

FuI-Indikatoren zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz: Forschung, Entwicklung, Innovationen und Marktergebnisse

**Katrin Ostertag, Peter Neuhäusler, Patricia Helmich,
Rainer Frietsch, Rainer Walz, Birgit Gehrke*, Ulrich Schasse*
unter Mitarbeit von Oliver Rothengatter, Kai Ingwersen* und Insa Weilage***

Studien zum deutschen Innovationssystem
Nr. 7-2018

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI,
*Center für Wirtschaftspolitische Studien des
Instituts für Wirtschaftspolitik der Leibniz-Universität Hannover

Diese Studie wurde im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) erstellt. Die Ergebnisse und Interpretationen liegen in der alleinigen Verantwortung der durchführenden Institute. Die EFI hat auf die Abfassung des Berichts keinen Einfluss genommen.

Studien zum deutschen Innovationssystem

Nr. 7-2018

ISSN 1613-4338

Herausgeber:

Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Geschäftsstelle

c/o Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft

Pariser Platz 6

10117 Berlin

<http://www.e-fi.de/>

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie die Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der EFI oder der Institute reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Kontakt und weitere Informationen:

Dr. Katrin Ostertag

*Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung ISI*

*Competence Center
Nachhaltigkeit und Infrastruktursysteme*

Breslauer Straße 48

76139 Karlsruhe

Phone: +49-721-6809-116

Fax: +49-721-6809-135

E-Mail: katrin.ostertag@isi.fraunhofer.de

Inhalt

0	Zusammenfassung	11
1	Hintergrund und Vorgehensweise	18
2	FuE-Ausgaben.....	21
2.1	Staatliche Ausgabenansätze für physische Umweltschutz- und Energieforschung	21
2.2	Aufwendungen für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich	24
2.3	FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in ausgewählten Energietechnologien	30
3	Publikationen	33
3.1	Einleitung	33
3.2	Anzahl der Publikationen im Bereich Umwelt- und Klimaschutz	35
3.3	Anteile der Publikationen im Bereich Umwelt- und Klimaschutz	40
3.4	Spezialisierungsprofile im Bereich Umwelt- und Klimaschutz	45
4	Patente	50
4.1	Stand der Forschung	50
4.2	Vertiefte Betrachtung von Patentindikatoren im Bereich Klimaschutz	53
4.2.1	Datenquellen	53
4.2.2	Ergebnisse.....	56
4.3	Zwischenfazit zu Patentindikatoren	64
5	Innovationen und Investitionen in der Wirtschaft.....	65
5.1	Innovationen	65
5.2	Investitionen	69
6	Beschäftigung und Qualifikation	72
6.1	Beschäftigung des Sektors Umweltgüter und -dienstleistungen nach Umweltbereichen	73
6.2	Bruttobeschäftigungseffekte durch den Ausbau Erneuerbarer Energien und energieeffizientes Bauen/Sanieren	77

6.3	Qualifikation der Beschäftigte in Umweltberufen	81
7	Produktion, Außenhandel und Umsätze	85
7.1	Produktion und Außenhandel.....	85
7.1.1	Produktion mit potenziellen Klimaschutzgütern in Deutschland.....	88
7.1.2	Außenhandel mit potenziellen Klimaschutzgütern	90
7.2	Umsatz mit Klimaschutzgütern und Klimaschutzleistungen	98
8	Übergreifende Betrachtung der Indikatoren und Ausblick.....	104
9	Anhang	111
9.1	Länderliste für EFI-Studien.....	111
9.2	Klassifikation der Umweltschutz- und Ressourcenmanagementaktivitäten	111
9.3	Anhang zu Kapitel 2.....	114
9.4	Anhang zu Kapitel 3.....	127
9.5	Anhang zu Kapitel 4.....	128
9.5.1	Definition des Spezialisierungsmaßes RPA.....	128
9.5.2	Abbildungen	129
9.5.3	Tabellen	131
9.6	Anhang zu Kapitel 7.....	134
10	Literaturverzeichnis.....	139

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Struktur des Energieforschungsbudgets nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2014 – ausgewählte Länder	27
Abbildung 2:	Struktur des Energieforschungsbudgets in den Erneuerbaren Energien nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2014 – ausgewählte Länder	28
Abbildung 3:	Struktur des Forschungsbudgets im Bereich Energieeffizienz 2000, 2008 und 2014 – ausgewählte Länder	29
Abbildung 4:	Anzahl* der weltweiten Zeitschriftenveröffentlichungen in den Teilfeldern (2005-2015)	36
Abbildung 5:	Anzahl* der Zeitschriftenveröffentlichungen in den Teilfeldern (2005-2015) in Deutschland	37
Abbildung 6:	Anzahl* der Zeitschriftenveröffentlichungen in den Teilfeldern (2005-2015) in den USA	39
Abbildung 7:	Anzahl* der Zeitschriftenveröffentlichungen in den Teilfeldern (2005-2015) in Japan	40
Abbildung 8:	Anteil der Zeitschriftenveröffentlichungen im Bereich Umwelt an allen Veröffentlichungen eines Landes (2005-07, 2013-15)	41
Abbildung 9:	Anteil der Zeitschriftenveröffentlichungen im Feld „Renewable Energy, Sustainability und Environment“ an allen Veröffentlichungen im Bereich Umwelt eines Landes (2005-07, 2013-15)	42
Abbildung 10:	Anteil der Zeitschriftenveröffentlichungen ausgewählter Ländern an den Veröffentlichungen weltweit in den Teilbereichen (2013-15)	44
Abbildung 11:	Spezialisierungsprofil (RLA) Deutschlands	46
Abbildung 12:	Spezialisierungsprofil (RLA) der USA	47
Abbildung 13:	Spezialisierungsprofil (RLA) Japans	50
Abbildung 14:	Anteil der CCMT-Unterbereiche an allen CCMT-Anmeldungen weltweit (2013)	55
Abbildung 15:	Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen weltweit und in Deutschland (2000 = 100)	56
Abbildung 16:	Entwicklung der Patentanteile ausgewählter Länder im Bereich CCMT	58
Abbildung 17:	Anteile ausgewählter Anmeldegruppen an den Patentanmeldungen Deutschlands im Bereich CCMT (in Prozent)	59
Abbildung 18:	Spezialisierung ausgewählter Länder auf CCMT	60

Abbildung 19: Technologieprofile ausgewählter Länder im Bereich CCMT (2000-2002 = hellblau; 2011-2013 = dunkelblau)	62
Abbildung 20: Produktion von potenziellen Klimaschutzgütern nach Teilsegmenten in Deutschland 2009 bis 2015.....	89
Abbildung 21: Weltexportanteile bei potenziellen Klimaschutzgütern nach Ländern 2015 in Prozent	94
Abbildung 22: Außenhandelsspezialisierung (RCA) bei potenziellen Klimaschutzgütern nach Ländern 2005 und 2015.....	96
Abbildung 23: Weltweite Patentdynamik in Teilbereichen der Umwelttechnologien	129
Abbildung 24: Patentdynamik Deutschlands in Teilbereichen der Umwelttechnologien	130
Abbildung 25: Spezialisierungsmuster Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte)	130
Abbildung 26: Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich Umwelttechnologien	131

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Umweltforschung und Energieforschung in den staatlichen FuE-Budgets ausgewählter OECD-Länder 2000 bis 2015	24
Tabelle 2: Anteile einzelner Länder an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in ausgewählten europäischen Ländern nach Energietechnologien 2011	31
Tabelle 3: Gegenüberstellung der CCMT-Teilbereiche der Y02/04-Abgrenzung mit Umweltbereichen in Projekten des Umweltbundesamtes	51
Tabelle 4: Patentanteile ausgewählter Länder in Teilbereichen der CCMT (2013) (Europäische Länder in blau).....	57
Tabelle 5: Entwicklung der Spezialisierung (RPA) ausgewählter Länder auf CCMT über die Zeit.....	61
Tabelle 6: Anteil der Unternehmen mit Umweltinnovationen in den Jahren 2012 bis 2014.....	68
Tabelle 7: Investitionen des Verarbeitenden Gewerbes in Einrichtungen und Anlagen für den Umweltschutz insgesamt sowie im Bereich Luftreinhaltung und Klimaschutz (CEPA1)	71
Tabelle 8: Beschäftigte in den Umweltbereichen „Luft- und Klimaschutz“ (CEPA 1) sowie Energieressourcenmanagement (CReMA 13) nach Ländern 2014 (Vollzeitäquivalente)	74
Tabelle 9: Beschäftigte in den Umweltbereichen „Luft- und Klimaschutz“ (CEPA 1) sowie Energieressourcenmanagement (CReMA 13) nach Ländern 2014 (Anteil am den Erwerbstätigen im Alter von 15-64 Jahren in %)	75
Tabelle 10: Schätzung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland	78
Tabelle 11: Schätzung der Bruttobeschäftigung durch energieeffizientes Bauen und ökologisches Bauen in Deutschland auf Basis der KfW-Förderprogramme	80
Tabelle 12: Umwelt- und klimaschutzrelevante Berufsgruppen und -gattungen nach KldB 2010	83
Tabelle 13: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in umwelt- und klimaschutzrelevanten Berufsgruppen und -gattungen	84
Tabelle 14: Weltexporte von potenziellen Klimaschutzgütern 2015 und jahresdurchschnittliche Veränderung 2002 bis 2015 (in Prozent).....	92
Tabelle 15: Deutschlands Außenhandel mit Gütern zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen 2002, 2010 und 2015	98
Tabelle 16: Produktion in den Umweltbereichen „Luft- und Klimaschutz“ (CEPA 1) sowie Energieressourcenmanagement (CReMa 13) und Ländern 2014 (Anteil am gesamten nationalen Produktionswert in %)	100

Tabelle 17: Einheiten, Umsatz und Exportquote im Klimaschutzbereich nach Art der Klimaschutzgüter und -leistungen 2014.....	103
Tabelle 18: Volumen und Veränderung des Mitteleinsatzes für Umweltforschung und Energieforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 2000 bis 2015	114
Tabelle 19: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014	115
Tabelle 20: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Erneuerbarer Energien in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014	119
Tabelle 21: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Energieeffizienz in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014	123
Tabelle 22: Spezialisierungsprofile der Länder für den Umweltbereich gesamt sowie für die einzelnen Teilbereiche (2005-07, 2013-15)	127
Tabelle 23: Anteile ausgewählter Anmeldergruppen an den Patentanmeldungen Deutschlands im Bereich CCMT (in Prozent)	132
Tabelle 24: Spezialisierung ausgewählter Länder nach CCMT-Teilbereichen (CCMT-spezifische RPA-Werte 2011 – 2013)	133
Tabelle 25: Produktion von potenziellen Klimaschutzgütern in Deutschland nach Teilsegmenten und Erzeugnisgruppen 2009 bis 2015.....	134
Tabelle 26: Weltexportanteile bei potenziellen Klimaschutzgütern insgesamt sowie nach Teilsegmenten und Ländern 2002 bis 2015.....	135
Tabelle 27: Außenhandelsspezialisierung (RCA) bei potenziellen Klimaschutzgütern insgesamt sowie nach Teilsegmenten und Ländern 2002 bis 2015	136
Tabelle 28: Umsatz mit Umweltschutzgütern und -leistungen in Deutschland 2011 bis 2014	137
Tabelle 29: Exportquote bei Klimaschutzgütern und -leistungen 2011 bis 2014.....	138

Abkürzungsverzeichnis

AT	Österreich
BE	Belgien
BERD	Business Expenditure on Research and Development (Unternehmensausgaben für Forschung und Entwicklung)
BNEF	Bloomberg New Energy Finance
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BR	Brasilien
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CA	Canada
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CCM	Climate Change Mitigation
CCMT	Climate Change Mitigation Technologies
CCS	Carbon Capture and Storage
CEPA	Classification of Environmental Activities
CH	Schweiz
CIS	Community Innovation Survey
CN	China
COMTRADE	Außenhandelsdatenbank der Vereinten Nationen
CRoMA	Classification of Resource Management Activities
CWS	Center für Wirtschaftspolitische Studien des Instituts für Wirtschaftspolitik, Leibniz Universität Hannover
d. h.	das heißt
DE	Deutschland
DK	Dänemark
EFI	Expertenkommission Forschung und Innovation
EGSS	Environmental Goods and Services Sector
EPA	Europäisches Patentamt
EPO	European Patent Office
ES	Spanien
ESVG	Europäisches System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung
EU	Europäische Union
EUROSTAT	Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaft
FI	Finnland
FR	Frankreich
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
FuE	Forschung und Entwicklung
FuE&D	Forschung und Entwicklung und Demonstrationsprojekte
FuI	Forschung und Innovation

GB	Großbritannien
GBAORD	Government Budget Appropriations or Outlays for R&D
GP	Güterverzeichnis für die Produktionsstatistik
GU	Großunternehmen
HS	Harmonisiertes System
ICT	Informations- und Kommunikations-Technologie
i. E.	im Erscheinen
IE	Irland
IEA	International Energy Agency
IL	Israel
IN	Indien
IPC	International Patent Classification
IRENA	International Renewable Energy Agency
ISCO	International Statistical Classification of Occupations
IT	Italien
JP	Japan
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KIdB	Klassifikation der Berufe
KMU	Kleine und Mittelständische Unternehmen
KR	Südkorea
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
NACE	Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft
nd	nicht definiert
NL	Niederlande
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
o. g.	oben genannten
o. J.	ohne Jahr
ORBIS-Datenbank	Datenbank mit weltweiten Unternehmensinformationen
p. a.	per Anno
PATSTAT	weltweite Datenbank des Europäischen Patentamts (EPA)
PCT	Patent Cooperation Treaty
PL	Polen
PV	Photovoltaik
R&D	Research and Development
RCA	Revealed Comparative Advantage (Spezialisierungsmaß)
REN21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
RLA	Relativer Publikationsanteil (Spezialisierungsmaß)
RPA	Relativer Patentanteil (Spezialisierungsmaß)
RU	Russland

s.	siehe
SCOPUS	Name einer großen interdisziplinären, bibliographischen Datenbank für wissenschaftliche Publikationen
SDG	Sustainable Development Goal
SE	Schweden
SETIS	Strategic Energy Technologies Information System
SET-Plan	European Strategic Energy Technology Plan
STI	Science Technology and Innovation
u. a.	unter anderem
UBA	Umweltbundesamt
UK	United Kingdom / Großbritannien
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
US / USA	United States of America
vgl.	vergleiche
WIPO	World Intellectual Property Organization
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil
ZA	Südafrika

0 Zusammenfassung

Hintergrund und Fragestellung

Nachhaltige Entwicklung erfordert nicht nur einen veränderten Umgang mit natürlichen Ressourcen, sondern stellt auch hohe Anforderungen an die Leistungs- und Transformationsfähigkeit von Volkswirtschaften. Die deutsche Bundesregierung stellt sich den Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung und hat dazu unter anderem eine Neuauflage der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie vorgelegt.

Um die Umwelt künftig weniger zu belasten und das Klima zu schützen sind neue technologische Entwicklungen voranzutreiben. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, innovationspolitische Fragestellungen mit umweltpolitischen Erfordernissen zu verknüpfen. Ein Gesamtüberblick für FuI-Indikatoren im Umweltschutzbereich wird in aktuellen Projekten des Umweltbundesamtes dargestellt. Die hier vorliegende Studie fokussiert auf den Klimaschutzbereich und bietet aufgrund aktueller Änderungen in der Datenlage die Möglichkeit weiterführender Analysen zu Klimaschutztechnologien und zusätzlicher Erkenntnisse mit einem besonderen Mehrwert.

Um den gesamten Innovationszyklus abzubilden, werden Indikatoren aus verschiedenen Stufen des Innovationsprozesses von FuE bis wirtschaftlichem Output herangezogen. Technologischer Wandel (FuE, Publikationen, Patente) ermöglicht Innovationen, Investitionen und Produktion von Gütern und Dienstleistungen, die dem Umwelt- und Klimaschutz dienen. Anhand dieser Indikatoren werden Stärken und Schwächen nach Teilsegmenten herausgearbeitet und Ansatzpunkte für die Innovationspolitik abgeleitet. Die Darstellung erfolgt im internationalen Vergleich sowie im Zeitverlauf, soweit entsprechende Daten verfügbar sind. Folgende Indikatoren werden einbezogen: FuE-Ausgaben, Publikationen, Patente, Innovationen und Investitionen in der Wirtschaft, Beschäftigung und Qualifikation sowie Produktion, Außenhandel und Umsätze.

FuE-Ausgaben

Die Bedeutung, die Volkswirtschaften Forschung und Entwicklung für Umwelt- und Klimaschutz zwecke zumessen, kann an den nach sozio-ökonomischen Zielen differenzierten öffentlichen Haushaltsansätzen für FuE abgelesen werden. Während in den meisten Ländern der Anteil der Mittel für die klassischen Umweltschutzbereiche stagniert oder zurückgeht, ist der Mitteleinsatz für Energie-FuE ausgeweitet worden, vor allem zugunsten zukunftsorientierter Energietechnologien aus dem Bereich der erneuerbaren Energien, der Verbesserung der Energieeffizienz oder Speichertechnologien. Im Bereich der erneuerbaren Energien ist der Anteil der Budgetansätze für Solarenergieforschung rückläufig.

Deutschland zählt sowohl hinsichtlich der öffentlichen FuE-Mittel für physischen Umweltschutz als auch für Energieforschung zu den führenden Ländern. Auch hier sind Mittel für Energieforschung und insbesondere zukunftsweisende Energietechnologien überproportio-

nal ausgeweitet worden. Trotzdem bleibt der öffentliche FuE-Einsatz für zukunftsweisende Energietechnologien bezogen auf die Wirtschaftskraft des Landes (gemessen am BIP) deutlich hinter den nordischen Ländern, Österreich, der Schweiz aber auch den USA, Korea und Japan zurück.

Angaben zum FuE-Einsatz der Wirtschaft für verschiedene, dem Klimaschutz dienende Energietechnologien, liegen nur auf Basis von Schätzungen für Länder der EU und im Querschnitt vor. Deutschland weist hier europaweit absolut die höchsten Aufwendungen auf mit besonderen Schwerpunkten bei der Energiespeicherung, wofür u. a. die Automobilindustrie verantwortlich ist. Grundsätzlich unterscheiden sich die EU-Länder deutlich hinsichtlich ihrer FuE-Schwerpunkte.

Publikationen

Knapp 3 % aller in der SCOPUS-Datenbank erfassten Publikationen weltweit lassen sich dem Bereich der Umweltpublikationen zuordnen. Hierbei umfassen die in SCOPUS angelegten Kategorien sowohl stärker auf die Erklärung der Umweltbelastung und ihre Folgen abzielende Teilbereiche als auch Umwelttechnologien und Managementaspekte, die enger mit dem Umwelt- und Klimaschutz verbunden sind. Darüber hinaus gibt es allgemeine Kategorien, die unterschiedlichste Umweltpublikationen umfassen, seit 2007 aber an Bedeutung verlieren. Von den Teilbereichen entwickelt sich das Feld Erneuerbare Energien und Nachhaltigkeit („Renewable Energy, Sustainability and Environment“) am dynamischsten und steht 2015 weltweit an erster Position mit knapp 9.000 Publikationen.

Im Ländervergleich weisen Finnland und Südafrika die höchsten Anteile an ihren Publikationen auf, welche dem Umweltbereich zugeordnet werden können; Japan, Russland und Israel verzeichnen die niedrigsten Anteile. China und Polen zeigen sich bei der Ausweitung der Umweltpublikationen am dynamischsten. Den größten Anteil aller Umweltpublikationen weltweit nehmen China und die USA ein, wobei dieses auf die Größe der Länder sowie für China zusätzlich auf eine positive Spezialisierung auf Umweltpublikationen zurückzuführen ist. Während Deutschland im Zeitablauf einen durchschnittlichen Schwerpunkt auf den Bereich Umwelt legt, zeigen die USA in früheren Jahren eine überdurchschnittliche Spezialisierung in diesem Bereich, welche sich aber im aktuellen Zeitraum an den Durchschnitt annähert. Japan kann trotz einem über die Zeit gesteigerten Fokus auf den Bereich Umwelt lediglich eine unterdurchschnittliche Spezialisierung vorweisen.

Es zeigen sich Ähnlichkeiten im Spezialisierungsmuster von Deutschland und den USA: So legen beide Länder einen Schwerpunkt auf die Bereiche „Ecological Modeling“ und „Global and Planetary Change“. Japans Profil unterscheidet sich deutlich von Deutschland und den USA. So liegt eine stark unterdurchschnittliche Spezialisierung auf den in den beiden ersten Ländern hoch bis durchschnittlich gewichteten Teilgebieten vor. Ein starker Fokus findet sich hier auf dem Feld „Environmental Engineering“, welches in Deutschland

und den USA im Verhältnis am wenigsten Beachtung findet. In diesem Teilbereich weisen zusätzlich zu Japan auch China und Korea eine ausgeprägte Spezialisierung auf.

Patente

Das Feld der Climate Change Mitigation Technologies (CCMT) weist international und auch in Deutschland eine hohe Dynamik auf. Die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen ist zwischen 2000 und 2011 sehr stark gestiegen; seither flacht sie allerdings etwas ab. Deutschland gehört zu den drei größten Patentanmeldern auf diesem Gebiet (nach Japan und den USA). Sein Patentanteil ist aber – wie der vieler OECD-Länder – rückläufig. Dafür treten neue Akteure mit steigendem Gewicht auf den Plan, allen voran Korea und China.

Die Analyse der Anmeldergruppen in Deutschland zeigt eine leichte Verlagerung des Anteils von Non-Profit-Organisationen und sonstigen Anmeldern (u. a. Einzelpersonen) zu KMU und Großunternehmen. Dies könnte man als Hinweis interpretieren, dass das wirtschaftliche Interesse an CCMT steigt. Der Anteil der KMU an deutschen CCMT-Patenten liegt deutlich niedriger als ihr Anteil über alle Patente hinweg. Besonders schwach ist ihr Anteil im Bereich von CCMT im Transport, ein Teilbereich, in dem Deutschland ansonsten sehr gut aufgestellt ist. Insgesamt weist Deutschland nur leichte Spezialisierungsvorteile für CCMT auf. Von den großen Volkswirtschaften (US, EU-28, DE, GB, FR) ist Japan am stärksten auf CCMT spezialisiert, aber auch hier sind die Spezialisierungsvorteile in der aktuellen Betrachtungsperiode (2011-2013) nicht signifikant (d. h. RPA liegt unter 20).

Innovationen und Investitionen in der Wirtschaft

Im Rahmen des Community Innovation Survey (CIS) wurden europäische Unternehmen u. a. nach der Bedeutung von Umweltinnovationen gefragt. Insgesamt haben in den Jahren 2012 bis 2014 knapp 25 Prozent der zumeist kleinen und mittleren Unternehmen in 22 EU-Ländern Umweltinnovationen durchgeführt. Im Mittelpunkt standen dabei klimaschutzrelevante Innovationen mit prozessbezogenen Nutzen für das eigene Unternehmen, etwa durch die Senkung des Energieverbrauchs, der CO₂-Emissionen oder die Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Weniger häufig sind Innovationen mit einem entsprechenden produktbezogenen Nutzen für den Endverbraucher. Deutschland weist insgesamt und hinsichtlich der verschiedenen Innovationsarten überdurchschnittliche Anteile an Unternehmen mit Umweltinnovationen auf.

Die Umsetzung von Innovationen in der Wirtschaft ist in aller Regel mit Investitionen in Sach- und Humankapital verbunden. Innovierende und nicht-innovierende Unternehmen realisieren Investitionen, die dem Klimaschutz dienen. Ein Indikator für deren Bedeutung stellen die im Rahmen der Umweltschutzausgabenrechnung ermittelten Investitionen der Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes dar, die gemäß der Klassifikation für Umweltschutzaktivitäten (CEPA) dem Ziel „Luftreinhaltung und Klimaschutz“ (CEPA1) dienen.

Bei in den meisten berücksichtigten europäischen Ländern gestiegenen Umweltschutzinvestitionen ist kein eindeutiger Trend in Richtung Luftreinhaltung und Klimaschutz festzustellen. Bezüglich der Bedeutung von Klimaschutzinvestitionen in der europäischen Wirtschaft kann dies aber insofern wenig Anhaltspunkte geben, da wesentliche Elemente des Klimaschutzes (Energieressourcenmanagement: CReMa 13¹) nicht im Rahmen der hier ausgewerteten Daten enthalten sind. Der Anteil an allen Umweltschutzinvestitionen liegt in Deutschland wie 2003/05 unverändert bei 42 % eher im unteren Bereich der betrachteten Länder. Bei den meisten Ländern, so auch in Deutschland, ist dabei ein Trend weg von „end-of-pipe“-Technologien hin zu integrierten Umweltschutztechnologien festzustellen.

Beschäftigung und Qualifikation

Es gibt bisher keine auf einheitlicher Methodik beruhende, konsistente, international vergleichbare Statistik zu den Beschäftigungseffekten des Umwelt- und Klimaschutzes. Die neue, europaweite Statistik für den „Environmental Goods and Services Sector (EGSS)“ liefert bisher nur sehr eingeschränkt vergleichbare, lückenhafte und mit erheblichen Messproblemen behaftete Beschäftigungsschätzungen. Für die EU-28 schätzt die EGSS-Statistik rund 100.000 Beschäftigte im Bereich „Luftreinhaltung und Klimaschutz“ (CEPA 1) und knapp 1,6 Mio. Beschäftigte im Bereich „Energieressourcenmanagement“ (CReMA 13). Nach dieser Statistik würde der Anteil der Beschäftigten in CReMA 13 (absolut 144.000) an allen Erwerbstätigen in Deutschland deutlich unter dem EU-Durchschnitt liegen und sowohl die erneuerbaren Energien als auch den Bereich der Energieeinsparung betreffen.

