Bundesfördermittel beigetragen (Tabelle 2.4).³⁸ Der im Vergleich zur Vorgängerstudie (Gehrke et al. 2015) unterdurchschnittliche Zuwachs der Fördermittel seitens des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) dürfte vor allem damit zusammenhängen, dass die Zuständigkeiten im gewichtigen Energiebereich seit 2014 vom BMUB zum BMWi gewechselt sind.

Im Gegensatz zu Bundeseinrichtungen haben alle anderen relevanten Förderinstitutionen im Periodenvergleich an Bedeutung verloren. Ins Gewicht fällt dabei vor allem der weitere Rückgang bei den EU-Fördermitteln von fast 60 %, der dazu geführt hat, dass der Strukturanteil der EU von 14,5 % auf 5 % zusammengeschrumpft ist (vgl. Tabelle 2.4).³⁹ Noch stärkere Einbußen, allerdings von deutlich geringerem Niveau aus, ergeben sich für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Der Anteil der Bundesländer (Land) ist um knapp die Hälfte gesunken und liegt mittlerweile genau wie bei allen anderen Forschungsförderern außerhalb von Bund und EU bei unter einem Prozent. Hierbei spielen allerdings auch Erfassungslücken in der Datenbank eine Rolle. Während die von Bundesministerien geförderten Projekte vollständig und mit allen relevanten Kennziffern versehen automatisch eingepflegt werden, ist dies bei Projekten von anderen finanzierenden Institutionen nicht der Fall. Sie müssen vielfach aufwendig (nach-)recherchiert werden, was nicht immer in vollem Umfang gelingt, so dass Lücken bestehen bleiben. Dies betrifft sowohl EU-Projekte als auch Forschungsvorhaben, die auf Landesebene oder von der DBU oder DFG gefördert werden. Insofern ist der Bund in seiner Relevanz für die Umweltforschungsförderung in Deutschland sicher etwas überschätzt, andere Förderinstitutionen hingegen unterschätzt.

Die Differenzierung der Fördermittel nach finanzierenden Institutionen, Umweltbereichen und Beobachtungsperioden macht deutlich, dass auch die Strukturverschiebung der Umweltforschungsmittel zugunsten der Themenfelder Energie, Schadstoffe, Landwirtschaft, Boden und Umweltrecht/-ökonomie (Abbildung 2.10) fast ausschließlich auf Bundesmittel zurückgeht. Mit Ausnahme vom Umweltrecht/-ökonomie sind die von EU und sonstigen finanzierenden Institutionen bereit gestellten Mittel auch in diesen Themenfeldern absolut teils deutlich gesunken.

Im Themenfeld Energie haben BMWi und BMUB – ob der Verschiebungen in den Zuständigkeiten – in Summe betrachtet ihre Mittel annähernd verdoppelt. Parallel dazu ist die Fördersumme des BMBF um rund zwei Drittel gestiegen. Damit ist der Anteil dieser drei Hauptforschungsförderer von gut 77 % (2005 bis 2009) auf rund 85 % (2010 bis 2015) gewachsen. Daneben hat, von niedrigem Ausgangsniveau aus startend, auch das BMVI⁴⁰ seine Forschungsförderung in diesem Feld deutlich ausgebaut (Abbildung 2.10). Auch im Bereich Schadstoffforschung ist die Ausweitung der Fördermittel vor allem auf BMBF, BMUB und BMWi zurückzuführen. Hingegen ist der Zuwachs im Themenfeld Landwirtschaft im Wesentlichen dem BMEL zu verdanken. Zwar sind hier auch die Fördermittel des BMUB deutlich aufgestockt worden, fallen im Vergleich zu den dominierenden Sponsoren (BMEL, BMBF) jedoch kaum ins Gewicht. Im insgesamt weniger gewichtigen Themenfeld Bodenforschung haben alle genannten Bundesministerien, darunter insbesondere BMEL und BMUB, ihre Fördermittel im Periodenvergleich ausgeweitet, bei Umweltrecht/-ökonomie resultiert das gestiegene Fördervolumen vor allem aus Zuwächsen bei BMWi und BMUB.

Der oben konstatierte deutliche Rückgang der Fördermittel seitens der EU und anderer Forschungsförderer außerhalb des Bundes („Sonstige“ in Abbildung 2.10) gilt mit wenigen Ausnahmen quer über alle Forschungsfelder. Lediglich Forschungsprojekte im Gebiet Gentechnik, die innerhalb der gesamten

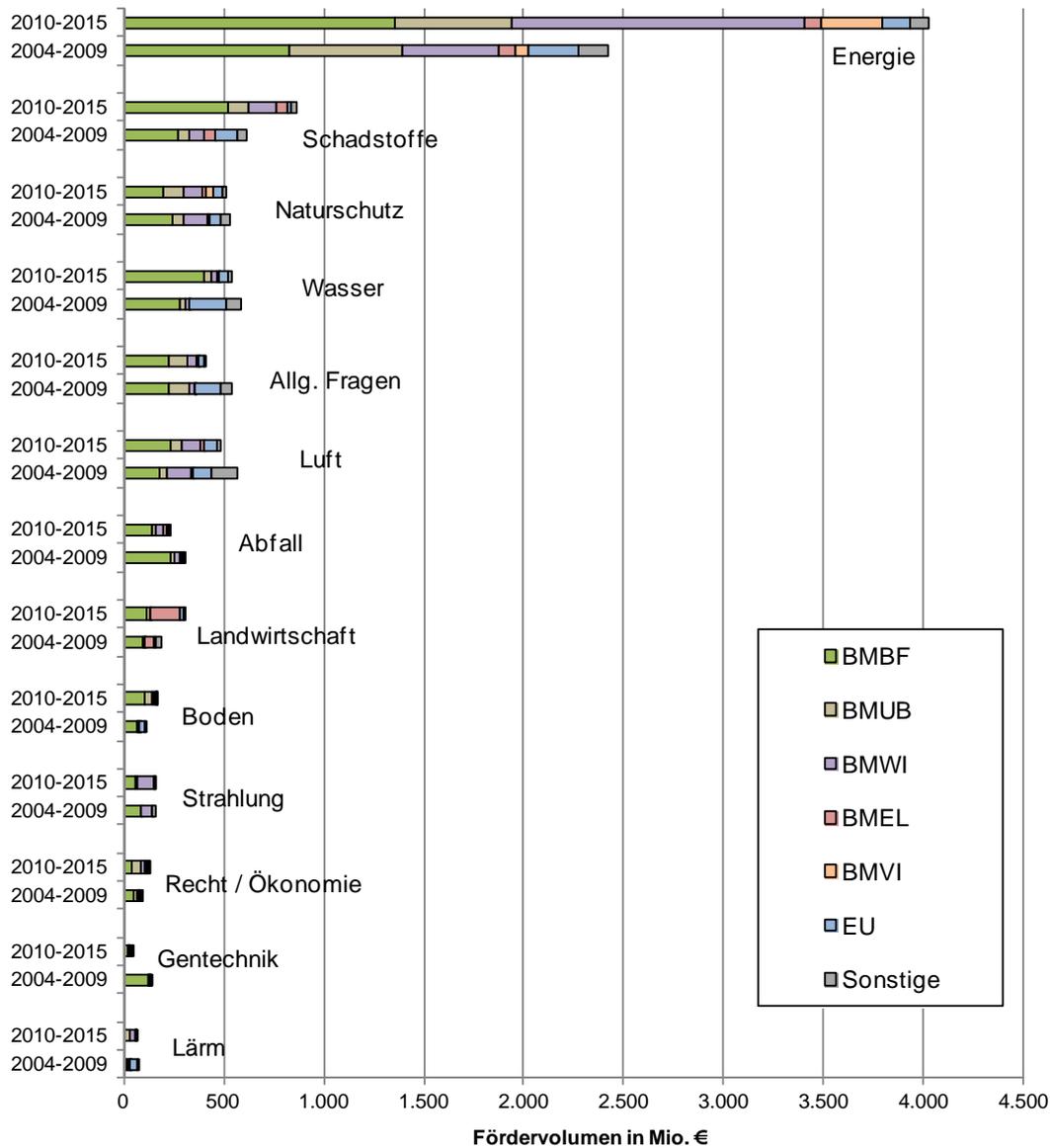
³⁸ Seit Anfang 2014 haben sich die Zuständigkeiten der Bundesministerien und damit auch ihre Bezeichnungen gegenüber früheren Analysen zum Teil geändert.

³⁹ Der Gewichtsverlust der EU innerhalb der Förderinstitutionen ist schon seit längerem zu beobachten (Gehrke et al. 2015).

⁴⁰ Hier geht es vor allem um Projekte im Themenfeld Mobilität und Verkehr.

Forschungsförderung in Deutschland kaum noch ins Gewicht fallen, beziehen ihre Förderung mittlerweile überwiegend von Seiten der EU, deren Mittel hier gegen den allgemeinen Trend gestiegen sind. Sonstige Forschungsförderer haben ihr Engagement ausschließlich bei Umweltrecht/-ökonomie gesteigert und damit einen wenngleich kleinen Beitrag zur Ausweitung des Fördervolumens in diesem Feld im Periodenvergleich geleistet.

Abbildung 2.10: Fördersummen nach Umweltbereichen und Förderinstitutionen 2004 bis 2009 und 2010 bis 2015 (Mio. €)



Quelle: Umweltbundesamt, UFORDAT (Recherche Oktober 2016). – Berechnungen des CWS.

2.3 FuE und Innovationen der Wirtschaft im Umweltschutzbereich: Ausgewählte Ergebnisse im Überblick

2.3.1 Öffentliche und private FuE-Investitionen in erneuerbare Energien nach Weltregionen

Grobe Informationen zu den FuE-Investitionen der Wirtschaft nach Teilsegmenten erneuerbarer Energien und Weltregionen finden sich in den von Bloomberg New Energy Finance seit 2007 (zuletzt FS-UNEP / BNEF 2016) jährlich veröffentlichten Berichten zu Global Trends in Renewable Energy Investments, für die sie als Quelle IEA, IMF, verschiedene nationale Agenturen sowie eigene Erhebungen angeben. Danach lagen die weltweiten öffentlichen und privaten FuE-Aufwendungen in erneuerbare Energien im Jahr 2015 bei 9,1 Mrd. US-\$ und damit ähnlich hoch wie im Vorjahr (9,0 Mrd. US-\$), was von den Autoren angesichts deutlich rückläufiger Ölpreise und teils ungünstigerer Förderbedingungen durchaus als Erfolg angesehen wird. Gut die Hälfte (4,7 Mrd. bzw. 51,6 %) der globalen FuE-Ausgaben 2015 wurde von der Wirtschaft finanziert (Tabelle 2.5).

Tabelle 2.5: FuE-Aufwendungen von Staat und Unternehmen in erneuerbare Energien nach Energieträgern und Regionen/Ländern 2015

	Insgesamt in Mrd. US \$	darunter Staat in %	Unternehmen in
FuE-Aufwendungen insgesamt	9,1	48,4	51,6
nach Energieträgern			
Solar	4,5	42,2	57,8
Wind	1,8	33,3	66,7
Biokraftstoffe	1,6	75,0	25,0
Biomasse	0,5	40,0	60,0
Wasser*	0,5	75,5	24,5
Geothermie*	0,1	~100	~0
nach Regionen und Ländern			
Europa	2,9	41,4	58,6
China	2,8	64,3	35,7
USA	1,6	43,8	55,0
ASOC (ohne China und Indien)	1,5	33,3	62,5
Brasilien	0,2	90,1	33,3
AMER (ohne USA und Brasilien)	0,1	~100	~0
Indien	0,04	~0	~100
Mittelost und Afrika	0,02	~0	~100

* umfasst kleine Wasserkraftwerke mit einer Leistung von höchstens 50 MW (small hydro) sowie Meerwasserkraftwerke (marine) - ASOC: Asia and Oceania.- AMER: America.

Quelle: FS-UNEP / BNEF (2016, Kapitel 9).- Darstellung des CWS.

Von 2005 (2,9 Mrd.) bis 2013 (6,6 Mrd.) haben sich die globalen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft für erneuerbare Energien reichlich mehr als verdoppelt⁴¹ und sind danach wieder auf gut 4,5 Mrd. US-

⁴¹ Die besonders hohen FuE-Aufwendungen in 2013 sind vor allem mit den hohen Aufwendungen für Solar-FuE in Europa zu begründen (FS-UNEP 2016, 72).

\$ zurückgefallen. Im Zehnjahresvergleich 2005 bis 2015 bedeutet dies aber immer noch einen Zuwachs von fast 5 % p.a.

Die strukturelle Bedeutung einzelner Energieträger ist seit Jahren nahezu unverändert (Tabelle 2.5): Rund die Hälfte der gesamten FuE-Investitionen (4,5 Mrd. US-\$ in 2015) fließt in den Solarbereich. Erst mit deutlichem Abstand folgen annähernd gleichauf Wind (1,8 Mrd.) und Biokraftstoffe (1,6 Mrd.). Biomasse, Geothermie und Wasserkraft fallen demgegenüber deutlich ab. Dabei stammen die FuE-Aufwendungen in den Bereichen Wind, Biomasse und Solar zum überwiegenden Teil aus der Wirtschaft, während in den anderen Teilssegmenten der öffentliche Sektor klar dominiert.

Europa ist seit 2012 der führende FuE-Standort bei erneuerbaren Energien und hat seine Position vor allem gegenüber den USA und anderen asiatischen und ozeanischen Ländern (ohne China und Indien) deutlich ausgebaut (vgl. FS-UNEP / BNEF 2011 bis 2015). 2015 wurden in Europa von Staat und Wirtschaft zusammen 2,9 Mrd. US-\$ an FuE-Investitionen getätigt, darunter fast 60 % seitens der Wirtschaft. China hat jedoch mittlerweile annähernd aufgeschlossen (2,8 Mrd. US-\$), wobei dort jedoch noch der überwiegende Teil (64 %) der FuE-Mittel aus öffentlichen Quellen stammt. An dritter Stelle rangieren die USA mit 1,6 Mrd. US-\$. Andere asiatische und ozeanische Länder (ohne China und Indien) leisten zusammen genommen einen ähnlich hohen Beitrag (1,5 Mrd. US-\$) wie die USA (Tabelle 2.5). Die übrigen genannten Länder und Regionen fallen demgegenüber deutlich ab.

Auch bei alleiniger Betrachtung der FuE-Aufwendungen der Wirtschaft liegt Europa mit rund 1,7 Mrd. US-\$ noch immer klar an der Spitze vor China und den USA mit jeweils rund 1 Mrd. Für einzelne EU Mitgliedsländer lassen sich auf Basis dieser Quelle allerdings keine Angaben machen.

2.3.2 FuE-Ausgaben von Unternehmen in Europa nach ausgewählten energiespezifischen Technologiefeldern

Für Europa (EU-28 plus Norwegen und Schweiz) werden von EU-eigenen Forschungszentren seit 2009 regelmäßig Schätzungen zu den öffentlichen und privaten FuE-Aufwendungen in den neun im European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) genannten CO₂-armen Energietechnologien (priority technologies) vorgenommen.⁴² Hierzu gehören neben Wind und Solar die Felder Meeresenergie (ocean), CCS⁴³, Energietransport und -verteilung (grids), Energiespeicherung (storage), Brennstoff- und Wasserstoffzellen (fuel cells and hydrogen) sowie Kernspaltung (nuclear fission). Die Angaben zu den öffentlichen FuE-Investitionen basieren im Wesentlichen auf den IEA-Statistiken zu den nationalen Budgets für Energieforschung und Demonstrationsprojekte (vgl. Abschnitt 2.1.2). Die Schätzungen der FuE-Aufwendungen der Unternehmen beruhen auf verfügbaren Geschäftsberichten, Informationen von Verbänden und öffentlichen Institutionen - u.a. zur Beteiligung einzelner Unternehmen an nationalen und EU-weiten technologiespezifischen Forschungsprojekten -, sowie unternehmensspezifischen Angaben aus dem EU Industrial R&D Investment Scoreboard, wobei fehlende Informationen zu den FuE-Aufwendungen mit Hilfe von durchschnittlichen technologiespezifischen Patentanmeldungen approximiert werden.⁴⁴ Dabei dürfte die regionale Verteilung hinsichtlich der FuE-Investitionen in Europa durch die Einbeziehung der führenden Unternehmen recht gut abgebildet sein. Hingegen sind die differenzierten absoluten Werte mit Vorsicht zu interpretieren, da die Schätz-

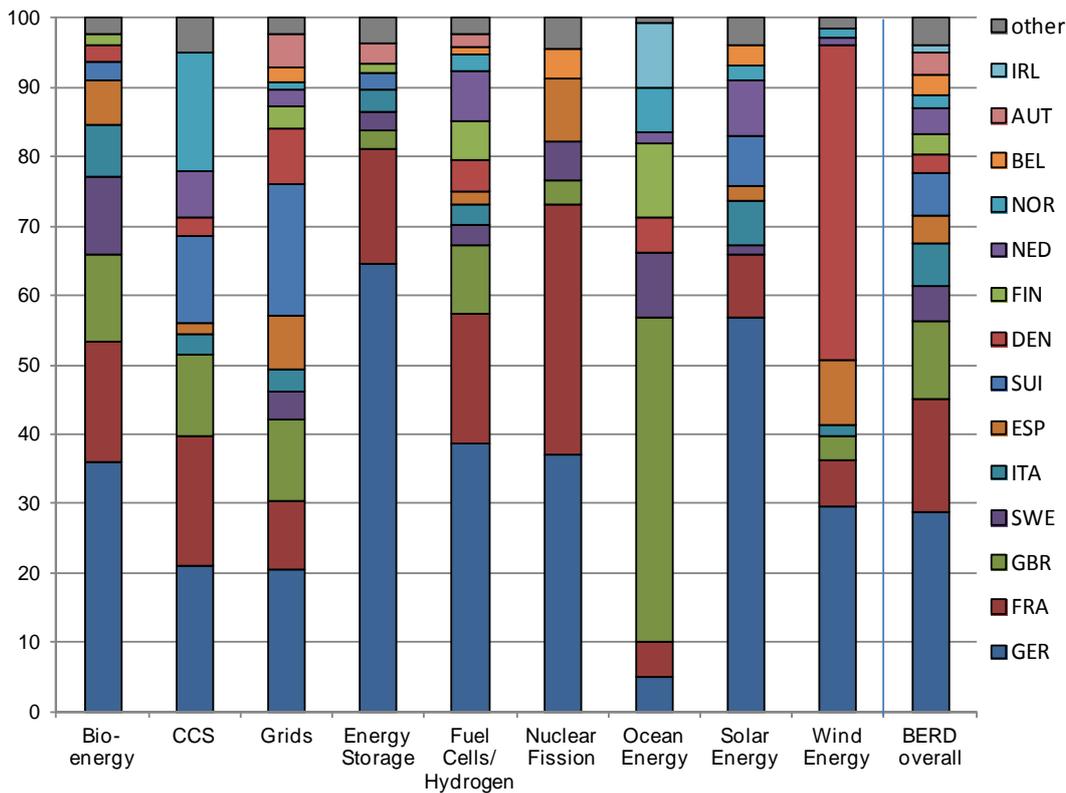
⁴² Die hier vorgelegten Ergebnisse beziehen sich auf die aktuellste dieser Capacities Maps (Corsatea et al. 2015) mit Referenzjahr 2011. Sie stellt mit kleinen inhaltlichen Verschiebungen im Wesentlichen ein Update der Vorgängerstudien (JRC 2014, Gnamus 2011, Wiesenthal et al. 2009) dar. In den letzten beiden Analysen werden jedoch nur noch ausschließlich europäische Länder betrachtet, während die Studie aus dem Jahr 2011 (mit Referenzjahr 2008) für die drei Sektoren Windenergie, Photovoltaik und Solarthermische Kraftwerke (CSP) zusätzlich Informationen zu Wettbewerbern aus anderen Weltregionen bereitgestellt hatte. Vgl. dazu auch den zusammenfassenden Überblick in Gehrke, Schasse, Ostertag (2014, Kapitel 8.1).

⁴³ CCS ist die Abkürzung für Technologien zur CO₂-Abscheidung und Speicherung (Carbon Dioxide Capture and Storage).

⁴⁴ Zur Methodik vgl. ausführlich Corsatea et al. (2015).

zung fehlender Angaben zu den FuE-Aufwendungen auf Basis von Patentinformationen mit hohen Unsicherheiten verbunden ist.⁴⁵ Zudem ist der direkte Vergleich mit den Vorgängerstudien problematisch, so dass hier nur ein kurzer Überblick zu den Strukturanteilen aus der aktuellen Studie mit Bezugsjahr 2011 gegeben wird (Abbildung 2.11).

Abbildung 2.11: Anteile einzelner Länder an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in den EU-28, Norwegen und der Schweiz in ausgewählten Energietechnologien 2011



Fehlende Werte zu 100 % beziehen sich auf die übrigen nicht ausgewiesenen Länder.
 Quelle: Corsatea u.a. (2015), Eurostat (BERD insg.). – Berechnungen des CWS.

Bezogen auf alle 30 europäischen Länder werden die FuE-Aufwendungen der Wirtschaft für die genannten neun Technologiebereiche im Jahr 2011 auf 5,7 Mrd. Euro geschätzt. Davon entfallen jeweils weit über 90 % auf die in Abbildung 2.11 ausgewiesenen 14 großen und größeren Länder, der (grau hinterlegte) Rest auf die übrigen nicht gesondert ausgewiesenen 16 Länder. Dabei zeigt sich, dass deutsche Unternehmen in fünf von neun Technologiefeldern überdurchschnittlich hohe FuE-Anteilerzielen. Dies gilt besonders für die Bereiche Energiespeicherung (65 %) und Solarenergie (57 %). Aber auch in den Forschungsfeldern Kernspaltung (37 %), Brennstoff- und Wasserstoffzellen (39 %) sowie Bioenergie (36 %) fallen die Anteile deutscher Unternehmen höher aus als bei den gesamten FuE-Aufwendungen (BERD insg.: 29 %). Lediglich im Bereich Meeresenergie, der vor allem von Großbritannien und einigen skandinavischen Meeranrainerstaaten (Schweden, Dänemark, Finnland, Norwegen) dominiert wird, ist die deutsche Wirtschaft ausgesprochen schwach vertreten (5 %). Darüber hinaus fallen die deutschen Anteile lediglich bei CCS (21 %) sowie Energietransport- und -verteilung (grids) (20,5 %) unterdurchschnittlich aus. Gerade im letztgenannten Bereich kann dies jedoch als

⁴⁵ Vgl. dazu ausführlich Wiesenthal et al. (2009).

problematisch angesehen werden, als gerade hier ein besonderer Engpass für die verstärkte, aber auch bezahlbare Nutzung erneuerbarer Energiequellen liegt, die für die Umsetzung der Energiewende in Deutschland unerlässlich ist.⁴⁶ Hier sind vor allem die Schweiz, aber auch Dänemark, Österreich und Spanien verglichen mit ihren Anteilen an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft vergleichsweise besser vertreten.

Der Bereich Windenergie wird in der Forschung klar von dänischen Unternehmen (45 %) dominiert, die in diesem Technologiefeld eine herausragende FuE-Spezialisierung aufweisen. Auch spanische Hersteller sind bei den FuE-Aufwendungen in diesem Feld mit einem Anteil von über 9 % im Vergleich zum spanischen BERD-Anteil (4,2 %) relativ gut vertreten. Der Anteil Deutschlands liegt bei 30 % und fällt damit gemessen am deutschen BERD-Anteil leicht überdurchschnittlich aus.

2.3.3 FuE-Ausgaben der US-amerikanischen Unternehmen für Energiespar- oder Umweltschutzanwendungen

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, wird in den USA seit der Umstellung der amtlichen FuE-Erhebung auf den Business R&D and Innovation Survey (BRDIS⁴⁷) ab Berichtsjahr 2008 auch erfragt, wie viel der unternehmerischen FuE-Ausgaben in Energiespar- oder Umweltschutzanwendungen fließt. Diese Informationen liegen aktuell differenziert nach Wirtschaftszweigen und Betriebsgrößenklassen für die Jahre 2008, 2010 bis 2013 sowie nach der Zahl der beteiligten Unternehmen nach Wirtschaftszweigen für die Jahre 2010, 2011 und 2013 vor⁴⁸.

Die Erhebung für 2013 kommt zu dem Ergebnis, dass US-Unternehmen in diesem Jahr aus eigenen Mitteln rund 20 Mrd. US-\$ (7,6 % ihrer gesamten inländischen FuE-Ausgaben) für Energiesparanwendungen (Produktion, Verteilung, Speicherung und Effizienzsteigerung⁴⁹) und rund 7,5 Mrd. US-\$ (2,8 %) für Umweltschutzzwecke⁵⁰ aufgewendet haben. Hinzu kamen fast 5,3 Mrd. US-\$ (3,1 Mrd. für Energiesparanwendungen und 2,2 Mrd. für Umweltschutz) aus externen Finanzierungsquellen, die vor allem im Umweltschutzbereich eine wichtige Rolle spielen. 2008 lagen die entsprechenden Anteile bei 6,9 % (Energie) bzw. 3,0 % (Umweltschutz). D.h. die Unternehmen in den USA wenden mittelfristig einen spürbar höheren Anteil ihrer FuE-Aufwendungen für Energiesparanwendungen auf, wenngleich dieser in 2013 gegenüber dem Vorjahr (8,3 %) wieder niedriger ausfällt. Hingegen ist die Bedeutung von Umweltschutzanwendungen innerhalb des FuE-Geschehens mittelfristig leicht gesunken, in jüngerer Zeit aber unverändert geblieben. Damit bestätigt sich auch auf Seiten der Unternehmen der Trend struktureller Gewichtsverschiebung zwischen energie- und umweltschutzspezifischer FuE, der im Hinblick auf die staatlichen FuE-Budgets offensichtlich ist (Abschnitt 2.1.1). Bei kleinen und mittleren Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten ist der Anteil der FuE-Aufwendungen für Energiesparanwendungen mit 8,1% (2013) besonders hoch.

⁴⁶ Vgl. dazu auch Bilsen et al. (2016 a und b).

⁴⁷ Vgl. dazu ausführlich NSF (o.J. a).

⁴⁸ Die Daten sind auf der Homepage der National Science Foundation (NSF, o.J. b) unter <http://www.nsf.gov/statistics/industry/> zum Download verfügbar.

⁴⁹ In Frage 4-7 des Fragebogens zum BRDIS 2013 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 2013.

⁵⁰ In Frage 4-8 heißt es: “What percentage of the amount (...) had environmental protection applications, including pollution abatement?” Vgl. NSF 2013.

2.3.4 Bedeutung von Umweltinnovationen für Unternehmen in Deutschland

Im Jahr 2015 wurde im Rahmen der Europäischen Innovationsbefragung (Community Innovation Survey: CIS) zum zweiten Mal – die erste, ähnlich konzipierte Befragung erfolgte in der Welle 2009⁵¹ - als Schwerpunktthema die Bedeutung von Umweltinnovationen für die Unternehmen erfragt. Hierzu zählen Produkt-, Prozess-, Marketing- oder Organisationsinnovationen, die zu einer merklichen Verringerung der Umweltbelastung führen, sei es als explizites Ziel oder auch nur als Nebeneffekt. An dieser Stelle werden zunächst die Ergebnisse für Deutschland dargestellt, die bereits in der Dokumentation zur Innovationserhebung 2015 veröffentlicht worden sind (Rammer et al. 2016, 107ff.). Die Ergebnisse für Deutschland im europäischen Vergleich waren zum Zeitpunkt dieser Berichterstellung noch nicht umfänglich verfügbar und werden deshalb in der für 2019 vorgesehenen Folgestudie analysiert.