Zu deutlich höheren Beschäftigtenzahlen für Deutschland kommen Schätzungen der Bruttobeschäftigungseffekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien und der Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden. Auf Basis von Input-Output-Analysen werden dabei auch indirekte Beschäftigungseffekte bei Vorleistern mitberücksichtigt. Demnach hat sich in Deutschland die Zahl der direkt und indirekt vom Ausbau der erneuerbaren Energien verbundenen Beschäftigung von 160.000 im Jahr 2004 auf 330.000 im Jahr 2015 mehr als verdoppelt. Nach Schätzungen der International Renewable Energy Agency (IRENA) zählt Deutschland damit hinter China, Brasilien, den USA und Indien zu den Ländern mit den höchsten Bruttobeschäftigungseffekten durch den Ausbau erneuerbarer Energien. Aller-

¹ Dies umfasst „Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen“ (CReMA 13A), „Wärme-/Energieeinsparung und -management“ (CReMA 13B) sowie die „Minimierung der Verwendung fossiler Energieträger als Rohstoffe“ (CReMA 13C).

dings ist die Entwicklung in den letzten Jahren merklich ins Stocken gekommen, vor allem, weil die Beschäftigungseffekte der Solarenergienutzung eingebrochen sind.

Auf Basis von KfW-Förderprogrammen lässt sich ermitteln, dass die Bruttobeschäftigungseffekte durch energieeffizientes Bauen und Sanieren von Gebäuden in Deutschland seit 2006 deutlich von gut 170.000 auf über 400.000 gestiegen sind.

Einen sehr eingeschränkten, ersten Einblick in die Qualifikationsstruktur der im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes beschäftigten Arbeitskräfte bietet die deutsche Statistik der Berufe, die in ihrer neuen Fassung (KldB 2010) und in tiefer Gliederung auch Qualifikationsmerkmale berücksichtigt. Auf Basis einer Liste umwelt- und klimaschutzrelevanter Berufe differenziert nach Anforderungsniveau sind Rückschlüsse auf die Qualifikationsanforderungen der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in diesen Berufsgruppen möglich. Die Ergebnisse zeigen, dass der Anteil der hochqualifizierten Beschäftigten („Spezialisten“ und „Experten“) in Umwelt- und Klimaschutzberufen sowohl unter den Spezialisten als auch den Experten höher ist als bei allen Beschäftigten. Bedingt durch die Krise der Solarwirtschaft in Deutschland ist die Beschäftigung in Klimaschutzberufen auch bei Hochqualifizierten zuletzt nur noch unterdurchschnittlich gewachsen.

Produktion, Außenhandel und Umsätze

Die Marktergebnisse zu Produktion, Außenhandel und Umsätzen lassen sich anhand von Indikatoren, die auf Basis von zwei Erfassungskonzepten gebildet werden, beschreiben. Das Konzept der potenziellen Klimaschutzgüter bildet Indikatoren auf Basis der amtlichen Produktions- und Außenhandelsstatistik und umfasst den Bereich der Güter, die ihrer Art nach dem Klimaschutz dienen können. Indikatoren zum Inlands- und Auslandsumsatz mit Klimaschutzgütern und -leistungen gehen in Deutschland auf direkte Betriebsbefragungen der statistischen Ämter zurück. Im internationalen Kontext werden diese im Rahmen des EGSS mittels weiterer Daten aus den volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen ergänzt und modifiziert.

Die Produktion potenzieller Klimaschutzgüter ist in Deutschland nach rückläufiger Entwicklung 2012/13 erst 2014/15 wieder leicht gestiegen, liegt damit aber noch immer deutlich unter dem Niveau des Spitzenjahres 2011. Der zwischenzeitige Rückgang ist primär dem Negativtrend im Solarbereich geschuldet, der erst 2014 gestoppt werden konnte. Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich auch im Außenhandel, wo zudem sehr deutlich wird, dass nationale Regelungen und Förderpolitiken noch immer sehr starken Einfluss auf Marktentwicklungen und damit auch die Außenhandelsposition einzelner Länder bei potenziellen Klimaschutzgütern nehmen. Allerdings wirkt auch der Preisverfall im Solarbereich dahingehend, dass Umsätze und Außenhandelsniveau auch bei gleichen Stückzahlen sinken. Aus der deutschen Perspektive waren vor allem Solarzellen und -module seit 2010 betroffen. Ungünstigere Förderkonditionen und verringerte Einspeisetarife haben zu einem deutlichen Investitionsrückgang geführt, der eine merkliche Verringerung der Einfuhren nach sich

gezogen hat. Aber auch innerhalb der deutschen Ausfuhren an Gütern zur Nutzung erneuerbarer Energien haben Solarzellen und -module strukturell deutlich verloren. Demgegenüber haben Windkraftanlagen und Zubehör auf beiden Seiten der Handelsbilanz, vor allem aber bei den Exporten absolut und relativ hinzugewonnen, sodass sich die deutsche Wettbewerbsposition in diesem Teilsegment tatsächlich weiter verbessert hat.

Analog zur Schätzung der Beschäftigung im EGSS sind auch die ausgewiesenen Indikatoren zur Produktion im internationalen Vergleich nur mit erheblichen Einschränkungen zu interpretieren. Tendenziell erscheint die deutsche Position hinsichtlich des Produktionsanteils erneuerbarer Energien und der Energieeinsparung besser als bei der Beschäftigung zu sein.

In Deutschland bildet die Erhebung der statistischen Ämter zum „Umsatz mit Umweltschutzgütern und Umweltschutzleistungen“ die Grundlage für die Zulieferung an die EGSS-Statistik. Die im Vergleich zu den potenziellen Klimaschutzgütern sehr differenzierte Darstellung der Inlands- und Auslandsumsätze belegt ebenfalls die Negativentwicklung im Bereich der Solarenergie, zeigt aber auch die positiven Entwicklungen bei Offshore-Windkraft, bei der rationellen Energieumwandlung und bei Umsätzen mit Gütern und Leistungen zur Verbesserung der Energieeffizienz. Eine Exportquote von 42 % verdeutlicht die große Bedeutung internationaler Märkte für die deutschen Anbieter von Klimaschutzgütern und -leistungen. Ein zuletzt gegenüber der Produktion potenzieller Klimaschutzgüter zu beobachtender sehr viel deutlicherer Rückgang der Umsätze ist auf ein statistisches Artefakt zurückzuführen.

Übergreifende Betrachtung der Indikatoren und Ausblick

Aus übergreifender methodischer Sicht ist bedeutsam, dass bei allen Indikatoren Unschärfen auftreten, was zum Bereich Nachhaltigkeit und Klimaschutz zu zählen ist. Gleichzeitig unterscheiden sich die technologischen Bereiche, die in den Indikatorenansätzen betrachtet werden, mehr oder weniger voneinander, was eine übergreifende Interpretation zusätzlich erschwert. Weitere Unterschiede bestehen hinsichtlich der Verfügbarkeit von internationalen sowie zeitlichen Längsschnittdaten.

In der Gesamtschau der betrachteten Daten zeigen die FuI-Indikatoren zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz eine ansteigende Innovationsdynamik, die sich allerdings in den letzten Jahren abzuflachen scheint. Allerdings ergeben sich unterschiedliche Entwicklungstendenzen bei den Teilbereichen: Besonders ausgeprägt ist die Innovationsdynamik im Klimaschutz, insbesondere den erneuerbaren Energien, während die Daten für den klassischen Umweltschutzbereich eher eine unterdurchschnittliche Dynamik anzeigen.

Nachhaltigkeit und Klimaschutz stellt einen Bereich dar, in dem Deutschland im internationalen Vergleich insgesamt gesehen gut aufgestellt ist. Allerdings ist dies nicht durchgängig bei allen betrachteten Indikatoren so. Auch bezüglich der Teilsegmente des Klimaschutzes ergibt sich für Deutschland ein z. T. unterschiedliches Bild.

Für die Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands sind die Veränderungen auf globaler Ebene von höchster Bedeutung. So ist aus der Entwicklung bei Publikationen, Patenten und Außenhandel ein Erstarken gerade asiatischer Länder abzulesen. Damit einher geht eine Tendenz fallender Welthandelsanteile für die traditionellen OECD-Länder inklusive Deutschlands. Eine Verlagerung der Märkte hin zu Ländern des Südens ist zu beobachten. Für Deutschland wirft dies die Herausforderung auf, wie auf diese veränderten globalen Rahmenbedingungen reagiert werden kann.

Aus den vorangegangenen Ausführungen ergeben sich mehrere Ansatzpunkte zur Verbesserung der Datenlage. Generell wünschenswert wäre eine Systematisierung der Klassifikationen zwischen den Indikatorenansätzen, um eine höhere Übereinstimmung der betrachteten Segmente zu erreichen. Bei Publikationsanalysen sollte eruiert werden, ob eine auf Keywords basierende standardisierte Suchstrategie einzelner Artikel trennschärfere Ergebnisse liefern könnte als die auf der Zuordnung von Journals zu Wissenschaftsfeldern basierende Analyse. Gleichzeitig wäre es dadurch möglich, die untersuchten Tatbestände stärker an andere Indikatorenansätze anzugleichen. Andererseits entstünde die Notwendigkeit, die Suchstrategie im Zeitablauf anzupassen, um neue Trends entsprechend reflektieren zu können. Bei den Unternehmensbefragungen wäre auf eine Verstetigung und inhaltliche Kontinuität der Erhebungen zu achten.

1 Hintergrund und Vorgehensweise

Nachhaltige Entwicklung erfordert nicht nur einen veränderten Umgang mit natürlichen Ressourcen, sondern stellt auch hohe Anforderungen an die Leistungs- und Transformationsfähigkeit von Volkswirtschaften. Die deutsche Bundesregierung stellt sich den Herausforderungen einer nachhaltigen Entwicklung und hat dazu unter anderem die Neuauflage 2016 der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie vorgelegt (Bundesregierung 2017). Diese setzt auf der Agenda 2030 der Vereinten Nationen (Vereinte Nationen 2015) sowie der darin beschlossenen „Sustainable Development Goals (SDGs)“ auf und betrachtet den deutschen Beitrag zur Erreichung der SDGs.

Unter dem SDG 9 „Industrie, Innovation und Infrastruktur“² geht die Nachhaltigkeitsstrategie auf die Rolle von Forschung und Innovation (FuI) für die nachhaltige Entwicklung ein. Unter „nachhaltiger wissenschaftlicher Forschung und Innovation“ werden dabei FuI-Aktivitäten verstanden, die Antworten auf drängende gesellschaftliche Fragen liefern – genannt werden konkret: nachhaltige Wirtschaftsweise, Klima- und Ressourcenschutz, Energiewende, demographischer und digitaler Wandel – und Neuerungen hervorbringen, die dem Vorsorgeprinzip gerecht werden, Schutzstandards aufrecht erhalten und Risiken für Mensch und Umwelt verringern (Bundesregierung 2017, S. 143).

Das Nachhaltigkeitsziel, das sich die Bundesregierung für SDG 9 setzt, und der dazugehörige Indikator sind allerdings auf sehr aggregiertem Niveau definiert: Es wird gemessen an der Höhe sämtlicher privater und öffentlicher Ausgaben für Forschung und Entwicklung in Relation zum Bruttoinlandsprodukt. Das dabei avisierte Ziel von 3 Prozent hat Deutschland mit 2,93 Prozent inzwischen fast erreicht (Wissenschaftsstatistik im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Wissenschaftsstatistik) 2017 (im Erscheinen)).

Darüber hinaus hat es sich seit vielen Jahren etabliert, die technologische Leistungsfähigkeit von Volkswirtschaften insgesamt oder bestimmter Teilbereiche daraus zu analysieren. Die Umweltschutzwirtschaft als Teilbereich einer Volkswirtschaft spielt für die Nachhaltigkeit eine besondere Rolle, da sie für eine der drei Säulen der Nachhaltigkeit steht. Die Betrachtung ihrer technologischen Leistungsfähigkeit hat ebenfalls bereits eine langjährige Tradition (Legler et al. 2002; Legler et al. 2006; Legler et al. 2007; Edler et al. 2007; Schasse et al. 2012; Gehrke und Schasse 2015; Gehrke et al. 2014; Gehrke et al. 2015; Walz et al. 2008; Hillenbrand et al. 2013). Die Motivation für diese Verknüpfung innovati-

² Langfassung: „Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen“ (Vereinte Nationen 2015, S. 15).

onspolitischer Fragestellungen mit umweltpolitischen Erfordernissen ergibt sich aus der Notwendigkeit, neue technologische Entwicklungen voranzutreiben, um die Umwelt künftig weniger zu belasten und das Klima zu schützen. Die Umweltpolitik hat sich deshalb in den letzten Jahren zu einem bedeutenden Treiber von Innovationsprozessen entwickelt, so dass Umwelt- und Innovationspolitik zunehmend zusammenwachsen.

Auf internationaler Ebene spielen FuI-Indikatoren für Nachhaltigkeit und Klimaschutz auch am Rande der Green Growth Debatte eine Rolle. So untersucht die OECD regelmäßig anhand von Indikatoren, inwieweit Volkswirtschaften bereits auf Green Growth ausgerichtet sind (OECD 2017a, 2014, 2011). Das Hauptgewicht liegt auf Indikatoren für Wachstum und (Kohlenstoff-, Energie-, Ressourcen-) Produktivität sowie Ressourcenbestände und Lebensqualität mit Bezug zu Umwelt. Forschung und Innovationen spielen dort eher eine Nebenrolle: Unter dem Kapitel „Economic opportunities and policy responses“ werden auch Indikatoren für Technologie und Innovation basierend auf Daten zu FuE-Ausgaben und Patenten verwendet (näheres s. Abschnitt 3 und 5).

Das Interesse an FuI-Indikatoren im Kontext von Nachhaltigkeit erklärt sich außerdem aus dem Paradigmenwandel in der STI-Politik, der seit ca. 15 Jahren zu beobachten ist: Waren STI-Politiken ursprünglich auf die Förderung von Wachstum und Wettbewerbsfähigkeit ganz allgemein ausgerichtet, so ist inzwischen ein klarer Trend zur Verfolgung weitergehender Ziele zu beobachten. So genannte „grand challenges“ sollen adressiert werden, darunter beispielsweise Gesundheit oder Nachhaltigkeit (s. Lindner et al. 2016, Daimer et al. 2012 und die darin zitierte Literatur). Indikatoren zu Forschung, Entwicklung, Innovationen und Marktergebnissen im Bereich Umwelt- und Klimaschutz sind deshalb eine wichtige Grundlage für eine nachhaltige FuI-Politik.

Der Fokus in dieser Studie liegt insbesondere auf Klimaschutz, das heißt auf der Reduktion von Treibhausgasen und Maßnahmen zur Einhaltung des 2-Grad-Ziels. Wegen der hohen Bedeutung der CO₂-Emission aus dem Einsatz fossiler Energieträger spielt die nachhaltige Energieerzeugung, -umwandlung und Energieeinsparung dabei eine hervorgehobene Rolle. Der Fokus auf Klimaschutz hat mehrere Gründe. Zum einen ist er national und international politisch von sehr hoher Bedeutung, wie der internationale UNFCCC-Prozess und viele nationale Programme zeigen. Auf EU-Ebene gehört Klimaschutz explizit zu einer der sechs Societal Challenges („Climate Action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials“), auf die sich die EU in ihrer Europe 2020 Strategie und ihrem Forschungsrahmenprogramm Horizon 2020 fokussiert und hat Berührungspunkte zu mindestens zwei weiteren dieser Societal Challenges, nämlich „Secure, Clean and Efficient Energy“ sowie „Smart, Green and Integrated Transport“ (European Union (EU) 2017). Zum anderen ist die Datensituation für (Energie und) Klimaschutz meist besser als für andere Umweltbereiche.

Ein Gesamtüberblick für FuI-Indikatoren im Umweltschutzbereich wird in aktuellen Projekten des Umweltbundesamtes dargestellt (Gehrke et al. 2018 (im Erscheinen); Gehrke

und Schasse 2017; Edler und Blazejczak 2016; Gehrke et al. 2015; Gehrke und Schasse 2015). Diese Studie fokussiert auf den Klimaschutzbereich und bietet aufgrund aktueller Änderungen in der Datenlage die Möglichkeit weiterführender Analysen zu Klimaschutztechnologien und zusätzlicher Erkenntnisse mit einem besonderen Mehrwert. Zudem wird in dieser Studie auch ein Blick auf erste Ergebnisse der neuen europäischen Statistik zum „Environmental Goods and Services Sector“ (EGSS) gelenkt.

Um den gesamten Innovationszyklus abzubilden, werden Indikatoren aus verschiedenen Stufen des Innovationsprozesses von FuE bis wirtschaftlichem Output herangezogen. Technologischer Wandel (FuE, Publikationen, Patente) ermöglicht Innovationen, Investitionen und Produktion von Gütern und Dienstleistungen, die dem Umwelt- und Klimaschutz dienen. Anhand dieser Indikatoren werden Stärken und Schwächen nach Teilsegmenten herausgearbeitet und Ansatzpunkte für die Innovationspolitik abgeleitet. Die Darstellung erfolgt im internationalen Vergleich gemäß der Länderliste der EFI sowie im Zeitverlauf, soweit entsprechende Daten verfügbar sind. Folgende Indikatoren werden einbezogen:

- FuE-Ausgaben*,
- Publikationen,
- Patente,
- Innovationen und Investitionen in der Wirtschaft*,
- Beschäftigung und Qualifikation*,
- Produktion, Außenhandel und Umsätze*.

Die mit * gekennzeichneten Indikatoren wurden schwerpunktmäßig vom CWS bearbeitet, die übrigen schwerpunktmäßig vom Fraunhofer ISI. Da eine große Zahl verschiedener Datenquellen genutzt wird, variiert der betrachtete Zeitraum in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit. Soweit möglich wurde für Zeitvergleiche mindestens ein 10-Jahreszeitraum herangezogen.

Bei allen Indikatoren wird das Oberthema „Nachhaltigkeit und Klimaschutz“ bzw. das Fokusthema „Klimaschutz“ in verschiedene Themenfelder weiter untergliedert. Wichtige inhaltliche Orientierungspunkte für diese Untergliederung sind zahlreiche Untersuchungen im Kontext der Green Economy. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Studien unterschiedlichen Zielsetzungen dienen (z. B. auch zukunftsorientierte Leitmarktanalysen, Marktstudien) und deshalb mit verschiedenen methodischen Ansätzen arbeiten, die zwangsläufig auch unterschiedliche Abgrenzungen des Untersuchungsgegenstands mit sich bringen. Da die Möglichkeiten zur Abgrenzung der Themenbereiche auch stark von den jeweiligen statistischen Klassifikationen beeinflusst werden, unterscheiden sich die betrachteten Themenbereiche in der vorliegenden Studie je nach Datenquelle. Deshalb wird in den jeweiligen Abschnitten erläutert und begründet, welche Themenbereiche im Einzelnen verwendet werden und was sie beinhalten.

2 FuE-Ausgaben

Die Ausgaben der Wirtschaft und des Staates für Forschung und Entwicklung zählen zu den zentralen Indikatoren für die Beurteilung der technologischen Leistungsfähigkeit von Staaten. Dabei wird auf ein international abgestimmtes Erhebungssystem zurückgegriffen, das Vergleiche hinsichtlich Struktur und Entwicklung des Mitteleinsatzes im internationalen Kontext ermöglicht. Daten werden von nationalen und internationalen Ämtern und Einrichtungen zur Verfügung gestellt (vgl. ausführlich Schasse et al. 2016). Dabei werden die FuE-Aufwendungen in erster Linie nach Eigenschaften der durchführenden oder finanzierenden Einheit (Wirtschaftszweig und Größe von Unternehmen, Hochschulen, Forschungseinrichtungen) differenziert, nicht aber nach den Zielen des Mitteleinsatzes. So sind keine amtlichen Statistiken zu den Ausgaben der Wirtschaft für FuE im Bereich der Produktion von Gütern und Dienstleistungen für den Umwelt- und Klimaschutz verfügbar – weder auf nationaler und noch auf internationaler Ebene. Es gibt nur sehr wenige aussagefähige und vergleichbare Ergebnisse, welche zudem in der Regel nur Teilaspekte des FuE- und Innovationsgeschehens betrachten bzw. sich auf Schätzungen für ausgewählte Technologien beschränken. Diese betreffen weitgehend den Energiebereich (Abschnitt 2.3). Indikatoren für internationale Vergleiche finden sich im Wesentlichen bei den staatlichen Ausgaben für FuE, die u. a. getrennt nach Programmbereichen des Umweltschutzes und der Energieversorgung ausgewiesen werden. Damit lässt sich zumindest das Gewicht abschätzen, welches damit verbundenen technologiepolitischen Zielen innerhalb der gesamten Mittelverwendung der Staaten zukommt (Abschnitte 2.1 und 2.2).

2.1 Staatliche Ausgabenansätze für physische Umweltschutz- und Energieforschung

Der Einsatz staatlicher Mittel für FuE für Umwelt- und Klimaschutzzwecke bildet einen Indikator für die Bedeutung, die Volkswirtschaften diesen Zielen in ihrer Technologiepolitik beimessen. Auch wenn dabei umweltpolitische Ziele im Zentrum der Aktivitäten stehen, kann davon ausgegangen werden, dass die damit erreichten Fortschritte in Wissenschaft und Forschung nicht nur die umweltpolitischen Optionen der Gesellschaft erweitern, sondern auch die technologischen Optionen der Unternehmen. Diese profitieren direkt (z. B. durch FuE-Fördermittel) oder indirekt (z. B. durch die Adaption von Ergebnissen öffentlicher FuE in Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen) vom staatlichen Mitteleinsatz für FuE im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes.

In der international harmonisierten FuE-Statistik der OECD (Government Budget Appropriations or Outlays for R&D: GBAORD) werden die staatlichen Mittelzuweisungen für FuE nach sozio-ökonomischen Zielen aufgegliedert. Unter das Ziel „Umweltschutz“ fallen alle staatlichen FuE-Ausgabenansätze, die einer „unzerstörten physischen Umwelt“ dienen (Luft, Wasser, Abfall, Boden, Lärm, Strahlenschutz). Das Ziel „Energie“ umfasst alle staatlichen FuE-Ausgaben, die die Produktion, Speicherung, Verteilung und rationelle

Nutzung jeder Form von Energie betreffen. Dabei werden auch Programme und Projekte erfasst, die Umweltschutz bzw. nachhaltige Energieerzeugung und Energieeffizienz zum Hauptzweck haben. Bei der Interpretation muss beachtet werden, dass nicht alle erfassten FuE-Aktivitäten auch von technologischer Relevanz sein müssen, was eine Überschätzung der Bedeutung impliziert. Gleichzeitig werden aber auch Fortschritte der Umwelt- bzw. Energieforschung nicht berücksichtigt, wenn sich diese quasi als Nebenprodukt anderer technologischen FuE ergeben, was zu einer Unterschätzung der FuE-Ausgaben für Umweltschutz führt. Schließlich ist zu bedenken, dass ein Teil der gesamten FuE-Ausgaben als „General Advancement of Science“ ausgewiesen werden, darunter z. B. die „General University Funds“. Diese Anteile werden nicht weiter nach sozio-ökonomischen Zielen aufgeteilt, schwanken aber zwischen den Ländern, was wiederum die Vergleichbarkeit der ausgewiesenen Anteile für sozio-ökonomische Ziele einschränkt.

Die verwendeten Daten werden von der OECD bereitgestellt.³ Betrachtet werden Daten für die Jahre 2000 bis 2015. Für einzelne Länder zum Zeitpunkt der Analyse bereits verfügbare Daten für das Jahr 2016 wurden nicht berücksichtigt, denn dabei handelt es sich zumeist um vorläufige Schätzungen der OECD auf Basis nationaler Quellen. Diese werden in der Regel mit der folgenden Datenrevision korrigiert und sind daher nicht ausreichend zuverlässig. Ausgewiesen werden Anteile der staatlichen Ausgaben für Umweltschutz und für Energieforschung an den gesamten zivilen staatlichen FuE-Ausgaben (in Prozent) sowie am BIP (in Promille).

In den meisten betrachteten Ländern ist der Anteil des Mitteleinsatzes für physische Umweltforschung bei langfristiger Betrachtung sowohl an den zivilen staatlichen FuE-Budgets als auch am BIP zwischen 2000 und 2015 zurückgegangen oder hat stagniert. Parallel dazu ist der Anteil der Mittel für Energieforschung in vielen Ländern ausgeweitet worden (Tabelle 1).⁴ Umweltschutzziele haben vor allem innerhalb der staatlichen FuE-Budgets in Deutschland, Belgien, den Niederlanden, Dänemark und Finnland zum Teil deutlich an Gewicht verloren. Auf der anderen Seite haben Schweden (bis 2014), Italien und Polen ihre spezifischen FuE-Mittel gegen diesen Trend, teils jedoch von geringem Ausgangsniveau aus, überdurchschnittlich ausgeweitet.

In Deutschland ist der Anteil der staatlichen Forschungsausgaben für Umweltschutzprojekte 2014/2015 mit 3,1 % höher als in den meisten Vergleichsländern. Aber auch hier haben sich die Prioritäten seit Mitte des letzten Jahrzehnts relativ gesehen zugunsten der Förde-

³ http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GBAORD_NABS2007, Datenstand 17. Mai 2017.

⁴ Die absoluten Aufwendungen und Veränderungsraten finden sich in Tabelle 18 im Anhang.

rung von Energieforschungsprojekten verschoben, deren Anteil am gesamten zivilen FuE-Budget von 3,7 % auf über 5 % gestiegen ist.