Gerade in Deutschland hat das Thema Umweltinnovationen mit der Energiewende eine besonders hohe Aktualität erfahren, da Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz auf allen Ebenen (Industrie, private Haushalte, Gebäude, Verkehr, Energieerzeugung/-umwandlung und -verteilung) hohe Bedeutung für das Erreichen der energiepolitischen Zielsetzungen haben. Aber auch die auf EU-Ebene formulierten klima- und energiepolitischen Ziele setzen erhebliche Verbesserungen in diesem Bereich voraus.⁵²

Erfasst wird für den Zeitraum 2012 bis 2014 die Einführung von Umweltinnovationen

- ▶ deren primäre Wirkung im innovierenden Unternehmen selbst stattfindet (prozessbezogene Umweltinnovationen) sowie
- ▶ deren primäre Wirkung beim Kunden anfällt (produktbezogenen Umweltinnovationen). Bei den hier antwortenden Unternehmen handelt es sich zumindest im weiteren Sinne⁵³ um Anbieter von Umweltschutzgütern und -leistungen.

Darüber hinaus wurden Faktoren erfragt, die die Einführung von Umweltinnovationen beeinflussen haben.

Generell zeigt sich, dass Umweltinnovationen in einem stärkeren Maße als Innovationen allgemein auch in Kleinunternehmen vorkommen und vor allem eine Domäne der Industrie sind, weil vor allem dort energie- und materialintensive Prozesse mit möglichen negativen Wirkungen auf die Umwelt stattfinden. Zudem sind prozessbezogene Umweltinnovationen im Schnitt deutlich stärker verbreitet als produktbezogene Umweltinnovationen (Rammer et al., 2016, 108f.), wobei in beiden Fällen die Verringerung des Energieverbrauchs das dominierende Innovationsziel darstellt: bei den prozessbezogenen Umweltinnovationen entfallen hierauf 35 % der Nennungen, bei den produktbezogenen immerhin 24 % (Abbildung 2.12).

Bei den prozessbezogenen Umweltinnovationen spielen zudem die Verringerung des Materialverbrauchs (22 %), die Reduzierung von CO₂ (21 %) sowie Verbesserungen beim Recycling von Abfall, Abwasser und Materialien eine größere Rolle, während typisch nachsorgende Ziele, wie die Verringerung der Wasser- oder Bodenbelastung und der Ersatz gefährlicher Materialien (mit jeweils 11 % der Nennungen), aber auch der Ersatz fossiler durch erneuerbare Energiequellen (10 %) von eher geringerer Bedeutung sind.

⁵¹ Ausführliche Ergebnisse für Deutschland auf Basis der ersten Erhebung liefern Aschhoff et al. (2013, 175ff.). Ein Überblick über wesentliche Ergebnisse im europaweiten Vergleich findet sich in Gehrke, Schasse, Ostertag 2014, Kapitel 8.1.

⁵² <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy>

⁵³ Während Umweltschutz in der CIS-Befragung auch ein Nebeneffekt der Innovation sein kann, muss Umweltschutz in der amtlichen Anbietererfassung, sprich der Erhebung von Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz, primäres Ziel der Produktions- bzw. Dienstleistungserstellung sein.

Bei den produktbezogenen Umweltinnovationen ist die Lücke zwischen dem vorrangigen Ziel (Energieverbrauch reduzieren) und weiteren Zielen nicht ganz so stark ausgeprägt wie bei den prozessbezogenen Umweltinnovationen (Abbildung 2.12). Hier folgen Innovationen mit Ziel Emissionsverringern (15 %) knapp vor Erhöhung der Haltbarkeit und Verbesserung der Recyclebarkeit (jeweils 12 %). Damit machen produktbezogene Umweltinnovationen mehr als die Hälfte des Gesamtumsatzes mit Produktneuheiten von Unternehmen aus, die im Zeitraum 2012 bis 2014 Produktinnovationen durchgeführt haben (Rammer et al. 2016, 113). Dies unterstreicht die hohe Bedeutung von umweltschutzbezogenen Innovationen für den Erfolg deutscher Unternehmen. Innerhalb der Industrie gilt dies - neben der weniger gewichtigen Mineralölverarbeitung - vor allem für die Elektro- und Elektronikindustrie sowie den Fahrzeugbau.

Der direkte Vergleich mit der ersten Erhebung aus dem Jahr 2009 ist nur bedingt möglich, weil einzelne Veränderungen in der Fragestellung vorgenommen worden sind (Aschhoff et al. 2013, 175ff.). Dennoch lässt sich feststellen, dass energiespar- und klimaschutzbezogene Umweltinnovationen für die Unternehmen weiter an Gewicht gewonnen haben, sowohl im eigenen Unternehmen als auch in Bezug auf den Nutzen beim Kunden.

Abbildung 2.12: Arten von Umweltinnovationen in Deutschland 2012-2014



Nennungen als Anteil an allen Unternehmen in %. – Mehrfachnennungen möglich.

Quelle: ZEW – Mannheimer Innovationspanel, Befragung 2015. – Darstellung des CWS in Anlehnung an Rammer u.a. (2016, 110).

3 Patentanmeldungen im Bereich Umweltschutz

3.1 Methodische Vorgehensweise zur Ableitung der Patentindikatoren

3.1.1 Betrachtete Umweltbereiche und Technologielinien

Zur Abbildung der Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltwirtschaft - das heißt ihrer Innovationsfähigkeit und ihrer wirtschaftlichen Bedeutung in Deutschland - werden in der Projektfamilie „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ verschiedene Innovations- und Wettbewerbsindikatoren u. a. aus den Bereichen Produktion und Außenhandel, FuE und Patentanmeldungen analysiert. Um eine gewisse Vergleichbarkeit zwischen diesen verschiedenen Blickwinkeln zu erreichen, wird die Analyse soweit möglich übereinstimmend auf sechs Umweltbereiche herunter gebrochen:

1. Luftreinhaltung
2. Lärmschutz
3. Abwasser
4. Abfall und Recycling
5. Mess-, Steuer- und Regeltechnik für den Umweltschutz
6. Klimaschutz, darunter
erneuerbare Energien, rationelle Energieumwandlung und rationelle Energieverwendung.

Aus Gründen der Anschlussfähigkeit zwischen den Berichtsteilen des Projekts „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“, ist es sinnvoll, diese Kategorien beizubehalten.

Parallel dazu etabliert sich aber im internationalen Raum für die Erfassung der Umweltwirtschaft die „Classification of Environmental Protection Activities“ (CEPA) in Kombination mit der „Classification of Resource Management Activities“ (CReMA). Die CEPA fokussiert auf Umweltschutzaktivitäten und gliedert sich nach Umweltmedien und -problemen wie Luft, Lärm etc., während sich die CReMA der Beschreibung von Produktionstechniken, Gütern und Dienstleistungen widmet, die den Bestand an natürlichen Ressourcen schützen (Eurostat 2009, 2016). Diese Klassifikationen sollen zukünftig auch Grundlage der deutschen umweltökonomischen Statistiken werden (vgl. Gehrke und Schasse 2015, 2017).

Es ist daher sinnvoll, einen Übergang von den bisher betrachteten Umweltbereichen auf die Abschnitte der CEPA / CReMA darzustellen. Das Fraunhofer ISI hat bereits 2014 überprüft, welche Bereiche davon mit Patentdaten analysiert werden können (vgl. Ostertag und Marscheider-Weidemann 2014). Das Ergebnis ist in Tabelle 3.1 dokumentiert. Die CEPA und CReMA enthält darüber hinaus Bereiche, die aus der weiteren Betrachtung aus verschiedenen Gründen ausgeschlossen werden, nämlich:

- ▶ Strahlenschutz (CEPA 7), weil dieser nicht Gegenstand der Betrachtungen im Projekt „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ ist.
- ▶ FuE-Tätigkeiten (CEPA 8, CReMA 15), „Sonstige Umweltschutzaktivitäten“ (CEPA 9), Management von Waldressourcen (CReMA 11A), „Management der wildlebenden Tiere und Pflanzen“ (CReMA 12) sowie „Sonstige Maßnahmen des Ressourcenmanagements“ (CReMA 16), weil diese Bereiche ihrer Art nach keine patentierbaren bzw. technologie-basierten Aktivitäten, Produkte oder Technologien umfassen.

Jeder Umwelt- bzw. CEPA-/CReMA-Bereich ist mit einer Reihe von Technologielinien hinterlegt, die konkreter darlegen, was unter dem jeweiligen Bereich gefasst ist (vgl. Abschnitt 5.2 im Anhang). Hier wurden im Vergleich zu den Analysen in den Vorjahren verschiedene Technologielinien neu dazu genommen. In den Vorprojekten wurden nur solche Technologielinien behandelt, die auch in den Analy-

sen zu Produktion und Außenhandel Gegenstand sind. Diese enge methodische Anbindung wurde zu Gunsten einer breiteren Abbildung von Technologien aufgegeben und die Möglichkeiten der Patentstatistik damit besser genutzt. In aggregierter Darstellung werden unter der Bezeichnung „Umwelt“ alle Umweltbereiche inkl. Klimaschutz gefasst.

Tabelle 3.1: Liste der CEPA-/CReMa-Bereiche, für die Patentdaten vorliegen

CEPA / CReMA	CEPA / CReMA - Bezeichnung	Entsprechende Umweltbereiche im „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“	„Adapted goods“ abgebildet?
CEPA 1	Luftreinhaltung und Klimaschutz	Luftreinhaltung	ja
CEPA 2	Gewässerschutz / Abwasserwirtschaft	Abwasser	nein
CEPA 3	Abfallwirtschaft	Abfall und (Teilbereiche von) Recycling	Abfall: nein Recycling: ja
CEPA 4	Schutz und Sanierung von Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser	neu	nein
CEPA 5	Lärm und Erschütterungsschutz	Lärmschutz	nein
CEPA 6	Arten- und Landschaftsschutz	neu	nein
CReMA 10	Wassermanagement	neu	nein
CReMA 11, CReMA 11B	Forstmanagement, darunter: Minimierung der Aufnahme von Waldressourcen	(Teilbereich von) Recycling: Papierrecycling	nein
CReMA 13	Management der Energieressourcen		
darunter CReMA 13A	Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen	Klimaschutz: Teilbereich Erneuerbare Energien	ja
Darunter CReMA 13B	Wärme-/ Energieeinsparungen und Management	Klimaschutz: Teilbereiche rationelle Energieumwandlung, rationelle Energieverwendung	nein nein
Darunter CReMA 13C	Minimierung der Aufnahme von fossilen Ressourcen als Rohstoff	(Teilbereich von) Recycling: Kunststoffrecycling	ja
CReMA 14	Management mineralischer Rohstoffe	(Teilbereich von) Recycling: Metall / Mineralstoffrecycling	ja
	(laut Eurostat in einzelnen CEPA-/CReMA-Klassen subsumiert, im Projekt separat ausgewiesen)	Mess- / Steuer- / Regeltechnik	nein

Quelle: Eurostat 2009, Ostertag und Marscheider-Weidemann 2014, eigene Darstellung

3.1.2 Umweltfreundliche Güter („adapted goods“)

Ursprünglich liegt den umweltökonomischen Statistiken und auch den Arbeiten im Rahmen der UBA-Projektfamilie „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ eine potenzialorientierte, funktionale Abgrenzung der Umweltschutzwirtschaft zugrunde (s. dazu ausführlich Gehrke und Schasse 2013). Das heißt, der Fokus liegt auf Gütern und Technologien, die hinsichtlich ihrer Funktion dem Umwelt- und Klimaschutz dienen bzw. je nach tatsächlichem Einsatzzweck zumindest dienen können (multiple purpose“- oder auch „dual use“-Problematik). Diese Definition soll die Abgrenzung der Umweltschutzwirtschaft unter anderem in Produktions- und Handelsstatistiken erleichtern.

Dieser Ansatz schließt allerdings umweltfreundliche Güter aus. Diese sind folgendermaßen definiert:

„Adapted goods are less polluting or more resource-efficient than equivalent normal products which furnish a similar utility. Their primary use is not one of environmental protection or resource management.“ (Eurostat 2009, S. 9)

“Adapted goods are goods that have been specifically modified to be more “environmentally friendly” or “cleaner” and whose use is therefore beneficial for environmental protection.“ (European Commission et al. 2014, S. 106)

Auch wenn die hauptsächliche Verwendung umweltfreundlicher Güter *nicht* im Umweltschutz oder Ressourcenmanagement liegt, spielen sie doch eine wichtige Rolle bei der Transformation in Richtung Nachhaltigkeit (vgl. Walz et al. 2017). So schaffen beispielsweise Güter aus Sekundärmaterialien Absatzmärkte für die Recyclingindustrie; ohne einen Markt für Sekundärrohstoffe ist Recycling nicht sinnvoll. Auch wirtschaftlich sind umweltfreundliche Güter ein bedeutender Faktor, denn viele Hersteller besetzen Märkte mit umweltfreundlichen ressourceneffizienten Varianten herkömmlicher Güter (z. B. Elektroautos).

Um der Bedeutung umweltfreundlicher Güter gerecht zu werden, gibt es auf internationaler Ebene Bestrebungen, sie in künftige Erhebungen einzubeziehen. Auch im Rahmen der europäischen „Environmental Goods and Services Sector (EGSS)“ Statistik von Eurostat, zu der Deutschland wie auch die anderen europäischen Länder künftig Daten gemäß der internationalen Standards liefern müssen, wird das (Erhebungs-) Konzept zu „adapted goods“ stetig weiterentwickelt (vgl. Gehrke und Schasse 2017).

Mit der Erfassung bzw. Abgrenzung umweltfreundlicher Güter sind in manchen Statistiken allerdings gewisse Probleme verbunden. So bündeln zum Beispiel die Klassifikationen, die den Produktions- und Handelsstatistiken zugrunde liegen, in der Regel umweltfreundliche und „normale“ Varianten eines Produkts in der gleichen Produktgruppe. Bei der Verwendung von Unternehmensdaten stößt man an die Schwierigkeit, dass viele Hersteller nicht ausschließlich umweltfreundliche Varianten eines Produkts herstellen, sondern in ihrem breiten Produktportfolio auch umweltfreundliche Varianten führen.

Die Klassifikationen, die der Patentstatistik zugrunde liegen, bieten dagegen einige Möglichkeiten, recht zuverlässig (wenn auch nicht vollständig) umweltfreundliche Güter abzubilden. Diese hat das Fraunhofer ISI genutzt, um in einem Projekt für Destatis eine Liste von Beispielen zu umweltfreundlichen Gütern zu erarbeiten, sie den CEPA- und CReMA-Bereichen zuzuordnen und soweit möglich mit Patentsuchstrategien zu hinterlegen (vgl. Ostertag und Marscheider-Weidemann 2014). Letztere wurden für Destatis dazu genutzt, Anmelderdaten zu gewinnen. Im vorliegenden Bericht wird erstmals eine Auswertung der Zahl der Patentanmeldungen für „adapted goods“ vorgenommen.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass sich das Patentgeschehen oft auf Herstellungsprozess und (umweltfreundliches) Produkt gemeinsam bezieht, so dass nicht das „adapted good“ per se patentiert wird. Dies erklärt auch, warum die bisherigen Patentsuchstrategien für den „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“, die ja aufgrund der zugrunde gelegten funktionalen Definition der Umweltschutzwirtschaft eigentlich keine umweltfreundlichen Güter enthalten dürften, dies in einzelnen Ausnahmen doch bereits tun. Beispiele dafür sind Schmiermittel und Fette aus Abfallstoffen sowie die Herstellung von Tonwaren oder Düngemitteln unter Verwendung von Abfällen. Unsere bisherigen Arbeiten zeigen auch, dass die Typisierung als umweltfreundliches Gut über die verschiedenen Quellen nicht einheitlich ist. So wäre den Beispielen von Eurostat (2009) zufolge die Typisierung von Gütern, die der Wassernutzungseffizienz dienen, als „umweltfreundliches Gut“ naheliegend. Aktuelle Einschätzungen des Statistischen Bundesamtes folgend werden sie aber hier als integrierte Technologie (und Teil von CReMA 10) gehandhabt. Diese abweichenden Einschätzungen zeigen, dass sich die Diskussion zu umweltfreundlichen Gütern noch im Fluss befindet und gewisse Interpretationsspielräume vorhanden sind. Daneben gibt es auch umweltfreundliche Güter, die ihrer Art nach (eher) nicht patentierbar sind

und deshalb auch hier nicht erfasst werden können (z. B. Anlageprodukte mit Umwelt- und Sozialnutzen).

3.1.3 Datenquellen und Schätzmethode

Die Patentrecherchen wurden mittels der Patent-Datenbank des Fraunhofer ISI basierend auf der PATSTAT-Datenbank in der Version von Oktober 2016 durchgeführt. Der aktuelle Rand der Daten liegt (weitgehend – s. unten) im Jahr 2014. 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 hinzugerechnet, 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.

Die Suchstrategien basieren größtenteils auf Abfrageskripten, die verschiedene Klassen der International Patent Classification (IPC) logisch miteinander kombinieren und zum Teil zusätzlich Stichwortsuchen verwenden. Die Abfrageskripten des Fraunhofer ISI werden regelmäßig aktualisiert und mit veröffentlichten Suchstrategien anderer Organisationen abgeglichen. In der vorliegenden Auflage wurden die Abfrageskripte insbesondere anhand des WIPO Green Inventory (WIPO o.J.) und der Suchstrategien der OECD (OECD 2015) überprüft. Darüber hinaus bietet die Y02/Y04-Klassifikation neben IPC-basierten Suchstrategien weitere Möglichkeiten, bestimmte umweltrelevante Patente zu identifizieren. Diese Klassifikation wird vom Europäischen Patentamt in Zusammenarbeit mit verschiedenen weiteren Organisationen im Kontext der Klimadebatte entwickelt und zielt darauf ab, speziell Klimaschutztechnologien abzubilden. Die Arbeiten an dieser Klassifikation laufen bereits seit mehreren Jahren und fokussierten zunächst auf Energietechnologien. Inzwischen ist ein Umfang erreicht, der auch viele andere technologische Gebiete mit Relevanz für Klimaschutz umfasst, zum Beispiel Gebäude, Produktion und Transport (EPO 2016). Das Fraunhofer ISI hat im Zuge dieses Projekts begonnen, die Suchstrategien für einzelne Technologielinien im Bereich Klimaschutz auf diese neue Klassifikation umzustellen (vgl. Anhang, Abschnitt 5.2). Weiterer Forschungsbedarf, der im Rahmen dieses Projekts nicht adressiert werden konnte, besteht bezüglich der breiteren Verwendung der neuen Klassifikation u.a. in weiteren Umweltbereichen (z. B. Recycling, Abwasser, nachhaltige Mobilität) oder zur breiteren Abbildung von Energieeffizienztechnologien.

Ein Nachteil der Y02-Klassifikation besteht darin, dass die CPC-Klassifikation, auf der sie basiert, erst vergeben wird, wenn die Patente, die über das PCT-Verfahren angemeldet werden, in die nationale Phase übergehen. Dies ist erst 30 Monate nach Anmeldung der Fall. Der aktuelle Rand der Zahlen liegt deshalb hier noch weiter zurück als bei üblichen Patentrecherchen, nämlich aktuell im Jahr 2012. Soweit die Suchstrategien auf die Y02-Klassifikation zurückgreifen, werden die Zahlen deshalb für die Jahre 2013 und 2014 geschätzt. Die Hochrechnung erfolgt anhand der jährlichen Wachstumsraten des letzten 5-Jahres-Zeitraums (2010 - 2014). Im Fall der erneuerbaren Energien scheint diese Schätzung jedoch zweifelhaft, da in den letzten zwei Jahren, für die gesicherte Ergebnisse vorliegen, eine Trendwende erkennbar ist: Bis 2009 ist ein rasanter Anstieg zu beobachten, ab 2010 ist aber eine Stagnation und ab 2011 ein deutlicher Rückgang der Patentanmeldungen zu verzeichnen. Eine Fortschreibung anhand der Wachstumsraten des letzten 5-Jahres-Zeitraums würde eine Erholung signalisieren, die mit Blick auf die Werte, die die rein IPC-basierte Suchstrategie ergibt, nicht gerechtfertigt erscheint.

Für diesen Fall erfolgt die Schätzung deshalb auf Basis der Werte der IPC-basierten Suchstrategie, korrigiert um einen Zuschlag für die durchschnittliche Differenz in den Patentanmeldezahlen, die sich aus beiden Suchstrategien ergeben.

3.2 Ergebnisse zur Patentindikatorik

Im Folgenden werden verschiedene Patentindikatoren betrachtet, die sowohl die Dynamik der technologischen Entwicklung als auch Spezialisierungsmuster verschiedener Länder aufzeigen. Alle Auswertungen heben auf die Anzahl der Patentanmeldungen ab. An anderer Stelle hat das Fraunhofer ISI auch Daten zu den Patentanmeldern ausgewertet und untersucht, welche Branchen in den verschiedenen Umweltbereichen besonders hervortreten und welche Rolle (wissensintensive) Dienstleistungssektoren dabei spielen (vgl. Clausen et al. (im Erscheinen)). Die Darstellung im Text hebt insbesondere auf den aktuellen Rand ab. Eine ausführlichere Diskussion der historischen Entwicklung findet sich zum Beispiel in Gehrke et al. 2015. Die Ergebnisse zu umweltfreundlichen Gütern (adapted goods) werden separat ausgewiesen.

3.2.1 Dynamik der technischen Entwicklung bei potenziellen Umweltschutztechnologien

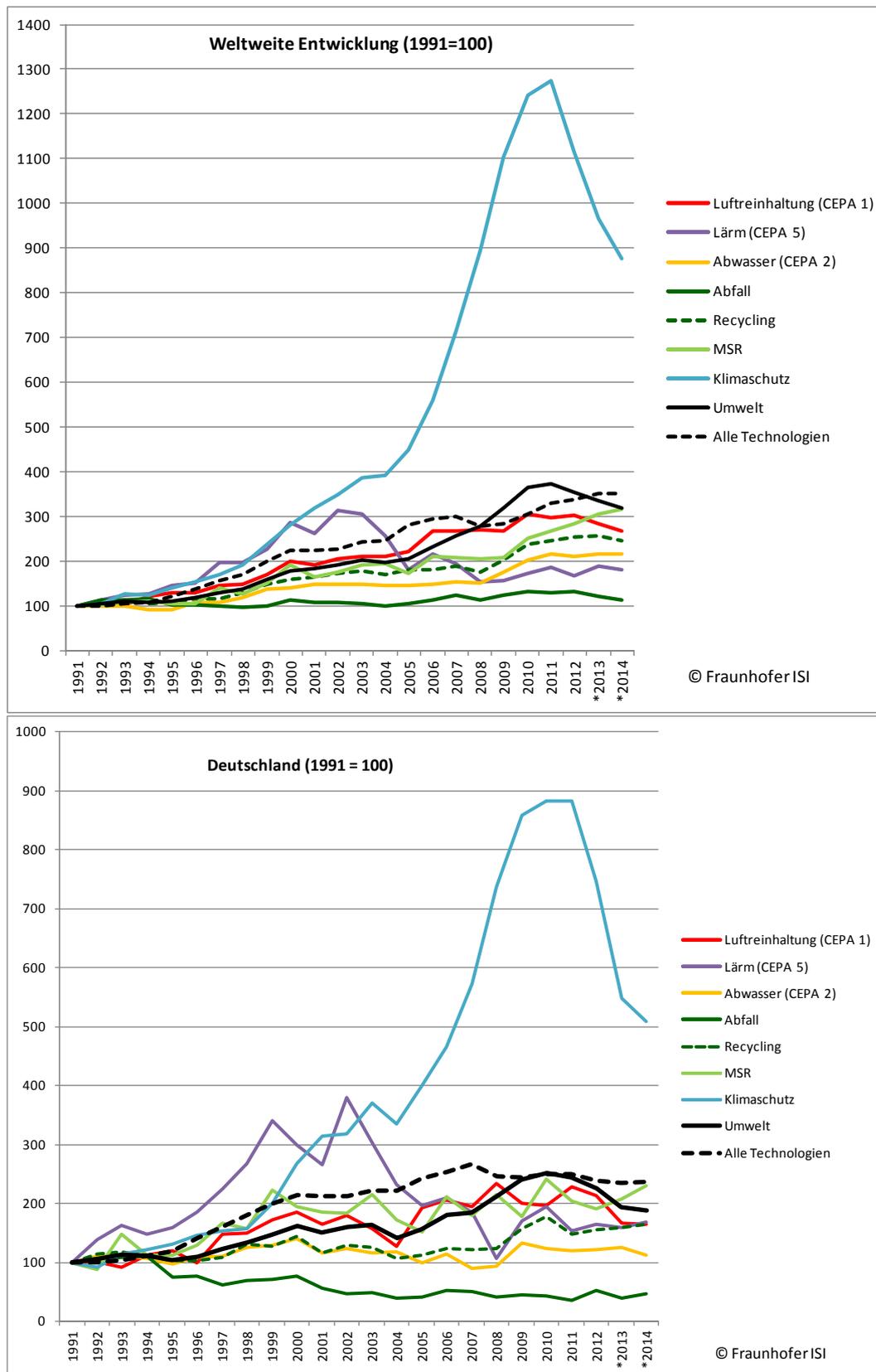
Die Patentdynamik zeigt die Entwicklung der Zahl der jährlichen Patentanmeldungen über die Zeit. Betrachtet wird der Zeitraum 1991 bis 2014. Als Basisjahr wird der Beginn des Betrachtungszeitraums herangezogen (1991 = 100). Wie Abbildung 3.1 zeigt, hat sich auf globaler wie auch auf deutscher Ebene die Dynamik der Umweltpatente weiter abgeschwächt und liegt aktuell leicht unter der allgemeinen technologischen Dynamik („Alle Technologien“). Dieser Trend wird stark von den Entwicklungen im Bereich Klimaschutz, und dort insbesondere den erneuerbaren Energien getrieben. Diese haben einen zahlenmäßig großen Anteil an den Umwelttechnologiepatenten und verzeichnen nach den aktuellen Schätzungen weiterhin einen sehr deutlichen Abschwung der Zahl der jährlichen Patentanmeldungen (vgl. Abbildung 3.2). In Deutschland ist dieser Abschwung noch deutlicher als weltweit (s. auch Wachstumsraten im Anhang, Tabelle A.5.23), obwohl die öffentlichen FuE-Ausgaben gestiegen sind (vgl. Tabelle A.5.18). Unklar ist allerdings, wie sich die FuE-Ausgaben insgesamt entwickelt haben, da die Datenlage bzgl. unternehmensfinanzierter FuE schwach ist.

Auf globaler Ebene entwickeln sich die anderen zwei Klimaschutzbereiche - Rationelle Energieumwandlung und Rationelle Energieverwendung - im aktuellen 5-Jahres-Zeitraum positiv, und haben diese positive Tendenz im Vergleich zum davor liegenden 5-Jahres-Zeitraum verstärkt. Ihre aktuellen Wachstumsraten überflügeln alle anderen Umweltbereiche mit Ausnahme des Querschnittsbereichs MSR, der sich ebenfalls sehr dynamisch entwickelt (vgl. Wachstumsraten im Anhang, Tabelle A.5.23).

Global betrachtet hat den schwächsten Verlauf unter den Umwelttechnologien der Bereich Abfall zu verzeichnen, dessen Zahlen nahezu stagnieren. Dagegen bewegt sich das Feld Recycling deutlich dynamischer. Mit Abwasser findet sich ein weiterer „klassischer“ Umweltschutzbereich unter den drei Schlusslichtern bei Patentanmeldungen weltweit.

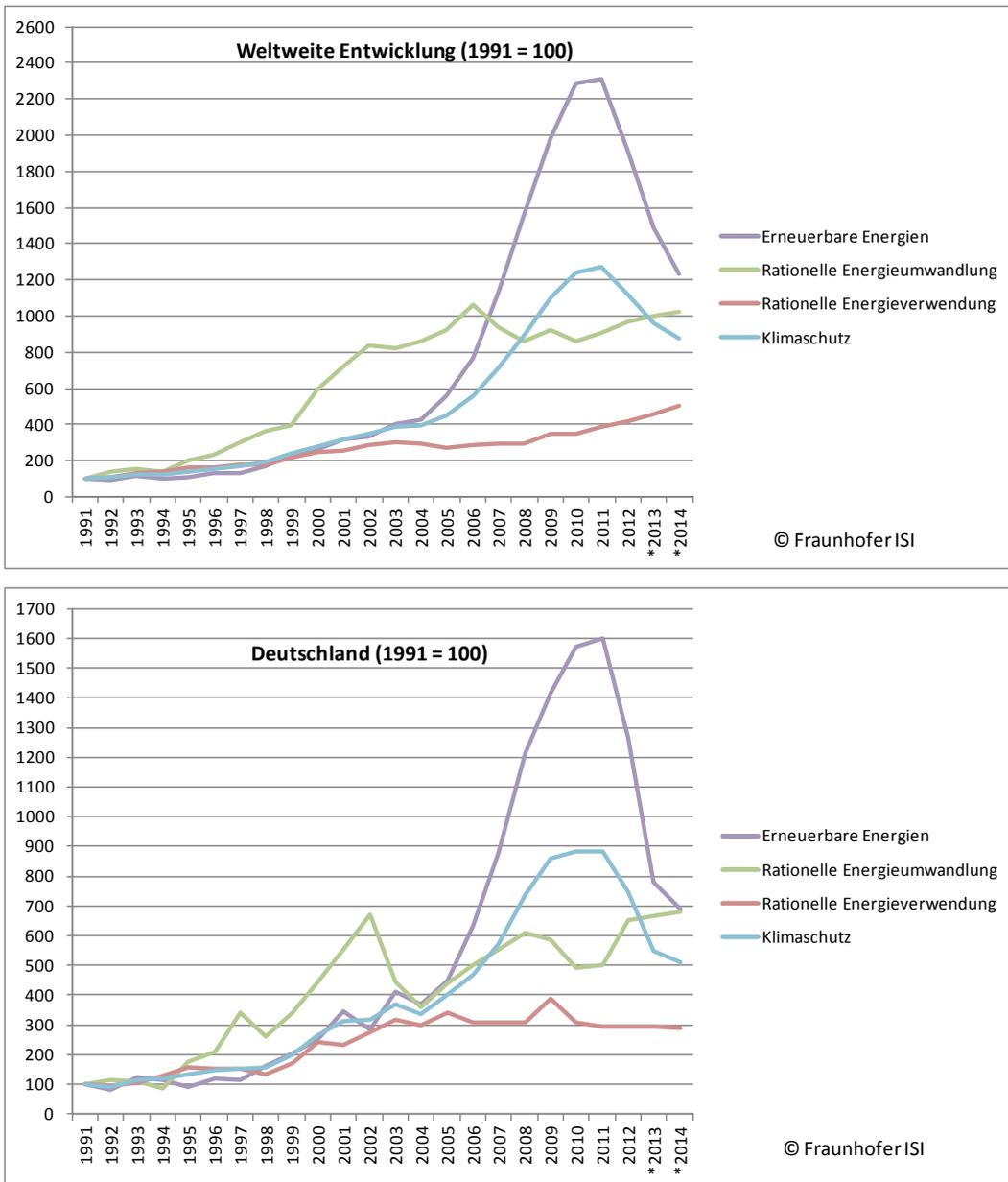
Für Deutschland sieht das Bild etwas anders aus: Im Bereich Klimaschutz verzeichnen hier auch die Patente im Bereich der rationellen Energieverwendung eine verhaltene bis leicht rückläufige Entwicklung – trotz stark steigender öffentlicher FuE-Ausgaben (vgl. Tabelle A.5.18). Nur bei der rationellen Energieumwandlung verläuft die Entwicklung in Deutschland positiv und dynamischer als weltweit, wenn auch der Vorsprung im Vergleich der letzten beiden 5-Jahres-Zeiträume etwas geschrumpft ist. Mit Ausnahme des Bereichs Abfall, der weiterhin unterhalb seines Anfangsniveaus stagniert, verzeichnen die Umweltpatente in Deutschland in den letzten 5 Jahren ansonsten durchweg negative Wachstumsraten (vgl. Wachstumsraten im Anhang, Tabelle A.5.23). Dies steht in deutlichem Gegensatz zur zweiten Hälfte der Nuller-Jahre, in denen alle Umweltschutzbereiche in Deutschland – mit Ausnahme des Lärmschutzes – positive Wachstumsraten verzeichneten. Am aktuellen Rand scheint sich allerdings in vielen Bereichen (außer Klimaschutz) eine Stabilisierung der Zahlen abzuzeichnen.

Abbildung 3.1: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen in Teilbereichen der Umwelttechnologien



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI
 * Werte für Klimaschutz und Umwelt geschätzt

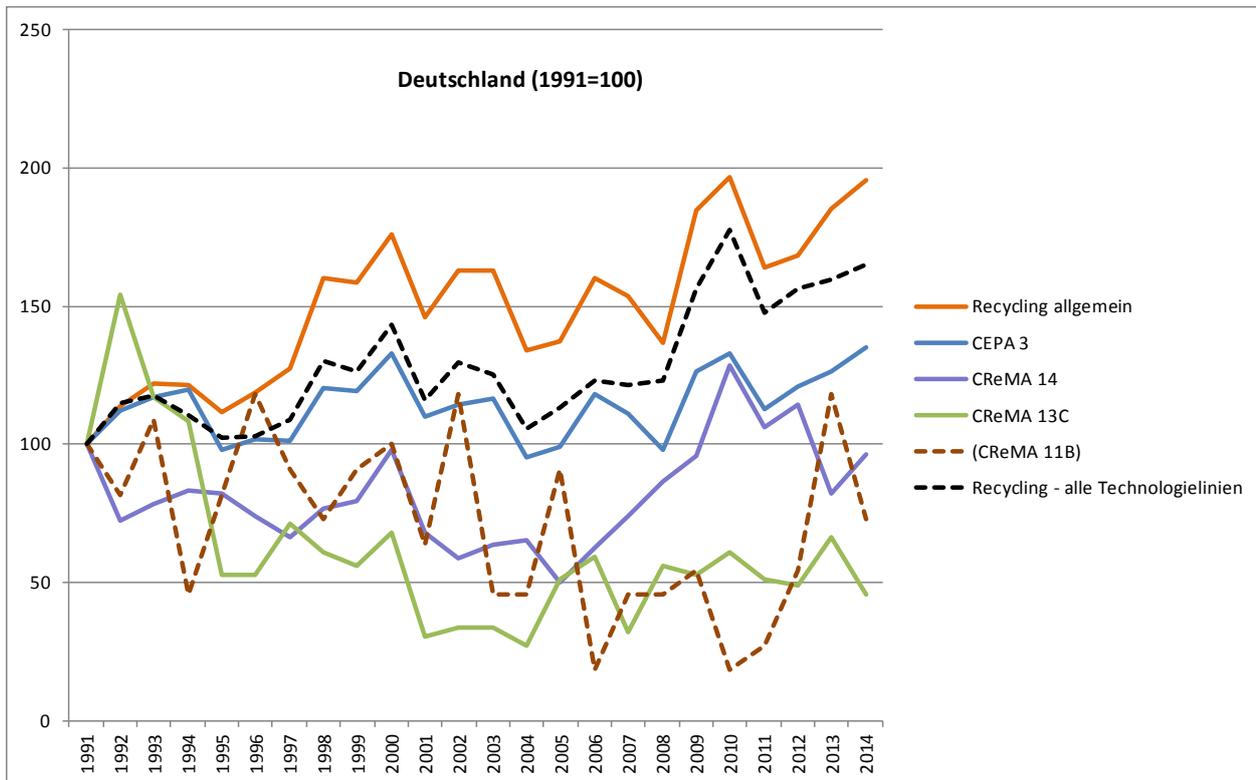
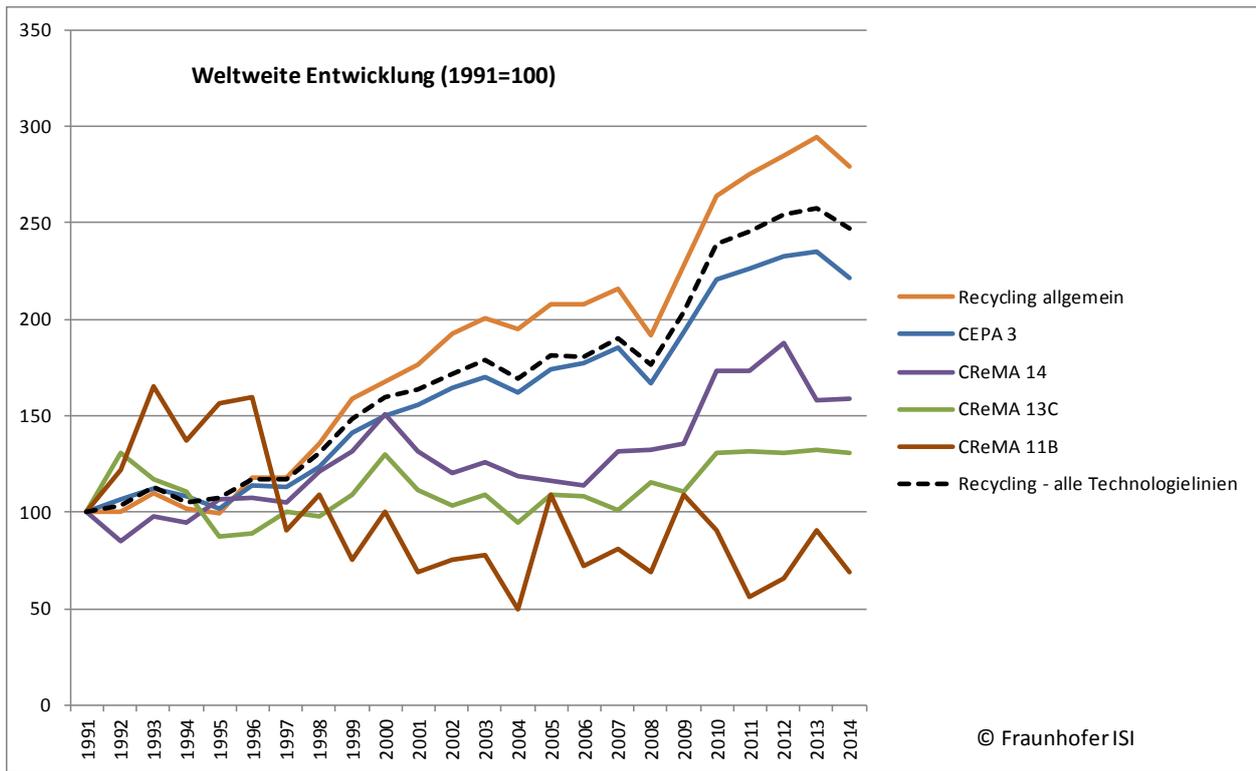
Abbildung 3.2: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Klimaschutz



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI
 * Werte geschätzt

Neben dem Klimaschutzbereich ist zahlenmäßig – wenn auch mit einigem Abstand – der Umweltbereich Recycling der nächst größte Umweltbereich und verdient eine detailliertere Betrachtung. Er wird global wie auch in Deutschland dominiert von Recyclingtechnologien, die keinem bestimmten Abfallstrom oder keinem bestimmten Sekundärmaterial zugeordnet werden können („Recycling allgemein“). Dieser weist die höchste Dynamik auf und liegt damit als einziger Bereich über dem Durchschnitt aller Recyclingtechnologien (vgl. Abbildung 3.3).

Abbildung 3.3: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Recycling und Abfallwirtschaft

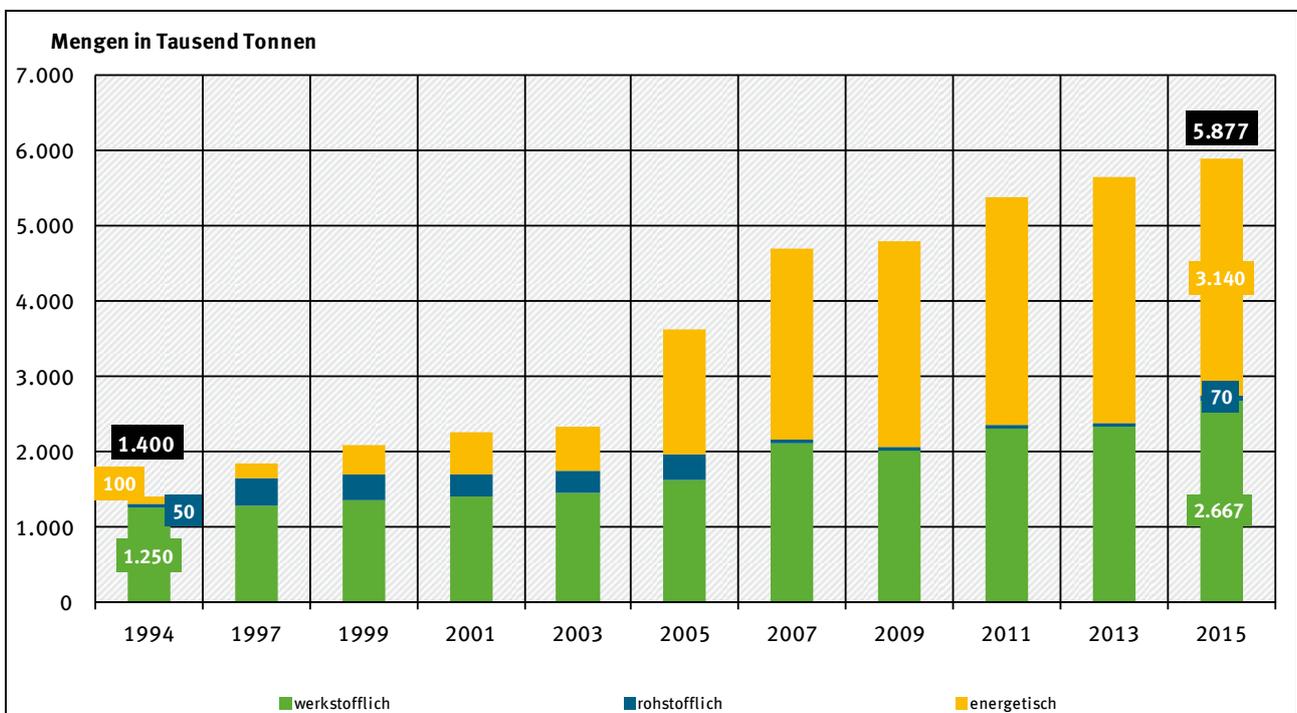


Anmerkung: CEPA 3, CReMA 13C und CReMA 14 inkl. „adapted goods“ (CReMA 11B wegen geringer absoluter Anmeldezahlen wenig belastbar);

Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die Kombination der Abfallpatente mit „Recycling allgemein“ (einschließlich „adapted goods“) ergibt den Bereich der CEPA 3 (Abfallwirtschaft), der wegen der über den gesamten Betrachtungszeitraum global stagnierenden bzw. in Deutschland rückläufigen Entwicklung bei Abfall leicht unterdurchschnittlich abschneidet. Unter den stoffspezifischen Teilbereichen des Recyclings verzeichnet global gesehen das Recycling von Metallen und Mineralien (CReMA 14) die größten Zuwächse, gefolgt von Kunststoffrecycling (CReMA 13C). Bei letzterem ist die Dynamik zwar noch positiv, aber deutlich weniger ausgeprägt als bei der CReMA 14. Das Papierrecycling (CReMA 11B) entwickelt sich weltweit rückläufig. Dies kann mit der Reife der Technologie erklärt werden. In Deutschland ist die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen bei den stoffspezifischen Recyclingtechnologien über den Betrachtungszeitraum insgesamt rückläufig. Am schlechtesten schneidet in Deutschland das Kunststoffrecycling ab (CReMA 13C). Eine mögliche Erklärung dafür ist die anhaltende Dominanz der thermischen Verwertung von Kunststoffabfällen (vgl. Abbildung 3.4). Augenfällig sind die parallelen Entwicklungen beim Recycling von Metallen und Mineralien und dem Metallpreisindex für Deutschland (vgl. Abbildung 3.5): Seit 2010 bzw. 2011 befindet sich beides im Abwärtstrend.

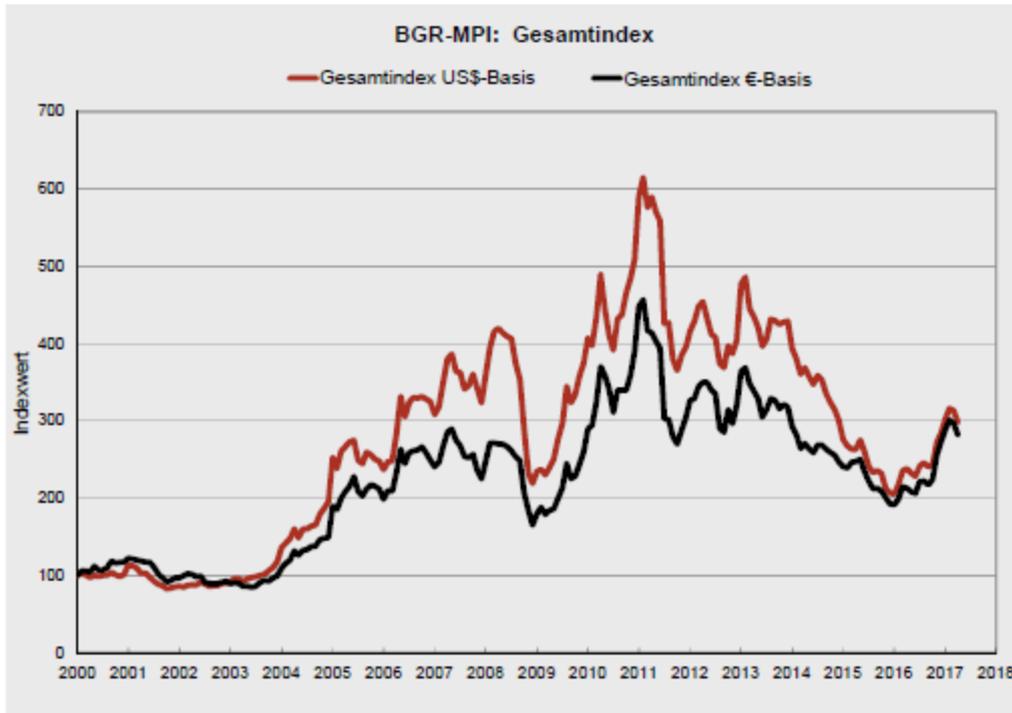
Abbildung 3.4: Verwertung der Kunststoffabfälle in Deutschland



Quelle: Umweltbundesamt 2016a

Gegenüber der letzten Berichterstattung wurden einige Umweltbereiche neu hinzugenommen. Die Technologielinien für das Wassermanagement (CReMA 10) erweitern die Betrachtung im Bereich Abwasser um weitere wasserwirtschaftliche Aspekte. Sie stehen zwar zahlenmäßig für einen deutlich kleineren Bereich (vgl. Abschnitt 5.2.10 im Anhang) als die konventionelle Abwasserwirtschaft, entwickeln sich aber deutlich dynamischer als der Bereich Abwasser. Weltweit betrachtet liegen sie auch leicht über dem Durchschnitt aller Umwelttechnologien (vgl. Abbildung 3.6). Für Deutschland wird ebenfalls eine positive Entwicklung und ein Vorsprung gegenüber dem konventionellen Umweltbereich Abwasser sichtbar, die Dynamik bewegt sich aber seit Mitte der 2000er Jahre etwas unter dem Durchschnitt aller Umwelttechnologien. Der mengenmäßig eher kleine Bereich der CEPA 4 weist mit seinem Fokus auf den nachsorgenden Umweltschutz eine rückläufige Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen auf.

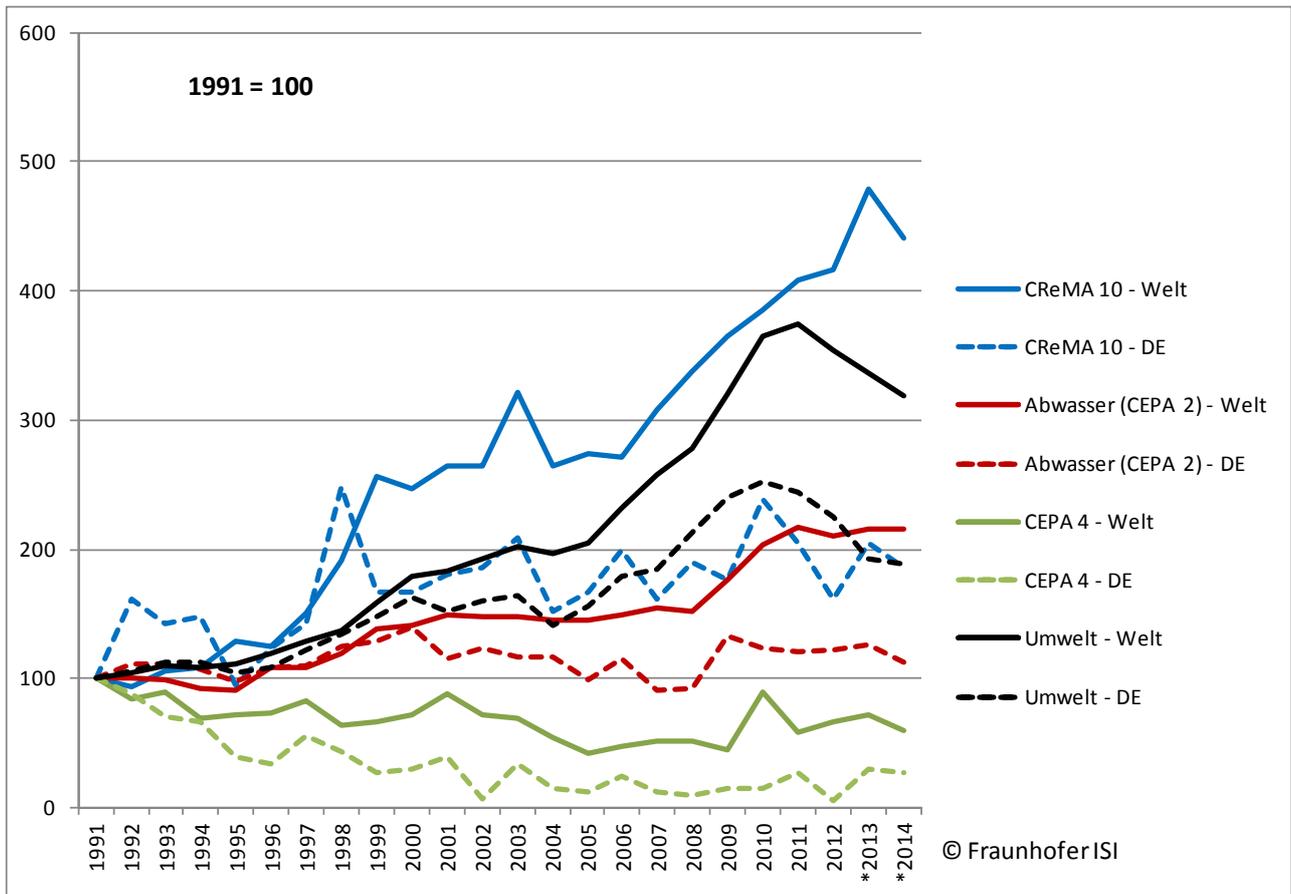
Abbildung 3.5: BGR-Preisindex für Metalle (am deutschen Metalleinsatz ausgerichtet)



Quelle: © BGR (BGR 2017)

Der Logik des „System of Environmental-Economic Accounting: Central Framework“ folgend (vgl. European Commission et al. 2014) werden in diesem Bericht erstmals neben den integrierten Umwelttechnologien auch umweltfreundliche Güter („adapted goods“) separat betrachtet, soweit sie bisher in der Patentstatistik identifiziert werden konnten (vgl. Abbildung 3.7).