Demgegenüber werden vor allem in den USA und auch in Japan deutlich geringere Anteile staatlicher FuE-Mittel für Umweltforschung bereitgestellt. Hier wird Energieforschung innerhalb der staatlichen FuE-Budgets deutlicher als in den meisten anderen Ländern höher gewichtet als Forschung für die physische Umwelt. Dies trifft auch für Korea, Frankreich und Finnland zu. Während in den USA jedoch die beiden spezifischen Forschungsziele zusammen mit 5,5 % einen vergleichsweise geringen Anteil ausmachen, liegt dieser in Japan und Korea, aber auch in Frankreich, Finnland und Kanada z. T. deutlich über 10 %. In allen diesen Ländern dominiert der Energiebereich klar den Umweltbereich.

Insbesondere in Japan ist dies auf die noch immer große Bedeutung des Atomstroms für die Energieversorgung und den daraus resultierenden hohen Mitteleinsatz für Nuklearforschung zu erklären. Dennoch ist auch hier durch veränderte umwelt- und energiepolitische Einstellungen nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima 2011 eine spürbare Verschiebung von FuE-Mitteln in Richtung Erneuerbare Energiequellen und Energieeffizienz zu beobachten (vgl. Abschnitt 2.2).

Setzt man die staatlichen Forschungsausgaben in Relation zum Bruttoinlandsprodukt (BIP), zeigen die Unterschiede zwischen den Ländern bezüglich ihrer Gewichtung von Forschung mit Zielrichtung Umweltschutz und Energie zwar gleiche Tendenzen, im Einzelnen gibt es aber Abweichungen. Denn der Bezug auf das gesamte zivile FuE-Budget blendet die großen grundsätzlichen Differenzen hinsichtlich der staatlichen Finanzierung von FuE aus. So schneidet Deutschland beim Umweltschutz mit 0,25‰ im Jahr 2015 deutlich besser ab als die meisten anderen Länder. Nur Korea erreicht einen höheren Anteil, während Kanada und Polen auf dem gleichen Level agieren.

Tabelle 1: Umweltforschung und Energieforschung in den staatlichen FuE-Budgets ausgewählter OECD-Länder 2000 bis 2015

Land	Umweltforschung						Energieforschung					
	Anteil staatlicher Umweltforschungs- ausgaben an den zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in %				Anteil staatl. Umwelt- forschungs- ausg. am BIP in ‰		Anteil staatlicher FuE-Ausgaben für Energie an den zivilen staatlichen FuE-Ausgaben in %				Anteil staatl. FuE-Ausg. für Energie am BIP in ‰	
	2000	2008	2014	2015	2000	2015	2000	2008	2014	2015	2000	2015
DE	3,6	3,2	3,1	3,1	0,26	0,25	3,7	3,9	5,4	5,1	0,26	0,42
FR	2,2	2,9	1,8	3,7	0,16	0,09	6,1	6,4	6,3	7,9	0,45	0,40
UK	3,5	3,6	2,8	2,7	0,14	0,13	0,7	1,0	3,0	3,0	0,03	0,12
IT	2,3	4,1	2,9	2,6	0,14	0,14	4,0	6,0	3,8	3,8	0,24	0,17
BE	3,3	2,1	2,1	1,9	0,18	0,13	2,7	1,6	2,0	1,2	0,15	0,07
NL	3,5	0,4	0,6	0,6	0,26	0,04	3,5	2,5	2,0	2,4	0,26	0,16
DK	2,7	2,4	1,6	2,2	0,20	0,14	1,8	4,9	4,2	3,5	0,13	0,20
ES	0,4	1,3	1,2	1,0	0,01	0,03	0,0	3,0	0,8	1,0	0,00	0,03
SE	1,5	1,7	2,0	1,5	0,09	0,12	4,2	4,0	4,4	4,2	0,38	0,29
FI	2,3	1,5	1,1	1,1	0,22	0,08	0,9	9,0	8,7	9,2	0,51	0,61
AT	1,5	1,6	0,9	0,7	0,09	0,05	6,2	0,9	1,9	3,5	0,03	0,19
CH ¹	0,2	0,3	0,2		0,01	0,02	0,9	0,7	0,7		0,06	0,06
PL		3,4	6,2	6,8		0,27		2,4	2,0	2,0		0,07
CA ²	4,8	4,5	4,3		0,23	0,26	4,7	6,2	7,6		0,23	0,34
US	1,3	0,9	0,8	0,8	0,05	0,03	2,5	3,4	3,6	4,7	0,10	0,19
JP	0,8	1,0	1,8	2,1	0,05	0,15	18,8	14,5	12,6	11,8	1,16	0,83
KR	4,7	3,1	2,7	3,1	0,22	0,32	6,3	11,8	10,5	10,1	0,30	0,92

1) Anteile am BIP 2014 statt 2015 - 2) Anteile am BIP 2013 statt 2015.

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

Grundsätzlich sind die staatlichen FuE-Ausgabenansätze für die Ziele „Umweltschutz“ und „Energie“ eher ein grober Indikator für die generelle Bereitschaft des Staates, die technologische Entwicklung in diesen Bereichen voranzutreiben. Um das Maß klimaschutzrelevanter FuE genauer zu beschreiben, wird daher im nächsten Abschnitt eine weitere Differenzierung der eingesetzten staatlichen Mittel vorgenommen.

2.2 Aufwendungen für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich

Im Gegensatz zu den relativ unspezifischen Angaben zu den staatlichen Budgets für FuE im Bereich des physischen Umweltschutzes und der Energienutzung (GBAORD), erlauben vertiefende Erhebungen der Internationalen Energieagentur (IEA) einen differenzierteren Blick auf die Ausgabenverteilung hinsichtlich Energieträgern und -technologien. In den Daten enthalten sind dabei die öffentlichen Haushaltsansätze für Forschung und Entwicklung sowie für Demonstrationsprojekte (FuE&D) im Energiebereich. Diese ermöglichen

eine Analyse nach verschiedenen zukunftsorientierten Energietechnologien (Erneuerbare Energieträger, Technologien zur Verbesserung der Energieeffizienz, Wasserstoff- und Brennstoffzellen, sonstige Stromerzeugungs- und Speichertechnologien, Querschnittthemen⁵), und zeigen gleichzeitig deren Gewichtung gegenüber fossilen Energieträgern und Kernenergie auf.⁶ Die weitere Differenzierung der staatlichen Budgets zur Förderung von FuE- und Demonstrationsprojekten innerhalb der Erneuerbaren Energien verdeutlicht darüber hinaus die Schwerpunkte einzelner Länder hinsichtlich der technologischen Weiterentwicklung dieses Sektors.⁷

Der Unterschied zu den oben ausgewerteten GBOARD-Statistiken der OECD liegt darin, dass in den IEA-Statistiken ergänzende eigene Erhebungen der IEA enthalten sind und zusätzlich auch Aufwendungen für Demonstrationsprojekte berücksichtigt werden. Letztere machen insgesamt jedoch nur einen geringen Teil des gesamten Mittelvolumens aus und sind zudem nicht konsistent erhoben, sodass diese Angaben nicht unkritisch verwendet werden sollten.⁸ Verfügbare Daten für das Jahr 2015 waren zum Zeitpunkt der Datenbankanalyse (1. Quartal 2017) zum Teil noch sehr lückenhaft bzw. beruhten auf vorläufigen Schätzungen der IEA. Die Analyse endet deshalb mit dem Berichtsjahr 2014.

In allen hochentwickelten Ländern hat es seit dem Jahr 2000 deutliche Verschiebungen der öffentlichen Haushaltsansätze für FuE&D im Energiebereich zugunsten zukunftsorientierter und ressourcenschonender Technologien gegeben, die zulasten von Kernenergie und fossilen Energieträgern gegangen sind (Abbildung 1 und Tabelle 19 im Anhang). In Deutschland entfielen 2014 über 70 % der Mittel auf zukunftsorientierte Energietechnologien, in den USA sogar fast 80 %, in Japan hingegen erst gut 40 %. In Deutschland wurden 31 % der Mittel für FuE&D für den Bereich Erneuerbare Energien verwendet. Dieser Anteil wird nur von den skandinavischen Ländern, den Niederlanden und Spanien übertroffen.

5 Zum Bereich zukunftsorientierter Technologien gehört auch Forschung zu Querschnittsthemen (crosscutting), die systemische Innovationen und nicht einzelnen Bereichen zuzuordnende Grundlagenforschung beinhaltet.

6 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).

7 Vgl. auch OECD 2012.

8 Vgl. Gnamus 2011.

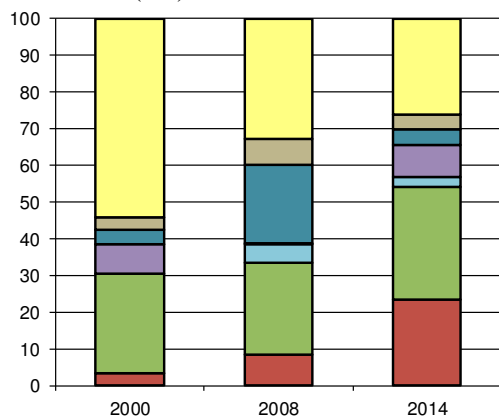
Um nicht nur die relativen Ausgabenanteile, sondern auch die mengenmäßige Veränderung der gesamten Forschungsbudgets nachzuvollziehen, kann man die budgetierten Mittel in Relation zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) setzen. Dabei wird die höhere Gewichtung zukunftsorientierter Energietechnologien in der öffentlichen 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 Österreich und der Schweiz, in denen gerade Energie aus erneuerbaren Trägern aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten schon seit langem eine große Bedeutung hat, sondern auch in Japan, Korea und den USA liegen die Quoten teils deutlich höher.

Im Bereich der erneuerbaren Energien sind in längerer Frist bei globaler Mittelausweitung strukturelle Verschiebungen zwischen den Energieträgern zu beobachten (Abbildung 2 und Tabelle 20: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Erneuerbarer Energien in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

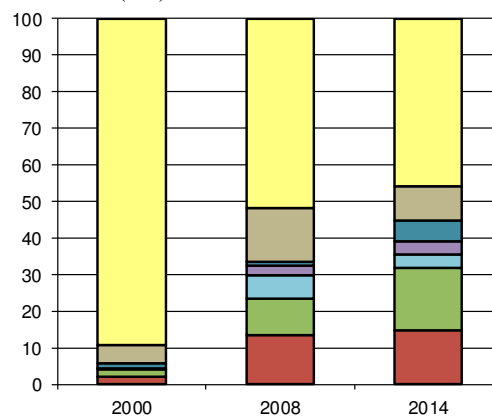
im Anhang). Der Solarbereich, der im Jahr 2000 noch in allen Regionen dominierte, hat sich überall rückläufig entwickelt. In Deutschland flossen im Jahr 2000 noch 18 % der gesamten FuE&D-Mittel in diesen Bereich, 2014 waren es nur mehr 8 %. Allerdings erhält die Solarenergie damit immer noch den größten Anteil im Vergleich zu anderen Energieträgern. Die Budgets sind insgesamt breiter gestreut. Es ist aber zu beachten, dass in den letzten Jahren viele Projekte in den USA und in Deutschland nicht mehr direkt einzelnen Energieträgern zuordnet werden konnten, wodurch die Bewertung der strukturellen Entwicklung eingeschränkt wird. Vor allem Biokraftstoffe bzw. Biobrennstoffe haben in allen betrachteten Regionen, darunter insbesondere in den USA, strukturell hinzugewonnen. In Japan legte zudem die Windenergie, in Großbritannien die Meeresenergie und in Deutschland die geothermische Energie zu.

Abbildung 1: Struktur des Energieforschungsbudgets nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2014 – ausgewählte Länder

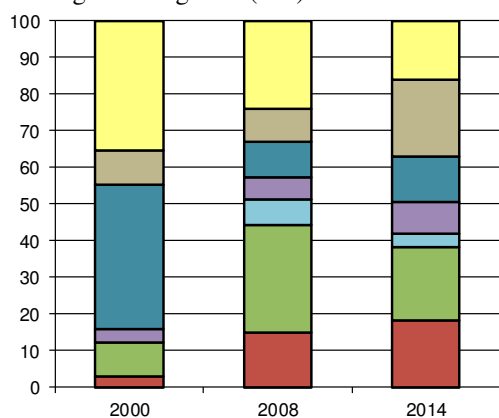
Deutschland (DE)



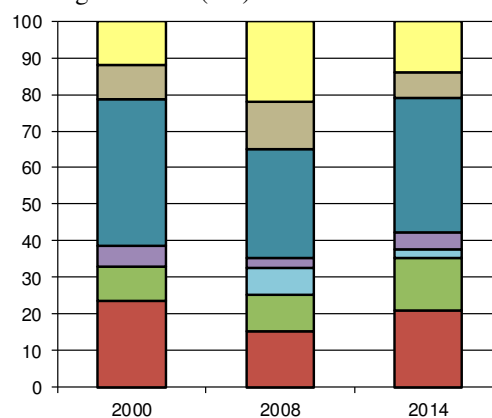
Frankreich (FR)



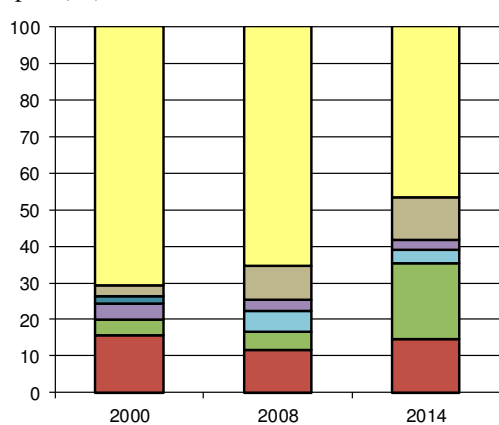
Vereinigtes Königreich (UK)



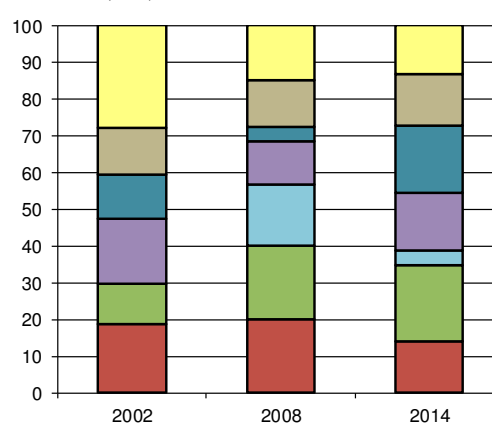
Vereinigte Staaten (US)



Japan (JP)



Südkorea (KR)



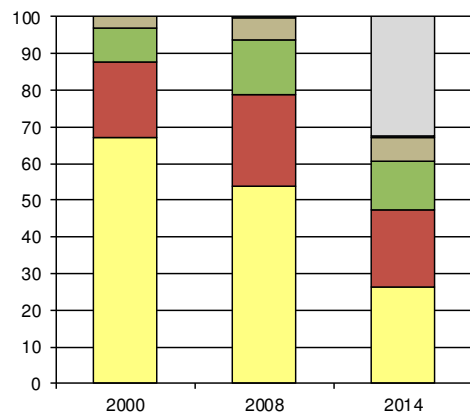
- Nuklearenergie
- Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)
- Wasserstoff- und Brennstoffzellen
- Energieeffizienz

- Fossile Energieträger
- Sonst. Stromerzeugungs- und Speichertechnologien
- Erneuerbare Energien

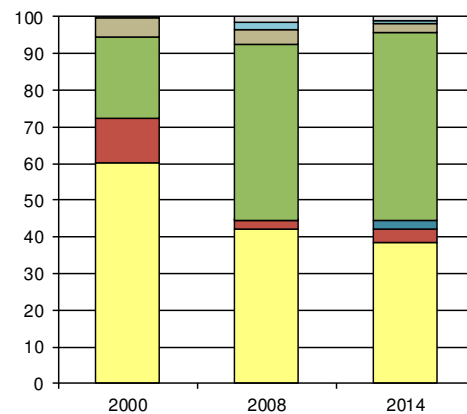
Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. – Berechnungen und Schätzungen des CWS

Abbildung 2: Struktur des Energieforschungsbudgets in den Erneuerbaren Energien nach Teilsegmenten 2000, 2008 und 2014 – ausgewählte Länder

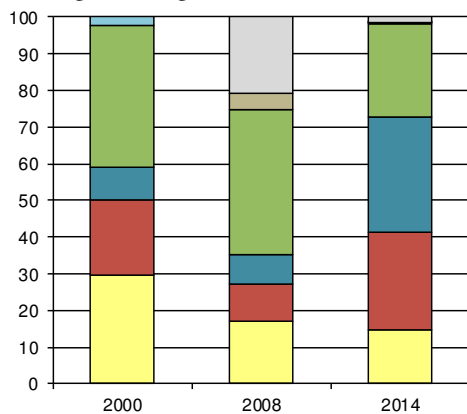
Deutschland (DE)



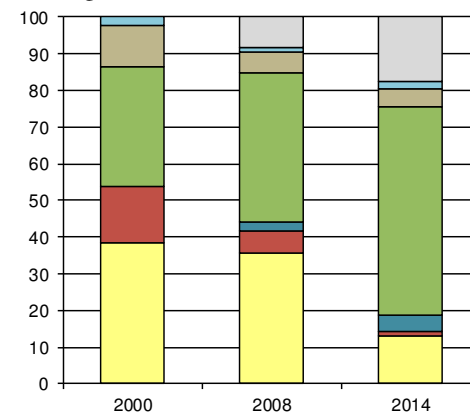
Frankreich (FR)



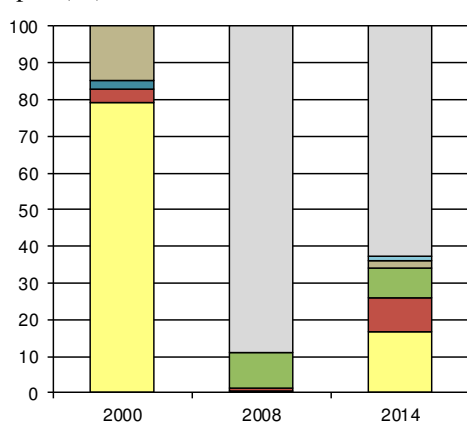
Vereinigtes Königreich (UK)



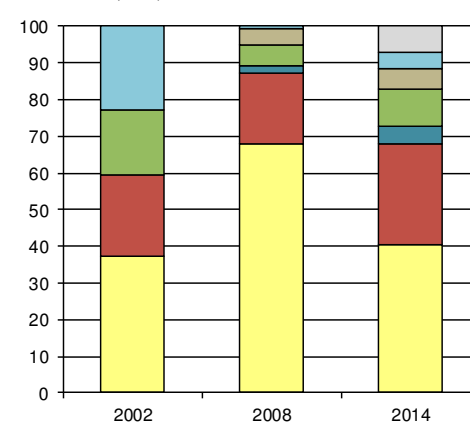
Vereinigte Staaten (US)



Japan (JP)



Südkorea (KR)



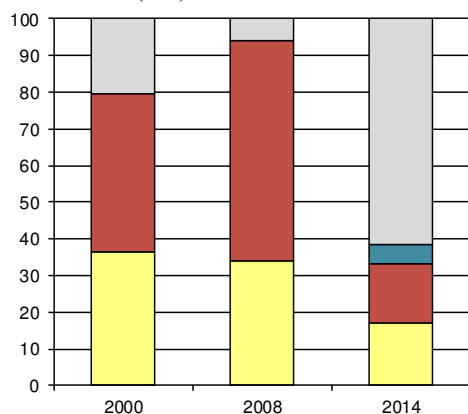
- Einzelnen Energiequellen nicht zurechenbar
- Geothermische Energie
- Meeresenergie
- Solarenergie

- Hydroelektrizität
- Bioenergie
- Windenergie

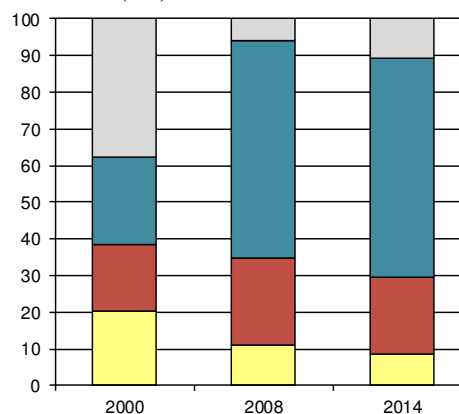
Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. – Berechnungen und Schätzungen des CWS

Abbildung 3: Struktur des Forschungsbudgets im Bereich Energieeffizienz 2000, 2008 und 2014 – ausgewählte Länder

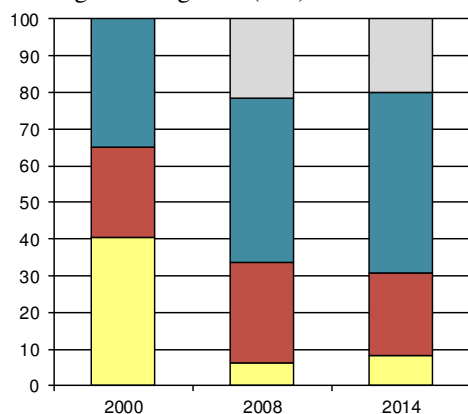
Deutschland (DE)



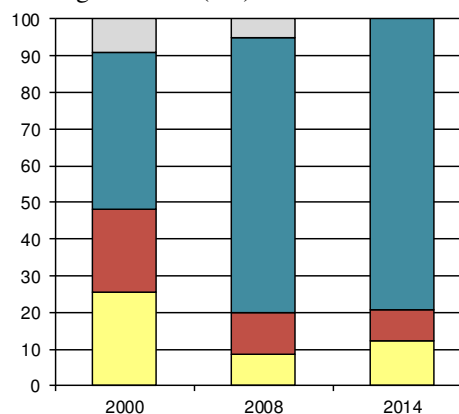
Frankreich (FR)



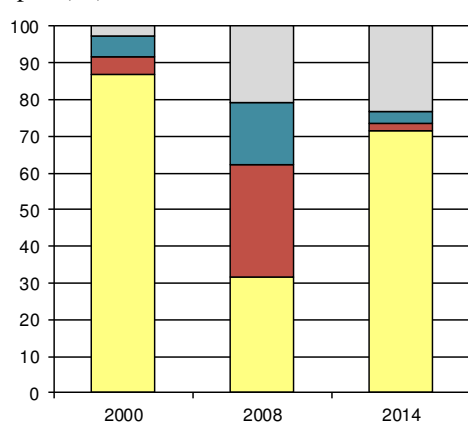
Vereinigtes Königreich (UK)



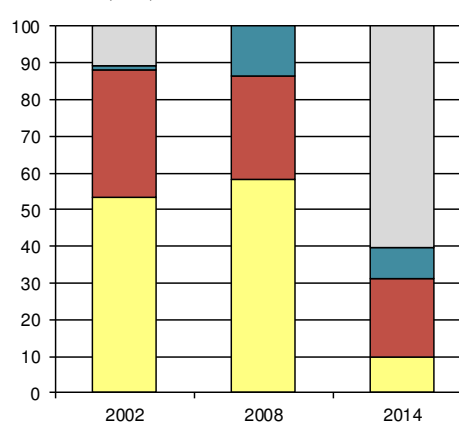
Vereinigte Staaten (US)



Japan (JP)



Südkorea (KR)



keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar
 Verkehr

Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte
 Industrie

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

Auch die Forschungsbudgets zur Verbesserung der Energieeffizienz haben in Deutschland und einer Reihe weiterer europäischer Länder seit 2000 an Bedeutung gewonnen. Der Anteil am gesamten FuE&D-Budget ist in Deutschland von 3 % auf 23 % im Jahr 2014 gestiegen. Der strukturelle Gewinn seit 2008 ist vor allem auf die Kategorie „nicht zugewiesene Energieeffizienz“ zurückzuführen (Abbildung 3 und Tabelle 21 im Anhang). Hierin enthalten sind u. a. Mittel aus den Bereichen Abwärmenutzung, Fernwärme und -kühlung, Verkehrsmanagementsysteme oder Forschungsförderung zu Energieeffizienzverbesserungen in Land- und Forstwirtschaft.⁹ Andere Länder konzentrieren ihre Forschungsmittel zur Verbesserung der Energieeffizienz sehr viel stärker auf einzelne Felder. So weisen z. B. in den USA, Frankreich und Großbritannien der Verkehrssektor und in Japan die Industrie Schwerpunkte auf.

2.3 FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in ausgewählten Energietechnologien

Im Gegensatz zu den staatlichen FuE-Budgets gibt es hinsichtlich der FuE-Aufwendungen der Wirtschaft nach klimaschutzrelevanten Technologien keine vergleichbare Datenquelle, die eine entsprechende Differenzierung nach Ländern und Technologiefeldern im Zeitverlauf ermöglicht.¹⁰ Teilweise kann diese Lücke jedoch mittels Daten des Strategic Energy Technologies Information System (SETIS) der Europäischen Union gefüllt werden. In dessen Rahmen werden für europäische Länder (EU-28 plus Norwegen und Schweiz) seit 2009 regelmäßig Schätzungen zu den öffentlichen und privaten FuE-Aufwendungen in den im European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) genannten CO₂-armen Energietechnologien (priority technologies) vorgenommen.¹¹ Hierzu gehören neben Wind und Solar die Felder Meeresenergie (ocean), Carbon capture and storage (CCS), Energietransport und -verteilung (grids), Energiespeicherung (energy storage), Brennstoff- und Wasserstoffzellen (fuel cells and hydrogen) sowie Kernspaltung (nuclear fission). Während die dort ausgewiesenen Angaben zu den öffentlichen FuE-Investitionen im Wesentlichen auf den IEA-Statistiken zu den nationalen Budgets für Energieforschung und Demonstrationsprojekte beruhen (vgl. Abschnitt 2.2), handelt es sich bei den Angaben zu den FuE-Aufwendungen der Wirtschaft weitestgehend um Schätzungen. Diese beruhen auf verfü-

⁹ Vgl. International Energy Agency (IEA) 2011, 2015.