Abbildung 3.6: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für Sanierung (CEPA 4) und Wassermanagement (CReMA 10) und Wassermanagement (CReMA 10)

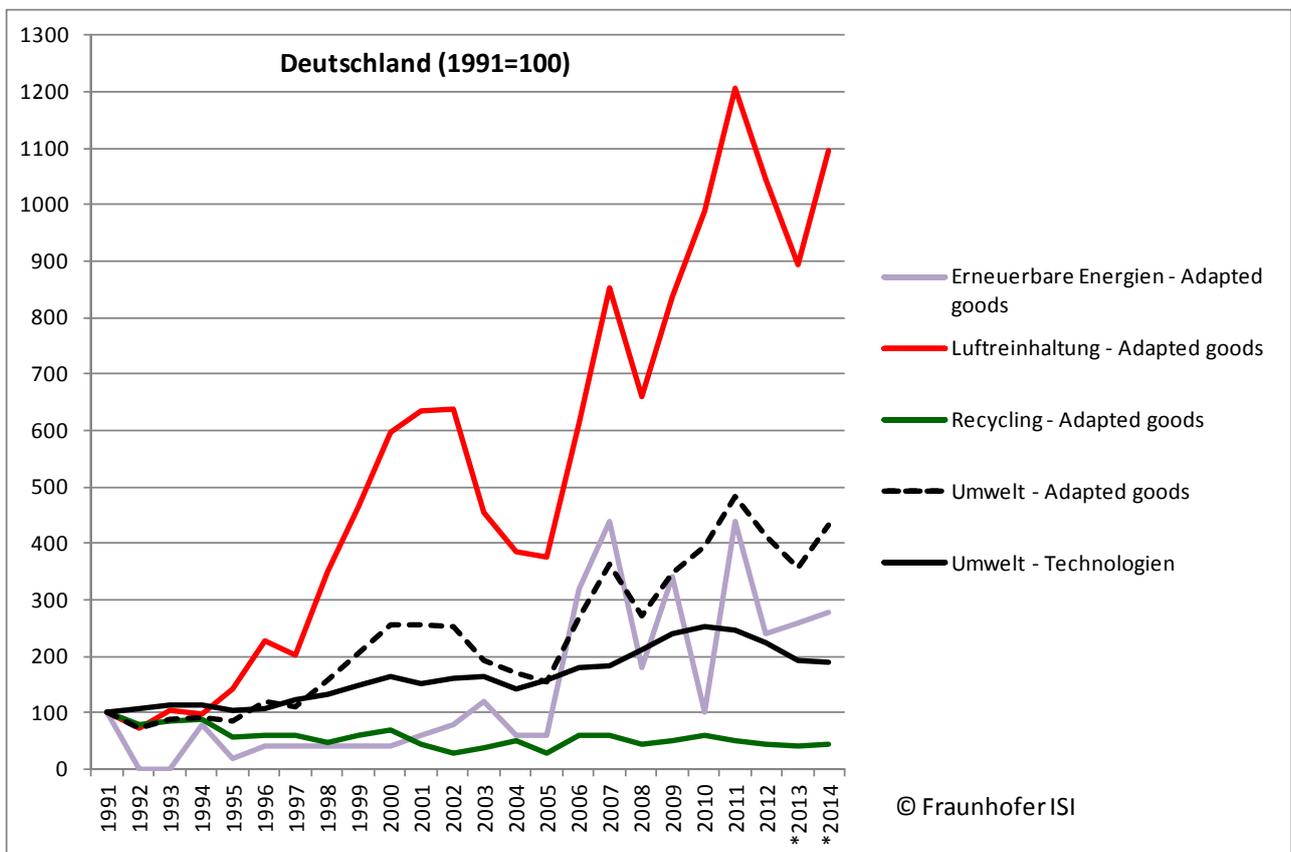
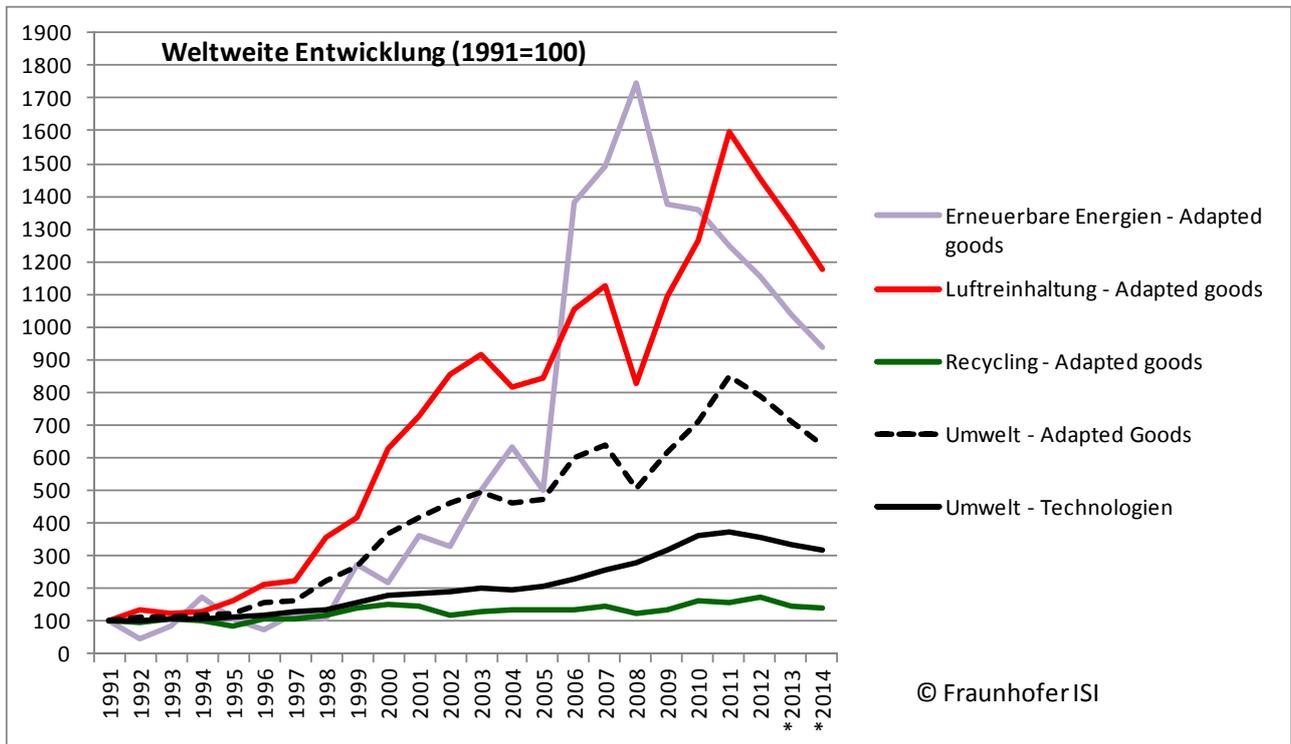


Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI, * Werte für Umwelt geschätzt

Dies ist bisher nur für ausgewählte Bereiche der Fall (vgl. Tabelle 3.1). Die Entwicklungen weltweit und in Deutschland weisen viele Parallelen auf: Verglichen mit den integrierten Umwelttechnologien fallen die „adapted goods“ zahlenmäßig weit weniger ins Gewicht⁵⁴ und werden stark dominiert von Anmeldungen im Bereich Luftreinhaltung, d. h. den Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Die Zahl der Patentanmeldungen wächst bei umweltfreundlichen Gütern schneller als bei integrierten Umwelttechnologien (vgl. Abbildung 3.7), allerdings ist die Entwicklung im letzten 5-Jahres-Zeitraum rückläufig (vgl. Wachstumsraten im Anhang, Tabelle A.5.23), wenn auch in Deutschland am aktuellen Rand eine Erholung feststellbar ist. Die Dynamik wird vor allem getrieben durch die „adapted goods“ im Bereich Luftreinhaltung, wo der Vorsprung gegenüber der Dynamik der integrierten Technologien besonders groß ist (vgl. Abbildung 3.1 vs. Abbildung 3.7). Die Entwicklung bei den umweltfreundlichen Gütern im Bereich Recycling, also bei Produkten aus Sekundärrohstoffen, ist dagegen sehr verhalten mit stagnierenden Zahlen der Patentanmeldungen, die noch unter denen der integrierten Recyclingtechnologien liegen.

⁵⁴ Die Zahl der Patentanmeldungen bei „adapted goods“ liegt im Vergleich zu integrierten Umwelttechnologien auf globaler Ebene im letzten 5-Jahres-Zeitraum bei etwa 1:6.

Abbildung 3.7: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen für umweltfreundliche Güter („adapted goods“)



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI; * Werte für Umwelt geschätzt

3.2.2 Patentanteile bei potenziellen Umweltschutztechnologien

Anhand der Patentanteile des letzten 5-Jahres-Zeitraums erkennt man aktuell bedeutende Technologieführer. Dieser Indikator spiegelt allerdings auch die Größe einer Volkswirtschaft wieder. So ist es nicht verwunderlich, dass die EU-28 und die USA durchgängig auf den vorderen Plätzen bei den Patentanteilen in allen Umweltbereichen liegen (Abbildung 3.8⁵⁵).

Darüber hinaus ist Japan durchgängig gut vertreten und trotz seines deutlich geringeren ökonomischen Gewichts in vielen Feldern den USA überlegen. China nimmt inzwischen bei den Patenten einen sichtbaren Anteil ein, der aber seinem ökonomischen Gewicht bei weitem nicht entspricht. Im Bereich erneuerbarer Energien wird zudem sichtbar, dass China trotz seines inzwischen fast ebenso hohen FuE-Budgets wie Europa (vgl. Abschnitt 2.3.1) seinen Patentanteil nicht – oder vielleicht noch nicht – entsprechend ausbauen konnte. Die Gründe dafür können im Rahmen dieses Projektes nicht behandelt werden.

Auffällig ist, dass die EU-28 (mit Deutschland) durchweg dominieren – für die Umwelttechnologien insgesamt mit 36,5 %. Deutschland hat einen Anteil von fast 40 % an den EU-28-Patenten – fast unverändert gegenüber der letzten Auflage dieses Berichts (Gehrke et al. 2015). Den höchsten Patentanteil weist Deutschland bei Lärmschutz auf, gefolgt von Recycling mineralischer und metallischer Rohstoffe sowie Luftreinhaltung (Patentanteile ausgewählter anderer EU-28-Mitgliedsstaaten s. Abbildung A.5.6 im Anhang).

Bemerkenswert ist, dass in einigen der neu ausgewiesenen (wenn auch kleinen) Umweltbereiche die restliche Welt einen deutlich höheren Patentanteil aufweist als für Umwelttechnologien insgesamt. Am höchsten ist er mit 14,9 % beim Kunststoffrecycling (CReMA 13 C), gefolgt von Sanierung (CEPA 4) und Wassermanagement (CReMA 10). In diesen speziellen Feldern sind folgende Länder zusätzlich zu den in Abbildung 3.8 gezeigten von Relevanz:

- ▶ Kunststoffrecycling (CReMA 13 C): Indien (3,7 %), Australien (1,5 %), Brasilien (1,4 %)
- ▶ Sanierung (CEPA 4): Australien (1,9 %), Norwegen (1,9 %), Brasilien (1,6 %), Israel (1,6 %)
- ▶ Wassermanagement (CReMA 10): Indien (2 %), Israel (1,9 %), Australien (1,8 %).

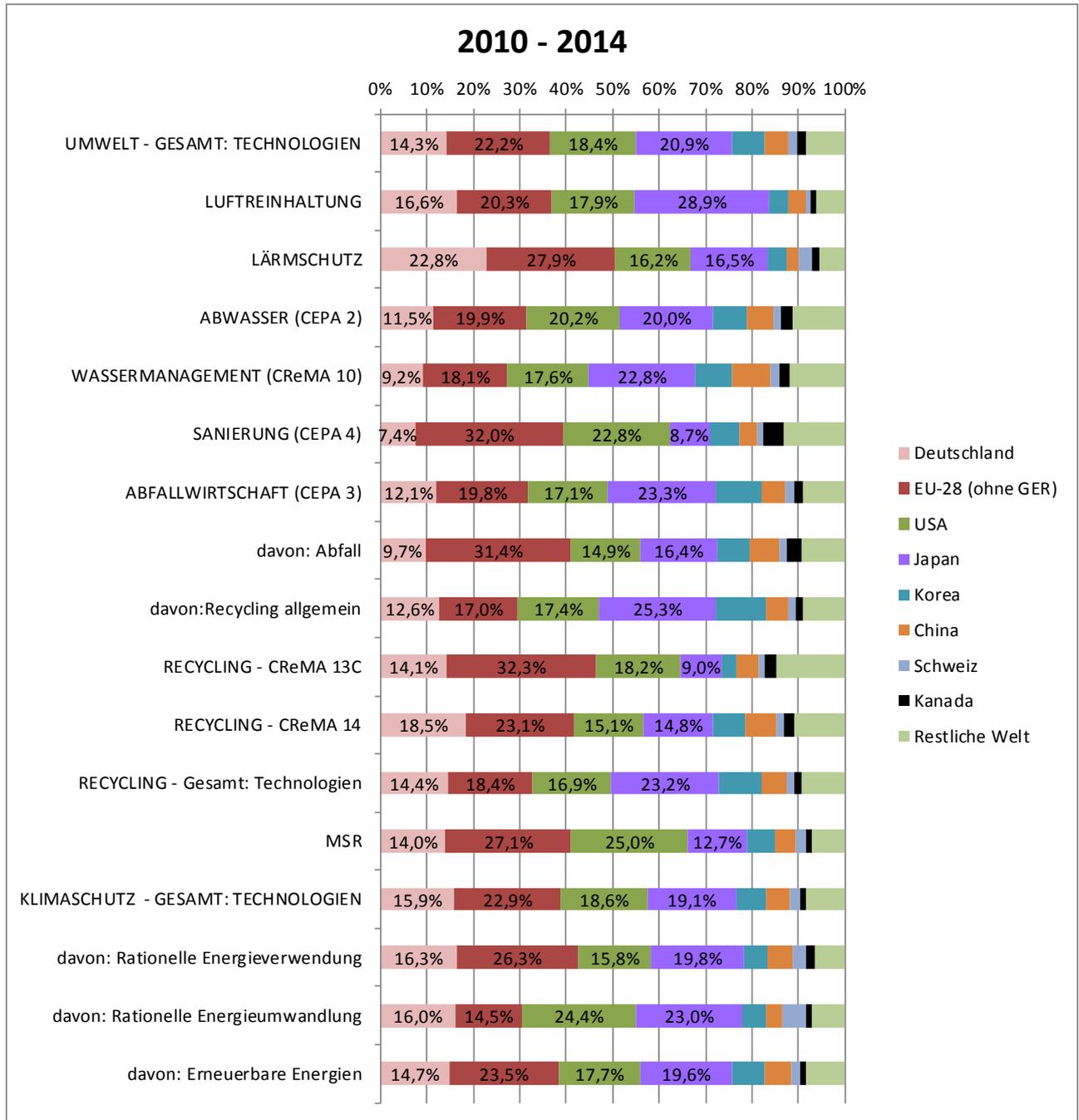
Im Vergleich zu Umwelttechnologien spielt die restliche Welt bei „adapted goods“ eine etwas geringere Rolle (Patentanteil von 5,4 % gegenüber 8,5 % bei Umwelttechnologien. Dies ist angesichts der zahlenmäßigen Dominanz von Patenten für elektrische Fahrzeuge nicht verwunderlich. Bei den umweltfreundlichen Gütern im Bereich Recycling und auch im Bereich erneuerbare Energien (u.a. Bioethanol) nehmen sie jedoch mit 15,1 % bzw. 11,3 % eine deutlich größere Rolle ein. Als wichtige Länder treten bei „adapted goods“ zusätzlich hervor:

- ▶ im Bereich Recycling: Indien (3,1 %), Australien (1,8 %), Brasilien (1,7 %)
- ▶ im Bereich Erneuerbare Energien: Neuseeland (3,7 %), Brasilien (2,8 %), Indien (1,2 %).

Wirft man einen separaten Blick auf die Patentanteile bei umweltfreundlichen Gütern, sieht man ein deutlich uneinheitlicheres Bild. Die EU-28 dominieren hier nur in einem Bereich, nämlich „adapted goods“ im Bereich Recycling, in den anderen Bereichen liegen Japan bzw. die USA weiter vorn. Bei Luftreinhaltung wird Japans starke Stellung bei elektrischen Fahrzeugen deutlich (Abbildung 3.9).

⁵⁵ Zahlenwerte s. Tabelle A.5.24 im Anhang.

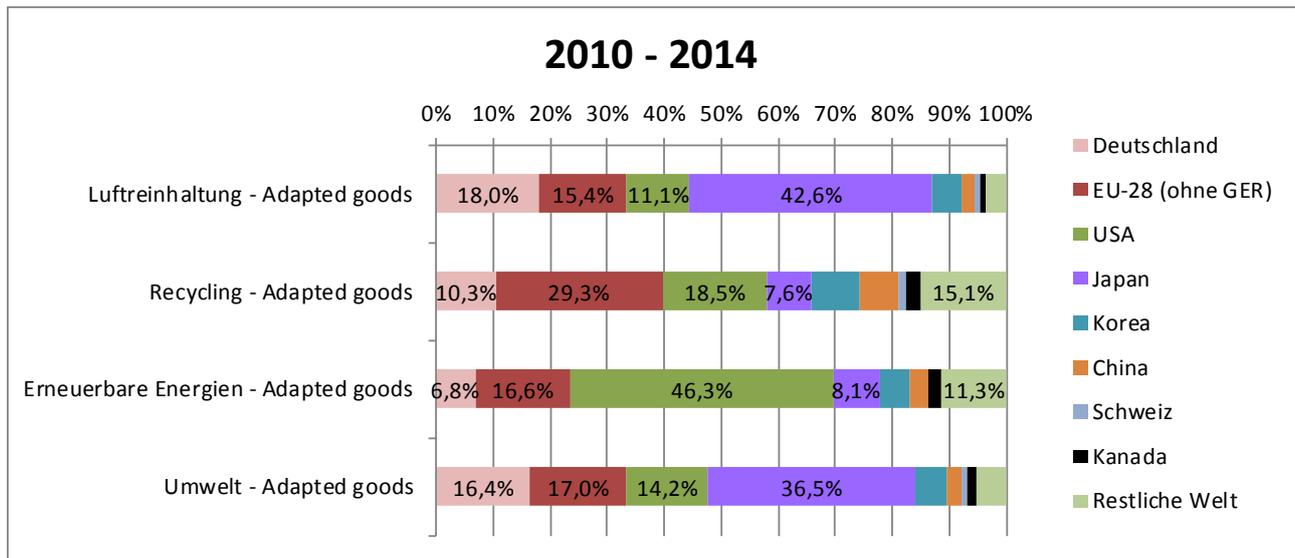
Abbildung 3.8: Patentanteile ausgewählter Länder bei Umwelttechnologien



Anmerkung: CEPA 3, CReMA 13C und CReMA 14 inkl. „adapted goods“

Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 3.9: Patentanteile ausgewählter Länder bei umweltfreundlichen Gütern („adapted goods“)



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

3.2.3 Spezialisierungsmuster bei potenziellen Umweltschutztechnologien

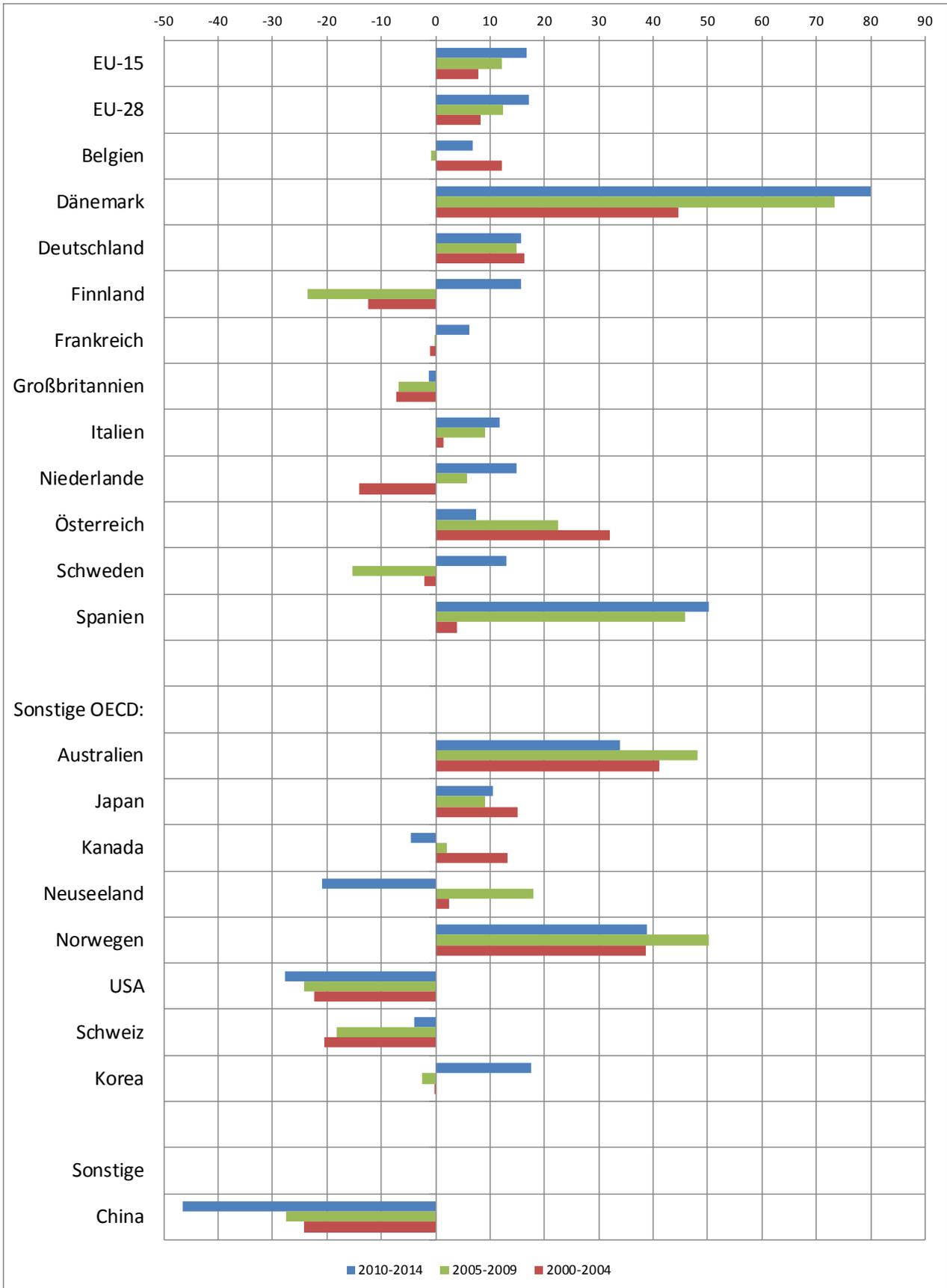
Der Ländervergleich anhand von Patentanteilen wird durch die Größenunterschiede zwischen den Ländern sehr verzerrt. Um dies auszugleichen, wird auf den „Relativen Patentanteil“ (RPA) als Spezialisierungsmaß zurückgegriffen. Er vergleicht den Patentanteil eines Landes in dem jeweils ausgewählten Technologiebereich mit seinem Patentanteil bei allen Technologien zusammen (vgl. mathematische Definition im Anhang, Abschnitt 5.1).

Der Blick auf Abbildung 3.10 zeigt, dass viele Länder leicht positive Werte für den RPA aufweisen, aber nur wenige davon eine ausgeprägte Spezialisierung der Wissensbasis auf Umwelttechnologien insgesamt (RPA über 20). Auch für Deutschland ist der RPA positiv, liegt aber noch unter 20. Dieses Bild ist über die Jahre sehr stabil. Innerhalb der EU-28 hat die Spezialisierung auf Umwelttechnologien über die Jahre leicht zugenommen und liegt jetzt geringfügig über den Werten von Deutschland. Mit deutlich positiven RPA-Werten stechen in Europa Spanien und eher kleine Länder wie Dänemark und Norwegen hervor. Außerhalb der EU ist Australien ein weiteres Land mit starken stabilen positiven Spezialisierungsvorteilen.

Auffällig ist der deutliche Rückgang der RPA-Werte bei Österreich, das auch einen leichten Rückgang seines Patentanteils bei Umwelttechnologien zu verzeichnen hat. Dennoch ist der RPA-Wert immer noch leicht positiv. Die USA und auch China – also die beiden größten Volkswirtschaften der Welt – verzeichnen beide deutlich negative RPA-Werte, die im Zeitverlauf auch noch weiter abgenommen haben. China kann zwar seinen Patentanteil im Bereich Umwelt deutlich steigern, jedoch nicht so sehr wie für alle Technologien insgesamt. Im Fall der USA geht der negative und fallende RPA darauf zurück, dass der Patentanteil bei Umwelttechnologien noch stärker sinkt als ihr Patentanteil insgesamt.

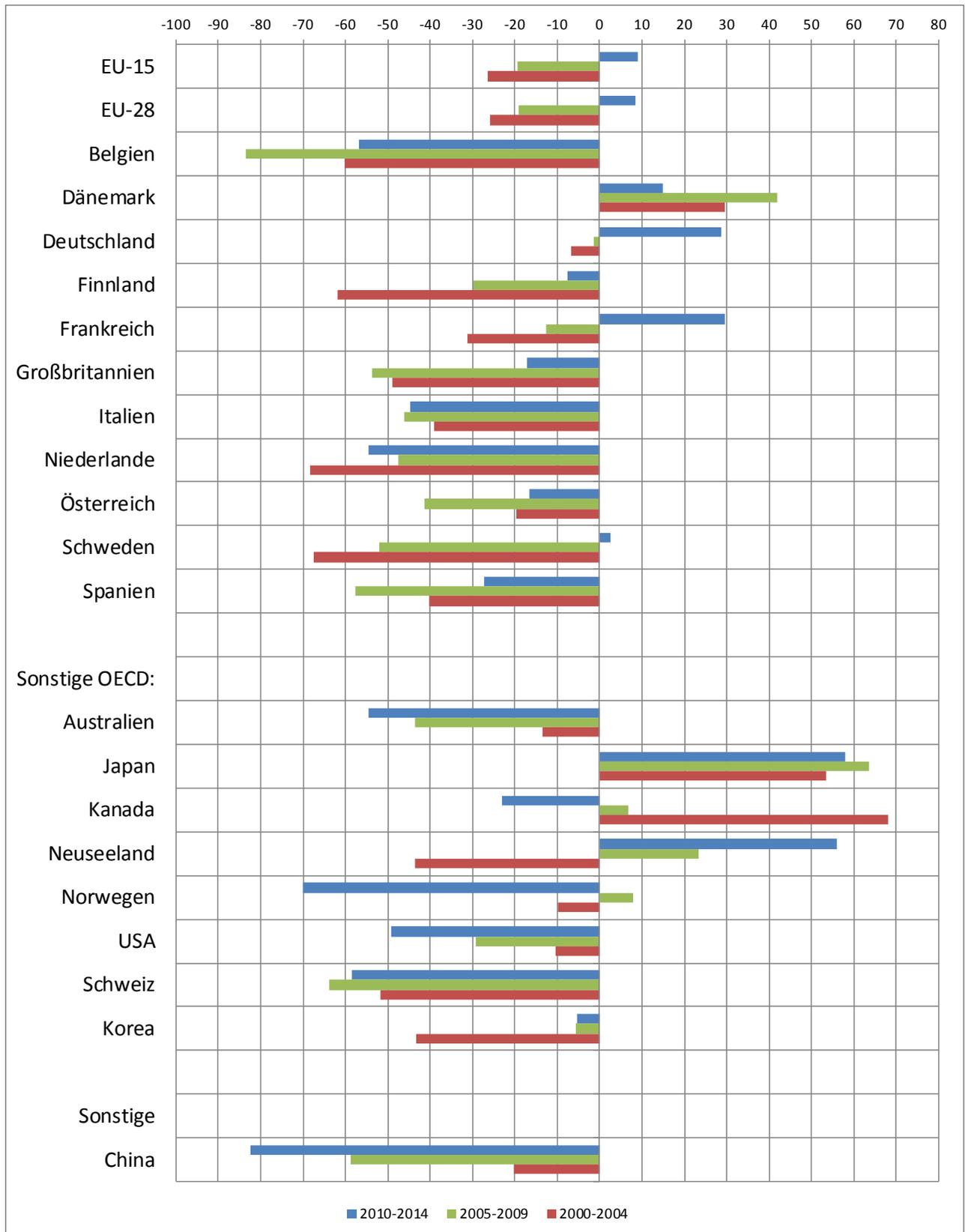
Der separate Blick auf umweltfreundliche Güter („adapted goods“) zeigt ein deutlich abweichendes Bild, wobei der dominierende Einfluss von Elektrofahrzeugen hier bedacht werden muss: die Spezialisierung fast aller Länder der EU-28 ist hier negativ. Eine Ausnahme bildet Dänemark, das hier positive Werte verzeichnet, die allerdings weniger hoch ausfallen als bei Umwelttechnologien. Deutschland, Frankreich und Schweden ist es im aktuellen 5-Jahres-Zeitraum gelungen, die davor negativen RPA-Werte ins Positive zu verkehren (Abbildung 3.11).

Abbildung 3.10: Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich Umwelttechnologien (RPA-Werte)



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 3.11: Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich umweltfreundlicher Güter („adapted goods“) (RPA-Werte)



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Dadurch sind nun auch die Werte für die EU als Ganzes leicht positiv. Außerhalb Europas hat Japan sehr ausgeprägte Spezialisierungsvorteile bei „adapted goods“ – getragen von seiner Stärke bei Elektrofahrzeugen. Neuseeland zieht seine Spezialisierungsvorteile dagegen aus seinen Stärken bei umweltfreundlichen Gütern im Bereich Recycling und im Bereich erneuerbare Energien.

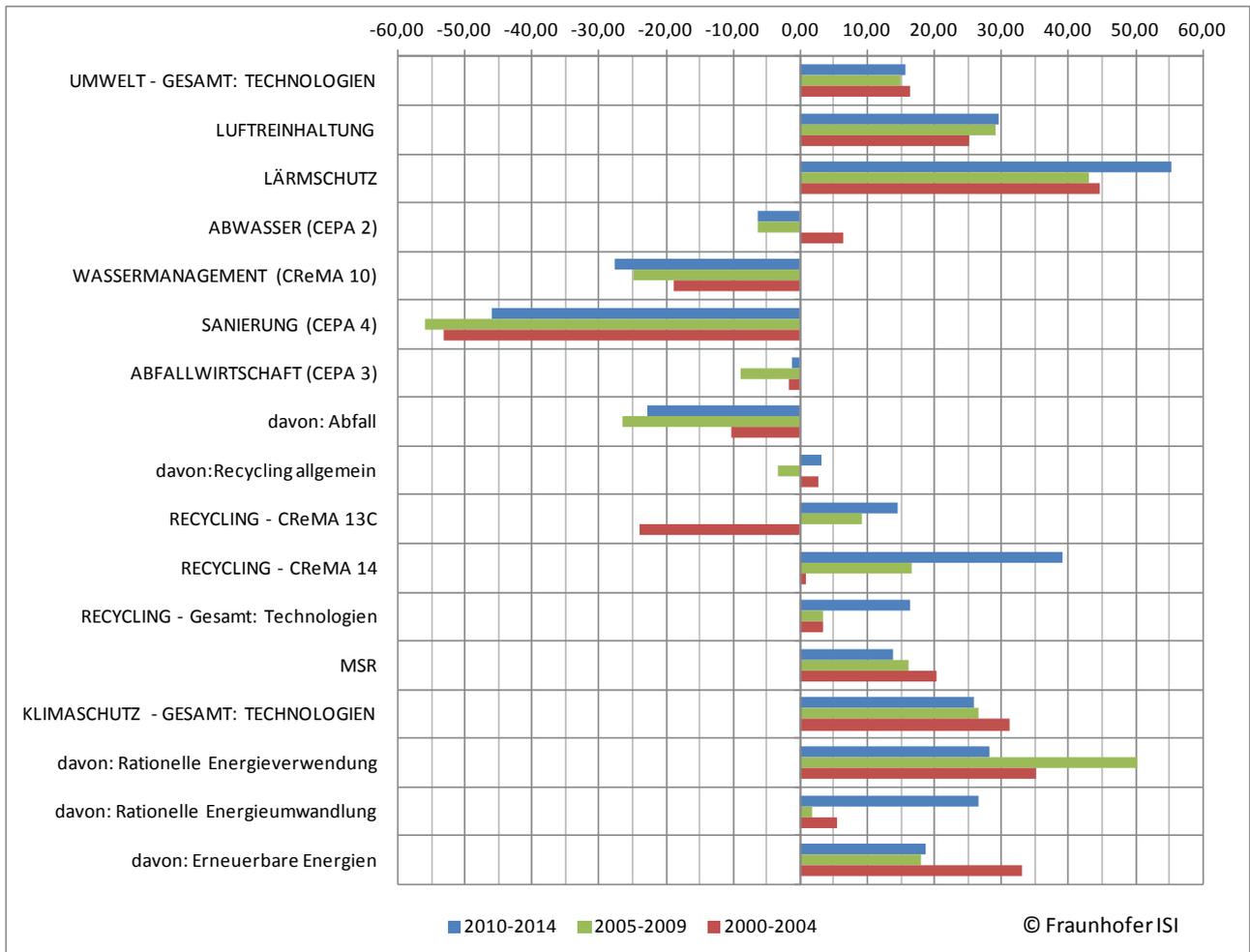
Für Deutschland betrachten wir die RPA-Werte auch auf disaggregiertem Niveau der einzelnen Umweltbereiche (vgl. Abbildung 3.12). Deutliche und über die 3 Zeitscheiben hinweg stabile Spezialisierungsvorteile ($RPA > 20$) liegen bei Luftreinhaltung, Lärmschutz und Klimaschutz vor, und dies obwohl gemäß UFORDAT-Daten die Bereiche Luft und Lärm nur relativ geringe Anteile an den öffentlich geförderten Forschungsvorhaben einnehmen (vgl. Abbildung 2.6). Für Luftreinhaltung zeigt sich diese positive Spezialisierung inzwischen auch im Bereich der umweltfreundlichen Güter – hier hat der RPA-Wert stark zugenommen und den RPA-Wert der Luftreinhaltungstechnologien sogar überflügelt (vgl. Abbildung 3.13). Im Bereich Klimaschutz liegt zwar der RPA-Wert für erneuerbare Energietechnologien im Schnitt der letzten 10 Jahre unter 20, die Spezialisierungsvorteile stützen sich aber auch auf (immer noch deutliche, wenn auch rückläufige) Stärken bei der rationellen Energieverwendung und neuerdings auch auf Stärken bei der rationellen Energieumwandlung. Im Bereich der „adapted goods“ für erneuerbare Energien sind die RPA-Werte deutlich negativ, wenn auch mit steigendem Trend (vgl. Abbildung 3.13). Allerdings sind für dieses Feld die absoluten Zahlen so klein, dass die Indikatoren weniger belastbar sind als in den anderen Feldern.

Ein weiterer Bereich mit ausgesprochen hohem (und steigendem) RPA-Wert ist das Recycling mineralischer und metallischer Rohstoffe (CReMA 14, vgl. Abbildung 3.12). Auch beim Kunststoffrecycling sind deutlich positive Entwicklungen des RPA-Werts zu beobachten, der inzwischen mit dem Durchschnitt aller Umwelttechnologien mithalten kann. Im Gegensatz zu diesen beiden stoffstromspezifischen Recyclingbereichen, ist das allgemeine Recycling kein Spezialisierungsfeld: der RPA liegt hier stabil nahe Null. Bei Abfall sind die RPA-Werte im Schnitt der letzten 10 Jahre signifikant negativ ($RPA < -20$). Interessant ist noch die Betrachtung der Recycling-Technologien im Vergleich zu den umweltfreundlichen Gütern im Bereich Recycling (vgl. Abbildung 3.13): Während bei Recycling-Technologien eine leicht positive Spezialisierung festzustellen ist, sind die RPA-Werte für umweltfreundliche Güter im Bereich Recycling negativ, haben sich aber über die betrachteten drei Zeitscheiben hinweg verbessert.

Die größten „Spezialisierungslücken“, also deutlich negative RPA-Werte, hat Deutschland im Bereich Sanierung. Wohlwollend interpretiert kann dies als Zeichen dafür gesehen werden, dass sich Deutschland vom nachsorgenden Umweltschutz abgekehrt hat und vorsorgend handelt. Signifikant negative RPA-Werte liegen auch im Wassermanagement vor. Diesen neueren Bereichen der nachhaltigen Wasserwirtschaft widmen sich die Akteure in Deutschland nur zögerlich⁵⁶. In den konventionellen Abwassertechnologien ist die Position Deutschlands relativ neutral. Der Querschnittsbereich MSR lässt leicht positive Spezialisierungsvorteile erkennen ($RPA > 10$). Er bewegt sich in der gleichen Größenordnung wie Umwelttechnologien insgesamt, hat aber eine leicht rückläufige Tendenz.

⁵⁶ Für eine detaillierte Betrachtung der nachhaltigen Wasserwirtschaft s. Hillenbrand et al. 2013

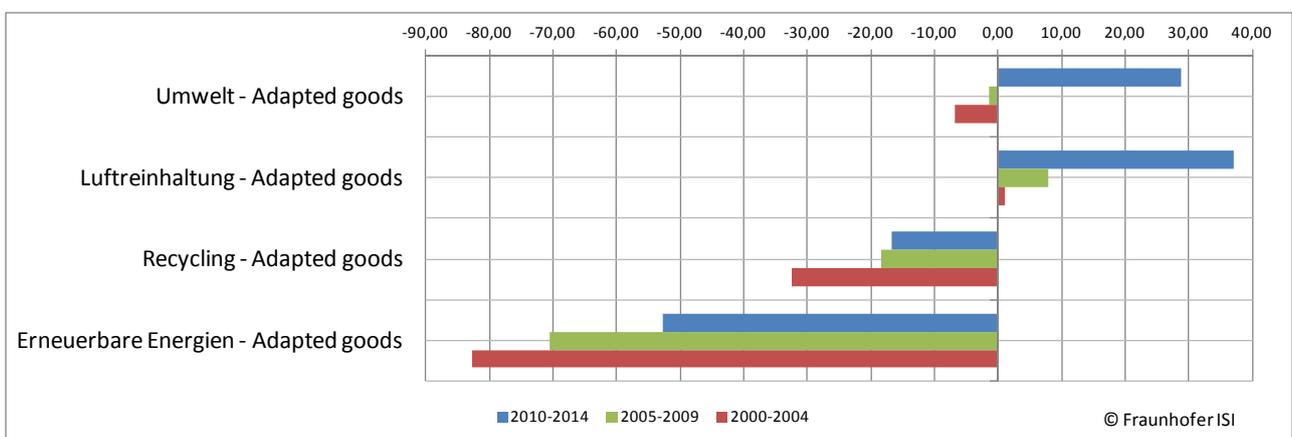
Abbildung 3.12: Patentspezialisierung Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte)



Anmerkung: CEPA 3, CReMA 13C und CReMA 14 inkl. „adapted goods“

Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 3.13: Patentspezialisierung Deutschlands bei umweltfreundlichen Gütern („adapted goods“) (RPA-Werte)



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

3.3 Gesamtbild der Patentergebnisse für Deutschland

Tabelle 3.2 zeigt eine Zusammenschau der Patentindikatoren für Deutschland im aktuellen 5-Jahres-Zeitraum. Schaut man auf die Gesamtheit der Umwelttechnologien, gehen die Patentzahlen hier zwar deutlich stärker zurück als die Patentanmeldungen für Deutschland insgesamt. Dennoch liegt Deutschlands Patentanteil immer noch über seinem Anteil bei allen Technologien. Damit fällt auch das Spezialisierungsmaß für Deutschland positiv aus. Allerdings sind die Spezialisierungsvorteile in der Wissensbasis nicht sehr stark ausgeprägt – der RPA ist zwar positiv aber nicht sehr hoch. Der Wert war über die letzten 10 Jahre relativ stabil (vgl. Tabelle A.5.25 im Anhang).

Positiv stechen die Umweltbereiche Luftreinhaltung und Lärmschutz hervor, ebenso wie der neu ausgewiesene Bereich der CReMA 14, der das Recycling von Metallen und Mineralstoffen sowie „adapted goods“ aus diesem Bereich umfasst. Zwar sind auch in diesen drei Bereichen die Patentanmeldungen rückläufig, jedoch nicht so stark wie bei Umwelttechnologien insgesamt. Deutschlands Patentanteil ist überdurchschnittlich hoch und die Spezialisierungsvorteile in der Wissensbasis sind deutlich positiv ausgeprägt. Im Fall der CReMA 14 könnte man hier den positiven Einfluss der Forschungsförderung des BMBF im Bereich Ressourceneffizienz im Rahmen des FONARahmenprogramms vermuten (s. dazu u.a. BMBF 2017, CUTEC 2017, Ostertag et al. 2013, Dürkoop et al. 2016).

Ähnlich positiv ist die Situation im Klimaschutz. Zwar gehen die Patentanmeldungen sehr viel stärker zurück als bei Umwelttechnologien insgesamt. Dies ist jedoch allein auf das negative Wachstum im Bereich der Erneuerbaren Energien zurückzuführen. Dagegen entwickeln sich die Patentzahlen bei rationeller Energieverwendung überdurchschnittlich und im Bereich der rationellen Energieumwandlung sogar entgegen dem allgemeinen Trend deutlich positiv. Die Spezialisierungsvorteile Deutschlands sind in allen drei Teilbereichen des Klimaschutzes signifikant. Diese Einschätzung weicht von der vorherigen Auflage dieses Berichts ab (vgl. Gehrke et al. 2015). Dies ist auf die Entwicklungen am aktuellen Rand zurückzuführen (die allerdings noch gewissen Schätzunsicherheiten unterliegen). Außerdem spielt die Umstellung der Suchstrategie eine Rolle, die u.a. bei der rationellen Energieverwendung eine bessere Abgrenzung von anderen Technologien im Bauwesen bewirkt (vgl. Abschnitt 5.2.6 im Anhang).

Bei den in diesem Bericht erstmalig separat ausgewiesenen umweltfreundlichen Gütern („adapted goods“) ist die Position Deutschlands insgesamt im Vergleich zu Umwelttechnologien überdurchschnittlich gut. Die Werte werden dominiert von den „adapted goods“ im Bereich Luftreinhaltung, d.h. den Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Andere Bereiche der „adapted goods“ schneiden weniger gut ab. Insbesondere fallen die Patentanmeldungen für umweltfreundliche Güter im Bereich Recycling, also vor allem für aus Sekundärrohstoffen hergestellte Produkte, deutlich hinter den Durchschnitt aller Umwelttechnologien zurück und haben vor allem eine deutlich schlechtere Performanz als Recyclingtechnologien. Dies wirft Fragen auf, in wie weit auf Dauer ein attraktiver Absatzmarkt für Recyclate – also die Produkte des Recyclingsektors – zu erwarten ist. Der ansteigende Trend im RPA dieses Umweltbereichs (vgl. Abbildung 3.13) weist hier immerhin in die richtige Richtung.

Tabelle 3.2: Zusammenfassung der Patentindikatorik für Deutschland

	Wachstumsrate (2010-2014)	Patentanteile (2010 – 2014)	RPA (2010 – 2014)
Alle Technologien	-1,4 %	12,2 %	(nicht definiert)
Umwelt (alle Technologien)	-7,1 %	14,3 %	16
Luftreinhaltung	-4,3 %	16,6 %	30
Lärmschutz	-3,6 %	22,8 %	55
Abwasser (CEPA 2)	-2,2 %	11,5 %	-6
Wassermanagement (CReMA 10)	-6,0 %	9,2 %	-28
Sanierung (CEPA 4)	k.A.	7,4 %	-46
Abfallwirtschaft (CEPA 3)	0,4 %	12,1 %	-1
davon: Abfall	1,8 %	9,7 %	-23
davon: Recycling allgemein	-0,2 %	12,6 %	3
CReMA 13C	-6,9 %	14,1 %	15
CReMA 14	-6,9 %	18,5 %	39
Recycling (alle Technologien)	-1,8 %	14,4 %	16
MSR	-1,2 %	14,0 %	14
Klimaschutz (alle Technologien)	-12,9 %	15,9 %	26
davon: Rationelle Energieverwendung	-1,6 %	16,3 %	28
davon: Rationelle Energieumwandlung	8,3 %	16,0 %	26
davon: Erneuerbare Energien	-18,7 %	14,7 %	19
Adapted goods			
Umwelt (a.g.)	2,2 %	16,4 %	29
davon Luftreinhaltung (a.g.)	2,6 %	18,0 %	37
davon Recycling (a.g.)	-7,7 %	10,3 %	-17
davon Erneuerbare Energien (a.g.)	k.A.	6,8 %	-53

Anmerkung: RPA = Relativer Patentanteil (Spezialisierungsmaß); grün = über dem Durchschnitt aller Umwelttechnologien, rot = unter dem Durchschnitt aller Umwelttechnologien

Quelle: Darstellung des Fraunhofer ISI.

4 Quellenverzeichnis

- Aschhoff, B., E. Baier, D. Crass, M. Hud, P. Hünermund, C. Köhler, B. Peters, C. Rammer, E. Schricke, T. Schubert, F. Schwiebacher (2013): Innovation in Germany – Results of the German CIS 2006 to 2010, ZEW Dokumentation Nr. 13-01. <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/docus/dokumentation1301.pdf>
- BGR (2017): BGR Metallpreisindex. Mai 2016 - April 2017. Online verfügbar unter https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/MPI/Monatlich/laufend/MPI_17_04.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 24.05.2017.
- BMBF (2017): Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA). Maßnahmen im Bereich Rohstoffeffizienz. Online verfügbar unter <https://www.fona.de/de/massnahmen/tag/1007>, zuletzt geprüft am 24.05.2017.
- BMU, UBA (Hrsg.) (2011): Umweltwirtschaftsbericht 2011. Berlin, Dessau-Roßlau.
- BMUB (Hrsg.) (2014): GreenTech made in Germany 4.0 - Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. Berlin: BMUB
- BMW i (Hrsg.) (2016): Bundesbericht Energieforschung 2016. Forschungsförderung für die Energiewende, April 2016.
- BMW i (Hrsg.) (2011): Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung., Juli 2011.
- Bilsen, V., Debergh, P., Greeven, S. (idea consult); Gehrke, B., John, K. und A. Lemmel (NIW) (2016a): Identifying Levers to unlock Clean Industry - Summary Report. Prepared for the European Commission, DG for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.
- Bilsen, V., Debergh, P., Greeven, S. (idea consult); Gehrke, B., John, K. und A. Lemmel (NIW) (2016b): Identifying Levers to unlock Clean Industry – Background Report. Prepared for the European Commission, DG for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.
- Clausen, J.; K. Fichter; C. Gandenberger; M. Gotsch; C. Lerch; A. Jäger et al. ((im Erscheinen)): Umweltinnovationen und ihre diffusion als Treiber der Green Economy. Erster Teilbericht. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.
- Clusthale Umwelttechnik-Institut GmbH (CUTEC) (2017): r4 - Innovative Technologien für Ressourceneffizienz. Online verfügbar unter <http://www.r4-innovation.de/>, zuletzt aktualisiert am 24.05.2017, zuletzt geprüft am 24.05.2017.
- CONSULTIC GmbH (2016): Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2015, Alzenau.
- Corsatea, T.D., A. Fiorini, A. Georgakaki, B.N. Lepsa (2015): Capacity Mapping: R&D investment in SET-Plan technologies. Joint Research Centre (JRC). Luxembourg.
- Dürkoop A.; C. P. Brandstetter; G. Gräbe; L. Rentsch (Hg.) (2016): Innovative Technologien für Ressourceneffizienz – Strategische Metalle und Mineralien. Ergebnisse der r³ Fördermaßnahme. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- European Commission; United Nations; Food and Agriculture Organization of the United Nations; International Monetary Fund; Organisation for Economic Co-operation and Development; World Bank (2014): System of environmental-economic accounting 2012. Central framework. New York, Luxembourg: UNO. Online verfügbar unter https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/SEEA_CF_Final_en.pdf, zuletzt geprüft am 27.02.2017.
- European Commission (EC) (o. J.): Energy Strategy and Energy Union. Secure, competitive, and sustainable energy In: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy>.
- European Patent Office (EPO) (2016): Finding sustainable technologies in patents. München. Online verfügbar unter [http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/6E41C0DF0D85C0ACC125773B005144DE/\\$File/finding_sustainable_technologies_in_patents_2016_en.pdf](http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/6E41C0DF0D85C0ACC125773B005144DE/$File/finding_sustainable_technologies_in_patents_2016_en.pdf), zuletzt geprüft am 24.05.2017.
- Eurostat (2016): Environmental goods and services sector accounts. Handbook. 2016 edition. Luxembourg: European Union, zuletzt geprüft am 28.02.2017.
- Eurostat (2009): The environmental goods and services sector. Luxembourg, zuletzt geprüft am 26.10.2016.

- European Environment Agency EEA (2014): Energys support measures and their impact on innovation in the renewable energy sector in Europe. EEA Technical Report No. 21/2014.
- Frankfurt School-UNEP Centre / BNEF (2016): Global Trends in Renewable Energy Investment 2016. Frankfurt School of Finance & Management gGmbH.
- Frankfurt School-UNEP Centre / BNEF (2015): Global Trends in Renewable Energy Investment 2015. Frankfurt School of Finance & Management gGmbH.
- 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 (2017): Die Umweltschutzwirtschaft in Deutschland. Produktion, Umsatz und Außenhandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, BMUB (Umwelt, Innovation, Beschäftigung (im Erscheinen)).
- 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. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/die-umweltschutzwirtschaft-in-deutschland>
- Gehrke, B., U. Schasse, K. Ostertag, F. Marscheider-Weidemann (2015): Innovationsmotor Umweltschutz – Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. In: UBA, BMUB (Hrsg.): Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 05/2015. Dessau-Roßlau, Berlin. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innovationsmotor-umweltschutz>, zuletzt geprüft am 14.02.2017.
- 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. verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/ui_b_01_2014_wirtschaftsfaktor_umweltschutz.pdf, zuletzt geprüft am 01.03.2017.
- 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.
- Hillenbrand, T.; H. Hiessl; S. Klug; B. Freiherr von Lüninck; J. Niederste-Hollenberg; C. Sartorius; R. Walz (2013): Herausforderungen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft. Innovationsreport. TAB Arbeitsbericht Nr. 158. Online verfügbar unter <http://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/berichte/TAB-Arbeitsbericht-ab158.pdf>, zuletzt geprüft am 13.01.2017.
- International Energy Agency (IEA) (2016): Key trends in IEA public energy technology RD&D budgets. Released in October 2016. https://www.iea.org/media/statistics/topics/IEA_RDD_Factsheet_2016.pdf
- International Energy Agency (IEA) (2015): Energy Technology RD&D Budgets. Database Documentation. <http://www.iea.org/statistics/topics/rdd/>

- 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.
- Mission Innovation (MI) (2016): Accelerating the Clean Energy Revolution., Baseline, Doubling, and Narrative Information Submitted by Mission Innovation Countries and the European Union. In: <http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2016/06/MI-Country-Plans-and-Priorities.pdf>, zuletzt geprüft am 01.06.2017.
- National Science Foundation (NSF) (o.J.a): Business R&D and Innovation Survey (BRDIS). About the Survey. <http://www.nsf.gov/statistics/srvyindustry/#qs&tabs-1>.
- National Science Foundation (NSF, o.J. b): Business and Industrial R&D series. Data. <http://www.nsf.gov/statistics/srvyindustry/#qs&tabs-2>.
- National Science Foundation (NSF) (2013): BRDIS Questionnaire 2013. <https://www.nsf.gov/statistics/2016/nsf16313/pdf/srvybrdis-2013-BRD-1-1.pdf>.
- OECD (2012): OECD-Umweltprüfberichte: Deutschland 2012, OECD, Paris.
- OECD (2015): Measuring environmental innovation using patent data. Policy relevance. Unter Mitarbeit von Ivan Hascic und Mauro Migotto. Paris: OECD.
- Ostertag, K.; F. Marscheider-Weidemann (2014): Nutzung von Patentinformationen für die Weiterentwicklung der umweltökonomischen Statistiken. Abschlussbericht an das Statistische Bundesamt im Rahmen des Projekts "Patentabfrage zur Bestimmung künftiger Umweltschutztechnologien". Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Ostertag, K.; F. Marscheider-Weidemann; J. Niederste-Hollenberg; P. Paitz; C. Sartorius; R. Walz et al. (2013): Ergebnisse der r²-Begleitforschung. Potenziale von Innovationen in rohstoffintensiven Produktionsprozessen. In: Jörg Woidasky, Katrin Ostertag und Christian Stier (Hg.): Innovative Technologien für Ressourceneffizienz in rohstoffintensiven Produktionsprozessen. Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Fördermaßnahme "r² - innovative Technologien für Ressourceneffizienz - rohstoffintensive Produktionsprozesse" des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF). Stuttgart: Fraunhofer-Verlag, S. 356–394.
- Rammer, C., T. Schubert, P. Hünermund, M. Köhler, Y. Iferd, B. Peters (2016): Dokumentation zur Innovationserhebung 2015. <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/docus/dokumentation1601.pdf>
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (2014): Renewables 2014. Global Status Report.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (2016): Renewables 2016. Global Status Report.
- Schasse, U., H. Belitz, A. Kladroba, G. Stenke (2016): Forschung und Entwicklung und Wirtschaft und Staat. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 2-2016. Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation.
- 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) (2016): Umweltforschungsdatenbank In: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeitsstrategien-internationales/information-als-instrument/umweltforschungsdatenbank-ufordat> (letzter Abruf: 02.11.2016).
- Umweltbundesamt (2016a): Verwertung der Kunststoffabfälle - eigene Zusammenstellung mit Daten der CONSULTIC GmbH - Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2015 (Stand 09/2016); Download unter

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/2_abb_verwertung-kunststoffabfaelle_2017-01-30.xlsx (letzter Abruf: 02.10.2017)

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

Walz, R.; K. Ostertag; C. Doll; W. Eichhammer; R. Frietsch; N. Helfrich et al. (2008): Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten. . In: UBA, BMUB (Hrsg.): Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 03/08. Dessau-Roßlau, Berlin. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innovationsdynamik-wettbewerbsfaehigkeit>

Walz, R.; K. Ostertag; K. Eckartz; C. Gandenberger; M. Bodenheimer; J. Peuckert et al. (2017): Ökologische Innovationspolitik in Deutschland. Fachliche Grundlagen für einen deutschen Öko-Innovationsplan (UFOPLAN-Forschungskennzahl 3714 14 328 0): (im Erscheinen).

Wiesenthal, T., G. Le duc, 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.

WIPO (o.J.): IPC Green Inventory. Online verfügbar unter <http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/est/>, zuletzt geprüft am 24.05.2017

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:

$$RPA_{ij} = 100 \cdot \tanh \ln \left[\frac{p_{ij} / \sum_i p_{ij}}{(\sum_j p_{ij} / \sum_{ij} p_{ij})} \right]$$

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 und umweltfreundliche Güter („adapted goods“) in der Patentanalyse

In der Patentanalyse werden wie in den Vorläuferpublikationen (Gehrke et al. 2015; Gehrke et al. 2014) die folgenden sechs Umweltbereiche unterschieden:

1. Luftreinhaltung
2. Lärmschutz
3. Abwasser
4. Abfall und Recycling
5. Mess-, Steuer- und Regeltechnik für den Umweltschutz
6. Klimaschutz, darunter
Erneuerbare Energien, rationelle Energieumwandlung und rationelle Energieverwendung.

Jeder Umweltbereich ist mit einer Reihe von Technologielinien und – soweit relevant – umweltfreundlichen Gütern hinterlegt, die konkreter darlegen, was unter dem jeweiligen Umweltbereich gefasst ist. Die folgenden Tabellen stellen dies für die einzelnen Umweltbereiche zusammen. Sofern in dieser Studie (im weiteren mit Wirtschaftsfaktor Umweltschutz - WfU II - abgekürzt) Änderungen gegenüber den Vorläuferpublikationen (im Weiteren mit WfU I abgekürzt) vorgenommen wurden, werden die Unterschiede, die sich aus der Überarbeitung der Suchstrategien ergeben haben, erläutert.