¹⁰ Die OECD-Datenbank weist hier lediglich für Österreich, die Schweiz, Spanien und Korea lückenhafte Daten für die Jahre 2008 bis 2014 aus, vgl. http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=GERD_OBJECTIVE_NABS2007 (Stand 17.5.2017).

¹¹ Vgl. <https://setis.ec.europa.eu/> und Corsatea et al. 2015.

baren 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. Fehlende Informationen zu den FuE-Aufwendungen werden mit Hilfe von durchschnittlichen technologiespezifischen Patentanmeldungen approximiert. Durch die Einbeziehung der führenden europäischen Unternehmen dürfte die regionale Verteilung hinsichtlich der FuE-Investitionen in Europa ausreichend abgebildet sein. Hingegen sind die differenzierten absoluten Werte mit Vorsicht zu interpretieren, da die Schätzung fehlender Angaben zu den FuE-Aufwendungen auf Basis von Patentinformationen mit hohen Unsicherheiten verbunden ist. Zudem ist der direkte Vergleich mit den Vorgängerstudien aus den Jahren 2002 und 2009 aufgrund geänderter Berichterstattung problematisch, sodass keine Aussagen über den zeitlichen Verlauf zu treffen sind. Aktuell ist nur ein Querschnitt für das Jahr 2011 verfügbar, der Auskunft über die relativen Schwerpunkte der betrachteten europäischen Länder gibt (Tabelle 2).¹²

Tabelle 2: Anteile einzelner Länder an den gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in ausgewählten europäischen Ländern nach Energietechnologien 2011

Land	Insgesamt		Verteilung der erfassten Mittel auf Energietechnologien (Anteile an Insgesamt in %)								
	abs. in Mio. €	Anteil in %	Bioenergy	CCS	Grids	Energy Storage	Fuel Cells and Hydrogen	Nuclear Fission	Ocean Energy	Solar Energy	Wind Energy
AT	74,7	1,3	6,7	4,7	16,1	56,2	11,0	0,0	0,0	4,0	1,3
BE	61,2	1,1	0,0	2,1	8,2	16,3	9,6	34,3	0,0	26,1	3,3
DK	605,9	10,6	3,3	1,6	3,3	0,7	3,5	0,5	0,6	0,8	85,8
FI	88,1	1,5	18,2	3,0	9,1	23,8	29,5	0,0	8,5	5,7	2,3
FR	890,5	15,6	17,4	7,4	2,8	28,1	9,7	20,1	0,4	5,5	8,6
DE	2440,5	42,7	13,1	3,0	2,1	40,2	7,3	7,5	0,1	12,8	13,9
IT	199,1	3,5	33,1	5,0	4,0	23,1	7,0	0,6	0,0	17,6	9,5
NL	135,2	2,4	3,7	17,8	4,4	5,9	25,2	0,1	0,7	32,6	9,6
PL	8,3	0,1	0,0	0,4	12,1	84,7	0,0	0,4	0,0	2,4	0,0
ES	260,8	4,6	22,6	2,3	7,3	2,3	3,0	17,3	0,0	4,6	40,6
SE	211,7	3,7	46,8	0,1	4,7	20,3	6,6	13,2	3,1	3,3	1,9
UK	358,5	6,3	31,0	11,4	8,1	10,9	12,8	4,7	9,1	1,1	10,9
CH	202,8	3,5	11,3	21,2	23,2	18,2	2,4	1,5	0,0	19,2	3,0
übrige ins-gesamt	176,8	3,1	5,7	39,1	4,5	13,0	9,2	8,3	1,1	9,5	9,6
	5714,0	100,0	15,5	6,1	4,4	26,5	8,1	8,7	1,1	9,6	20,1

Quelle: Corsatea et al. 2015, Eurostat. – Berechnungen des CWS

¹² Vgl. Corsatea et al. 2015.

Insgesamt werden im Rahmen des SETIS die FuE-Aufwendungen der Wirtschaft für die genannten 9 Technologiebereiche im Jahr 2011 auf 5,7 Mrd. Euro in den 30 europäischen Ländern geschätzt. Davon entfallen 97 % auf die hier berücksichtigten 13 großen Länder. Lediglich 177 Mio. Euro (3,1 %) werden den übrigen europäischen Ländern zugerechnet. Mit Abstand entfallen die höchsten FuE-Aufwendungen auf Deutschland (42,7 %), gefolgt von Frankreich (15,6 %) und Dänemark (10,6 %).

Im Durchschnitt aller 30 Länder entfallen die höchsten Anteile der FuE-Aufwendungen auf die Technologiefelder „Energiespeicherung“ (26,5 %), „Windenergie“ (20,1 %), und „Bioenergie“ (15,5 %). Hingegen spielen „Meeresenergie“ (1,1 %) sowie „Energietransport und -verteilung“ (4,4 %), gemessen an den erfassten FuE-Aufwendungen, in der europäischen Wirtschaft eine untergeordnete Rolle.

Die FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft konzentrieren sich vor allem im Bereich „Energiespeicherung“ (40,2 %), wofür u. a. die Automobilindustrie verantwortlich ist.¹³ Es folgen FuE in den Bereichen „Windenergie“ (13,9 %), „Bioenergie“ (13,1 %) und „Solarenergie“ (12,8 %). Dabei fallen die Anteile der FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft nur in den Bereichen „Energiespeicherung“ und „Solarenergie“ – gemessen an der Verteilung der Aufwendungen in ganz Europa – überdurchschnittlich aus (vgl. Gehrke und Schasse 2017).¹⁴

Die einzelnen Länder zeigen sehr unterschiedliche Spezialisierungsprofile: So weisen Österreich und Polen noch höhere Anteile von FuE-Mitteln für Energiespeicherung auf als Deutschland. Belgien hat Schwerpunkte bei Kernspaltung und Solarenergie, Dänemark bei Windenergie. In Finnland treten Brennstoffzellentechnik und Bioenergie hervor. Neben Großbritannien und Schweden gehört es zudem zu den wenigen Ländern, wo die Wirtschaft auch FuE-Mittel im Bereich der Meeresenergie einsetzt. In Frankreich gibt es relative Schwerpunkte bei Energiespeicherung und Kernspaltung. Die italienische Wirtschaft weist überdurchschnittliche FuE-Anteile bei Bioenergie und Solarenergie auf. In den Niederlanden sind es vor allem Solarenergie, Brennstoffzellen und CCS und in Spanien Windenergie, Bioenergie und Kernspaltung. In Schweden und Großbritannien tritt die Bioenergie besonders hervor, auch spielt Meerestechnologie hier eine Rolle. Neben Österreich ist

¹³ Vgl. Corsatea et al. 2015.

¹⁴ Nimmt man den Anteil der deutschen Wirtschaft an den FuE-Aufwendungen aller EU-Länder (BERD) als Maßstab und stellt diesem die jeweiligen Anteile des Landes bei den einzelnen Energietechnologien gegenüber, so zeigen sich überdurchschnittliche Anteile Deutschlands neben der Energiespeicherung und der Solartechnologie auch bei Bioenergie, Brennstoffzellentechnik und der Kernspaltung, vgl. Gehrke et al. 2018 (im Erscheinen).

die Schweiz das einzige Land, in dem überproportional Mittel der Wirtschaft für FuE im Bereich Energietransport und -verteilung (Netze) aufgewendet werden. Zudem gibt es in der Schweiz FuE-Schwerpunkte in den Bereichen CCS und Solarenergie.

3 Publikationen

3.1 Einleitung

In diesem Kapitel wird die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit mit Hinblick auf den Umwelt- und Klimaschutz weltweit und in einzelnen Ländern untersucht. Eine Methode, um insbesondere den Output von Wissenschaftssystemen zu analysieren und zu bewerten, ist die so genannte Bibliometrie, d. h. die systematische und zielgerichtete Nutzung der Informationen in wissenschaftlichen Veröffentlichungen. Hier hat sich aufgrund der Datenverfügbarkeit und der Aktualität der Daten sowie auch der Bedeutung in den meisten Disziplinen insbesondere die Verwendung von wissenschaftlichen Zeitschriftenbeiträgen etabliert. Der Unterschied der Bibliometrie zur Bibliographie ist, dass zusätzlich zu den bibliographischen Angaben wie Autorin/Autor, Institutionen, Veröffentlichungsdatum etc. auch die Informationen zu den referenzierten Veröffentlichungen genutzt werden. Damit wird es einerseits möglich zu erfassen, was von den jeweiligen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zitiert wird. Dies kann beispielsweise dazu genutzt werden, die Themen und Disziplinen näher zu bestimmen oder auch die Wissensbasis eines Themenstrangs zu identifizieren. Dieses Kapitel dokumentiert anhand empirischer Ergebnisse auf Basis bibliometrischer Daten die Entwicklung ausgewählter Länder sowie weltweit und bewertet auf dieser Grundlage die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit sowie deren thematische Schwerpunkte.

Für die Publikationsanalyse zu Umweltthemen wurde die Datenbank Scopus von Elsevier verwendet, welche pro Jahr ca. 2 Millionen Zeitschriftenveröffentlichungen (Article, Letter, Note, Review) erfasst. Gegenüber dem Jahr 2000 hat sich die Anzahl der Veröffentlichungen nahezu verdoppelt, wobei anzumerken ist, dass die Datenbank Scopus eine breitere Abdeckung erst ab etwa Mitte der 2000er Jahre erreicht. Aus diesem Grund bezieht sich die vorliegende Untersuchung auf die Jahre 2005 bis 2015, da für diesen Zeitraum eine solide Datenbasis gegeben ist.

Zur Abgrenzung des Umweltbereichs wurden 14 relevante Scopus-Felder identifiziert:

- Renewable Energy, Sustainability and the Environment,
- Environmental Science (all),
- Environmental Science (miscellaneous),
- Ecological Modeling,
- Ecology,
- Environmental Chemistry,
- Environmental Engineering,

- Global and Planetary Change,
- Health, Toxicology and Mutagenesis,
- Management, Monitoring, Policy and Law,
- Nature and Landscape Conservation,
- Pollution,
- Waste Management and Disposal,
- Water Science and Technology,

welche sowohl einzeln als auch insgesamt im Zeitverlauf betrachtet werden. Es wird ersichtlich, dass die in SCOPUS angelegten Teilfelder zum einen stärker auf die Erklärung der Umweltbelastung und ihre Folgen abzielende Journals bündeln, zum anderen aber auch Journals zu Umwelttechnologien und Managementaspekten, die enger mit dem Umwelt- und Klimaschutz verbunden sind. Darüber hinaus gibt es allgemeine Kategorien, die Journals mit einer breiten Ausrichtung umfassen. Gerade diese Journals können dann einzelne Artikel zu den unterschiedlichsten Umweltthemen enthalten. Dies erhöht den Unschärfebereich, mit dem mit diesem Ansatz Publikationszahlen zu den einzelnen Teilfeldern identifiziert werden können.

Im Folgenden werden die wissenschaftlichen Zeitschriften-Veröffentlichungen zum Umwelt- und Klimaschutz untersucht. Dabei wird sowohl für den aggregierten Gesamtbereich als auch für die Teilfelder die Dynamik der Publikationen über die Zeit in absoluten und anteiligen Zahlen ausgewertet. Außerdem werden in einer weiteren Analyse die Schwerpunkte ausgewählter Länder identifiziert.

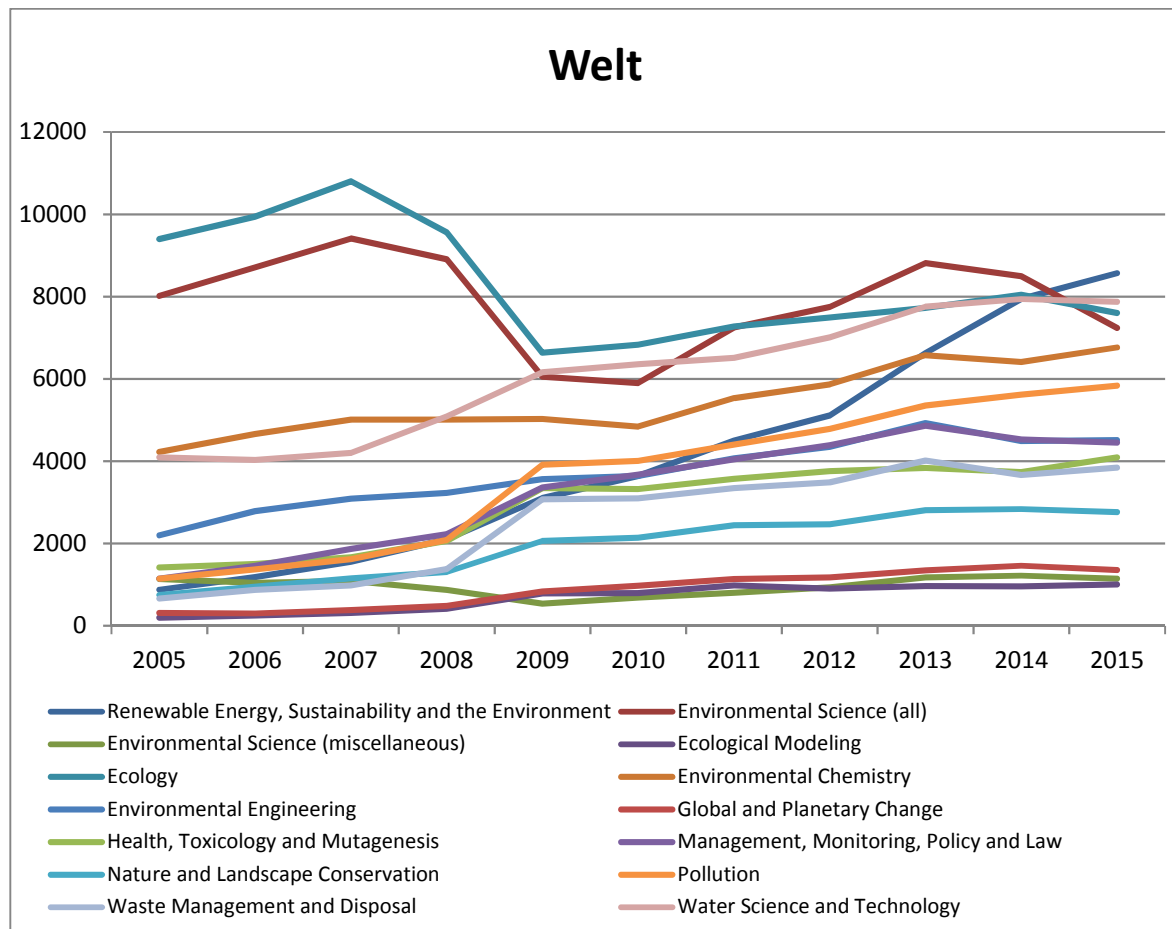
Für alle Indikatoren werden die Publikationen fraktioniert ausgewertet. Diese Zählweise unterscheidet sich von der Whole-Count-Zählweise, welche Publikationen absolut gezählt auswertet, d. h. eine Publikation immer als Ganzes zählt. Bei der fraktionierten Zählweise wird eine Publikation dagegen anteilig ausgewertet. Wissenschaftliche Publikationen werden zunehmend von mehreren Autorinnen und Autoren aus unterschiedlichen Ländern publiziert. So wurden beispielsweise im Jahr 2006 44 % aller Publikationen mit deutscher Herkunft gemeinsam mit mindestens einem ausländischen Partner verfasst (Hinze et al. 2008). Bei der Whole-Count-Zählweise der Länder wird jedem vorkommenden Land in einer Publikation einmal der Wert 1 zugewiesen, das mehrmalige Erscheinen eines Landes wird nicht berücksichtigt. Bei der fraktionierten Zählweise ergibt sich der Anteil eines Landes an einer Publikation aus der Zahl der beteiligten Institutionen des Landes. Wird eine Publikation beispielsweise von Autorinnen und Autoren aus zwei deutschen und zwei französischen Institutionen verfasst, wird diese nach der fraktionierten Zählweise Deutschland und Frankreich je zur Hälfte zugerechnet. Auch die Einordnung einer Publikation zu mehreren Feldern resultiert in einer anteiligen Zuordnung der Publikationen zu jedem Feld. Aus mathematisch-statistischer Sicht liegt die Verwendung der fraktionierten Zählweise nahe. Denn summiert man die einzelnen Anteile der fraktionierten Zählung, entspricht das Resultat der Anzahl der weltweiten Gesamtpublikationen. Summiert man die Länder- und Felderanteile der Whole-Count-Zählweise, so liegt die Summe der Anteile über der Anzahl

der weltweiten Gesamtpublikationen. Abgeleitete Indikatoren, die auf Grundlage der fraktionierten Zählweise ermittelt werden, können dementsprechend einfacher interpretiert werden. Aus diesem Grund wird im gesamten Bericht nur die fraktionierte Zählweise verwendet.

3.2 Anzahl der Publikationen im Bereich Umwelt- und Klimaschutz

Weltweit lassen sich im Zeitraum 2013-15 ca. 3 % aller Publikationen dem Umwelt- und Klimaschutz zuordnen, in den Jahren 2005-07 waren es noch 2 %. In Abbildung 4 sind die Publikationszahlen weltweit in den einzelnen Teilfeldern über einen Zeitraum von 2005 bis 2015 abgebildet. Hier sticht die sehr hohe Dynamik des Feldes „Renewable Energy, Sustainability and the Environment“ hervor, welches sich von knapp 900 Publikationen im Jahr 2005 auf ein Zehnfaches im Jahr 2015 gesteigert hat. Dieses Feld kann von den hier betrachteten Feldern als das am stärksten klimaschutzbezogene Feld angesehen werden. Da die SCOPUS-Klassifikation auf einer Einteilung von Journals zu aggregierten Feldern basiert, ist ein direkter Klimaschutz-Bezug des Feldes (und der zugrundeliegenden Publikationen) jedoch nur bedingt möglich. Die jährliche Wachstumsrate (CAGR) des Feldes liegt bei 26 % zwischen 2005 und 2015. Auch „Waste Management and Disposal“, „Ecological Modeling“, „Pollution“ und „Global and Planetary Change“ zeigen sich mit Wachstumsraten zwischen 15 % und 20 % dynamisch. Mit fast 9.000 Publikationen im Jahr 2015 ist „Renewable Energy, Sustainability and the Environment“ nicht nur das dynamischste, sondern auch das am aktuellen Rand publikationsstärkste Feld. Die Felder „Water Science and Technology“, „Ecology“, „Environmental Science (all)“, „Environmental Chemistry“ und „Pollution“ positionieren sich mit 5.000 bis 8.000 Publikationen im Jahr 2015 ebenfalls in der oberen Hälfte. Während „Ecology“ und „Environmental Science (all)“ am unteren Rand die mit Abstand höchsten Publikationszahlen (8.000 bis 11.000) vorweisen, lässt sich zwischen 2007 und 2009 ein starker Rückgang der Zahlen beobachten. Durch ein gleichzeitiges Ansteigen der Publikationszahlen fast aller restlichen Felder findet eine Annäherung der Zahlen statt, wobei die ehemals stärksten Felder am aktuellen Rand auf Platz drei und vier absinken. Die Entwicklung ab 2007 lässt auf eine stärkere Herausbildung von unterschiedlichen spezifischen Themen schließen, da die eher allgemein definierten Felder wie „Ecology“, „Environmental Science (all)“ und „Environmental Science (miscellaneous)“ einen Rückgang der Publikationen verzeichnen, während die enger gefassten Felder kontinuierlich wachsen.

Abbildung 4: Anzahl* der weltweiten Zeitschriftenveröffentlichungen in den Teilfeldern (2005-2015)

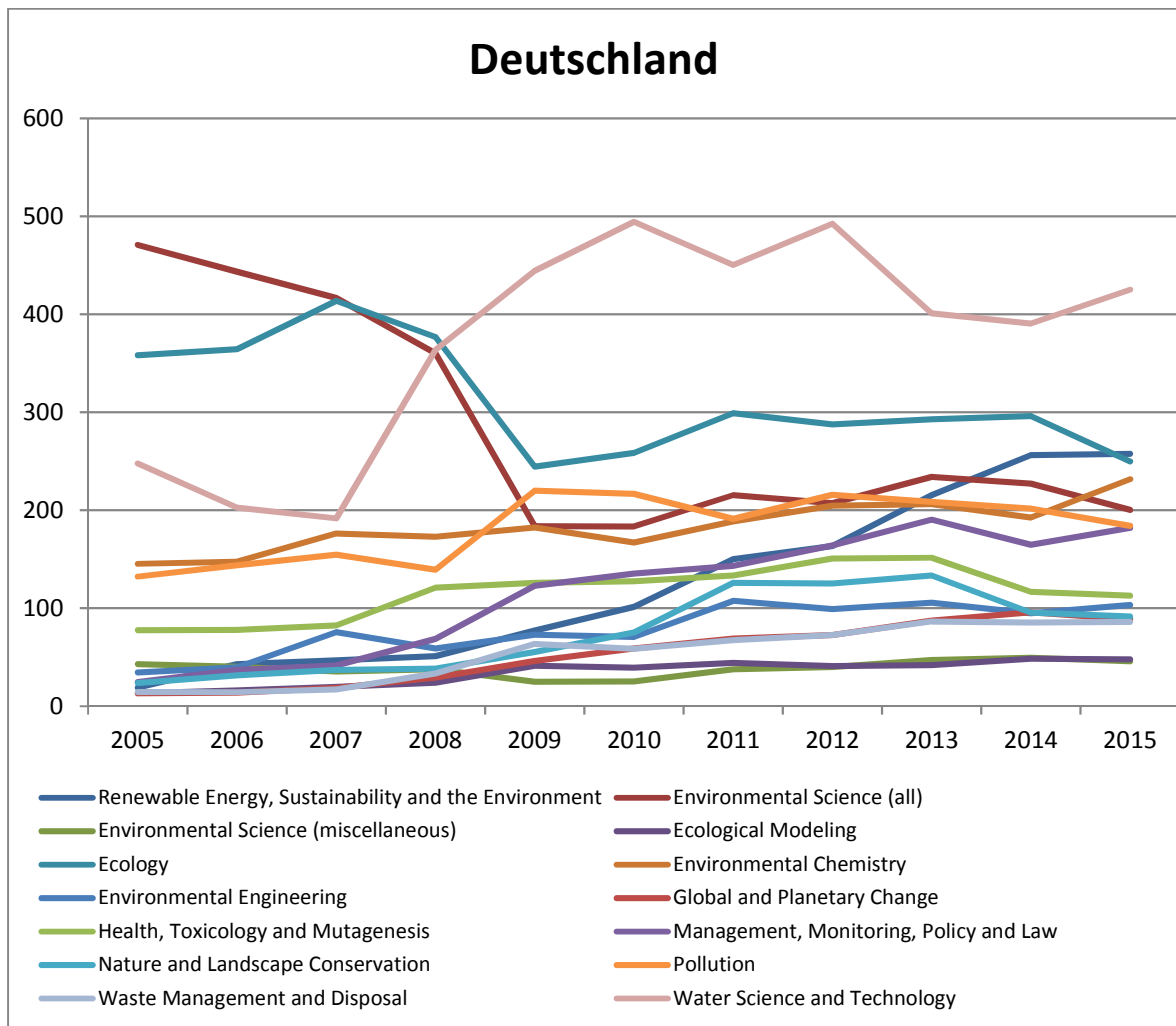


* Gezählt wird nach der fraktionierten Zählweise, d. h. jede Veröffentlichung wird anteilig den jeweils genannten Feldern zugerechnet.

Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

In Abbildung 5 sind die Publikationszahlen Deutschlands abgebildet. Die höchste jährliche Wachstumsrate zeigt sich ebenfalls für „Renewable Energy, Sustainability and the Environment“ mit 30 %. Die Felder „Environmental Science (miscellaneous)“ (1 %), „Ecology“ (- 4 %) und „Environmental Science (all) (- 8 %)“ verzeichnen auch für Deutschland die niedrigsten Wachstumsraten. Weiterhin zeigen sich „Management, Monitoring, Policy and Law“ (22 %), „Global and Planetary Change“ (21 %) und „Waste Management and Disposal“ (19 %) sehr dynamisch, „Pollution“ weist mit einer CAGR von 3 % eine deutlich geringere Wachstumsrate auf als weltweit. „Water Science and Technology“, welches am unteren Rand zwischen 200 und 300 Veröffentlichungen verzeichnet, kann sich zwischen 2007 und 2010 auf das Doppelte steigern und stellt mit mehr als 400 Publikationen im Jahr 2015 das mit Abstand publikationsstärkste Feld dar.

Abbildung 5: Anzahl* der Zeitschriftenveröffentlichungen in den Teilfeldern (2005-2015) in Deutschland



* Gezählt wird nach der fraktionierten Zählweise, d. h. jede Veröffentlichung wird anteilig den jeweils genannten Ländern und Feldern zugerechnet.