Einige der Umweltbereiche haben enge Entsprechungen mit der CEPA-/CReMA-Klassifikation und werden zusammen angegeben. Andere CEPA-/CReMA-Bereiche wurden neu ergänzt oder sind nicht 1:1 mit bestehenden Umwelt(teil)bereichen gleichzusetzen, wie sie im Projekt „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ verwendet werden. Für diese CEPA-/CReMA-Bereiche wurden eigene tabellarische Darstellungen der Inhalte der Patentsuchstrategien erstellt.

Weiterer Forschungsbedarf besteht bezüglich der Frage, ob und an welcher Stelle zusätzliche Technologiefelder aufgenommen werden sollten, wie zum Beispiel nachhaltige Mobilität oder eine ganzheitli-

che Abbildung der Kreislaufwirtschaft einschließlich der Strategien zur Lebensdauerverlängerung und Materialeinsparung.

5.2.1 Luftreinhaltung

Tabelle A.5.1: Inhalte der Patentsuchstrategie für Luftreinhaltung / CEPA 1

Luftreinhaltung	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Reinigung von Abgasen, inkl. Motorabgasen Staubabscheidung Integrierte Luftreinhaltung
„Adapted goods“	Batteriefahrzeuge Brennstoffzellenfahrzeuge
Änderung ggü. WfU I	Suchstrategien für Technologielinien präzisiert; „Adapted goods“ ergänzt.

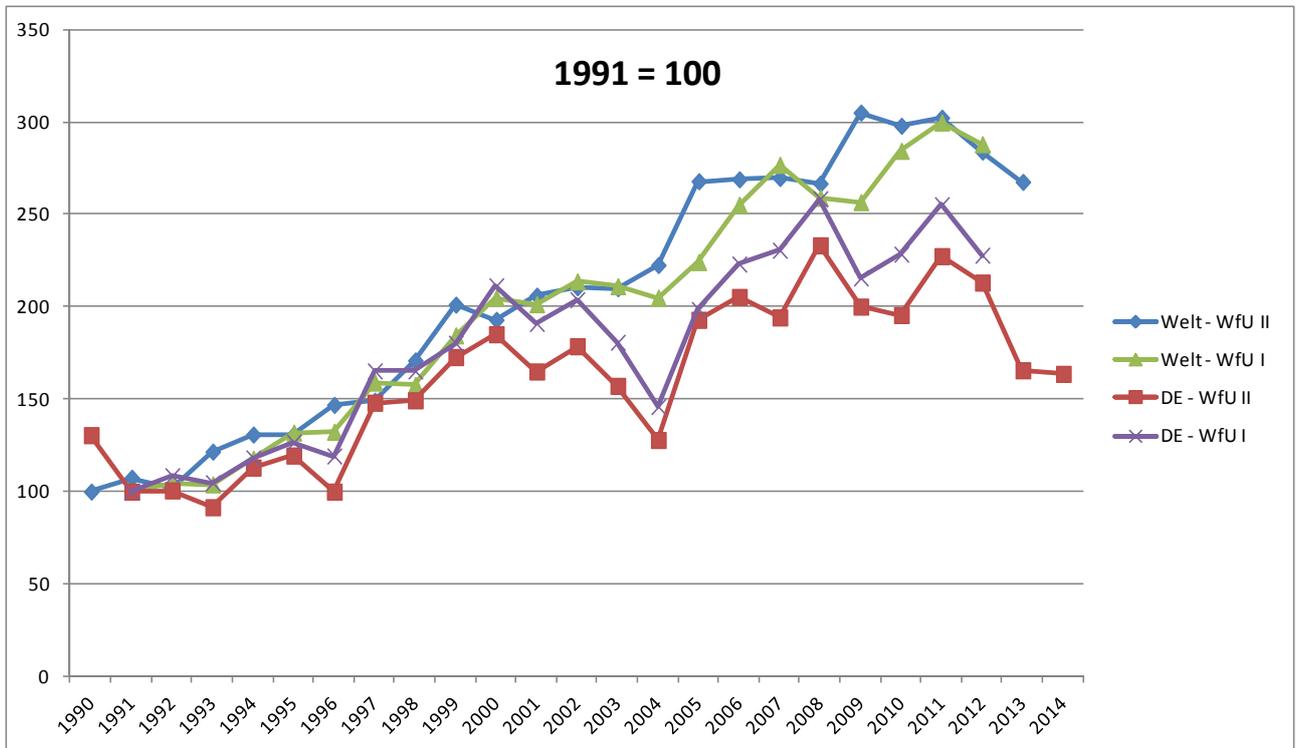
Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Die „adapted goods“ sind mengenmäßig bedeutsam. Auf weltweiter Ebene überholen sie die absolute Zahl der Patentanmeldungen bei Technologielinien ab dem Jahr 2000 nach zunächst niedrigen Patentzahlen zu Beginn des Betrachtungszeitraums.

Die Präzisierung der Suchstrategie für Technologielinien schlägt sich in einer deutlich niedrigeren absoluten Anzahl jährlicher Patentanmeldungen nieder (Rückgang um rund ein Drittel) – sowohl auf weltweiter Ebene wie für Deutschland. Betrachtet man die relative Entwicklung der Patentanmeldungen (1991 = 100), so ergeben beide Suchstrategien ein sehr ähnliches Bild bzgl. der weltweiten Entwicklung (Abbildung A. 5.1). Für Deutschland ergibt die präzisierte Suchstrategie eine leicht schwächere Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen im Vergleich zur Suchstrategie des Vorprojekts.

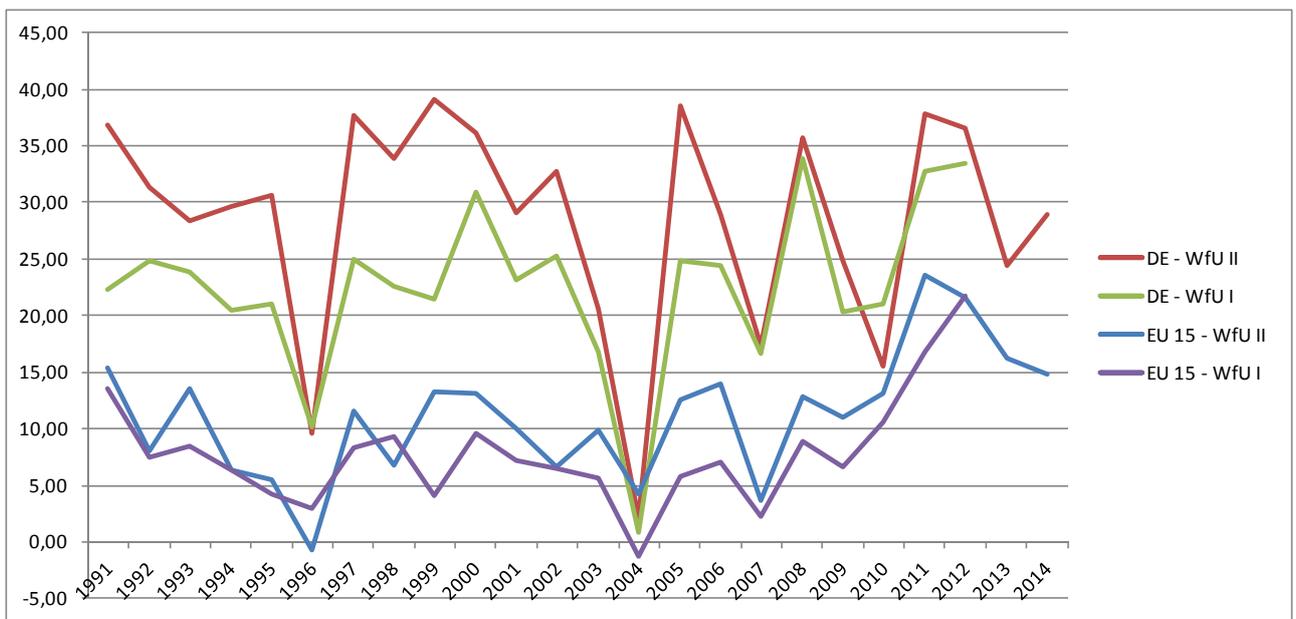
Vergleicht man beide Suchstrategien bzgl. der Resultate beim Spezialisierungsindikator RPA, ergeben sich sowohl für Deutschland als auch für die EU-15 etwas stärkere Ausschläge (ggf. erklärbar mit der kleineren Gesamtzahl an Patenten) und die Werte liegen insgesamt leicht höher. Insgesamt zeigt sich aber ein recht ähnlicher Verlauf über die Zeit (Abbildung A. 5.2).

Abbildung A. 5.1: Vergleich der Patentdynamik bei Luftreinhaltung (Technologielinien) gegenüber dem Vorprojekt



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung A. 5.2: Vergleich der Spezialisierungsmuster (RPA-Werte) bei Luftreinhaltung (Technologielinien) gegenüber dem Vorprojekt



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

5.2.2 Lärmschutz

Tabelle A.5.2: Inhalte der Patentsuchstrategie für Lärmschutz / CEPA 5

Lärmschutz	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	schalldämmende Isoliermaterialien lärmabsorbierende Bauelemente Schalldämpfung an Fahr-/ Flugzeugen Lärmreduktion in industriellen Prozessen (z. B. bei Gasturbinen).
„Adapted goods“	keine
Änderung ggü. WfU I	kleinere Arrondierungen

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Die kleinen Änderungen in der Suchstrategie wirken sich kaum auf die Höhe der Patentzahlen aus.

5.2.3 Abwasser

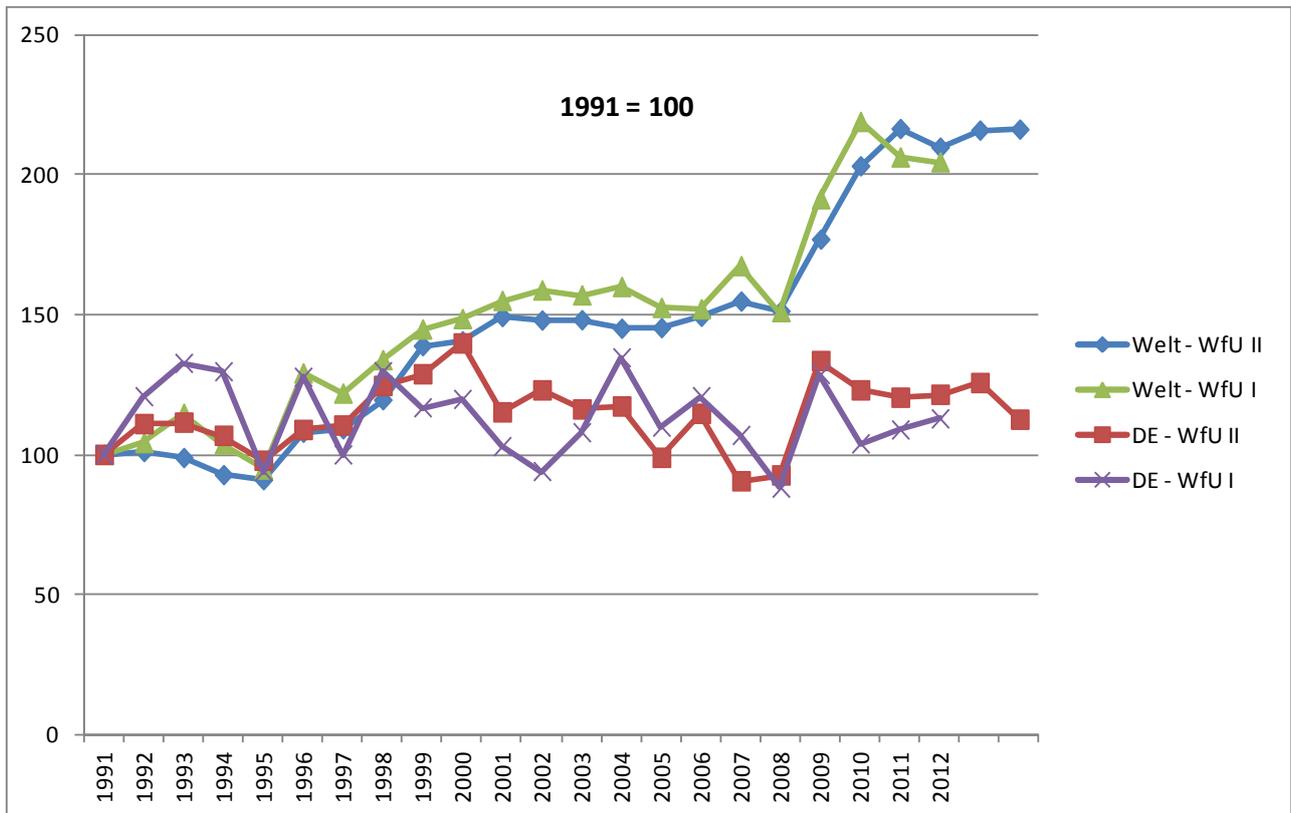
Tabelle A.5.3: Inhalte der Patentsuchstrategie für Abwasser / CEPA 2

Abwasser / CEPA 2	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Abwasserableitung (Bau, Betrieb, Überwachung und Instandhaltung von Kanalisationsnetzen) Abwasserbehandlung (z. B. durch Sedimentation, Filtration, chemische und biologische Verfahren) Schlammbehandlung Semi-dezentrale Abwasserbehandlung Semi-permeable Membranen Wasseranalytik Abtrennung von Mikroschadstoffen im Abwasser
„Adapted goods“	keine
Änderung ggü. WfU I	Arrondierungen bei bisherigen Technologielinien, kleine Teile verschoben zu CEPA 4, fett gedruckte Technologielinien neu ergänzt;

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Die Abbildung der zusätzlichen Technologielinien ergibt in Summe deutlich höhere absolute Zahlen für die Patentanmeldungen weltweit, die sich im Verlauf aber ähnlich entwickeln (s. indexierte Werte in Abbildung A. 5.3). Auch für Deutschland sind die Zahlen leicht höher. Die Abweichungen im Verlauf sind hier etwas ausgeprägter, aber immer noch strukturell ähnlich.

Abbildung A. 5.3: Vergleich der Patentdynamik bei Abwasser gegenüber dem Vorprojekt



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

5.2.4 Abfall und Recycling

Tabelle A.5.4: Inhalte der Patentsuchstrategie für Abfall

Abfall	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Sammlung und Transport Sondermüll- und Abfallbehandlung Abfallverbrennung Deponierung
„Adapted goods“	keine
Änderung ggü. WfU I	kleine Präzisierungen und Arrondierungen

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Die kleinen Änderungen in der Suchstrategie führen - weltweit betrachtet - zu leicht höheren Zahlen, für Deutschland wirken sie sich kaum auf die Höhe der Patentzahlen aus.

Tabelle A.5.5: Inhalte der Patentsuchstrategie für Recycling

Recycling	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Recycling allgemein: Zerkleinerung Stofftrennung und –aufbereitung Rückgewinnung ausgewählter Stoffe – anderweitig nicht genannt Demontage und Wiederverwendung (ansatzweise) Papierrecycling Kunststoff- / Gummirecycling Metallrecycling Mineralsstoffrecycling (Straßenbaustoffe)
„Adapted goods“	Futtermittel aus Sekundärrohstoffen Produkte aus Sekundärrohstoffen, die fossile Primärrohstoffe substituieren (z.B. Schmiermittel) Phosphat aus sekundären Quellen (Phosphatrecycling aus Abwasser und aus Feststoffen, z.B. Schlacken) Produkte aus / mit Sekundärrohstoffen, die mineralische Primärrohstoffe (andere als Phosphat) substituieren (z. B. Düngemittel, Tonwaren, Baustoffe)
Änderung ggü. WfU I	Kleine Arrondierungen bei den Technologielinien; „Adapted goods“ neu ergänzt bzw. deutliche erweitert (v.a. „Phosphat aus sekundären Quellen“ v.a. um Phosphatrecycling aus Abwasser); Ausnahme: „Produkte aus / mit Sekundärrohstoffen, die mineralische Primärrohstoffe (andere als Phosphat) substituieren (z. B. Düngemittel, Tonwaren, Baustoffe)“ waren großen Teils schon im WfU I enthalten.

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Die kleinen Änderungen in der Suchstrategie wirken sich kaum auf die Höhe der Patentzahlen aus. Die „adapted goods“ sind mengenmäßig durchaus bedeutsam: Auf weltweiter Ebene betrachtet liegen sie beispielsweise auf ähnlichem Niveau wie die Patentanmeldungen für Lärmschutz, wenn auch sehr deutlich unter den Patentanmeldungen für Recycling-Technologien.

5.2.5 Mess-, Steuer-, Regeltechnik für den Umweltschutz (MSR)

Tabelle A.5.6: Inhalte der Patentsuchstrategie für Mess-, Steuer- und Regeltechnik für den Umweltschutz

MSR	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	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
„Adapted goods“	keine
Änderung ggü. WfU I	Datenbank-bedingte Arrondierungen

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

5.2.6 Klimaschutz

Tabelle A.5.7: Inhalte der Patentsuchstrategie für Klimaschutz: Erneuerbare Energien / CREMA 13A

Erneuerbare Energien	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Windkraft* Wasserkraft (inkl. Wellen- und Gezeitenkraft)* Solarthermie* Photovoltaik* Biomasse/Biogas Wärmepumpen Geothermie*
„Adapted goods“	Feste Brennstoffe aus Abfallstoffen Bioethanol aus Korn*
Änderung ggü. WfU I	Kleinere Arrondierungen; Geothermie sowie „adapted goods“ neu ergänzt * Umstellung der Suchstrategie auf die Y02-Klassifikation des EPA/USPTO;

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Vergleicht man die Suchstrategie, die teilweise (s. oben) auf die Y02-Klassifikation zurückgreift, mit der auf der IPC-Klassifikation basierten Suchstrategie, zeigt sich ein in Niveau und Struktur sehr ähnlicher Verlauf der absoluten Zahl der weltweiten Patentanmeldungen über die Zeit. Allerdings sind die Zahlen für die Y02-basierte Strategie ab 2006 etwas höher. Dieser Effekt zieht sich durch alle Technologielinien, wird mengenmäßig aber am stärksten durch die Photovoltaik getrieben.

Bei der Y02-basierten Suchstrategie müssen die Werte am aktuellen Rand (2013 und 2014) geschätzt werden (vgl. Abschnitt 3.1.3). Diese Schätzung ist angesichts des starken Einbruchs der Patentzahlen in 2011 / 2012 im Fall erneuerbarer Energien mit besonders hohen Unsicherheiten behaftet. Die Hochrechnung anhand der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate würde je nach Wahl des Referenzzeitraums ganz unterschiedliche Werte ergeben – bei der Wahl der vergangenen 5 Jahre würde zum Beispiel rein rechnerisch ein erneutes Ansteigen ausgewiesen, bei einem kurzen Referenzzeitraum ein weiteres Absinken. Aufgrund der Ähnlichkeit der Ergebnisse der Y02-Suchstrategie und der rein IPC-basierten Suchstrategie erscheint es plausibler, für die Jahre 2013 und 2014 die Werte der IPC-basierten Suchstrategie als Ausgangspunkt für die Schätzung heranzuziehen.

Die „adapted goods“ weisen im Vergleich zu den Technologielinien bei erneuerbaren Energien sehr viel niedrigere Werte auf, erreichen aber weltweit dennoch das Niveau einzelner kleinerer Technologielinien, nämlich ungefähr die Größenordnung von Wärmepumpen.

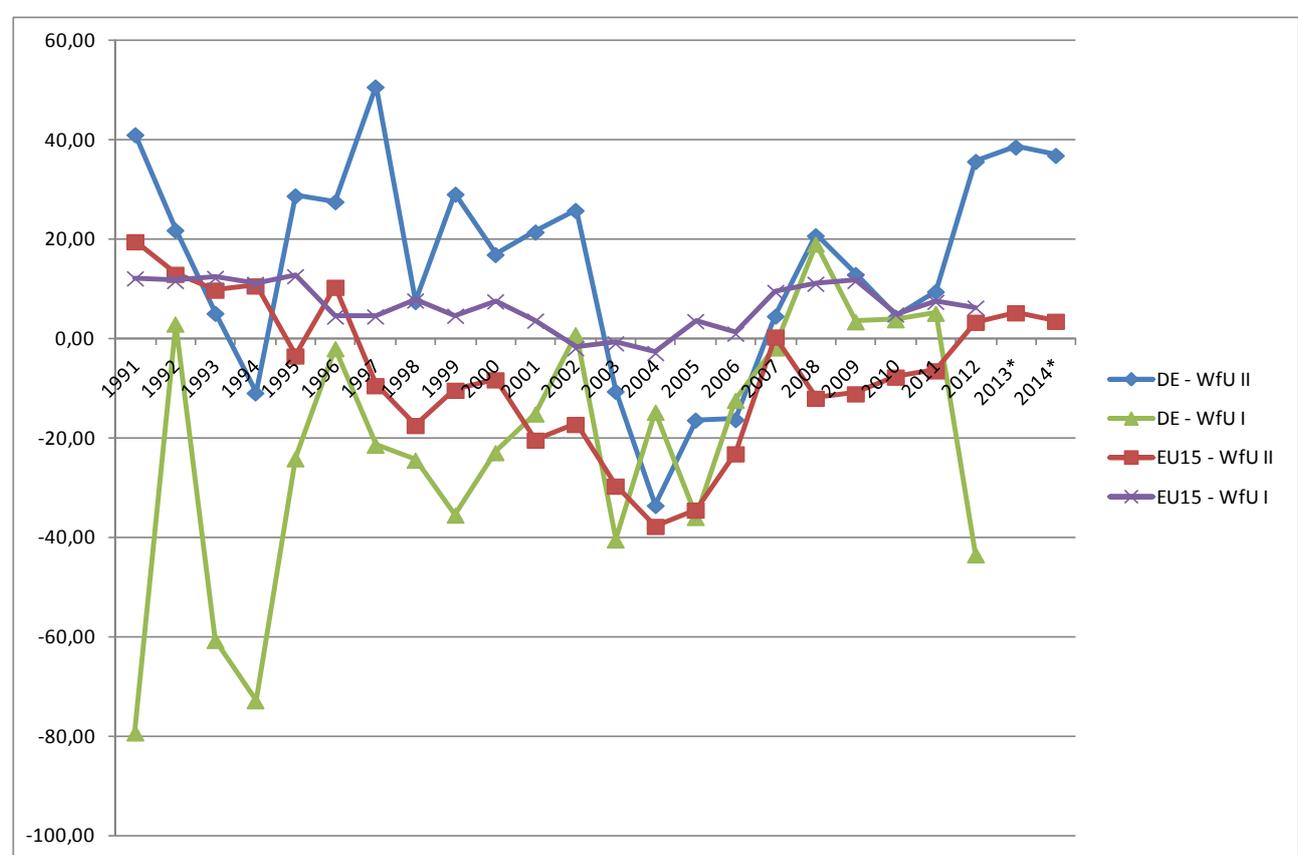
Im Bereich der Rationellen Energieumwandlung (Tabelle A.5.8) bringt die Umstellung der Suchstrategie auf die Y02-Klassifikation für Deutschland weitgehend sehr ähnliche Werte für die Anzahl der Patentanmeldungen pro Jahr wie im Vorprojekt. Auf weltweiter Ebene betrachtet fällt die Zahl der gefundenen Patente dagegen zumeist deutlich niedriger aus als im WfU I. Die Differenz schwankt über die Jahre – die Zahlen der aktuellen Erhebung liegen teilweise nur bei einem Drittel der Zahlen aus WfU I, in manchen Jahren aber auch auf dem gleichen Niveau. Der mit der alten Suchstrategie beobachtete starke Anstieg der Patentzahlen in den Jahren 2011 und 2012 zeigt sich mit der neuen Suchstrategie nicht mehr. Die Änderung in der Suchstrategie schlägt sich auch im RPA nieder. Für Deutschland fallen die Werte deutlich positiver aus als bisher. Für die EU-15 verläuft der RPA ab Ende der 1990er-Jahre dagegen auf deutlich niedrigerem Niveau (Abbildung A. 5.4).

Tabelle A.5.8: Inhalte der Patentsuchstrategie für Klimaschutz / Rationelle Energieumwandlung

Rationelle Energieumwandlung	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Blockheizkraftwerke / Kraft-Wärme-Kopplung* Gaskraftwerkstechnik* Brennstoffzellen (mit Fokus auf stationären Brennstoffzellen)*
„Adapted goods“	keine
Änderung ggü. WfU I	* Umstellung der Suchstrategie auf die Y02-Klassifikation des EPA/USPTO;

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung A. 5.4: Vergleich der Spezialisierungsmuster (RPA-Werte) bei rationeller Energieumwandlung gegenüber dem Vorprojekt



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die Umstellung der Suchstrategie im Bereich Rationelle Energieverwendung (Tabelle A.5.9 auf die Y02-Klassifikation bringt eine deutliche Präzisierung der gefundenen Patente und eine Schärfung ihrer Relevanz für die rationelle Energieverwendung. Mit Blick auf die weltweite Entwicklung liegen die absoluten Zahlen deutlich niedriger als im WfU I: grob gesagt entsprechen sie nur noch einem Viertel bis einem Fünftel der bisher gezählten Patente. Auch für Deutschland sind die Werte um eine ähnliche Größenordnung geringer. Für den Klimaschutzbereich insgesamt bleibt festzuhalten, dass er durch diese Änderungen jetzt noch deutlicher von der Entwicklung bei erneuerbaren Energien dominiert wird.

Tabelle A.5.9: Inhalte der Patentsuchstrategie für Klimaschutz / Rationelle Energieverwendung

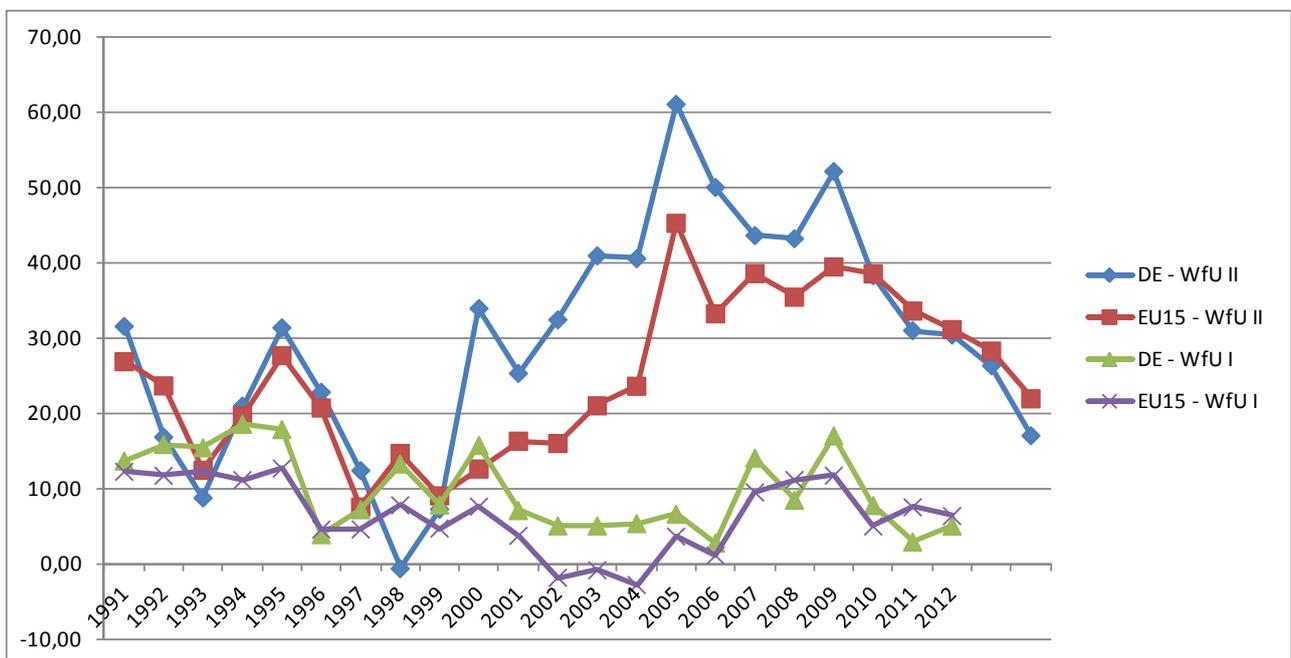
Rationelle Energieverwendung	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Erzeugnisse zum Wärmetausch Gebäudeisolation*
„Adapted goods“	(nein – aber Teile von Gebäudeisolation könnte man auch hierunter fassen)
Änderung ggü. WfU I	* Umstellung der Suchstrategie auf die Y02-Klassifikation des EPA/USPTO

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Auf die RPA-Werte Deutschlands und der EU-15 wirkt sich die neue Fokussierung (und bessere Trennung von anderen Technologien im Bauwesen) positiv aus: sie liegen ab den 2000er-Jahren deutlich über den im WfU I ausgewiesenen Werten (Abbildung A. 5.5).

Eine Erweiterung der Suchstrategie um weitere Technologielinien mit Relevanz für rationelle Energieverwendung (z.B. Energieeffizienz in der Industrie), wie sie das Fraunhofer ISI an anderer Stelle schon genutzt hat (s. zum Beispiel in Walz et al. 2008) ist bisher noch nicht erfolgt. Sie wäre durchaus im nächsten Schritt denkbar – sowohl auf Basis der etablierten Suchstrategien des Fraunhofer ISI als auch auf Basis der Y02-Klassifikation.

Abbildung A. 5.5: Vergleich der Spezialisierungsmuster (RPA-Werte) bei rationeller Energieverwendung gegenüber dem Vorprojekt



Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

5.2.7 CEPA 3: Abfallwirtschaft

Tabelle A.5.10: Inhalte der Patentsuchstrategie für CEPA 3: Abfallwirtschaft

CEPA 3	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Abfall (s. oben): Sammlung und Transport Sondermüll- und Abfallbehandlung Abfallverbrennung Deponierung Recycling allgemein (s. oben): Zerkleinerung Stofftrennung und –aufbereitung Rückgewinnung ausgewählter Stoffe – anderweitig nicht genannt Demontage und Wiederverwendung (ansatzweise)
„Adapted goods“	Futtermittel aus Sekundärrohstoffen
Änderung ggü. WfU I	Kombination aus „Abfall“ und „Recycling allgemein“: Kleine Arrondierungen bei den Technologielinien; „Adapted goods“ neu ergänzt.

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

5.2.8 CEPA 4: Schutz und Sanierung von Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser

Tabelle A.5.11: Inhalte der Patentsuchstrategie für CEPA 4: Schutz und Sanierung von Boden, Grundwasser und Oberflächenwasser

CEPA 4	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Materialien zur Behandlung flüssiger Verunreinigungen Reinigen der Oberfläche offener Gewässer und Sanierung von Grundwasserkörpern Bodensanierung und Schutzeinrichtungen für Boden / Grundwasser
„Adapted goods“	nein
Änderung ggü. WfU I	Neu ergänzt - wurde bisher nicht ausgewiesen; kleine Teile aus „Abwasser“ hierher umgegliedert; darüber hinaus neue Technologielinien ergänzt

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Das Feld ist gemessen an der Zahl der Patentanmeldungen weltweit eher klein. Auf globaler Ebene hatte es in den Jahren 1995-1999 noch eine ähnliche Größenordnung wie die rationelle Energieumwandlung. Seither stagniert es aber und ist nun (im aktuellen 5-Jahres-Zeitraum 2010-2014) nach der CReMA 11 B (Minimierung der Aufnahme von Waldressourcen) das zweitkleinste Feld.

5.2.9 CEPA 6: Arten- und Landschaftsschutz

Die Möglichkeiten, relevante Technologielinien für den Arten- und Landschaftsschutz zu definieren, sind sehr begrenzt. Die schon von den passenden IPC-Klassen her enge Suchstrategie ergibt mengenmäßig nur sehr geringe Werte für die Zahl der weltweiten Patentanmeldungen im Artenschutz.

Tabelle A.5.12: Inhalte der Patentsuchstrategie für CEPA 6: Arten- und Landschaftsschutz

CEPA 6	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Nisthilfen Querungshilfen
„Adapted goods“	nein
Änderung ggü. WfU I	Neu ergänzt – war bisher nicht enthalten.

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Akkumuliert über den gesamten Betrachtungszeitraum liegt der Wert weltweit nur im zweistelligen Bereich, wenn auch mit steigender Tendenz. Die Anmeldungen verteilen sich schwerpunktmäßig auf Deutschland (etwas über 20 %), die USA (rund 15 %) und die Niederlande (rund 10 %). Auf die EU-28 entfallen insgesamt rund 60 %. Wegen der geringen absoluten Zahlen ist eine separate Betrachtung der Indikatoren in diesem Feld nicht sinnvoll.

5.2.10 CReMA 10: Wassermanagement

Tabelle A.5.13: Inhalte der Patentsuchstrategie für CReMA 10: Wassermanagement

CReMA 10	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Bewässerung Meerwasserentsalzung Regenwassergewinnung Wassernutzungseffizienz
„Adapted goods“	nein
Änderung ggü. WfU I	Neu ergänzt - war bisher nicht enthalten.

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

Gemessen an der absoluten Anzahl der Patente ist die relative Bedeutung des Wassermanagements gegenüber dem Umweltbereich „Abwasser“ relativ gering. Der Bereich der CReMA 10 kommt weltweit betrachtet aktuell nur auf ca. 20 – 25 % der Patente des Abwasserbereichs (CEPA 2), wenn auch mit leicht steigender Tendenz. Die Abgrenzung zwischen beiden Bereichen ist nicht trennscharf -manche Patente können beiden Bereichen zugeordnet werden.

5.2.11 CReMA 11B: Minimierung der Aufnahme von Waldressourcen

Tabelle A.5.14: Inhalte der Patentsuchstrategie für CReMA 11B: Minimierung der Aufnahme von Waldressourcen

CReMA 11 B	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Papierrecycling
„Adapted goods“	nein
Änderung ggü. WfU I	Technologielinie war dort Teil von „Recycling“; Technologielinie leicht arrondiert.

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

5.2.12 CReMA 13C: Minimierung der Aufnahme von fossilen Ressourcen als Rohstoff

Tabelle A.5.15: Inhalte der Patentsuchstrategie für CReMA 13 C: Minimierung der Aufnahme von fossilen Ressourcen als Rohstoff

CReMA 13 C	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Kunststoff- / Gummierecycling
„Adapted goods“	Produkte aus Sekundärrohstoffen, die fossile Primärrohstoffe substituieren (z. B. Schmiermittel) Polymere auf Basis nachwachsender Rohstoffe
Änderung ggü. WfU I	Technologielinie war dort Teil von „Recycling“; Technologielinie präzisiert; „Adapted goods“ neu ergänzt.

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

5.2.13 CReMA 14: Management mineralischer Rohstoffe

Tabelle A.5.16: Inhalte der Patentsuchstrategie für CReMA 14: Management mineralischer Rohstoffe

CReMA 14	Inhalte der Patentsuchstrategie
Technologielinien	Metallrecycling Mineralstoffrecycling (Straßenbaustoffe)
„Adapted goods“	Phosphat aus sekundären Quellen (Phosphatrecycling aus Abwasser und aus Feststoffen, z.B. Schlacken) Produkte aus / mit Sekundärrohstoffen, die mineralische Primärrohstoffe (andere als Phosphat) substituieren (z. B. Düngemittel, Tonwaren, Baustoffe)
Änderung ggü. WfU I	kleine Arrondierungen bei Technologielinien; „Adapted goods“: Phosphatrecycling jetzt hier zugeordnet und deutlich erweitert (v.a. um Phosphatrecycling aus Abwasser); „Produkte aus / mit Sekundärrohstoffen, die mineralische Primärrohstoffe (andere als Phosphat) substituieren (z. B. Düngemittel, Tonwaren, Baustoffe)“ waren großen Teils schon in WfU I enthalten.

Quelle: Eigene Darstellung des Fraunhofer ISI

5.3 Weitere Anhangtabellen und -abbildungen

Tabelle A.5.17: Energieforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 2000 bis 2015

Land	Anteil staatlicher FuE-Ausgaben für Energie an den zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in %									Jahresdurchschnittliche Veränderung der realen FuE-Ausgaben für Energie in %			Anteil staatl. FuE-ausgaben für Energie am BIP in %	
	2000	2005	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2000-2009	2009-2011	2011-2015	2000 ¹	2015 ²
GER	3,7	3,0	4,3	4,0	4,0	4,6	5,4	5,4	5,0	7,3	3,3	8,6	0,26	0,42
FRA	6,1	5,4	6,8	7,8	6,6	6,7	7,2	6,3	7,7	4,8	6,9	0,0	0,45	0,46
GBR ⁵	0,7	0,3	0,7	1,0	1,2	1,4	2,8	3,0		6,0	24,6		0,03	0,32
ITA ⁵	4,0	4,1	4,2	3,7	3,9	3,7	3,9	3,8		3,8	-6,3		0,24	0,20
BEL ⁵	2,7	1,9	1,8	1,6	1,8	2,2	1,9	2,0		0,7	5,6		0,15	0,13
NED	3,5	2,0	2,6	3,0	1,6	2,2	2,2	2,0	2,6	1,3	-20,5	14,3	0,26	0,19
DEN	1,8	3,0	4,1	6,2	5,6	4,6	4,9	4,2	3,4	17,3	24,7	-10,0	0,13	0,34
IRL	0,0	0,9	3,0	3,6	1,0	0,6	0,5	0,8	1,1		-42,6	-5,8	0,00	0,04
GRE	1,9	2,1	4,1	3,2	3,2	4,0	2,5	2,7	2,4	17,8	-23,2	1,4	0,06	0,11
ESP ⁵	4,2	2,3	3,4	3,5	3,9	2,4	2,3	2,4		10,9	-1,1		0,18	0,13
POR	0,9	1,0	1,8	1,9	2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	21,4	4,4	6,2	0,05	0,23
SWE	6,2	2,8	4,6	5,1	5,7	5,4	4,1	4,4	4,2	3,4	13,1	14,3	0,38	0,33
FIN	5,5	5,0	10,1	9,9	10,0	8,4	8,6	8,7	8,5	13,0	2,6	-4,8	0,51	0,82
AUT	0,5	0,9	1,2	1,2	1,4	1,9	2,4	1,9	2,3	16,4	13,9	19,1	0,03	0,16
EU-15⁵	3,8	3,0	3,9	4,1	4,0	4,0	4,4	4,3	4,3	6,4	2,8	2,4	0,23	0,28
SUI ³	0,9			0,7		0,5		0,7		4,3	4,5		0,06	0,06
NOR	2,4	3,1	3,4	4,4	3,3	3,2	3,0	2,8	2,7	13,6	2,1	0,6	0,15	0,23
ISL ⁵	2,0	1,6	1,0	1,0	0,7	0,6	0,6	0,6		-1,6	-17,5		0,18	0,06
CZE	1,7	2,5	3,5	3,8	3,6	3,5	3,3	4,6	4,1	16,6	10,3	5,5	0,08	0,24
POL		0,9				2,1	2,3	2,0					0,03	0,08
SVK		1,8	1,7	1,6	2,1	0,6	1,1	1,3	2,0	9,5	31,4	-3,0	0,05	0,07
HUN ^{4,5}		11,5	1,4	1,3	0,8	1,9	6,8	0,9		-36,6	-35,7		0,47	0,02
EST ^{4,5}		2,2	3,1	3,1	2,3	2,1	1,4	1,9		13,7	-2,2		0,14	0,13
CAN	4,7	4,2	7,2	9,8	8,6	7,8	7,6			12,5	4,8		0,23	0,38
USA	2,5	2,3	4,8	4,0	3,6	3,4	3,7	3,6	3,6	15,6	-22,7	1,7	0,10	0,14
MEX	27,8	6,9	10,1	17,4	19,1					-4,8	54,7		0,58	0,64
JPN	18,8	17,5	13,7	12,8	13,6	11,7	12,4	12,6	11,3	0,7	5,5	-5,8	1,16	0,75
KOR ⁵	6,3	9,5	10,6	9,8	10,9	10,2	10,3	10,5		21,1	7,7		0,30	1,04
AUS	1,7	1,8	5,8	5,1	4,5	4,5	7,8	7,6	6,7	21,0	-11,3	10,2	0,08	0,26
NZL			1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1		0,7	0,1	0,09	0,06
OECD⁶	5,9	5,2	5,9	5,9	6,0	5,6	6,0	5,9	5,6	6,6	-0,2	-0,5	0,29	0,28

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

2) oder letztes verfügbares Jahr.

3) 2004 und 2008 statt 2005 und 2009. – JD Veränderung: 2000-2008 statt 2000-2009 und 2008-2010 statt 2009-2011.

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

5) JD Veränderung: 2011-2014.

6) EU-15: 2016 geschätzt. – OECD: aufgrund fehlender Einzelwerte grundsätzlich geschätzt.

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

Tabelle A.5.18: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten hochentwickelten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %			in Relation zum BIP in ‰	
	2000	2008	2014	2000 - 2008	2008 - 2014	2000 - 2014	2000	2014
Deutschland								
Energieeffizienz	3,4	8,5	23,5	19,4	27,8	22,9	0,00	0,07
Erneuerbare Energien	27,2	24,9	30,7	5,1	11,7	7,9	0,03	0,09
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	5,1	2,8	..	-2,6	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und Speichertechnologien	7,8	0,5	8,6	-25,5	75,8	7,7	0,01	0,02
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	4,1	21,3	4,4	30,8	-17,0	7,7	0,01	0,01
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	42,5	60,1	70,0	11,5	9,5	10,7	0,05	0,20
Fossile Energieträger	3,4	7,0	3,8	16,3	-2,7	7,8	0,00	0,01
Nuklearenergie	54,1	32,9	26,2	-0,1	3,8	1,6	0,07	0,07
insgesamt	100,0	100,0	100,0	6,3	7,8	7,0	0,13	0,28
Frankreich¹⁾								
Energieeffizienz	2,0	13,6	14,9	31,5	3,0	18,4	0,01	0,07
Erneuerbare Energien	2,2	9,9	16,9	24,8	11,0	18,7	0,01	0,08
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	6,3	3,6	..	-7,7	..	..	0,02
Sonst. Stromerzeugungs- und Speichertechnologien	0,1	2,7	3,8	53,1	7,5	31,6	0,00	0,02
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	1,3	1,0	5,6	0,9	34,4	14,1	0,01	0,03
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	5,7	33,6	44,8	24,9	3,5	15,2	0,02	0,22
Fossile Energieträger	5,2	14,7	9,5	18,0	-5,6	7,2	0,02	0,05
Nuklearenergie	89,1	51,8	45,7	-3,1	-0,6	-2,1	0,35	0,23
insgesamt	100,0	100,0	100,0	3,7	1,5	2,7	0,40	0,49
Großbritannien								
Energieeffizienz	3,0	14,9	18,1	38,3	15,2	27,9	0,00	0,03
Erneuerbare Energien	9,2	29,5	20,1	31,0	4,5	18,9	0,00	0,04
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	6,9	3,6	..	-0,2	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und Speichertechnologien	3,5	6,0	8,6	21,0	18,1	19,8	0,00	0,02
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	39,5	9,7	12,6	-5,0	16,4	3,7	0,02	0,02
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	55,2	67,0	63,1	15,6	13,3	14,6	0,02	0,12
Fossile Energieträger	9,3	8,8	20,9	12,6	28,6	19,2	0,00	0,04
Nuklearenergie	35,6	24,1	16,0	7,9	4,1	6,2	0,02	0,03
insgesamt	100,0	100,0	100,0	13,2	11,4	12,4	0,04	0,19
Italien¹⁾								
Energieeffizienz	8,8	24,0	13,8	15,7	-5,5	7,0	0,02	0,05
Erneuerbare Energien	8,5	20,8	21,5	14,2	6,2	11,1	0,02	0,07
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	6,6	2,4	..	..	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und Speichertechnologien	29,8	17,2	15,7	-4,8	3,7	-1,6	0,06	0,05
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	12,2	2,6	8,1	-15,7	32,2	0,2	0,03	0,03
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	59,3	71,2	61,5	6,0	6,0	6,0	0,13	0,20
Fossile Energieträger	0,0	9,0	20,2	..	24,2	..	0,00	0,07
Nuklearenergie	40,7	19,8	18,2	-6,8	3,8	-2,8	0,09	0,06
insgesamt	100,0	100,0	100,0	2,0	5,6	3,4	0,21	0,33
Spanien								
Energieeffizienz	8,2	11,0	17,9	7,4	10,0	8,5	0,01	0,02
Erneuerbare Energien	32,5	42,1	58,5	7,0	7,2	7,1	0,02	0,05
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	7,4	4,4	..	-6,9	..	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und Speichertechnologien	3,1	5,6	12,4	11,4	..	..	0,00	0,01
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	1,1	0,3	0,4	-10,8	2,7	-5,2	0,00	0,00
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	45,0	66,4	93,6	8,1	6,8	7,5	0,03	0,09
Fossile Energieträger	6,3	5,8	4,4	2,5	-3,1	0,1	0,00	0,00
Nuklearenergie	48,7	27,8	2,0	-3,5	-34,4	-18,2	0,04	0,00
insgesamt	100,0	100,0	100,0	3,5	1,5	2,7	0,08	0,09

1) 2013 statt 2014; . keine Angabe möglich.

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

noch Tab. A.5.18: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten hochentwickelten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %			in Relation zum BIP in %	
	2000	2008	2014	2000 - 2008	2008 - 2014	2000 -2014	2000	2014
Dänemark								
Energieeffizienz	29,3	15,2	29,7	-2,4	20,9	7,0	0,07	0,17
Erneuerbare Energien	36,9	53,1	37,7	10,9	2,1	7,0	0,09	0,21
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	21,2	18,2	..	5,4	..	..	0,10
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	7,9	6,5	10,4	3,4	16,9	9,0	0,02	0,06
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	11,5	1,2	0,8	-20,5	2,4	-11,4	0,03	0,00
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>85,7</i>	<i>97,2</i>	<i>96,8</i>	<i>7,4</i>	<i>7,8</i>	<i>7,6</i>	<i>0,21</i>	<i>0,54</i>
Fossile Energieträger	4,2	2,8	1,5	0,8	-3,0	-0,9	0,01	0,01
Nuklearenergie	10,1	0,0	1,7	..	..	-5,7	0,02	0,01
insgesamt	100,0	100,0	100,0	6,0	8,1	6,9	0,25	0,56
Schweden								
Energieeffizienz	36,1	36,2	38,6	2,9	8,3	5,2	0,10	0,15
Erneuerbare Energien	33,6	31,6	38,0	2,1	10,4	5,6	0,09	0,15
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	2,9	2,0	..	0,2	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	10,4	6,7	8,3	-2,6	11,0	3,0	0,03	0,03
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	12,6	16,2	10,6	6,2	-0,2	3,4	0,03	0,04
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>92,7</i>	<i>93,7</i>	<i>97,4</i>	<i>3,0</i>	<i>8,0</i>	<i>5,1</i>	<i>0,25</i>	<i>0,38</i>
Fossile Energieträger	0,2	0,1	0,9	-12,7	67,4	15,4	0,00	0,00
Nuklearenergie	7,0	6,3	1,7	1,4	-14,2	-5,6	0,02	0,01
insgesamt	100,0	100,0	100,0	2,9	7,1	4,7	0,27	0,39
Norwegen								
Energieeffizienz	3,5	4,2	45,6	7,2	91,0	37,3	0,01	0,59
Erneuerbare Energien	11,7	13,2	15,8	6,4	32,5	16,9	0,03	0,20
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	6,4	1,5	..	0,6	..	..	0,02
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	12,2	1,7	3,4	-18,0	44,1	4,5	0,03	0,04
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	2,1	3,3	2,4	10,8	22,2	15,6	0,01	0,03
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>29,5</i>	<i>28,8</i>	<i>68,8</i>	<i>5,8</i>	<i>30,1</i>	<i>15,6</i>	<i>0,07</i>	<i>0,89</i>
Fossile Energieträger	54,1	61,6	28,9	6,5	13,3	9,3	0,13	0,37
Nuklearenergie	16,5	9,6	2,2	-2,1	0,8	-0,8	0,04	0,03
insgesamt	100,0	100,0	100,0	4,8	28,5	14,3	0,25	1,29
Finnland								
Energieeffizienz	41,7	42,6	61,1	11,1	8,7	10,0	0,20	0,65
Erneuerbare Energien	13,3	21,0	15,1	17,4	-3,2	8,1	0,06	0,16
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	0,0	0,0	..	..	..	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	19,4	14,1	6,6	6,6	-9,9	-0,9	0,09	0,07
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	8,3	11,3	7,7	15,2	-4,0	6,5	0,04	0,08
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>82,6</i>	<i>89,1</i>	<i>90,6</i>	<i>11,5</i>	<i>2,2</i>	<i>7,5</i>	<i>0,40</i>	<i>0,96</i>
Fossile Energieträger	5,9	4,3	2,5	6,3	-6,6	0,6	0,03	0,03
Nuklearenergie	11,4	6,6	7,0	3,5	3,1	3,3	0,05	0,07
insgesamt	100,0	100,0	100,0	10,8	2,3	7,1	0,48	1,06
Niederlande								
Energieeffizienz	30,6	29,5	26,6	-1,0	-4,2	-2,4	0,09	0,05
Erneuerbare Energien	24,1	31,9	36,5	3,0	-0,4	1,5	0,07	0,07
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	5,8	0,0	..	-62,0	..	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	7,3	6,2	11,5	-2,7	8,1	1,8	0,02	0,02
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	13,3	5,8	16,4	-10,3	15,8	0,0	0,04	0,03
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>75,4</i>	<i>79,1</i>	<i>91,1</i>	<i>0,4</i>	<i>-1,7</i>	<i>-0,5</i>	<i>0,21</i>	<i>0,18</i>
Fossile Energieträger	6,8	9,6	2,8	3,9	-20,8	-7,5	0,02	0,01
Nuklearenergie	17,8	11,4	6,1	-6,0	-12,1	-8,7	0,05	0,01
insgesamt	100,0	100,0	100,0	-0,6	-2,6	-1,4	0,28	0,20

.. keine Angabe möglich.

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

noch Tab. A.5.18: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten hochentwickelten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %			in Relation zum BIP in ‰	
	2000	2008	2014	2000 - 2008	2008 - 2014	2000 - 2014	2000	2014
Österreich								
Energieeffizienz	30,7	33,1	43,1	14,0	15,5	14,6	0,03	0,19
Erneuerbare Energien	28,0	34,4	22,7	15,8	3,1	10,2	0,03	0,10
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	3,3	5,7	..	21,0	..	..	0,02
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	13,8	7,3	24,7	4,2	35,4	16,6	0,02	0,11
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	14,0	11,9	2,3	10,6	-15,8	-1,6	0,02	0,01
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>86,5</i>	<i>89,9</i>	<i>98,5</i>	<i>12,0</i>	<i>11,5</i>	<i>11,8</i>	<i>0,10</i>	<i>0,43</i>
Fossile Energieträger	1,9	3,8	0,4	23,1	-23,1	0,6	0,00	0,00
Nuklearenergie	11,6	6,3	1,1	4,5	-17,8	-5,7	0,01	0,00
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	12,9	10,5	11,9	0,11	0,43
Schweiz								
Energieeffizienz	14,9	15,0	23,7	1,3	15,8	7,3	0,05	0,11
Erneuerbare Energien	23,7	22,7	28,4	0,7	11,4	5,1	0,09	0,14
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	8,4	10,0	..	10,5	..	..	0,05
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	16,0	11,4	13,2	-3,1	10,0	2,3	0,06	0,06
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	7,3	7,4	4,9	1,4	0,2	0,9	0,03	0,02
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>62,0</i>	<i>65,0</i>	<i>80,3</i>	<i>1,8</i>	<i>10,4</i>	<i>5,4</i>	<i>0,23</i>	<i>0,38</i>
Fossile Energieträger	6,4	6,8	4,9	2,1	1,6	1,9	0,02	0,02
Nuklearenergie	31,6	28,2	14,2	-0,3	-4,2	-2,0	0,11	0,07
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	1,2	7,3	3,8	0,36	0,48
USA								
Energieeffizienz	23,8	15,1	20,9	0,2	10,1	4,3	0,05	0,07
Erneuerbare Energien	9,3	10,2	14,5	7,3	10,7	8,7	0,02	0,05
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	7,3	2,3	..	-13,9	..	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	5,5	2,8	4,4	-2,6	13,0	3,8	0,01	0,02
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	40,3	29,7	36,9	2,1	8,3	4,7	0,09	0,13
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>78,8</i>	<i>65,1</i>	<i>79,1</i>	<i>4,4</i>	<i>6,1</i>	<i>5,1</i>	<i>0,17</i>	<i>0,28</i>
Fossile Energieträger	9,2	12,9	6,8	10,7	-6,2	3,1	0,02	0,02
Nuklearenergie	12,0	22,0	14,1	14,3	-3,1	6,5	0,03	0,05
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	6,0	4,4	5,3	0,22	0,36
Korea ¹⁾								
Energieeffizienz	18,8	20,0	14,0	25,2	1,9	12,9	0,03	0,08
Erneuerbare Energien	11,0	20,0	20,8	36,9	8,8	22,0	0,02	0,11
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	16,7	3,8	..	-15,6	..	..	0,02
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	17,6	11,7	15,9	15,7	13,8	14,7	0,03	0,09
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	12,1	4,1	18,1	3,5	38,5	19,7	0,02	0,10
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>59,6</i>	<i>72,6</i>	<i>72,7</i>	<i>27,4</i>	<i>8,4</i>	<i>17,5</i>	<i>0,09</i>	<i>0,39</i>
Fossile Energieträger	12,7	12,6	14,1	23,9	10,1	16,8	0,02	0,08
Nuklearenergie	27,8	14,8	13,2	11,5	6,1	8,8	0,04	0,07
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	23,9	8,1	15,7	0,14	0,54
Japan								
Energieeffizienz	15,7	11,7	14,6	-3,4	1,9	-1,1	0,13	0,10
Erneuerbare Energien	4,1	5,0	20,9	2,7	24,6	11,6	0,04	0,15
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	5,5	3,6	..	-8,7	..	..	0,03
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	4,5	3,1	2,5	-4,2	-5,0	-4,6	0,04	0,02
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	2,0	0,0	0,0	..	..	..	0,02	0,00
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>26,4</i>	<i>25,3</i>	<i>41,5</i>	<i>2,5</i>	<i>5,5</i>	<i>3,7</i>	<i>0,23</i>	<i>0,30</i>
Fossile Energieträger	2,9	9,5	11,7	16,1	1,8	9,8	0,03	0,08
Nuklearenergie	70,7	65,2	46,7	-0,7	-7,1	-3,5	0,61	0,33
Insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,3	-1,8	-0,6	0,86	0,71

1) 2002 statt 2000; ..keine Angabe möglich.