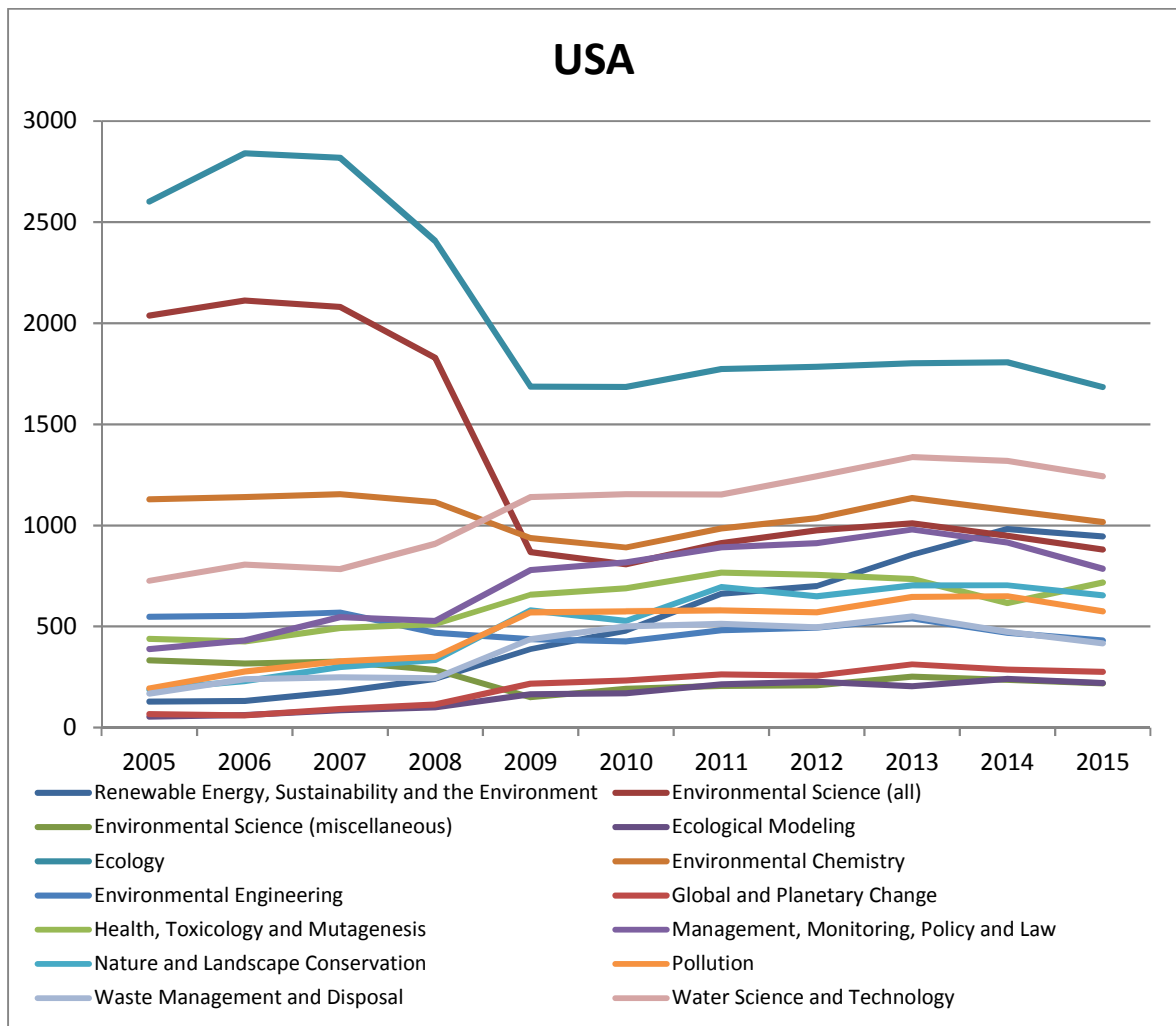
Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 6 zeigt die Anzahl der Publikationen in den Teilfeldern in den USA. Auch in den USA verzeichnet „Renewable Energy, Sustainability and the Environment“ mit 22 % die höchste jährliche Wachstumsrate. Außerdem lässt sich eine hohe Dynamik für „Ecological Modeling“ (15 %) und „Global and Planetary Change“ (15 %) beobachten. Für die allgemeiner definierten Felder zeigt sich ein starker Rückgang der Publikationen. Die Publikationszahlen des Feldes „Ecology“ halten sich seit dem Abfall zwischen 2007 und 2009 auf knapp 1.700 konstant und somit ist das Feld im Jahr 2015 das publikationsstärkste. „Water Science and Technology“ steigert sich von ca. 700 Veröffentlichungen im Jahr 2005 auf mehr als 1.200 Publikation im Jahr 2015, sodass es am aktuellen Rand die zweithöchste Publikationsanzahl aufweist.

In Abbildung 7 sind die Publikationszahlen Japans abgebildet. Im Gegensatz zu den restlichen Ländern zeigt „Renewable Energy, Sustainability and the Environment“ mit einer jährlichen Wachstumsrate von 17 % zwar ebenfalls eine hohe Dynamik, diese ist jedoch mit dem Wachstum anderer Felder („Management, Monitoring, Policy and Law“ (18 %), „Waste Management and Disposal“ (16 %), „Nature and Landscape Conservation“ (16 %)) vergleichbar. Die allgemeiner definierten Felder, „Ecology“ (- 5 %), „Environmental Science (all)“ (- 6 %), „Environmental Science (miscellaneous)“ (- 9 %), aber auch „Water Science and Technology“ (- 1 %) verzeichnen negative jährliche Wachstumsraten. Mit ca. 200 Publikationen im Jahr 2015 stellen „Renewable Energy, Sustainability and the Environment“ und „Environmental Engineering“ die Felder mit den meisten Veröffentlichungen dar.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass sich die Publikationen im Bereich Umwelt- und Klimaschutz weltweit dynamisch entwickeln und heute knapp 3 % aller Publikationen in diesem Bereich veröffentlicht werden. Während in früheren Jahren Publikationen eher allgemeinen Feldern wie „Ecology“ und „Environmental Science (all)“ zugeordnet wurden, lässt sich seit 2007 die Herausbildung spezifischerer Teilgebiete beobachten. Publikationen im Feld Erneuerbare Energien und Nachhaltigkeit („Renewable Energy, Sustainability and Environment“) haben sich am dynamischsten entwickelt und stehen 2015 weltweit an erster Position mit knapp 9.000 Publikationen. In Deutschland und den USA ähneln sich hierbei die Entwicklungen, wobei „Water Science and Technology“ in Deutschland und „Ecology“ in den USA die publikationsstärksten Felder darstellen. In Japan lässt sich ebenfalls eine hohe Dynamik der Erneuerbaren Energien beobachten, welche jedoch mit der Dynamik anderer Felder vergleichbar ist. Hier sind „Renewable Energy, Sustainability and the Environment“ und „Environmental Engineering“ die Felder mit den meisten Veröffentlichungen.

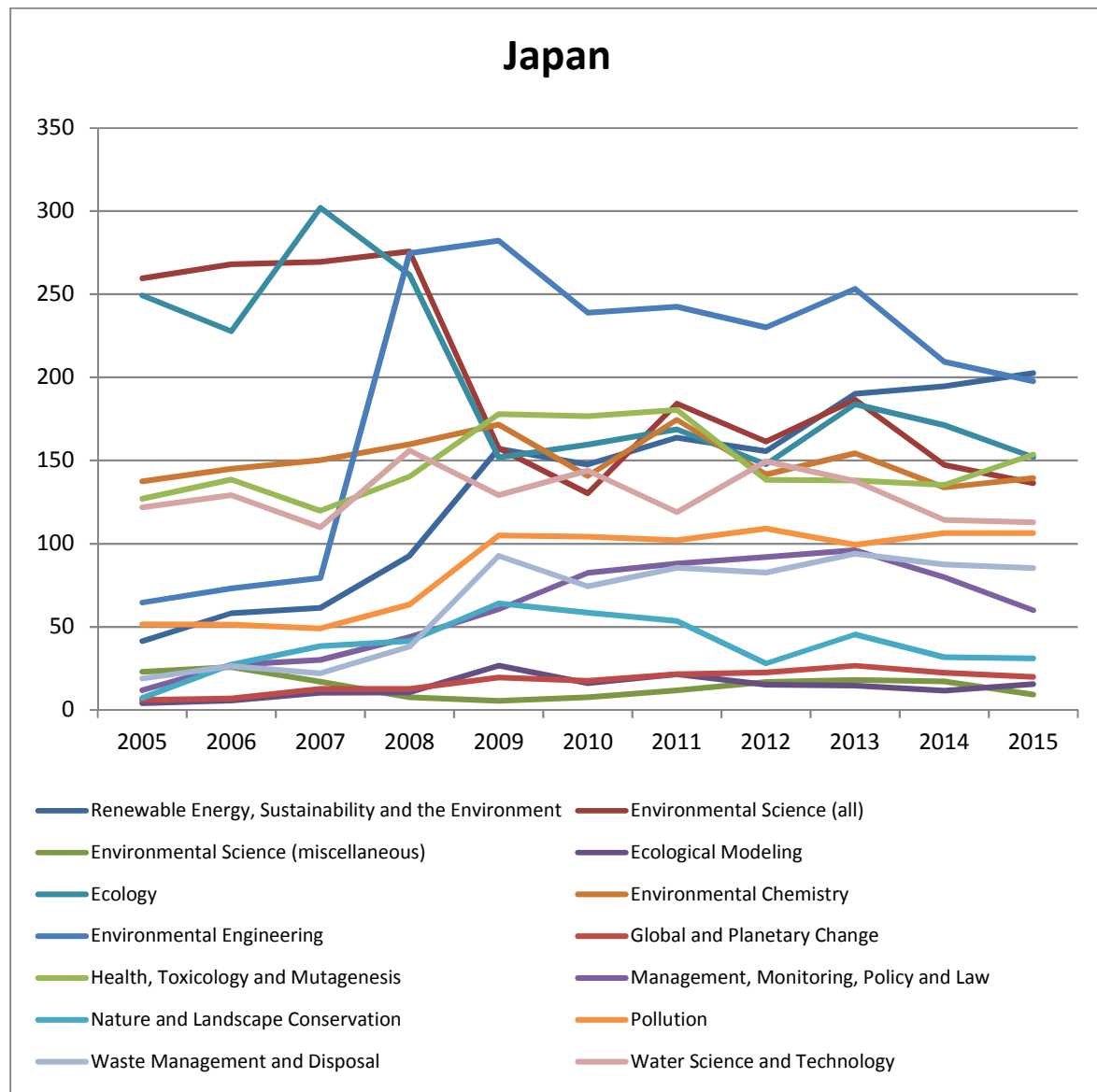
Abbildung 6: Anzahl* der Zeitschriftenveröffentlichungen in den Teilfeldern (2005-2015)
in den USA



* Gezählt wird nach der fraktionierten Zählweise, d. h. jede Veröffentlichung wird anteilig den jeweils genannten Ländern und Feldern zugerechnet.

Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 7: Anzahl* der Zeitschriftenveröffentlichungen in den Teilfeldern (2005-2015) in Japan



* Gezählt wird nach der fraktionierten Zählweise, d. h. jede Veröffentlichung wird anteilig den jeweils genannten Ländern und Feldern zugerechnet.

Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

3.3 Anteile der Publikationen im Bereich Umwelt- und Klimaschutz

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Publikationszahlen im Bereich Umwelt- und Klimaschutz der einzelnen Länder werden diese in Relation zu den jeweiligen Gesamtpublikationszahlen eines Landes gesetzt. Dadurch lassen sich die Anteile und somit auch die Stellung, welche die Umweltpublikationen in den jeweiligen Ländern gemessen am gesamten wissenschaftlichen Output einnehmen, feststellen und vergleichen.

In Abbildung 8 sind die Anteile der Publikationen im Bereich Umwelt an allen Veröffentlichungen eines Landes dargestellt. Finnland und Südafrika (5 % in 2013-15) weisen den größten Anteil ihrer Publikationen im Bereich Umwelt auf, Deutschland und die USA veröffentlichen knapp 3 % ihrer wissenschaftlichen Arbeiten in diesem Bereich. Japan, Israel und Russland belegen mit knapp 2 % Umweltpublikationen die untersten Positionen. Bei Betrachtung der Entwicklung zwischen 2005 und 2015 zeigen China mit einer Steigerung von 1,6 Prozentpunkten und Polen mit einer Steigerung von 1,3 Prozentpunkten die höchste Dynamik, Deutschland erweitert seinen Anteil um 0,4 Prozentpunkte. In Südafrika (- 1,9), Indien (- 1,0), Finnland, Schweden, den USA, Dänemark und der Schweiz (- 0,1 bis - 0,4) sinken die Anteile der Umweltpublikationen zwischen 2005 und 2013.

Abbildung 8: Anteil der Zeitschriftenveröffentlichungen im Bereich Umwelt an allen Veröffentlichungen eines Landes (2005-07, 2013-15)

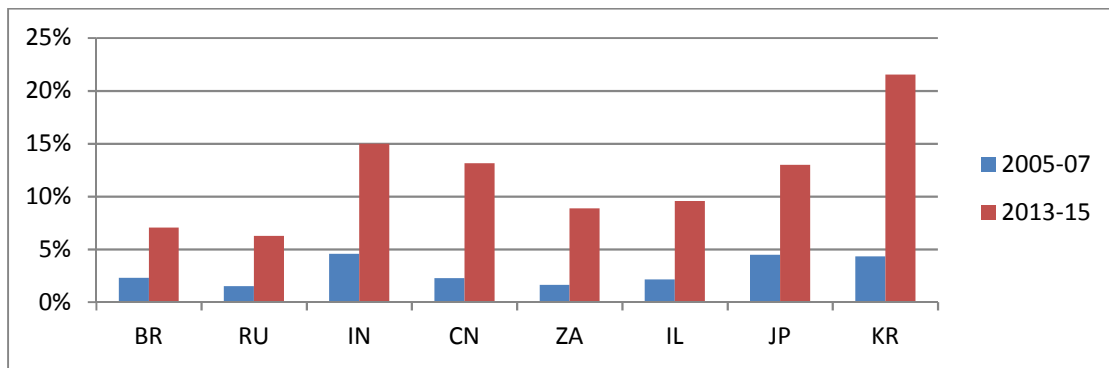


Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

In Abbildung 9 sind die Anteile der Publikationen im Feld „Renewable Energy, Sustainability und Environment“ an allen Veröffentlichungen im Bereich Umwelt eines Landes dargestellt. Südkorea (22 % in 2013-15) und Dänemark (17 % in 2013-15) weisen den größten Anteil ihrer Publikationen im Feld „Renewable Energy, Sustainability und Environment“ auf, Deutschland und die USA bewegen sich mit 10 % bzw. 9 % im unteren Mittelfeld. Russland (6 %) und Polen (4 %) belegen die untersten Positionen. Bei Betrachtung der Entwicklung der Publikationen zwischen 2005 und 2015 zeigen Südkorea mit einer Steigerung von 17 Prozentpunkten, China mit einer Steigerung von 11 Prozentpunkten und Indien mit einer Steigerung von 10 Prozentpunkten die höchste Dynamik; Deutschland erweitert seinen Anteil um 8 Prozentpunkte, die USA um 7 Prozentpunkte. Den geringsten Anstieg der Publikationen zwischen 2005 und 2013 verzeichnen die Schweiz, Russland und Brasilien (5 Prozentpunkte) sowie Polen (3 Prozentpunkte). Insgesamt gesehen zeigen alle betrachteten Länder eine Steigerung des Publikationsanteils im Feld „Renewable Energy, Sustainability und Environment“ an allen Veröffentlichungen im Bereich Umwelt.

Abbildung 9: Anteil der Zeitschriftenveröffentlichungen im Feld „Renewable Energy, Sustainability und Environment“ an allen Veröffentlichungen im Bereich Umwelt eines Landes (2005-07, 2013-15)





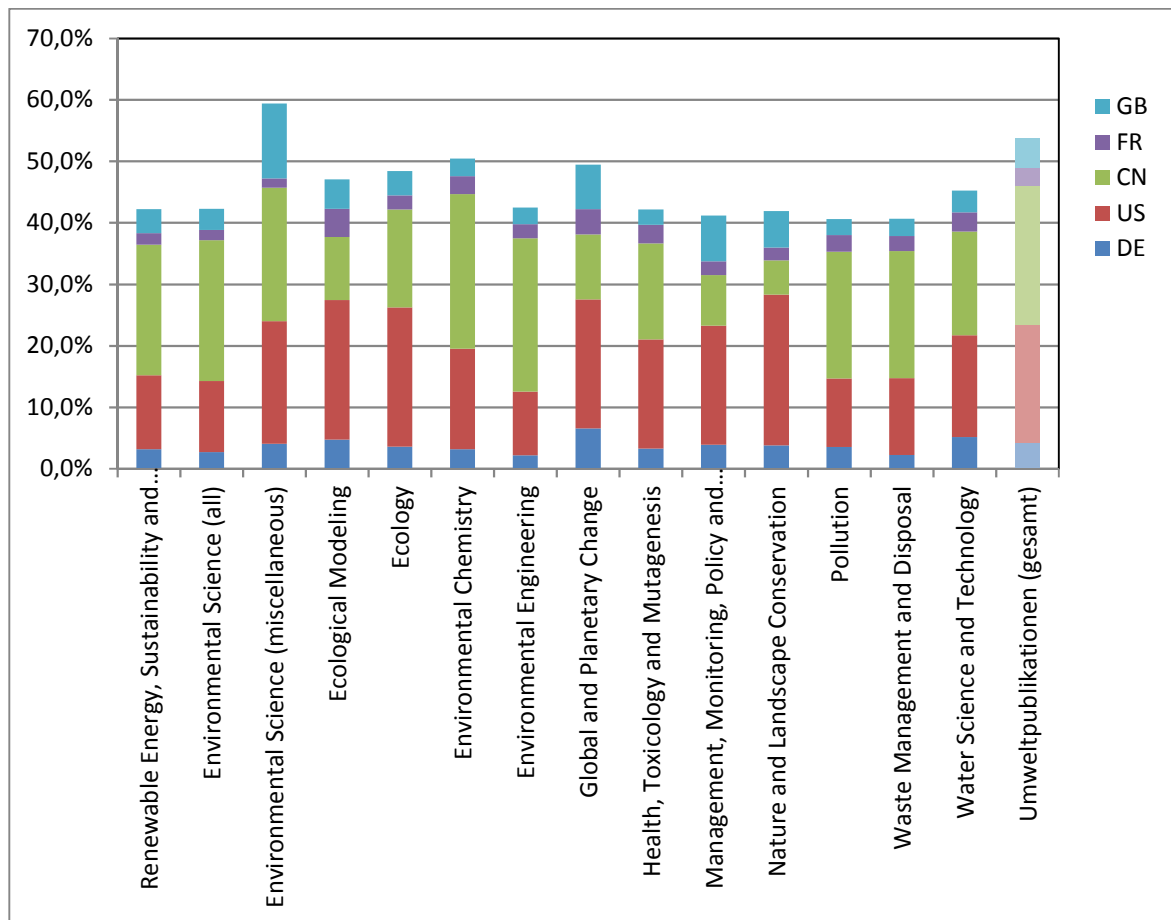
Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

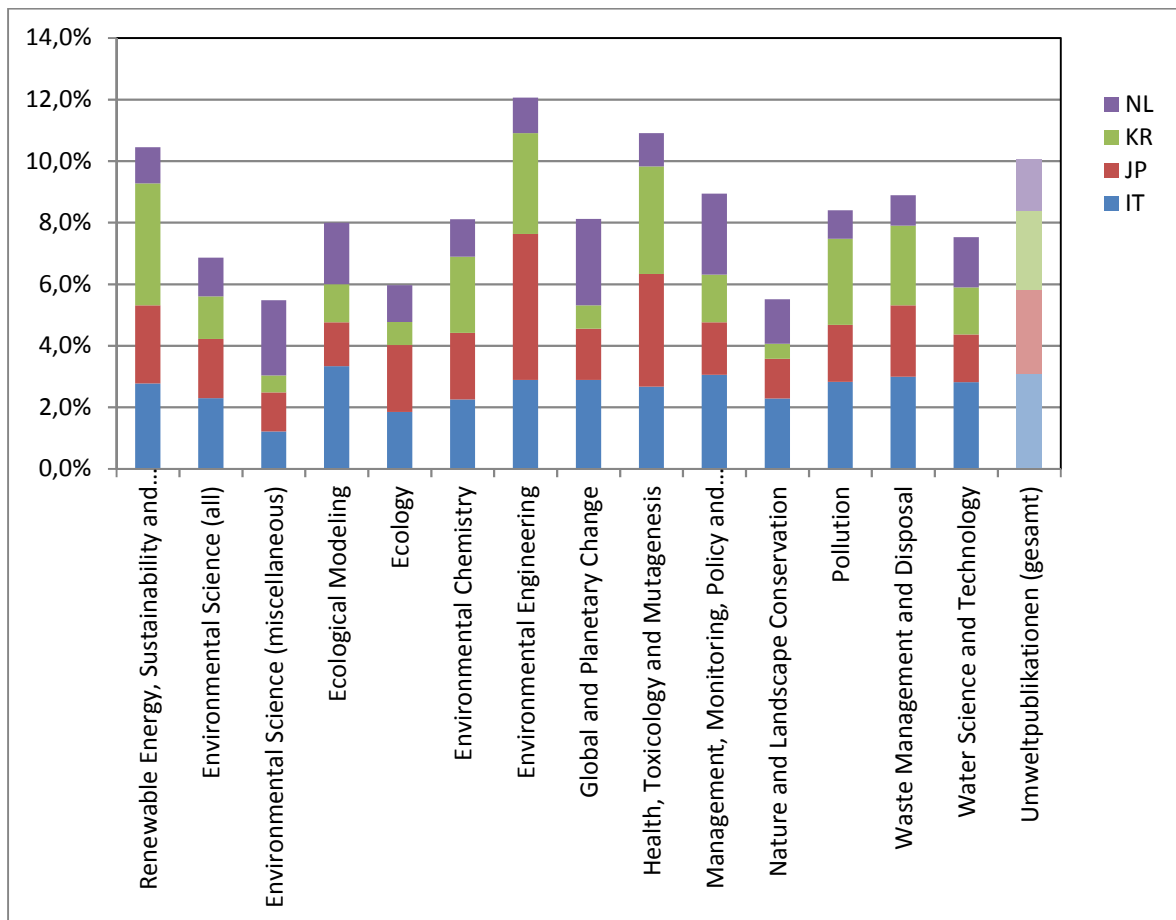
Abbildung 10 zeigt die Anteile der Publikationen ausgewählter Länder an den Publikationen weltweit in den einzelnen Umweltteilmereichen sowie über alle Umweltpublikationen. Den größten Anteil aller Umweltpublikationen nehmen China mit 23 % und die USA mit 19 % ein. 5 % aller Umweltpublikationen stammen aus Großbritannien und 4 % aus Deutschland.

In den Feldern „Ecological Modeling“, „Ecology“, „Global and Planetary Change“, „Management, Monitoring, Policy and Law“, „Nature and Landscape Conservation“ ist der Anteil der aus den USA stammenden Publikationen mit 20 % bis 25 % deutlich höher als der aus China stammende Anteil mit 6 % bis 16 %. Am größten ist Deutschlands Anteil der Umweltpublikationen im Bereich „Global and Planetary Change“ mit 7 %.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Umweltpublikationen in Finnland und Südafrika die höchste und in Japan, Russland und Israel die niedrigste Stellung einnehmen. China und Polen zeigen sich bei der Entwicklung der Umweltforschung am dynamischsten. Bei Untersuchung der Umweltpublikationen weltweit nehmen China und die USA die größten Anteile ein, wobei in den Feldern „Ecological Modeling“, „Ecology“, „Global and Planetary Change“, „Management, Monitoring, Policy and Law“, „Nature and Landscape Conservation“ der Anteil der USA deutlich höher ist als der Anteil Chinas. Deutschland verzeichnet im Vergleich zu anderen Teilfeldern seinen höchsten Anteil im Bereich „Global and Planetary Change“.

Abbildung 10: Anteil der Zeitschriftenveröffentlichungen ausgewählter Länder an den Veröffentlichungen weltweit in den Teilbereichen (2013-15)





Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

3.4 Spezialisierungsprofile im Bereich Umwelt- und Klimaschutz

Die Spezialisierungsprofile einzelner Länder können mit Hilfe des RLA-Indexes (Revealed Literature Advantage) berechnet werden.

Der RLA-Index ist definiert als

$$RLA_{kx} = 100 \tan \left(\ln \left(\frac{P_{kx}/P_k}{P_x/P} \right) \right)$$

RLA_{kx} : RLA für das Land k im Feld x

P_k : Anzahl Publikationen im Land k

P_x : Anzahl Publikationen im Feld x

P_{kx} : Anzahl Publikationen im Land k im Feld x

P : Anzahl Publikationen gesamt (Welt).