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

Tabelle A.5.19: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten osteuropäischen Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2008 bis 2014

Land	Gruppenanteile in %		Wachstumsraten in %	in Relation zum BIP in ‰
	2008	2014	2008 - 2014	2014
Ungarn ¹⁾				
Energieeffizienz	93,9	94,0	-1,1	0,83
Erneuerbare Energien	5,0	4,8	-1,9	0,04
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	0,0	0,0	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	0,0	0,0	..	0,00
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	0,0	0,1	3,6	0,00
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	99,0	98,8	-1,1	0,87
Fossile Energieträger	0,6	0,7	1,9	0,01
Nuklearenergie	0,4	0,5	1,0	0,00
insgesamt	100,0	100,0	-1,1	0,88
Polen ²⁾				
Energieeffizienz	8,8	23,3	98,1	0,05
Erneuerbare Energien	15,3	17,8	72,9	0,04
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	16,8	2,2	20,2	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	1,2	18,3	166,4	0,04
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	0,0	1,5	..	0,00
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	42,0	63,1	78,4	0,13
Fossile Energieträger	26,5	33,1	74,9	0,07
Nuklearenergie	31,5	3,8	18,4	0,01
insgesamt	100,0	100,0	68,6	0,20
Slowakei				
Energieeffizienz	5,8	21,5	28,3	0,06
Erneuerbare Energien	22,2	61,9	22,4	0,17
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	7,5	0,0	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	1,3	0,1	-30,6	0,00
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	22,5	5,4	-18,6	0,01
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	59,2	88,9	8,4	0,24
Fossile Energieträger	7,2	0,2	-41,3	0,00
Nuklearenergie	33,5	10,8	-14,5	0,03
insgesamt	100,0	100,0	3,2	0,27
Tschechien				
Energieeffizienz	24,1	4,2	-24,5	0,01
Erneuerbare Energien	15,1	13,7	-0,5	0,03
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	0,7	1,8	18,7	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien	9,3	15,6	10,3	0,04
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	7,2	4,8	-5,3	0,01
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	56,4	40,2	-4,3	0,09
Fossile Energieträger	6,2	4,6	-3,8	0,01
Nuklearenergie	37,4	55,2	7,9	0,13
insgesamt	100,0	100,0	1,1	0,23
Estland				
Energieeffizienz		0,5		0,00
Erneuerbare Energien		32,8		0,04
Wasserstoff- und Brennstoffzellen		0,0		0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und -Speichertechnologien		43,7		0,05
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)		1,4		0,00
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>		78,3		0,09
Fossile Energieträger		16,9		0,02
Nuklearenergie		4,8		0,01
insgesamt		100,0		0,12

1) 2012 statt 2014; 2) 2009 statt 2008;.. keine Angabe möglich.

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

Tabelle A.5.20: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich erneuerbarer Energien in ausgewählten hochentwickelten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %		
	2000	2008	2014	2000 -2008	2008 -2014	2000 -2014
Deutschland						
Erneuerbare Energiequellen insg.	27,2	24,9	30,7	5,1	11,7	7,9
Solarenergie	18,3	13,4	8,0	2,2	-0,9	0,9
Windenergie	5,6	6,3	6,5	7,9	8,4	8,1
Meeresenergie	0,0	0,0	..	..	..	..
Bioenergie	2,5	3,6	4,1	11,6	10,2	11,0
Geothermische Energie	0,9	1,6	1,9	14,5	11,5	13,2
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,1	..	33,6	..
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	0,0	10,0	..	..	..
Frankreich						
Erneuerbare Energiequellen insg.	2,2	9,9	16,9	24,8	11,0	18,7
Solarenergie	1,3	4,2	6,5	19,4	9,2	14,9
Windenergie	0,3	0,2	0,7	1,2	21,4	9,4
Meeresenergie	0,0	0,0	0,4	..	139,2	..
Bioenergie	0,5	4,7	8,7	37,5	12,2	26,0
Geothermische Energie	0,1	0,4	0,4	20,8	0,6	11,7
Hydroelektrizität	0,0	0,2	0,1	62,6	-3,3	30,1
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	0,1	0,2	..	3,7	..
Großbritannien						
Erneuerbare Energiequellen insg.	9,2	29,5	20,1	45,8	1,0	18,9
Solarenergie	2,7	7,2	3,0	26,0	2,2	13,1
Windenergie	1,9	8,3	5,4	48,5	8,1	21,2
Meeresenergie	0,8	3,7	6,3	36,7	28,4	30,0
Bioenergie	3,5	1,2	5,1	53,6	-10,2	15,5
Geothermische Energie	0,0	1,4	0,0	..	-21,5	..
Hydroelektrizität	0,2	0,0	0,0	..	..	-2,9
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	28,3	0,3	..	-19,5	..
Italien¹⁾						
Erneuerbare Energiequellen insg.	8,5	20,8	21,5	14,2	6,2	11,1
Solarenergie	7,5	16,9	9,1	13,0	-6,8	4,9
Windenergie	0,2	0,8	2,1	21,9	28,5	24,4
Meeresenergie	0,0	0,0	0,0	..	..	..
Bioenergie	0,8	3,2	4,2	20,5	11,7	17,0
Geothermische Energie	0,0	0,0	2,8	..	..	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,0	..	..	..
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	0,0	3,3	..	..	..
Spanien						
Erneuerbare Energiequellen insg.	32,5	42,1	58,5	7,0	7,2	7,1
Solarenergie	19,8	24,9	18,5	6,6	-3,4	2,2
Windenergie	5,3	6,9	17,2	7,2	18,1	11,7
Meeresenergie	0,0	3,4	2,0	..	-7,3	..
Bioenergie	7,5	6,9	10,4	2,5	8,7	5,1
Geothermische Energie	0,0	0,0	..	..	..	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	1,1	..	..	..
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	0,0	..	..	..	..

1) 2013 statt 2014; 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 CWS.

noch Tab. A.5.20: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich erneuerbarer Energien in ausgewählten hochentwickelten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %		
	2000	2008	2014	2000 -2008	2008 - 2014	2000 -2014
Dänemark						
Erneuerbare Energiequellen insg.	36,9	53,1	37,7	10,9	2,1	7,0
Solarenergie	8,2	7,9	6,3	5,6	4,0	4,9
Windenergie	14,6	12,8	17,0	4,2	13,4	8,1
Meeresenergie	4,6	5,4	1,7	8,2	-10,7	-0,4
Bioenergie	9,6	27,0	12,7	20,6	-4,7	9,0
Geothermische Energie	0,0	0,0	..	..	..	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	..	..	..	..
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ¹	0,0	0,0	..	..	..	..
Schweden						
Erneuerbare Energiequellen insg.	33,6	31,6	38,0	2,1	10,4	5,6
Solarenergie	2,3	4,4	11,8	11,5	26,2	17,6
Windenergie	6,2	2,6	3,2	-7,7	10,9	-0,2
Meeresenergie	0,0	1,3	3,0	..	23,3	..
Bioenergie	23,1	21,9	19,1	2,2	4,8	3,3
Geothermische Energie	0,5	0,0	0,2	..	..	-2,5
Hydroelektrizität	1,6	1,2	0,7	-0,2	-3,6	-1,7
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ¹	0,0	0,3	0,0	..	-35,4	..
Norwegen						
Erneuerbare Energiequellen insg.	11,7	13,2	15,8	6,4	32,5	16,9
Solarenergie	2,8	6,6	2,6	16,6	9,9	13,7
Windenergie	2,0	1,7	6,8	2,4	62,0	24,6
Meeresenergie	0,8	0,0	0,4	-36,8	123,8	8,6
Bioenergie	2,0	3,0	2,4	10,6	23,6	16,0
Geothermische Energie	0,0	0,0	..	..	..	..
Hydroelektrizität	4,1	1,2	2,2	-10,3	43,0	9,5
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ¹	0,0	0,7	1,4	..	11,3	..
Finnland						
Erneuerbare Energiequellen insg.	13,3	21,0	15,1	17,4	-3,2	8,1
Solarenergie	0,3	1,5	2,5	36,6	11,2	25,1
Windenergie	0,5	3,6	0,9	40,2	-19,3	10,6
Meeresenergie	0,0	0,0	..	..	..	..
Bioenergie	11,9	15,0	9,2	14,0	-5,7	5,1
Geothermische Energie	0,0	0,0	..	..	..	..
Hydroelektrizität	0,5	0,4	2,0	6,2	35,5	17,9
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ¹	0,0	0,5	0,5	..	0,5	..
Niederlande¹						
Erneuerbare Energiequellen insg.	24,1	31,9	36,5	3,0	-0,4	1,5
Solarenergie	9,4	10,0	14,6	0,2	3,7	1,7
Windenergie	6,2	4,3	3,6	-5,1	-5,2	-5,1
Meeresenergie	0,1	..	0,1	..	..	-1,8
Bioenergie	8,4	17,5	15,7	9,0	-4,4	3,1
Geothermische Energie	0,0	..	0,9	..	..	..
Hydroelektrizität	0,0	..	0,0	..	..	..
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ¹	0,0	0,1	1,5	..	45,9	..

1) 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 CWS.

noch Tab. A.5.20: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich erneuerbarer Energien in ausgewählten hochentwickelten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

Land	Gruppenanteile in %			Wachstumsraten in %		
	2000	2008	2014	2000 -2008	2008 - 2014	2000 -2014
Österreich ¹⁾						
Erneuerbare Energiequellen insg.	28,0	34,4	22,7	15,8	3,1	10,2
Solarenergie	10,3	6,1	13,4	5,8	25,9	14,0
Windenergie	1,8	1,2	0,7	7,2	0,7	4,4
Meeresenergie	0,0	0,0	..	..	..	..
Bioenergie	15,1	24,1	6,6	19,7	-11,0	5,4
Geothermische Energie	0,1	1,2	0,6	52,4	-1,1	26,7
Hydroelektrizität	0,7	1,0	1,0	17,6	11,3	14,9
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	0,8	0,4	..	-2,0	..
Schweiz						
Erneuerbare Energiequellen insg.	23,7	22,7	28,4	0,7	11,4	5,1
Solarenergie	16,3	12,4	14,4	-2,1	10,0	2,9
Windenergie	0,8	0,9	1,2	1,5	13,4	6,4
Meeresenergie	0,0	0,0	..	..	..	..
Bioenergie	4,1	4,4	5,5	2,2	11,4	6,1
Geothermische Energie	1,5	1,8	3,8	3,7	21,6	11,0
Hydroelektrizität	1,1	3,2	3,2	16,1	7,2	12,2
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	0,0	0,3	..	..	..
USA						
Erneuerbare Energiequellen insg.	9,3	10,2	14,5	7,3	10,7	8,7
Solarenergie	3,6	3,7	1,9	6,3	-6,3	0,7
Windenergie	1,4	0,6	0,2	-4,4	-16,3	-9,7
Meeresenergie	0,0	0,2	0,7	..	23,3	..
Bioenergie	3,1	4,2	8,3	10,2	17,1	13,1
Geothermische Energie	1,0	0,6	0,7	-1,4	7,6	2,4
Hydroelektrizität	0,2	0,1	0,3	0,9	16,0	7,2
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	0,8	2,6	..	26,0	..
Korea ¹⁾						
Erneuerbare Energiequellen insg.	11,0	20,0	20,8	36,9	8,8	22,0
Solarenergie	4,1	13,6	8,5	51,3	-0,2	22,9
Windenergie	2,4	3,9	5,7	33,8	15,1	24,1
Meeresenergie	0,0	0,4	1,0	..	28,0	..
Bioenergie	1,9	1,1	2,1	12,8	20,3	16,5
Geothermische Energie	0,0	0,9	1,1	..	12,8	..
Hydroelektrizität	2,5	0,2	1,0	-22,2	46,6	6,8
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	0,0	1,5	..	..	..
Japan						
Erneuerbare Energiequellen insg.	4,1	5,0	20,9	2,7	24,6	11,6
Solarenergie	3,3	0,0	3,5	-45,5	124,3	-0,1
Windenergie	0,1	0,0	1,9	-12,2	80,6	19,6
Meeresenergie	0,1	0,0	0,0	..	..	..
Bioenergie	0,0	0,5	1,7	..	21,0	..
Geothermische Energie	0,6	0,0	0,4	..	..	-2,7
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,3	..	..	..
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ²	0,0	4,5	13,1	..	17,6	..

1) 2002 statt 2000; 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 CWS.

Tabelle A 5.21: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich erneuerbarer Energien in ausgewählten osteuropäischen Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2008 bis 2014

Land	Gruppenanteile in %		Wachstumsraten in %
	2008	2014	2008 - 2014
Ungarn¹⁾			
Erneuerbare Energiequellen insg.	5,0	4,8	-1,9
Solarenergie	0,0	0,0	..
Windenergie	0,1	0,1	-2,8
Meeresenergie	0,0	0,0	..
Bioenergie	4,9	4,7	-1,8
Geothermische Energie	0,0	0,0	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	..
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ³⁾	0,0	0,0	..
Polen²⁾	0	0	0
Erneuerbare Energiequellen insg.	24,1	17,8	-10,3
Solarenergie	5,5	7,3	7,5
Windenergie	0,5	1,0	-7,3
Meeresenergie	..	0,0	..
Bioenergie	10,4	7,7	-5,4
Geothermische Energie	0,0	0,5	44,5
Hydroelektrizität	7,2	0,6	-49,0
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ³⁾	0,4	0,7	-18,3
Slowakei	0	0	0
Erneuerbare Energiequellen insg.	22,2	61,9	22,4
Solarenergie	9,9	2,1	-20,1
Windenergie	5,8	..	..
Meeresenergie	0,0	..	..
Bioenergie	3,8	41,3	53,3
Geothermische Energie	2,6	4,9	14,4
Hydroelektrizität	0,1	..	..
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ³⁾	0,0	13,5	..
Tschechien	0	0	0
Erneuerbare Energiequellen insg.	15,1	13,7	-0,5
Solarenergie	0,8	1,6	13,7
Windenergie	0,0	0,0	..
Meeresenergie	0,0	..	..
Bioenergie	11,6	4,8	-12,7
Geothermische Energie	2,1	0,5	-20,1
Hydroelektrizität	0,6	0,8	4,8
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ³⁾	0,0	5,9	..
Estland		0	
Erneuerbare Energiequellen insg.		32,8	
Solarenergie		26,1	
Windenergie		6,7	
Meeresenergie		0,0	
Bioenergie		0,0	
Geothermische Energie		0,0	
Hydroelektrizität		0,0	
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar ³⁾		0,0	

1) 2012 statt 2014 2) 2009 statt 2008, 3) 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. - Schätzungen und Berechnungen des CWS.

Tabelle A.5.22: 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 CWS nach Umweltbundesamt;
<http://doku.uba.de/aDISWeb/app;jsessionid=61322E7ECDF0D717D09E826849737219>

Tabelle A.5.23: Durchschnittliche jährliche Wachstumsraten von Patentanmeldungen weltweit und in Deutschland (Angaben in %)

	Welt (2010- 2014)	GER (2010- 2014)	Abwei- chung ¹	Welt (2005- 2009)	GER (2005- 2009)	Abwei- chung ¹	Welt (2000- 2004)	GER (2000- 2004)	Abwei- chung ¹
Luftreinhaltung (Technologien)	-3,2	-4,3	-1,1	4,6	0,9	-3,7	1,1	-8,8	-9,9
Luftreinhaltung (a.g.)	-1,8	2,6	4,4	6,7	22,2	15,5	6,8	-10,3	-17,1
Lärmschutz	1,0	-3,6	-4,6	-3,5	-3,5	0,0	-2,7	-6,2	-3,4
Abwasser (CEPA 2)	1,6	-2,2	-3,8	5,0	7,8	2,7	0,8	-4,3	-5,1
Wassermanage- ment (CReMA 10)	3,4	-6,0	-9,4	7,4	1,4	-6,0	1,7	-2,2	-4,0
Sanierung (CEPA 4)	-9,6	k.A.		1,5	k.A.		-6,9	k.A.	
Abfall	-3,8	1,8	5,5	3,9	2,8	-1,2	-3,1	-15,1	-12,0
Recycling (alle Tech.)	0,9	-1,8	-2,7	3,0	8,5	5,5	1,4	-7,3	-8,7
Recycling (alle a.g.)	-4,0	-7,7	-3,8	-1,0	15,0	16,0	-3,1	-7,3	-4,1
Recycling allg.	1,4	-0,2	-1,6	2,4	7,7	5,3	3,9	-6,6	-10,5
CEPA 3	0,1	0,4	0,4	2,6	6,3	3,7	1,9	-8,0	-10,0
CReMA 11B	-6,7	k.A.		0,0	k.A.		-15,9	k.A.	
CReMA 13C	0,0	-6,9	-6,9	0,3	0,8	0,5	-7,5	-20,5	-13,0
CReMA 14	-2,1	-6,9	-4,8	4,0	17,6	13,6	-5,9	-9,7	-3,8
MSR	5,8	-1,2	-7,0	4,8	4,3	-0,5	0,4	-2,9	-3,3
Klimaschutz- (Tech)	-8,3	-12,9	-4,6	25,2	21,0	-4,2	8,7	5,9	-2,9
Rationelle Energie- verwendung	9,2	-1,6	-0,1	6,5	3,4	-3,1	4,6	5,7	1,1
Rationelle Energie- umwandlung	4,5	8,3	3,8	0,0	7,5	7,5	9,6	-5,1	-14,7
Erneuerbare Energien (Tech.)	-14,3	-18,7	-4,4	37,4%	33,4	-4,0	13,0	10,1	-2,9
Erneuerbare Energien (a.g.)	-8,9	k.A.		28,7	k.A.		30,3	k.A.	
Umwelt (Tech.)	-3,4	-7,1	5,1	11,8	20,6	8,8	2,4	-9,5	-11,8
Umwelt (a.g.)	-2,6	2,2	4,8	6,9	22,2	15,3	5,7	-9,6	-15,3
Alle Technologien	3,5	-1,4	-4,9	0,4	0,2	-0,2	2,3	0,8	-1,5

1 Abweichung GER von Welt in %-Punkten; k.A. wenn die jährlichen Anmeldezahlen im Schnitt des 5-Jahres-Zeitraums unter 20 liegen; Tech. = Technologien, a.g. = adapted goods

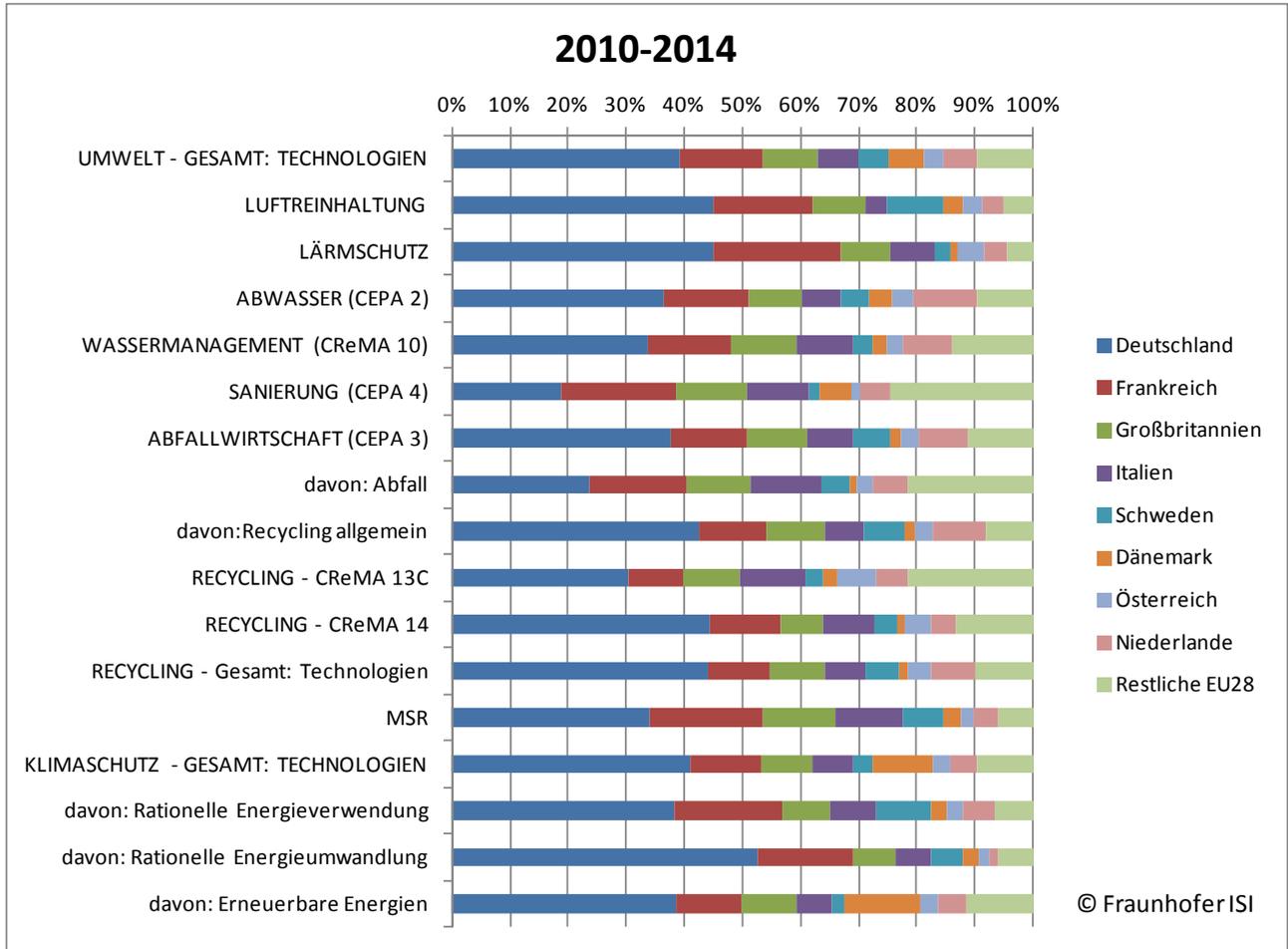
Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Tabelle A.5.24: Patentanteile ausgewählter Länder bei Umwelttechnologien (in %)

	Deutsch-land	EU-28	USA	Japan	Korea	China	Schweiz	Kanada	Restli-che Welt
Umwelt (alle Technolo-gien)	14,3	36,5	18,4	20,9	6,8	5,3	1,9	1,7	8,5
Luftreinhaltung	16,6	36,9	17,9	28,9	4,1	3,8	1,0	1,3	6,2
Lärmschutz	22,8	50,6	16,2	16,5	4,1	2,7	2,9	1,4	5,7
Abwasser (CEPA 2)	11,5	31,4	20,2	20,0	7,2	5,8	1,6	2,6	11,2
Wassermanagement (CReMA 10)	9,2	27,3	17,6	22,8	8,0	8,4	1,7	2,3	12,0
Sanierung (CEPA 4)	7,4	39,4	22,8	8,7	6,5	3,7	1,2	4,4	13,3
Abfallwirtschaft (CEPA 3)	12,1	31,9	17,1	23,3	9,8	5,2	1,7	2,0	9,1
davon: Abfall	9,7	41,0	14,9	16,4	7,2	6,3	1,7	3,2	9,3
davon: Recycling allge-mein	12,6	29,6	17,4	25,3	10,6	4,9	1,7	1,6	8,9
CReMA 13C	14,1	46,4	18,2	9,0	3,1	4,8	1,2	2,4	14,9
CReMA 14	18,5	41,6	15,1	14,8	7,2	6,7	1,4	2,2	11,1
Recycling (alle Techno-logien)	14,4	32,8	16,9	23,2	9,2	5,2	1,6	1,7	9,3
MSR	14,0	41,1	25,0	12,7	5,9	4,8	2,0	1,5	7,0
Klimaschutz (alle Technolo-gien)	15,9	38,8	18,6	19,1	6,6	5,0	2,1	1,4	8,3
davon: Rationelle Ener-gieverwendung	16,3	42,6	15,8	19,8	5,1	5,6	2,6	2,0	6,6
davon: Rationelle Ener-gieumwandlung	16,0	30,5	24,4	23,0	5,1	3,4	5,3	1,1	7,2
davon: Erneuerbare Energien	14,7	38,3	17,7	19,6	7,1	5,6	1,9	1,2	8,6

Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung A. 5.6: Patentanteile innerhalb der EU-28 für Umwelttechnologie und ihre Teilbereiche



Anmerkung: CEPA 3, CReMA 13C und CReMA 14 inkl. „adapted goods“

Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Tabelle A.5.25: Patentspezialisierung Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Umwelt (alle Technologien)	17	19	8	15	16	13	14	18	14	16
Luftreinhaltung	39	29	17	36	25	16	38	37	24	29
Lärmschutz	52	45	42	9	56	60	41	61	56	57
Abwasser (CEPA 2)	-5	6	-23	-18	5	-12	-15	-2	5	-9
Wassermanagement (CReMA 10)	-18	3	-34	-30	-39	-13	-23	-44	-27	-33
Sanierung (CEPA 4)	-57	-11	-71	-82	-54	-84	-7	-95	-13	-1
Abfallwirtschaft (CEPA 3)	-15	-1	-13	-15	-1	-5	-17	-6	5	15
davon: Abfall	-27	-11	-26	-35	-34	-39	-46	-9	-19	0
davon: Recycling allgemein	-12	1	-8	-9	8	5	-11	-5	9	17
CReMA 13C	12	27	-27	11	12	19	0	4	37	6
CReMA 14	-12	10	8	28	36	43	35	39	30	43
Recycling (alle Technologien)	-4	4	-5	3	17	19	4	12	20	25
MSR	10	24	8	26	9	25	9	6	11	17
Klimaschutz (alle Technologien)	34	27	22	24	21	18	22	25	15	16
davon: Rationelle Energieverwendung	50	44	43	52	38	31	30	26	17	0
davon: Rationelle Energieumwandlung	-16	-16	5	21	13	4	10	36	39	37
davon: Erneuerbare Energien	24	26	18	18	13	14	21	24	6	12
Adapted goods:										
Umwelt (a.g.)	-39	-11	9	6	13	16	26	24	26	50
davon Luftreinhaltung (a.g.)	-33	-6	17	25	22	28	32	33	32	57
davon Recycling (a.g.)	-59	-2	-8	-21	-8	-15	-15	-31	-13	-11
davon Erneuerbare Energien (a.g.)	-87	-66	-48	-92	-59	-95	-23	-56	-39	-23

Anmerkung: CEPA 3, CReMA 13C und CReMA 14 inkl. „adapted goods“

Quelle: Patstat, Berechnungen des Fraunhofer ISI