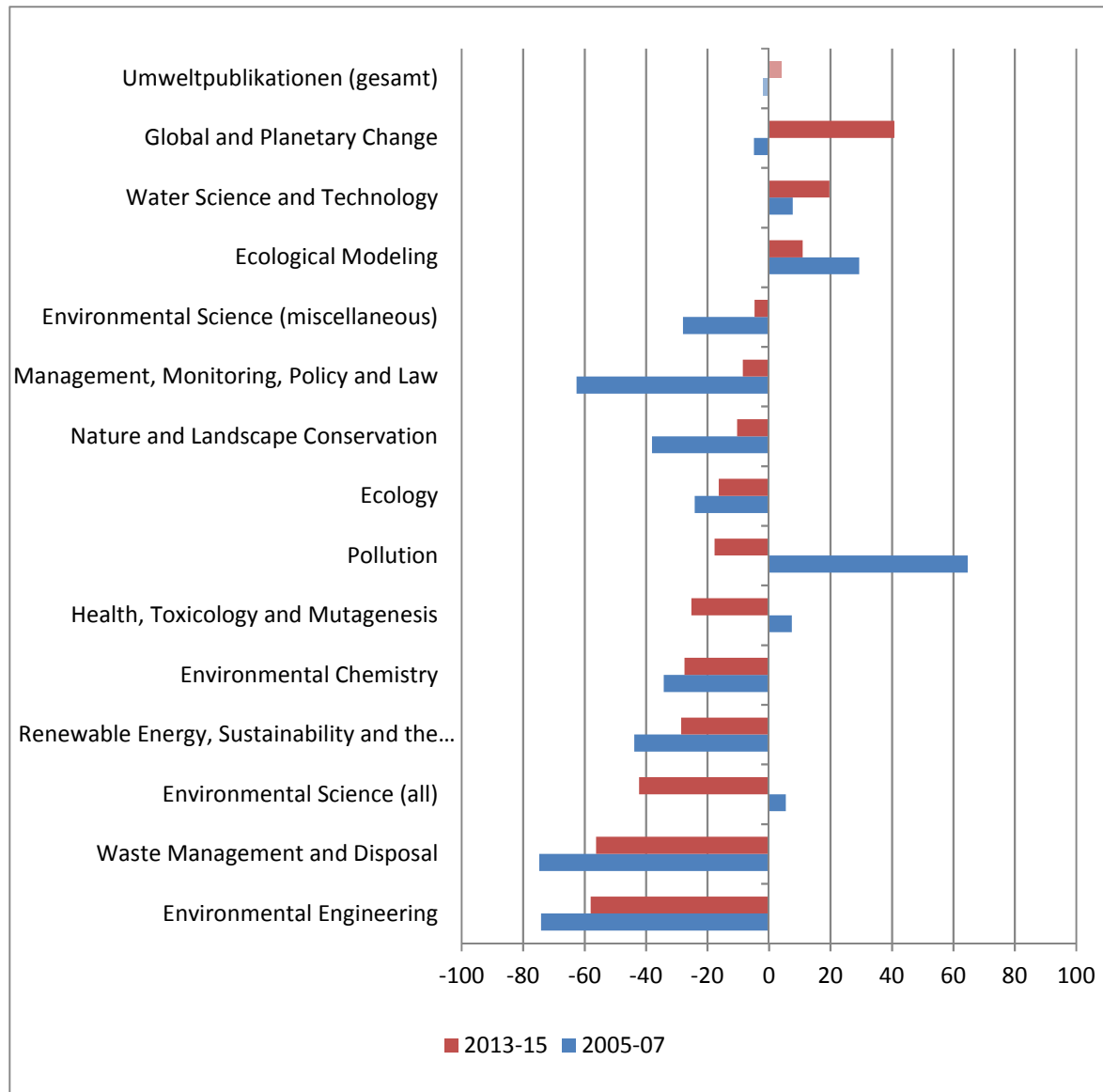
Positive Werte indizieren eine überdurchschnittliche Spezialisierung, negative eine unterdurchschnittliche, wobei der Weltdurchschnitt als Referenz dient. Der Wertebereich liegt zwischen - 100 und + 100. Wir betrachten die Spezialisierung auf einzelne Teilbereiche in Relation zum Gesamtumweltbereich sowie den Gesamtumweltbereich in Relation zu allen Publikationen der Länder. Somit gilt für das Spezialisierungsprofil der Teilbereiche:

P : Anzahl Umweltpublikationen gesamt (Welt) sowie P_k : Anzahl Umweltpublikationen im Land k

und für das Spezialisierungsprofil für den Gesamtumweltbereich:

P : Anzahl Publikationen gesamt (Welt) sowie P_k : Anzahl Publikationen im Land k .

Abbildung 11: Spezialisierungsprofil (RLA) Deutschlands



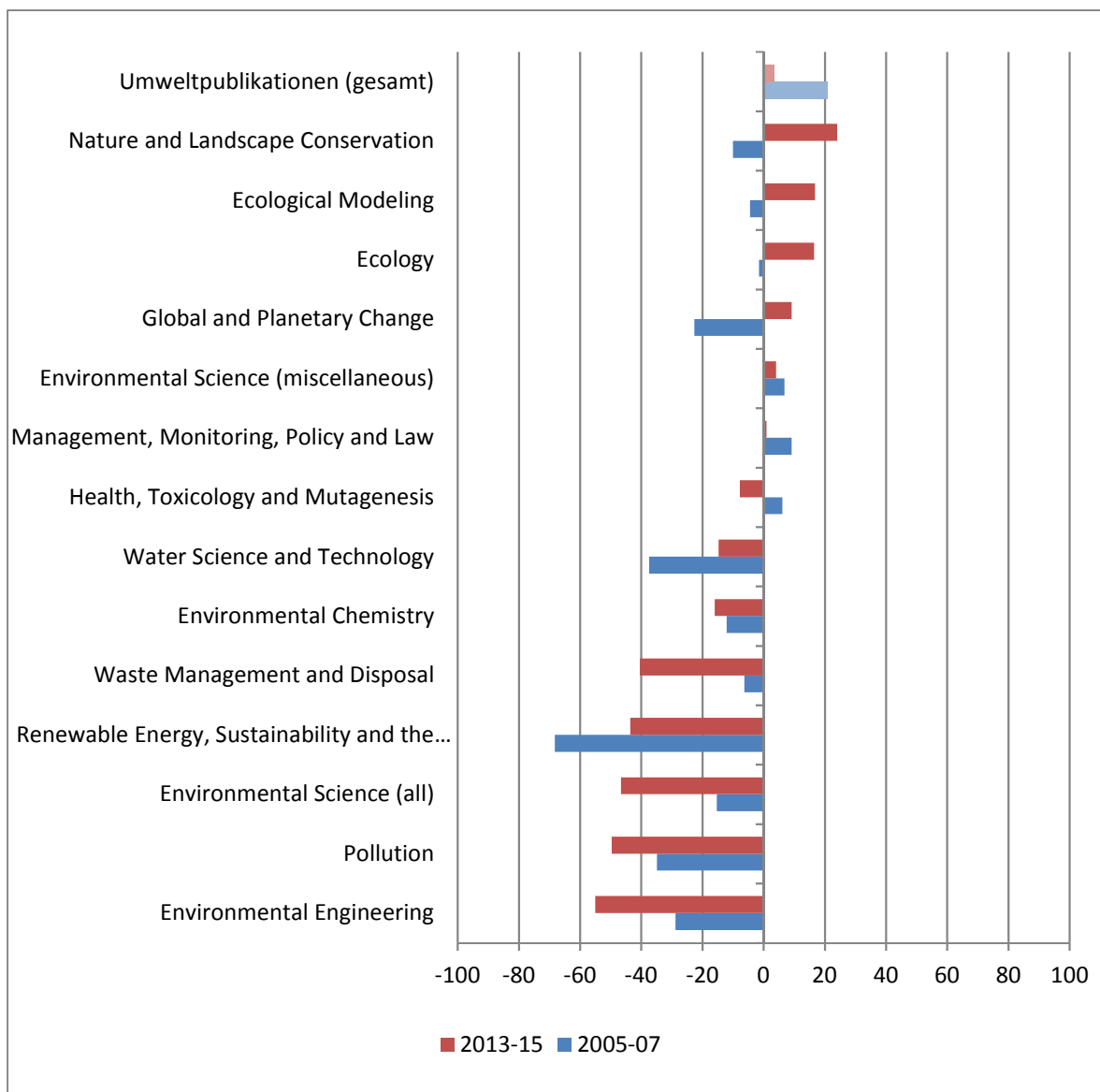
Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Zu beachten: Die Spezialisierung auf einzelne Teilbereiche wird in Relation zum Gesamtumweltbereich berechnet, die Spezialisierung auf den gesamten Umweltbereich dagegen in Relation zu allen Publikationen.

Abbildung 11, Abbildung 12 und Abbildung 13 zeigen die Spezialisierungsprofile der Länder Deutschland, USA und Japan. Deutschland besitzt eine durchschnittliche Spezialisierung im Bereich Umwelt, wobei diese aber im Zeitverlauf leicht verstärkt wird, so besitzt es einen RLA-Index von - 2 im Zeitraum 2005-07 und einen RLA-Index von 4 im Zeitraum 2013-15.

Deutschlands Schwerpunkte liegen in den Bereichen „Global and Planetary Change“, „Water Science“ und „Ecological Modeling“. Die stärkste Veränderung des Profils zeigt sich im Feld „Pollution“. Während diesem Teilfeld in den Jahren 2005-07 noch ein starkes Gewicht zufällt, weist Deutschland im aktuelleren Zeitraum eine unterdurchschnittliche Spezialisierung auf.

Abbildung 12: Spezialisierungsprofil (RLA) der USA



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Zu beachten: Die Spezialisierung auf einzelne Teilbereiche wird in Relation zum Gesamtumweltbereich berechnet, die Spezialisierung auf den gesamten Umweltbereich dagegen in Relation zu allen Publikationen.

Während die USA im Zeitraum 2005-07 einen überdurchschnittlichen Fokus auf den Bereich Umwelt legt (RLA-Index 21), so hat sich diese Spezialisierung im Zeitraum 2013-15 an den weltweiten Durchschnitt angepasst (RLA-Index 3). Die USA fokussiert sich auf die Bereiche „Nature and Landscape Conservation“, „Ecological Modeling“, „Ecology“ und

„Global and Planetary Change“. Es zeigen sich Überschneidungen im Profil Deutschlands und der USA, z. B. die Spezialisierung in den Bereichen „Global and Planetary Change“ und „Ecological Modeling“ sowie eine unterdurchschnittliche Spezialisierung in den Bereichen „Environmental Engineering“ und „Environmental Science (all)“.

Japan weist eine unterdurchschnittliche Spezialisierung im Bereich Umwelt auf, auch wenn diese zum aktuellen Zeitraum leicht verstärkt wird. Es weist einen RLA-Index von - 43 im Zeitraum 2005-07 und einen RLA-Index von - 34 im Zeitraum 2013-15 auf. Japans Profil unterscheidet sich stärker vom Profil Deutschlands und der USA. So findet sich in Japan eine starke Ausrichtung auf das Feld „Environmental Engineering“ welches in den USA und in Deutschland die unterste Position besetzt. Auch im Bereich „Health, Toxicology and Mutagenesis“ hat Japan einen Schwerpunkt, welches ebenfalls nicht im Fokus Deutschlands und der USA steht. In den Bereichen „Global and Planetary Change“, „Ecological Modeling“, „Water Science and Technology“ sowie „Nature and Landscape Conservation“, welchen in den USA bzw. in Deutschland ein höheres Gewicht zufällt, findet sich in Japan hingegen eine stark unterdurchschnittliche Spezialisierung.

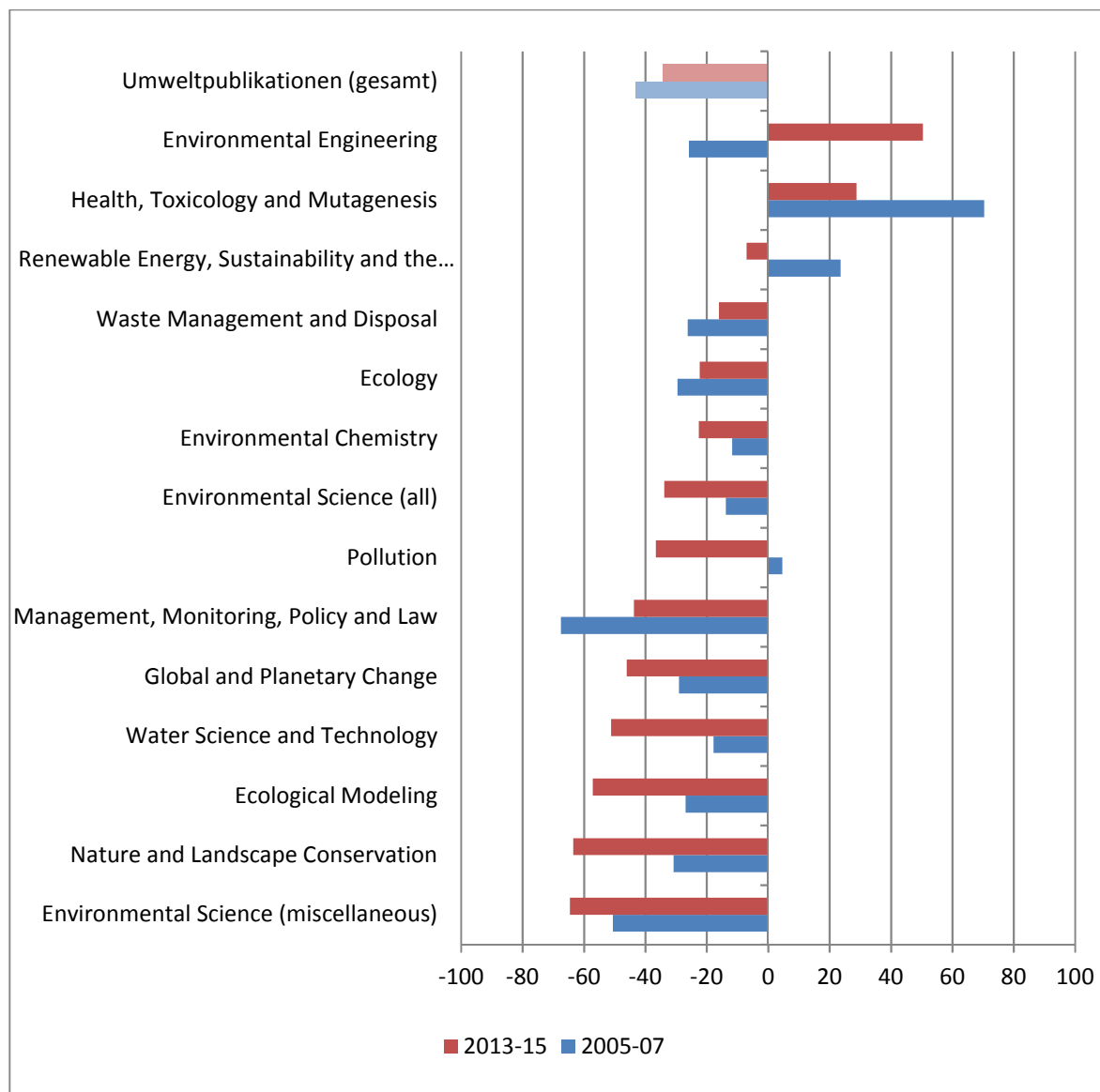
Zusammengefasst zeigen Deutschland und die USA aktuell eine durchschnittliche Spezialisierung im Bereich Umwelt- und Klimaschutz; Japan dagegen kann lediglich eine unterdurchschnittliche Spezialisierung vorweisen. Während Deutschland seine Spezialisierung seit 2005 konstant im durchschnittlichen Bereich hält, lässt sich für die USA in früheren Jahren ein überdurchschnittlicher Fokus auf den Umweltbereich beobachten, welcher sich jedoch in den letzten Jahren dem Weltdurchschnitt angeglichen hat. Japan zeigt seit 2005 eine leichte Verbesserung seiner Spezialisierung.

Deutschland besitzt Schwerpunkte in den Bereichen „Global and Planetary Change“, „Water Science“ und „Ecological Modeling“; die USA legen ihren Fokus auf die Bereiche „Nature and Landscape Conservation“, „Ecological Modeling“, „Ecology“ und „Global and Planetary Change“. Es zeigen sich somit Überschneidungen in den Profilen beider Länder. Japan dagegen hebt sich von den beiden Ländern ab, da es in den in Deutschland und den USA starken Teilgebieten eine unterdurchschnittliche Spezialisierung vorweist. Stattdessen liegt sein Schwerpunkt im Bereich „Environmental Engineering“. Interessant ist auch ein Blick speziell auf die Teilbereiche, die stärker mit Umweltschutztechniken und Management und damit auch stärker mit dem Umweltschutz verbunden sind als die Teilbereiche, die stärker auf die Erklärung der Umweltbelastung und ihre Folgewirkungen abzielen. So

fällt auf, dass im Teilbereich Environmental Engineering neben Japan auch China¹⁵ und Korea eine deutlich ausgeprägte positive Spezialisierung aufweisen (vgl. Tabelle 22 im Anhang). Demgegenüber stechen Großbritannien, die Niederlande und Schweden durch ihre positive Spezialisierung im Bereich Management, Monitoring, Policy and Law hervor. Allerdings darf bei der Interpretation dieser Daten nicht vergessen werden, dass entsprechende Veröffentlichungen auch in den allgemein abgegrenzten Teilfeldern enthalten sind, was die Belastbarkeit dieser Ergebnisse einschränkt.

¹⁵ China weist auch für Umweltpublikationen insgesamt einen deutlich positiven RLA aus (vgl. Walz et al. 2017).

Abbildung 13: Spezialisierungsprofil (RLA) Japans



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

4 Patente

4.1 Stand der Forschung

Für die Analyse der Innovationsdynamik im Bereich der Umwelttechnologien anhand von Patentanalysen erarbeitet das Fraunhofer ISI seit vielen Jahren spezifische Abgrenzungen, die verschiedene umweltrelevante Technologielinien umfassen. Die zugrundeliegenden Suchstrategien basieren größtenteils auf Abfrageskripten, die verschiedene Klassen der International Patent Classification (IPC) logisch miteinander kombinieren und zum Teil zusätzlich Stichwortsuchen verwenden. Die Abfrageskripte des Fraunhofer ISI werden regelmäßig aktualisiert und mit veröffentlichten Suchstrategien anderer Organisationen

abgeglichen, u. a. mit dem WIPO Green Inventory (WIPO o.J.) und den Suchstrategien der OECD für „Environment-related technologies“ (OECD 2015).

Tabelle 3: Gegenüberstellung der CCMT-Teilbereiche der Y02/04-Abgrenzung mit Umweltbereichen in Projekten des Umweltbundesamtes

Teilbereiche der CCMT nach Y02/04	Umweltbereiche in UBA-Studien
• Gebäude (Energieeffizienz) • CCS • Energieerzeugung • Produktion (Energie- / Ressourceneffizienz) • (Treibhausgasminderung im) Transport • Smart grids • Abwasserbehandlung • Abfallmanagement (inkl. Recycling) • (nicht separat ausgewiesen, aber ggf. integraler Teil der Unterbereiche)	• Rationelle Energieverwendung* (deutlich enger abgegrenzt als Y02B) • (wird nicht abgebildet) • hier nur: Erneuerbare Energien und Rationelle Energieumwandlung* • (wird bisher nicht abgebildet) • (wird bisher nicht abgebildet) • (wird bisher nicht abgebildet) • Abwasser • Abfall / Recycling (mit Teilbereichen) • Mess-, Steuer-, Regeltechnik • Luftreinhaltung • Lärmschutz • Wassermanagement • Sanierung *Teil von Umweltbereich „Klimaschutz“

Anm.: grau = neue Umweltbereiche in Gehrke et al. 2018 (im Erscheinen)

Ein Gesamtüberblick für Patentindikatoren im Umweltschutzbereich wird in aktuellen Projekten des Umweltbundesamtes dargestellt (Gehrke et al. 2015; Gehrke et al. 2018 (im Erscheinen)). Klimaschutz wird in der Abgrenzung der UBA-Projekte auf Energieaspekte fokussiert, Darüber hinaus werden weitere Teilbereiche des Umweltschutzes abgebildet (vgl. Tabelle 3). Für diese Studie wurden Auswertungen basierend auf einer breiteren Definition von Klimaschutztechnologien (Climate Change and Mitigation Technologies - CCMT) vorgenommen. Diese Definition basiert auf der Y02/Y04-Klassifikation, die vom Europäischen Patentamt in Zusammenarbeit mit verschiedenen weiteren Organisationen im Kontext der Klimadebatte erst in jüngerer Zeit entwickelt wurde. Zur groben Orientierung

werden die Umweltbereiche der UBA-Studien den CCMT-Teilbereichen nachfolgend gegenübergestellt¹⁶.

Die wichtigsten Ergebnisse daraus werden im Folgenden kurz zusammengefasst:

- Die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen für Umwelttechnologien (inkl. Klimaschutz) weltweit ist seit 1991 kontinuierlich gestiegen und liegt seit 2008 leicht über der Dynamik aller Technologien. Allerdings flacht diese Tendenz ab 2011 etwas ab. Die Entwicklung ist stark getrieben von Patenten im Bereich Klimaschutz, die sich deutlich dynamischer entwickeln als Umwelttechnologien insgesamt (vgl. Abbildung 23 im Anhang). Für Deutschland sieht das Bild teilweise ähnlich aus. Auch hier sind die Klimaschutztechnologien ein starker Treiber, allerdings liegt die Dynamik von Umwelttechnologien insgesamt über viele Jahre unter dem Schnitt aller Technologien und konnte erst ab 2008 wieder aufschließen (vgl. Abbildung 24 im Anhang). Innerhalb der Klimaschutztechnologien entwickeln sich insbesondere Erneuerbare Energien sehr dynamisch - weltweit und auch in Deutschland.
- Auf Deutschland entfallen im Jahreszeitraum 2008 – 2012 16 Prozent der Patentanmeldungen für Umwelttechnologien insgesamt. Am größten ist sein Patentanteil bei Lärmschutz (24 Prozent), an zweiter Stelle rangiert Luftreinhaltung (19 Prozent). Dieses Muster schlägt sich auch in seiner Spezialisierung (RPA) nieder. Sie ist für Umwelttechnologien insgesamt leicht positiv, das gleiche gilt für Klimaschutztechnologien. Besonders hoch ausgeprägte Spezialisierungsvorteile hat Deutschland bei Lärm und Luftreinhaltung (vgl. Abbildung 25 im Anhang).
- Von den großen Volkswirtschaften (USA, Japan, EU27) ist keine signifikant (RPA > 20) auf Umwelttechnologien spezialisiert. Die Spitzenreiter sind sämtlich kleinere Länder (Belgien, Dänemark, Österreich, Spanien, Norwegen) und auch Australien. Die USA weisen im letzten 5-Jahres-Zeitraum signifikant negative RPA-Werte auf. China liegt noch weit unter den Werten der USA (vgl. Abbildung 26 im Anhang).

Die OECD behandelt im Rahmen ihrer „Green Growth Indicators“ Patente in „Environment-related technologies“ (OECD 2017a, S. 105). Diese beinhalten als Unterbereiche „Environmental management“¹⁷; „Water-related adaptation“ und verschiedene Bereiche von „Climate Change Mitigation (CCM)“¹⁸. Den Analysen der OECD zufolge stieg die Patentaktivität im Umweltbereich weltweit zwischen 2000 und 2010 an, stark getrieben von CCM. Der Anstieg fiel deutlich höher aus (bis zu einer Verdreifachung bei CCM im

¹⁶ Details s. Abschnitt 4.2.1 sowie Gehrke et al. 2015 und Gehrke et al. 2018 (im Erscheinen).

¹⁷ „Environmental management“ setzt sich aus den Bereichen „air pollution abatement“, „water pollution abatement“, „waste management“, „soil remediation“ und „environmental monitoring“ zusammen (OECD 2017b, 2015).

¹⁸ Die behandelten CCMT-Bereiche entsprechen der Y02-Klassifikation auf der 4-Steller-Ebene und sind insofern mit den in Abschnitt 4.2 verwendeten Datenquellen vergleichbar. Smart Grids (Y04S) werden von der OECD nicht behandelt.

Bereich Energie, Transport und Gebäude) als bei der Gesamtheit aller Technologien. Seit 2011 wird ein Rückgang an Aktivität beobachtet, wobei die Zahlen für 2012 und 2013 allerdings noch vorläufig sind. Als wichtige Player werden nach wie vor die OECD-Länder sichtbar, insbesondere die USA, Japan, Deutschland, Korea und Frankreich. Chinas und Indiens Anteile wachsen aber schnell. Schaut man auf das Spezialisierungsmaß, stechen eher kleine Länder mit positiver Spezialisierung heraus: Die TOP 5 sind Dänemark, Saudi-Arabien, Chile, Estland und Luxemburg. Auch für Deutschland wird ein positiver Spezialisierungswert ausgewiesen, wohingegen die OECD wie auch die USA und Japan bei Umwelttechnologien ähnlich aufgestellt sind wie für alle Technologien insgesamt. Die Analysen der OECD gehen außerdem auf internationale Kooperationen bei der Patentierung ein: Die Zahl der Ko-Patente im Bereich von Umwelttechnologien steigt und nähert sich dem Schnitt bei allen Technologien an.

4.2 Vertiefte Betrachtung von Patentindikatoren im Bereich Klimaschutz

4.2.1 Datenquellen

Die Patentrecherchen wurden mittels der Patent-Datenbank des Fraunhofer ISI, basierend auf der PATSTAT-Datenbank, in der Version von April 2017 durchgeführt. 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 der Adresse des Anmelders den Ländern zugeordnet, um die Auswertung nach verschiedenen Anmeldegruppen – Großunternehmen (GU), KMU (Unternehmen unter 500 Mitarbeiter) und Non-Profit-Organisationen – und Ländern zu ermöglichen. Die Daten zu den Anmeldegruppen werden vom Fraunhofer ISI durch das Matching von PATSTAT mit der ORBIS-Datenbank generiert. Als Beobachtungszeitraum wird die Entwicklung seit 2000 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. Neben der Entwicklung der absoluten Zahl der Patentanmeldungen und der Patentanteile wird auch die Spezialisierung anhand des Indikators „Relativer Patentanteil“ (RPA) betrachtet (zur Definition s. Anhang).

Die vorliegenden Auswertungen basieren auf der Y02/Y04-Klassifikation. Diese Klassifikation wird vom Europäischen Patentamt in Zusammenarbeit mit verschiedenen weiteren Organisationen im Kontext der Klimadebatte entwickelt und zielt darauf ab, speziell Klimaschutztechnologien abzubilden (Climate Change Mitigation Technologies – CCMT). 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 (European Patent Office (EPO) 2016). In diesem Bericht werden die Technologiegruppen weitestgehend auf der 4-Steller-Ebene ausgewertet und umfassen somit folgende Bereiche:

- Y02B CCMT in Gebäuden
Inhalte: Integration erneuerbarer Energiequellen in Gebäude; energieeffiziente Beleuchtung, Heizung, Lüftung oder Klimatisierung, energieeffiziente Haushaltsgeräte, Fahrstühle, Rolltreppen/-bänder, ICT; Energiemanagement; konstruktive oder architektonische Elemente zur Verbesserung der thermischen Performanz von Gebäuden;
- Y02C Carbon Capture and Storage
Inhalte: CO₂-Abscheidung und Speicherung; Abscheidung und Speicherung anderer Treibhausgase;
- Y02E CCMT in der Energieerzeugung-, -übertragung und -verteilung
Inhalte: Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen; effiziente Verbrennungstechnologien; Nuklearenergie; effiziente Stromerzeugung; -übertragung und -verteilung; Treibstoffe aus nicht-fossilen Quellen; Energiespeicherung; Wasserstofftechnologie;
- Y02P CCMT in der Produktion oder Verarbeitung von Gütern
Inhalte: CCMT in der Metallverarbeitung; in der chemischen und petrochemischen Industrie; in der Herstellung und Verarbeitung mineralischer Rohstoffe (u. a. Zement, Steine/Erden, Kalk, Glas; Keramik); in Landwirtschaft und Ernährungsindustrie; in der Konsumgüterherstellung; Sektorübergreifende CCMT;
- Y02T CCMT im Transport
Inhalte: Elektromobilität; effiziente Verbrennungsmotoren; effiziente Technologien für Schienenfahrzeuge, Luft- und Schiffsverkehr;
- Y02W CCMT im Bereich Abwasserbehandlung und Abfallmanagement
Mit Blick auf die bessere Anschlussfähigkeit an bestehende Ergebnisse aus der Literatur wird dieser Bereich auf der 6-Steller-Ebene disaggregiert betrachtet:
 - Y02W10 Abwasserbehandlung
Inhalte: biologische Abwasserbehandlung; Schlammbehandlung; Nutzung erneuerbarer Energien; Verwertung von Nebenprodukten
 - Y02W30 und Y02W90 Abfallmanagement und (Bio-) Verpackung
Inhalte: Abfallsammlung und -transport; Deponierung; Abfallbehandlung; Zerkleinerung und Trennung; Recycling bestimmter Stoffe (Metall, Glas, Kunststoff...) bzw. Abfallfraktionen (z. B. Elektronikschrott); Verwertung und Weiterverwendung sekundärer Rohstoffe;

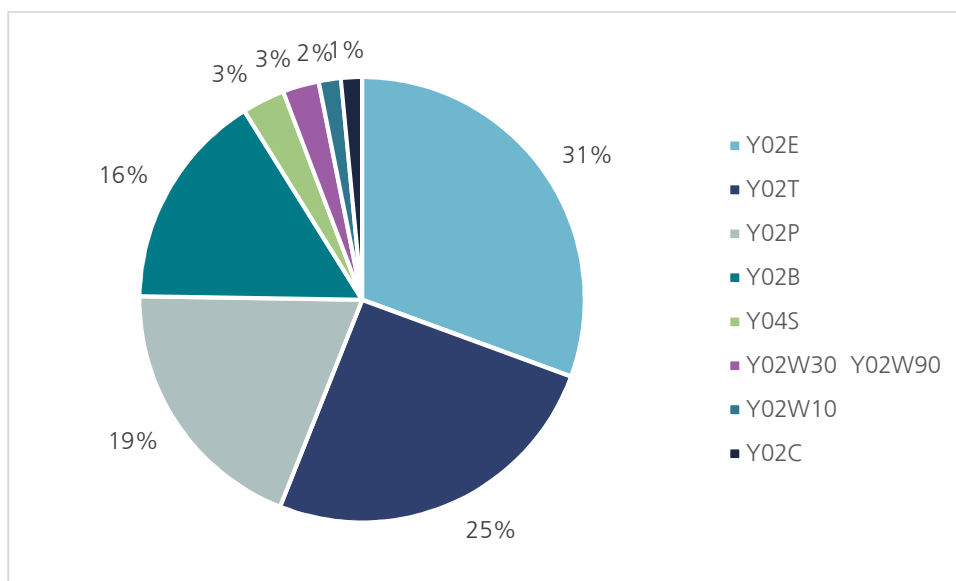
- Y04S Smart grids

Inhalte: Betrieb von Stromnetzen; Management von Endnutzengeräten; Smart Metering; Integrierbarkeit von Elektromobilität; Technologien für den Strommarkt/-handel.

Damit greifen wir in Teilen auf die gleiche Datenbasis zurück wie die OECD in ihrem aktuellen Bericht zu Green Growth Indicators (OECD 2017a), bieten aber vertiefende Analysen dazu an.

Die verschiedenen Unterbereiche sind von unterschiedlich großer Bedeutung und werden von Patenten aus dem Bereich Energieerzeugung, -übertragung und -verteilung dominiert (vgl. Abbildung 14). 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 rein IPC basierten Patentrecherchen, nämlich aktuell im Jahr 2013.

Abbildung 14: Anteil der CCMT-Unterbereiche an allen CCMT-Anmeldungen weltweit (2013)¹⁹



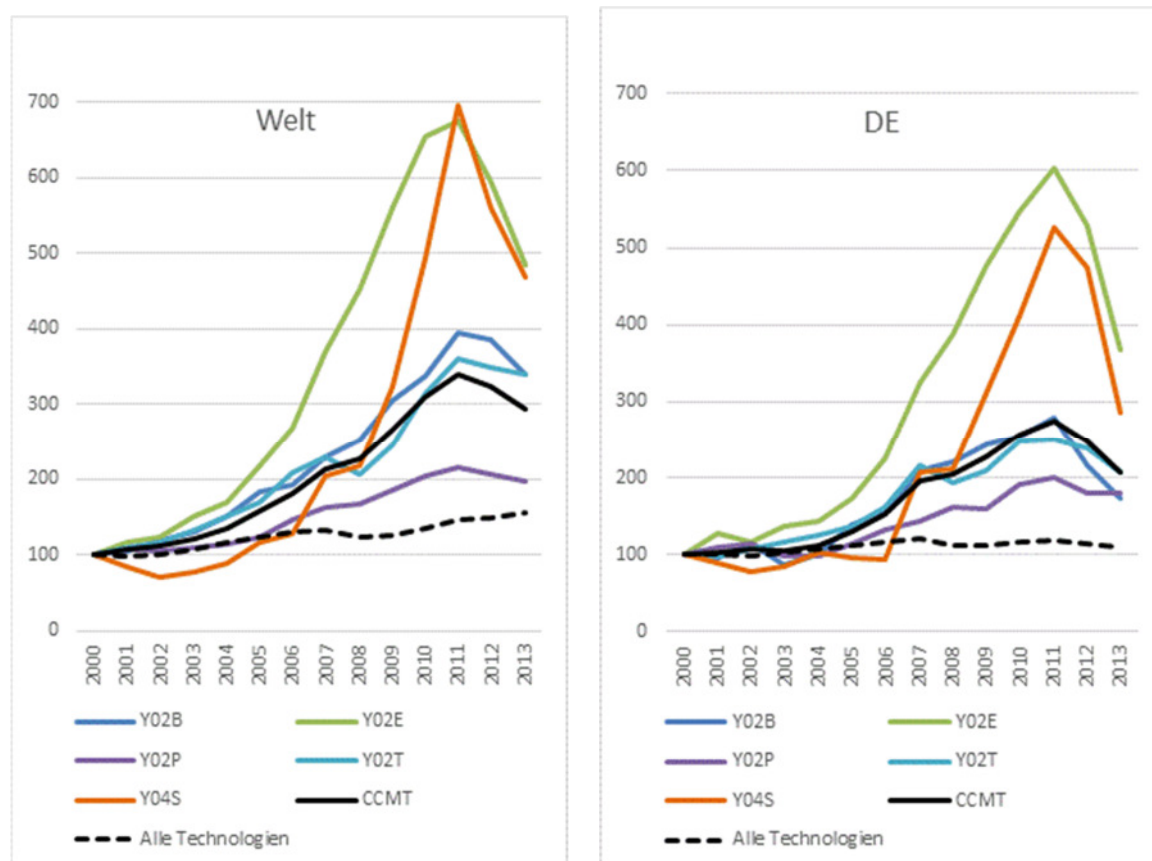
Quelle: PATSTAT 2017a, Berechnungen des Fraunhofer ISI

¹⁹ Die Summe der Anteile liegt über 100 %, da CCMT-Patente mehrfach zugeordnet werden können.

4.2.2 Ergebnisse

Betrachtet man die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen für CCMT weltweit, zeigt sich bis zum Jahr 2011 ein starker Anstieg (vgl. Abbildung 15). Mit einer Zunahme um mehr als das Dreifache seit dem Jahr 2000 ist die Entwicklung deutlich dynamischer als die allgemeine technologische Entwicklung: Die Gesamtzahl aller jährlichen Patentanmeldungen steigt im gleichen Zeitraum nur um 46 %. Zusätzlich abgebildet sind die vier großen CCMT-Teilbereiche Energieerzeugung (Y02E), Transport (Y02T), Produktion (Y02P) und Gebäude (Y02B) sowie der kleine Teilbereich Smart Grids (Y04S). Bei letzterem ist ein sehr hoher Anstieg in ähnlichem Ausmaß wie für Energieerzeugung zu beobachten, was darauf hinweist, dass Aspekte wie die Netzintegration erneuerbarer Energien und das Netzmanagement insgesamt viele technologische Herausforderungen mit sich bringen. Der Bereich ist allerdings absolut gesehen noch so klein, dass er die Gesamtzahlen wenig beeinflusst. Dagegen wird der Anstieg stark getragen von den Entwicklungen im Bereich Energieerzeugung.

Abbildung 15: Entwicklung der Zahl der Patentanmeldungen weltweit und in Deutschland (2000 = 100)



Quelle: PATSTAT 17a; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Ab 2011 ist die Entwicklung allerdings leicht rückläufig – für CCMT insgesamt und auch in allen Teilbereichen. Vorläufige Ergebnisse aus Gehrke et al. (2018 (im Erscheinen))

lassen vermuten, dass diese rückläufige Entwicklung auch in den Folgejahren anhalten wird. Strukturell ist das Bild für Deutschland ähnlich; allerdings bewegen sich die Wachstumsraten insgesamt auf etwas niedrigerem Niveau.

Tabelle 4: Patentanteile ausgewählter Länder in Teilbereichen der CCMT (2013)

	Y02B	Y02C	Y02E	Y02P	Y02T	Y04S	Y02W10	Y02W30-90	CCMT
EU-28	26,4%	31,8%	35,2%	33,6%	33,5%	26,1%	28,4%	44,9%	33,0%
US	29,7%	29,0%	21,7%	23,7%	24,4%	23,0%	27,4%	22,8%	24,5%
JP	16,5%	20,6%	21,2%	23,0%	32,9%	34,3%	21,8%	9,9%	23,5%
DE	7,8%	10,9%	13,5%	13,9%	15,8%	10,5%	7,4%	14,5%	13,2%
CN	15,0%	0,6%	6,2%	5,5%	2,3%	7,5%	5,5%	6,9%	6,7%
KR	6,8%	5,8%	7,6%	7,9%	4,1%	2,7%	5,8%	3,7%	6,2%
FR	4,1%	6,4%	5,6%	4,3%	6,9%	6,4%	5,5%	6,0%	5,5%
GB	2,7%	3,6%	2,6%	2,8%	3,2%	2,5%	2,9%	4,0%	2,9%
CH	2,0%	2,2%	2,6%	2,3%	0,9%	2,3%	0,5%	2,3%	2,0%
NL	3,0%	5,0%	1,7%	2,7%	0,3%	0,4%	0,8%	3,9%	1,8%
SE	2,6%	0,6%	0,9%	0,9%	2,8%	0,7%	0,5%	1,3%	1,8%
IT	1,4%	1,9%	2,1%	1,3%	1,0%	0,7%	1,8%	4,5%	1,5%
ES	0,8%	1,1%	2,4%	1,1%	0,6%	0,5%	3,4%	2,9%	1,4%
DK	1,0%	0,8%	2,6%	1,7%	0,2%	1,1%	1,6%	0,3%	1,3%
CA	1,0%	1,9%	1,3%	1,5%	1,0%	1,1%	1,3%	2,6%	1,2%
FI	0,9%	0,3%	0,7%	1,5%	0,8%	0,4%	1,3%	2,3%	1,0%
AT	1,1%	0,8%	0,8%	1,3%	0,6%	0,8%	0,5%	1,6%	0,9%
BE	0,5%	0,0%	0,9%	1,0%	0,7%	1,4%	0,0%	1,9%	0,8%
IN	0,2%	1,4%	0,7%	0,8%	0,3%	0,4%	1,1%	1,8%	0,5%
IL	0,5%	0,0%	0,6%	0,3%	0,2%	0,1%	1,6%	0,5%	0,4%
RU	0,1%	0,0%	0,5%	0,5%	0,2%	0,0%	0,5%	0,6%	0,4%
BR	0,1%	0,6%	0,3%	0,5%	0,2%	0,1%	1,1%	1,5%	0,3%
PL	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%	0,0%	0,1%	0,5%	0,5%	0,2%
IE	0,2%	0,0%	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%	0,5%	0,5%	0,2%
ZA	0,1%	0,0%	0,2%	0,3%	0,0%	0,1%	0,3%	0,6%	0,1%

Anm.: Europäische Länder in blau

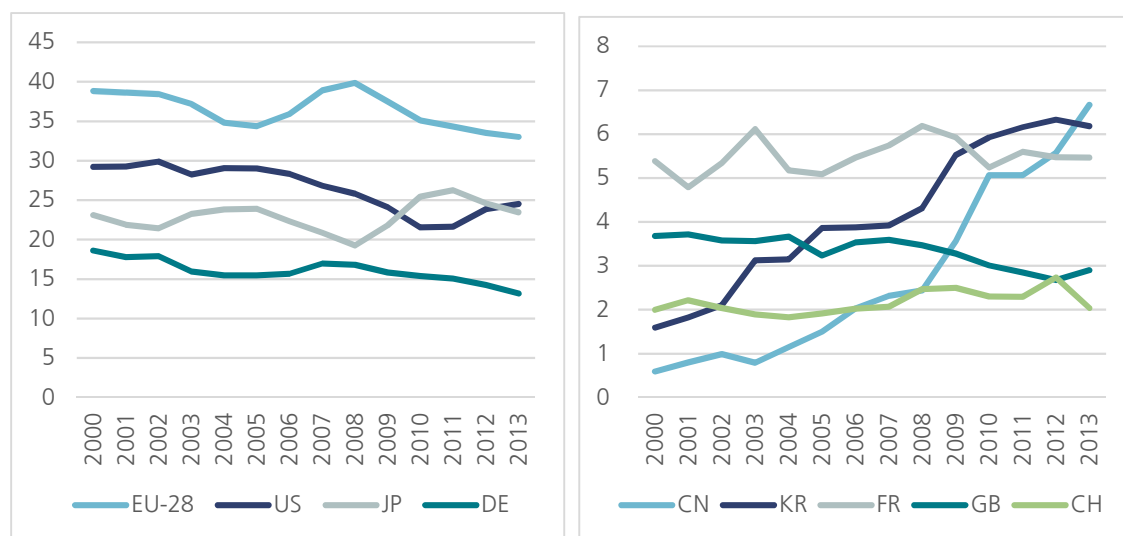
Quelle: PATSTAT 17a, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Betrachtet man einzelne Länder, sind die größten Akteure auf dem Feld der Patentierung von CCMT aktuell (2013) USA (Patentanteil 24,5 Prozent), Japan (Patentanteil 23,5 Prozent) und mit etwas Abstand Deutschland (Patentanteil 13,2 Prozent) (vgl. Tabelle 4). Die EU-28 kommt insgesamt auf ein Drittel der CCMT-Patente weltweit. Die Bedeutung der einzelnen Länder schwankt je nach CCMT-Teilbereich. So liegen die USA beispielsweise bei CCMT für Gebäude und bei CCS weltweit vorn. Deutschlands vergleichs-

weise großer Anteil bei CCMT stützt sich stark auf seinen relativ hohen Anteil bei Transport, aber auch die überdurchschnittlichen Werte bei Energieerzeugung, Produktion und Abfallmanagement.

Die Patentanteile haben sich seit dem Jahr 2000 deutlich verschoben (vgl. Abbildung 16). Japans Anteil ist zwar stabil, aber die Anteile der USA und der EU-28, darunter auch Deutschland, entwickeln sich rückläufig. Dagegen haben Korea und China inzwischen wichtige europäische Staaten wie Frankreich und Großbritannien überholt und sind mit Patentanteilen für CCMT in der Größenordnung zwischen aktuell 6 und 7 Prozent ebenfalls zu wichtigen Playern geworden.

Abbildung 16: Entwicklung der Patentanteile ausgewählter Länder im Bereich CCMT



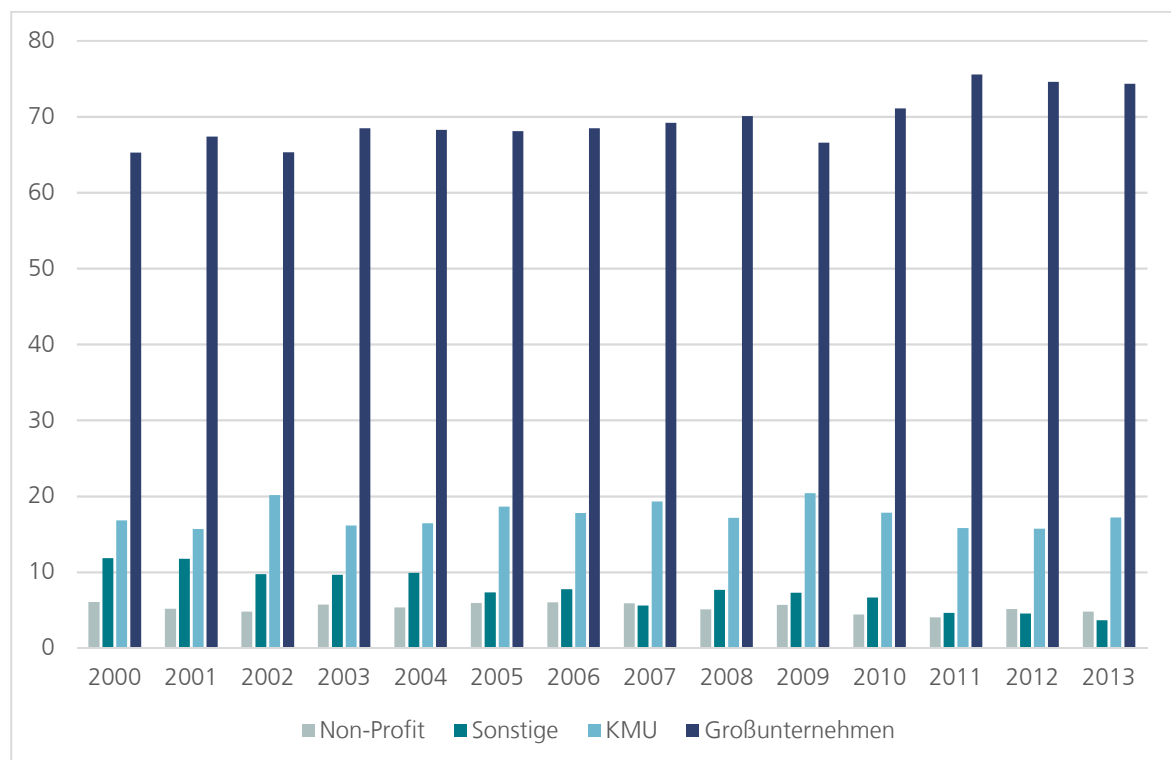
Quelle: PATSTAT 17a, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die Anmelder der Patente lassen sich differenziert nach verschiedenen Gruppen betrachten, nämlich Großunternehmen, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) unter 500 Mitarbeitern sowie Non-Profit-Organisationen, zu denen beispielsweise öffentliche Forschungseinrichtungen gehören. Unter „Sonstige“ finden sich vor allem private Einzelpersonen als Anmelder. Die größte Anmeldergruppe – weltweit und auch in Deutschland – sind die Großunternehmen, mit Abstand gefolgt von KMU, Sonstigen und Non-Profit-Organisationen. Betrachtet man die Rolle der verschiedenen Anmeldergruppen über die Zeit für CCMT insgesamt, so stellt man für Deutschland fest, dass über den Betrachtungszeitraum eine Verlagerung von Non-Profit-Organisationen und sonstigen Anmeldern zu Großunternehmen und KMU stattgefunden hat (vgl. Abbildung 17). Dies könnte man als Hinweis interpretieren, dass das wirtschaftliche Interesse an CCMT steigt.

Der Anteil der KMU an deutschen CCMT-Patenten ist am aktuellen Rand (2013) ähnlich hoch wie zu Beginn des Betrachtungszeitraums mit rund 17 Prozent. Zwischendurch konnten KMU auch höhere Anteile von rund 20 Prozent auf sich verbuchen, so zum Beispiel 2009, haben dann aber wieder gegenüber Großunternehmen verloren. Gleichzeitig

liegt der Anteil von KMU bei CCMT deutlich niedriger als ihr Anteil über alle Patente hinweg (vgl. Tabelle 23 im Anhang). Ihr Beitrag zu Innovationen im Bereich CCMT ist also noch unterdurchschnittlich. Das deutet darauf hin, dass ihre Innovationskraft noch besser für CCMT genutzt werden könnte. Schon jetzt sind sie überdurchschnittlich stark vertreten bei Patenten in den großen Bereichen Gebäude und Energie, und auch bei Abwasser und Abfallmanagement, aber noch sehr schwach im Bereich von CCMT im Transport.

Abbildung 17: Anteile ausgewählter Anmeldergruppen an den Patentanmeldungen Deutschlands im Bereich CCMT (in Prozent)



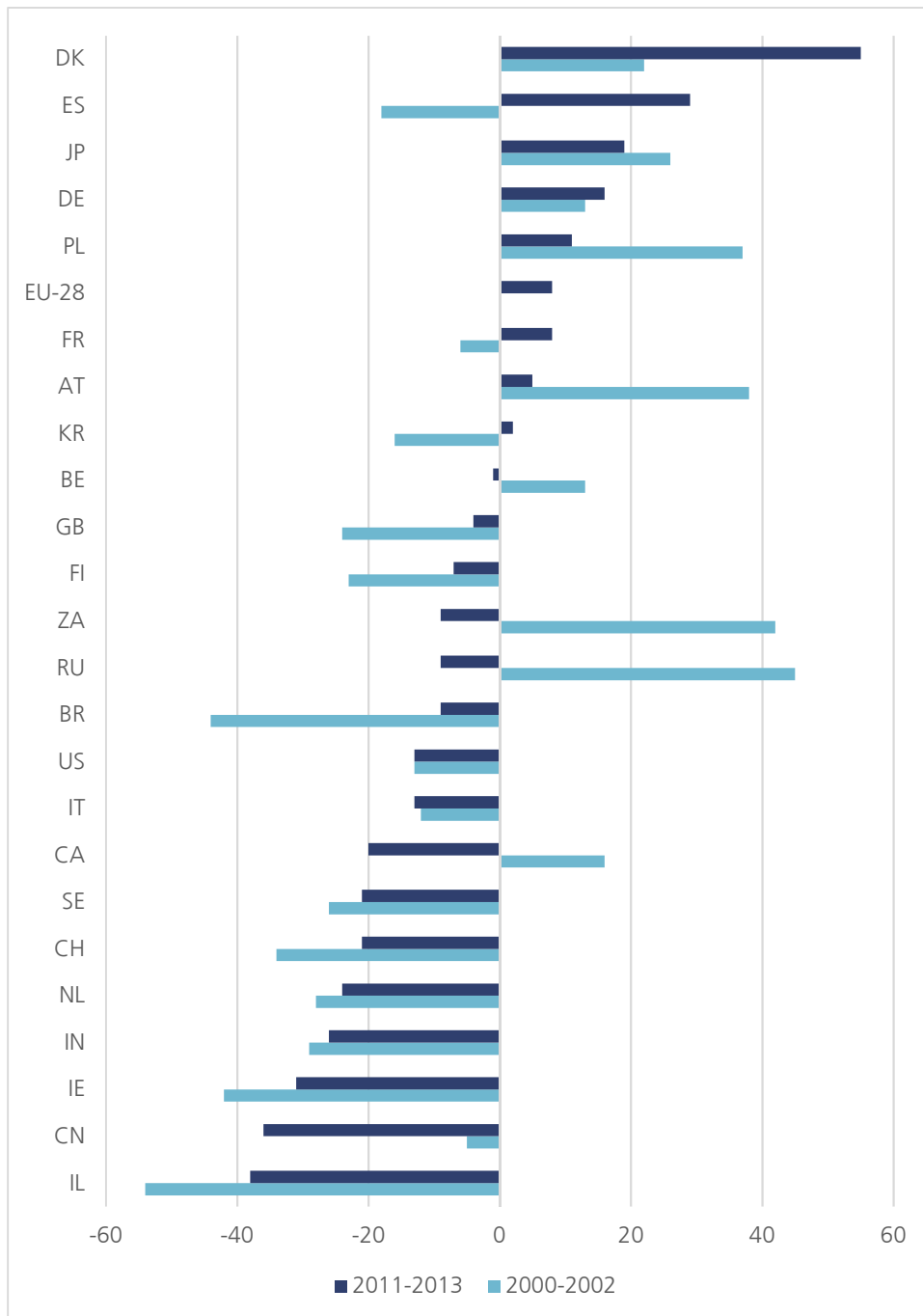
Quelle: PATSTAT 17a, ORBIS, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Der Indikator der Patentanteile hat für Ländervergleiche die Schwäche, dass er stark von der Größe des betreffenden Landes beeinflusst wird. Der RPA als Spezialisierungsmaß gleicht den Einfluss der Größenunterschiede aus und kann deshalb wertvolle ergänzende Informationen für einen Ländervergleich liefern. Betrachtet man den RPA für CCMT insgesamt, so weist Dänemark den größten Spezialisierungsvorteil auf – im aktuellen 3-Jahreszeitraum einen RPA von 55 (vgl. Abbildung 18). Diesen Vorteil hat es im Lauf der Jahre fast kontinuierlich ausgebaut (vgl. Tabelle 5).

Von den großen Volkswirtschaften ist Japan am stärksten auf CCMT spezialisiert, aber keine erreicht aktuell einen signifikanten Wert von über 20. Deutschland liegt hinter Japan an vierter Stelle vor Polen und der EU-28, weist aber in beiden Zeitscheiben nur leichte Spezialisierungsvorteile auf. Die EU-28 liegt bei CCMT nur wenig über dem Schnitt aller Technologien. Die USA als weiterer großer Player weisen leicht negative Spezialisie-

rungswerte auf. China konnte zwar seine Patentanteile bei CCMT stark steigern, trotzdem sind die Spezialisierungswerte weiterhin und sogar zunehmend negativ, d. h. in anderen Technologiebereichen wachsen die Patentanteile Chinas noch stärker als bei CCMT.

Abbildung 18: Spezialisierung ausgewählter Länder auf CCMT



Quelle: PATSTAT 17a, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Tabelle 5: Entwicklung der Spezialisierung (RPA) ausgewählter Länder auf CCMT über die Zeit

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
AT	48	47	18	20	2	2	17	20	19	11	9	4	11	0
BE	19	17	5	-1	-8	-45	-46	-13	0	3	-3	-13	0	9
BR	7	-60	-75	17	22	13	61	44	25	-7	9	-12	-31	15
CA	9	15	24	26	37	3	7	-15	-20	-26	-27	-25	-15	-20
CH	-33	-32	-37	-42	-45	-44	-42	-39	-27	-24	-30	-25	-11	-28
CN	-49	22	12	-22	-10	-26	-24	-29	-35	-38	-24	-38	-36	-31
DE	15	10	14	5	6	8	9	16	15	11	11	15	16	14
DK	9	21	32	42	36	50	36	52	61	62	58	60	48	55
ES	-22	-4	-29	-13	-9	19	39	41	24	25	20	23	25	39
FI	-66	-11	0	-3	-18	7	-28	-31	-21	-31	-7	-9	-11	-2
FR	-1	-16	-3	11	-3	-2	6	7	6	3	-2	8	7	8
GB	-26	-23	-22	-16	-4	-14	-7	-7	-7	-7	-7	-4	-7	-2
IE	26	-72	-76	-52	-24	-63	-6	-7	20	-24	-27	-34	-34	-25
IL	-74	-40	-46	-87	-52	-53	-33	-34	-9	-30	-30	-35	-31	-49
IN	-24	-43	-24	-29	-81	-45	-53	-54	-39	-28	-44	-35	-31	-9
IT	-22	-1	-13	-7	-20	-29	-24	-2	-12	-9	-20	-20	-4	-16
JP	31	27	20	22	21	24	21	12	5	14	21	22	16	19
KR	-9	-15	-23	-7	-21	-13	-19	-18	-10	-2	3	5	2	-1
NL	-16	-33	-33	-37	-48	-39	-28	-21	-31	-25	-24	-29	-22	-22
PL	-19	66	33	9	49	43	-42	-31	62	26	-29	-7	22	15
RU	63	29	37	36	36	16	20	-4	24	0	-17	-7	-13	-7
SE	-29	-29	-17	-28	-34	-52	-34	-41	-39	-33	-26	-37	-20	-4
US	-16	-14	-10	-13	-10	-9	-10	-8	-6	-6	-14	-16	-9	-13
ZA	30	52	39	27	39	42	19	26	11	2	21	-19	-23	17
EU-28	0	-2	0	0	-4	-3	1	7	7	4	3	6	7	9

Quelle: PATSTAT 17a, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abschließend erfolgt eine Betrachtung der Technologieprofile ausgewählter Länder. Betrachtet werden Länder, die – gemessen am Patentanteil – eine deutlich sichtbare Rolle bei CCMT-Patenten spielen (Patentanteil > 2 Prozent) sowie Dänemark als Spitzenreiter bei der Spezialisierung in CCMT. Die Technologieprofile zeigen die Unterbereiche der CCMT in der länderspezifischen Reihenfolge ihres CCMT-spezifischen RPA²⁰, d. h. der CCMT-Bereich mit dem jeweils besten Spezialisierungswert im jeweiligen Land steht an oberster Stelle (vgl. Abbildung 19)²¹.

Die Analyse zeigt, dass der Spitzenreiter Dänemark seine Spezialisierungsvorteile vor allem aus den CCMT-Teilbereichen Energieerzeugung aber auch aus CCMT in der Produktion zieht. Bei Deutschland konzentrieren sich die Stärken insbesondere auf CCMT im

²⁰ Zur Definition des CCMT-spezifischen RPA s. Anhang 9.5.1.

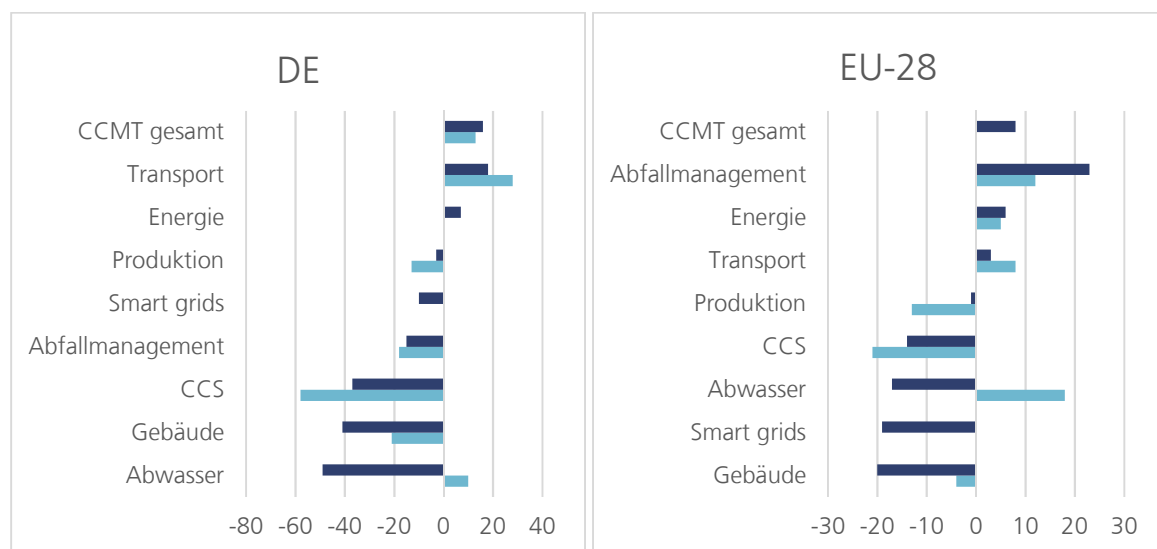
²¹ Die Werte für die übrigen Länder der EFI-Liste sind im Anhang dargestellt (vgl. Tabelle 24 im Anhang).

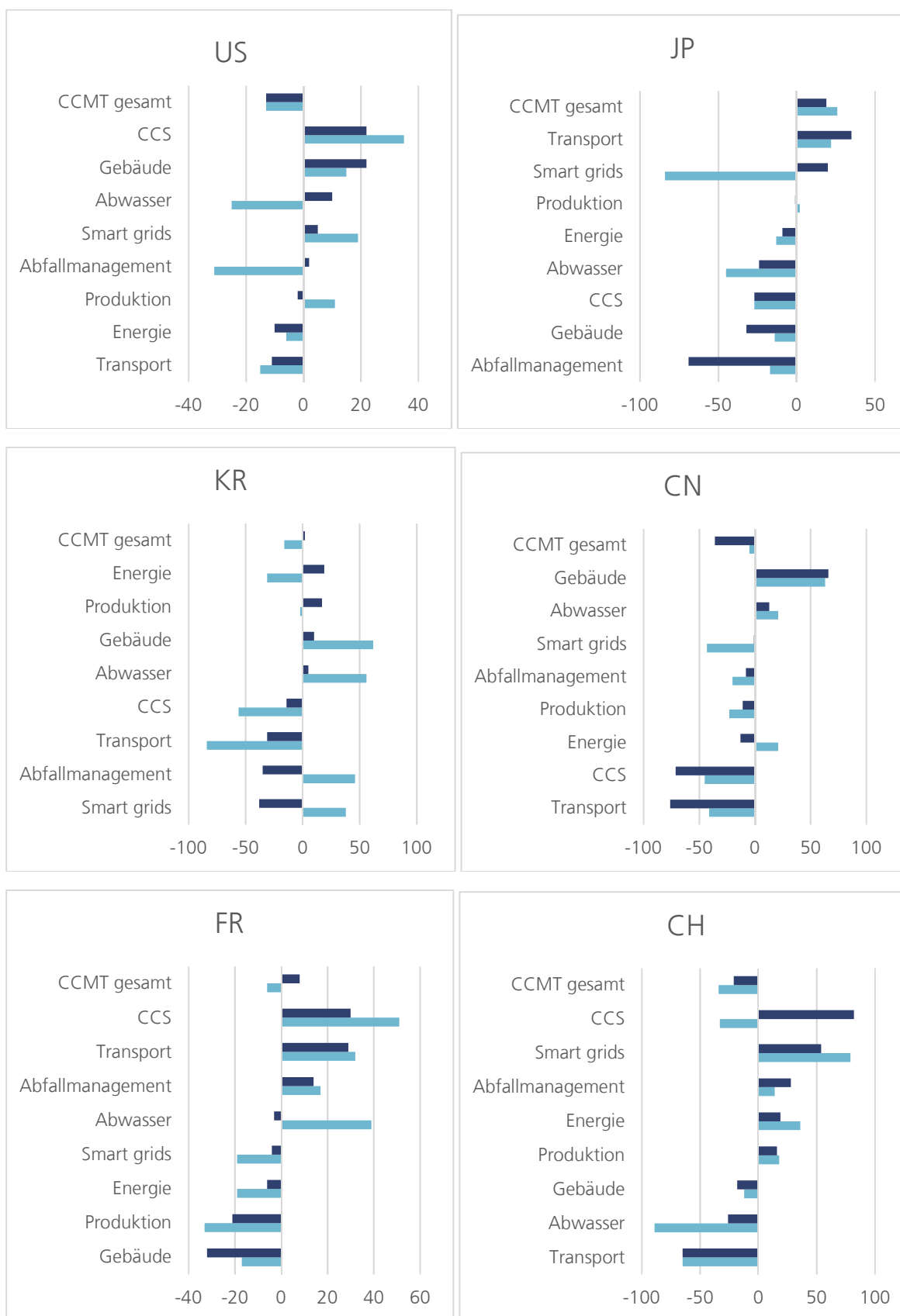
Transport ebenso wie bei Japan. Auch bei Frankreich und in der EU-28 insgesamt ist dieser Bereich weit vorne vertreten. Im Gegensatz dazu steht dieser Teilbereich bei den USA und auch bei der Schweiz, Dänemark und China an letzter Stelle.

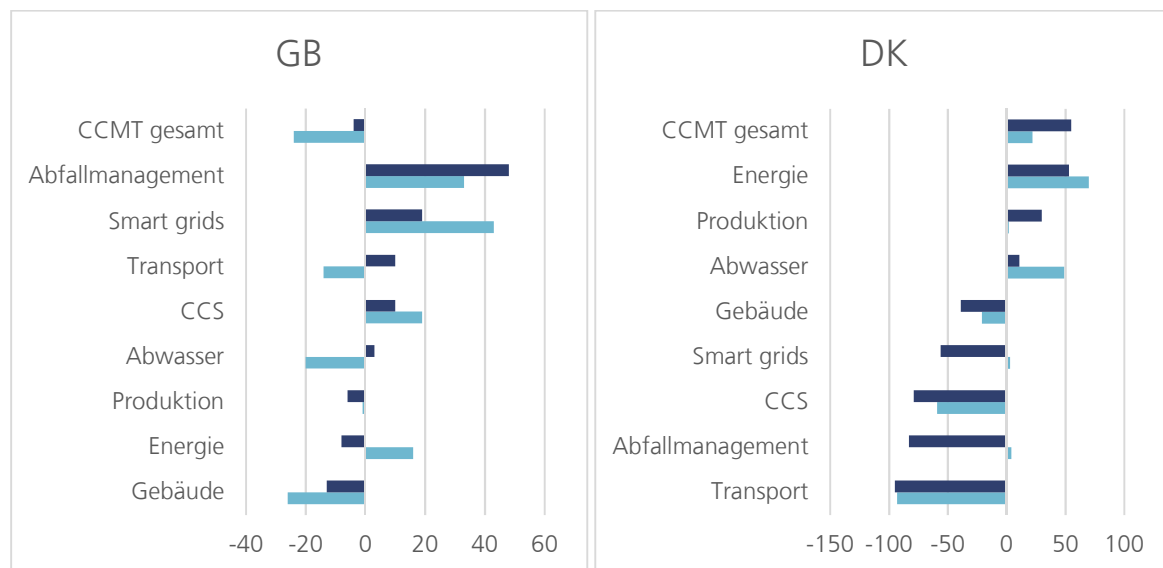
Der von der Anzahl der Patentanmeldungen her bedeutendste Teilbereich der Energieerzeugung (Y02E) rangiert bei Deutschland an zweiter Stelle ohne besonders stark ausgeprägte Spezialisierung. Der ebenfalls große Teilbereich Gebäude liegt bei Deutschland auf dem vorletzten Platz, bei den anderen großen EU-Ländern Großbritannien und Frankreich und auch EU-weit sogar auf dem letzten Platz. Mit Blick auf die hohe Bedeutung von Energieeffizienz in Gebäuden als Ansatzpunkt für Klimaschutz ist dies ein Hinweis auf möglichen Handlungsbedarf, die Wissensbasis hier zu verstärken.

Die Patentdynamik verweist auf Smart Grids als ein Feld mit rasch wachsender Bedeutung. Dieses Feld rangiert in Deutschland im Mittelfeld. In Japan, Großbritannien und der Schweiz nimmt es Platz 2 ein. Es ist also zu erwarten, dass diese Länder eine hervorgehobene Rolle bei der weiteren Technologieentwicklung auf diesem Gebiet spielen werden.

Abbildung 19: Technologieprofile ausgewählter Länder im Bereich CCMT
(2000-2002 = hellblau; 2011-2013 = dunkelblau)







Quelle: PATSTAT 17a, Berechnungen des Fraunhofer ISI

4.3 Zwischenfazit zu Patentindikatoren

Das Feld der CCMT weist international und auch in Deutschland eine hohe Dynamik auf. Die Zahl der weltweiten jährlichen Patentanmeldungen ist zwischen 2000 und 2011 sehr stark gestiegen; seither ist sie allerdings leicht rückläufig. Deutschland gehört zu den drei größten Patentanmeldern auf diesem Gebiet (nach Japan und den USA). Sein Patentanteil ist aber – wie der vieler OECD-Länder – rückläufig. Dafür treten neue Akteure mit steigendem Gewicht auf den Plan, allen voran Korea und China.

Die Analyse der Anmeldergruppen in Deutschland zeigt eine leichte Verlagerung des Anteils von Non-Profit-Organisationen und sonstigen Anmeldern zu KMU und Großunternehmen. Dies könnte man als Hinweis interpretieren, dass das wirtschaftliche Interesse an CCMT steigt. Der Anteil der KMU an deutschen CCMT-Patenten liegt deutlich niedriger als ihr Anteil über alle Patente hinweg. Ihr Beitrag zu Innovationen im Bereich CCMT ist also noch unterdurchschnittlich. Das deutet darauf hin, dass ihre Innovationskraft noch besser für CCMT genutzt werden könnte. Besonders schwach ist ihr Anteil im Bereich von CCMT im Transport, ein Teilbereich, in dem Deutschland abgesehen von der Dominanz der Großunternehmen ansonsten sehr gut aufgestellt ist. Insgesamt weist Deutschland nur leichte Spezialisierungsvorteile für CCMT auf. Von den großen Volkswirtschaften ist Japan am stärksten auf CCMT spezialisiert, aber auch hier sind die Spezialisierungsvorteile in der aktuellen Betrachtungsperiode (2011-2013) nicht signifikant (d. h. RPA liegt unter 20).

Forschungsbedarf besteht bzgl. der Abgrenzung von CCMT in bestimmten Unterbereichen und ihrer Einordnung gegenüber anderen Umweltbereichen. So ist beispielsweise noch nicht hinreichend klar, ob der Fokus auf Klimaschutz im Unterbereich Abfallmanagement (Y02W30 und Y02W90) eine Einschränkung gegenüber der breiten Betrachtung von Re-

cyclingtechnologien bedeutet, wie sie in Gehrke et al. (2015; 2018 (im Erscheinen)) verwendet werden. Ähnliches gilt für Abwasser. Festzuhalten gilt, dass es über die CCMT hinaus weitere, für die FuI-Indikatorik zu Nachhaltigkeit wichtige Bereiche gibt, insbesondere Luftreinhaltung und Lärminderung. Deutschland ist in diesen Bereich ein wichtiger Player. Aber auch breitere Ansätze zu Ressourcenschonung, wie sie in den CReMA-Bereichen der EGSS gefasst werden (vgl. Kapitel 6 und Gehrke et al. 2018 (im Erscheinen)), runden das Bild der FuI-Indikatorik für Nachhaltigkeit ab. Die Ergebnisse, die hierzu an anderer Stelle vorliegen oder derzeit erarbeitet werden, sind deshalb für das Gesamtbild ebenfalls wichtig.

5 Innovationen und Investitionen in der Wirtschaft

5.1 Innovationen

Die Entstehung technologischen Wissens wird anhand von Indikatoren zu Forschung und Entwicklung, wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Patenten beschrieben. Dieses Wissen wird dann in der Wirtschaft in Form von Innovationen in neue oder weiterentwickelte Produkte und Verfahren umgesetzt. Wenn das Wissen um klimaschutzrelevante Technologien in der Wirtschaft zunimmt, sollte sich dies auch in entsprechenden Innovationen niederschlagen. Zentrale Indikatoren zur Messung des Innovationsverhaltens in der europäischen Wirtschaft werden in der Europäischen Innovationsbefragung (Community Innovation Survey: CIS) erhoben. Im Jahr 2015 (CIS9) wurde in dessen Rahmen zum zweiten Mal – die erste, ähnlich konzipierte Befragung erfolgte im Jahr 2009 – 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. Dabei wurden für den Zeitraum 2012 bis 2014 u. a. prozessbezogene Umweltinnovationen, deren primäre Wirkung im innovierenden Unternehmen selbst stattfindet, sowie produktbezogene Umweltinnovationen, deren primäre Wirkung beim Kunden anfällt, erfasst.

In Bezug auf Technologien, die dem Klimaschutz dienen, sind dabei vor allem

- Unternehmen, die durch Innovation den Energieverbrauch oder CO₂-Fußabdruck im eigenen Unternehmen verringert haben,
 - Unternehmen, die durch Innovation einen Teil des fossilen Brennstoffs im Unternehmen durch erneuerbare Energiequellen ersetzt haben,
- sowie
- Unternehmen, die durch Innovation den Energieverbrauch oder CO₂-Fußabdruck beim Verbrauch oder bei der Nutzung einer Ware bzw. Dienstleistung durch den Endverwender verringert haben,

- Unternehmen, die durch Innovation die Lebensdauer von Produkten durch nachhaltigere Produkte verlängert haben,

von Interesse.

Als Indikator dient deren jeweiliger Anteil an allen Unternehmen.²² Da keine Größengewichtung vorgenommen wird, repräsentieren die Ergebnisse vor allem das Verhalten kleiner und mittlerer Unternehmen, die jeweils den größten Teil der im CIS befragten Unternehmen ausmachen. Ein direkter Vergleich mit der Erhebung aus dem Jahr 2009 (CIS6) ist aufgrund von Veränderungen in der Fragestellung nicht sinnvoll (Horbach und Rammer 2016).²³ Am aktuellen CIS haben sich insgesamt 24 Länder beteiligt (22 EU-Länder, Island und die Türkei), darunter aus der Gruppe der EFI-Länder Deutschland, Dänemark, Italien, Österreich, Polen, Finnland und Schweden (vgl. Anhang 9.1).

Insgesamt haben in den Jahren 2012 bis 2014 knapp 25 % der Unternehmen in 22 EU-Ländern Umweltinnovationen durchgeführt (Tabelle 6), fast alle (22,6 %) mit prozessbezogenem Nutzen für das eigene Unternehmen und 14,2 % (auch) mit produktbezogenem Nutzen für den Endanwender der produzierten Güter und Dienstleistungen. Dabei weist Deutschland – gemessen am Durchschnitt aller Unternehmen aus den 22 EU-Ländern – insgesamt und hinsichtlich aller Innovationsarten überdurchschnittliche Anteile an innovierenden Unternehmen auf. Sowohl bei den prozess- als auch bei den produktbezogenen Innovationen dominieren klar solche, die zur Verringerung des Energieverbrauchs und von CO₂-Emissionen beitragen. Ähnlich ausgeprägt ist dies nur noch in Österreich und Finnland, die dabei aber beide einen niedrigeren Anteil innovierender Unternehmen aufweisen. Einen im EU-22-Vergleich geringen Anteil an Unternehmen mit energieeinsparenden Innovationen hat neben Polen, das insgesamt über einen sehr geringen Innovatorenanteil verfügt, nur Dänemark.

Prozessbezogene Innovationen mit dem Ziel des Ersatzes fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energiequellen kommen in den ausgewiesenen großen europäischen Ländern am

²² Quelle: Eurostat Datenbankelemente „inn_cis9_env“ und „inn_cis_type“, siehe <http://ec.europa.eu/eurostat/de/data/database> in der Fassung vom 7.4.2017. Die Summe aller Unternehmen im CIS wird aus der ausgewiesenen Anzahl der innovativen und der nicht-innovativen Unternehmen berechnet.

²³ Allerdings lassen sich aus einem Vergleich der Auswertungen des Mannheimer Innovationspanels (MIP) – dem deutschen Beitrag zum Community Innovation Survey (CIS) – zumindest für Deutschland zeitliche Vergleiche ziehen. So wird deutlich, dass deutsche Unternehmen in den vergangenen Jahren tendenziell eher weniger Produktinnovationen mit einer verbesserten Umweltwirkung auf den Markt eingeführt haben als früher (Horbach und Rammer 2016).

wenigsten vor. Auch in Deutschland trifft dies für weniger als 10 % der Innovatoren zu²⁴. Die ebenfalls dem Klimaschutz dienenden Innovationen zur Verbesserung der Wiederverwertung und der Erhöhung der Lebensdauer durch nachhaltigere Produkte sind in den betrachteten Ländern jeweils ebenfalls von relativ geringer Bedeutung. In Deutschland, Österreich und Finnland erreichen sie aber immerhin Innovatorenanteile von z. T. deutlich über 10 %.

²⁴ Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist aber zu bedenken, dass der Ausbau erneuerbarer Energien bisher vor allem in der Stromerzeugung stattfindet und daher sektoral andere Bereiche betrifft als die befragten Unternehmen.

Tabelle 6: Anteil der Unternehmen mit Umweltinnovationen in den Jahren 2012 bis 2014

Anteil der Unternehmen, die durch Innovationen im eigenen Unternehmen oder beim Endverwender umweltschutzrelevanten Nutzen generiert haben, an allen Unternehmen in %									
	DK	DE	IT	AT	PL	FI	SE	übr. 15 EU-Länder ¹	EU-22
Unternehmen mit Umweltinnovationen	14,6	42,2	22,5	35,1	7,1	32,0	28,2	16,0	24,7
mit Nutzen für das eigene Unternehmen (prozessbezogen)	12,3	39,3	20,3	32,3	6,4	27,7	24,7	14,5	22,6
<i>Verringerung des eigenen Energieverbrauchs / von CO2-Emissionen</i>	7,9	32,6	8,6	21,1	3,6	20,3	15,0	8,2	15,1
<i>Verringerung des Material- / Wasserverbrauchs je produzierte Einheit</i>	5,9	18,3	16,6	16,3	3,1	15,6	9,6	6,4	12,0
<i>Verringerung der eigenen Luft-, Wasser-, Lärm- oder Bodenbelastung</i>	4,0	19,4	13,0	16,0	2,8	12,6	12,1	6,7	11,6
<i>Recycling von Abfall, Abwasser oder Material</i>	5,6	17,8	3,9	14,1	3,1	13,9	12,1	8,3	9,6
<i>Ersatz umweltschädlicher Materialien / gefährlicher Stoffe</i>	3,4	11,7	11,0	14,4	2,5	11,1	11,6	5,6	8,6
<i>Ersatz fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energiequellen</i>	1,7	9,9	9,0	8,6	0,9	6,5	7,2	2,1	6,0
mit Nutzen für den Endverwender (produktbezogen)²	8,8	24,7	..	25,2	5,0	25,9	21,0	11,0	14,2
<i>Verringerung des Energieverbrauchs / von CO2-Emissionen</i>	6,5	20,6	10,4	17,1	2,9	19,8	15,2	6,1	11,5
<i>Verringerung der Luft-, Wasser-, Lärm- oder Bodenbelastung</i>	4,1	12,5	9,0	11,3	2,5	13,8	12,4	5,2	8,3
<i>Verbesserung der Wiederverwertung</i>	2,2	11,6	6,4	9,8	1,9	12,9	8,3	5,8	7,3
<i>Erhöhung der Lebensdauer durch nachhaltigere Produkte</i>	2,8	11,4	8,4	12,1	2,7	14,7	10,9	5,7	8,0

Kursiv: Innovationen mit besonderem Klimaschutzbezug

1) Bulgarien, Tschechien, Estland, Griechenland, Kroatien, Zypern, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Portugal, Rumänien, Slowenien, Slowakei, Ungarn

2) Wert für Italien unplausibel

Quelle: CIS 2014. – Berechnungen des CWS

5.2 Investitionen

Die Umsetzung von Innovationen in der Wirtschaft kann, wie im vorhergehenden Abschnitt 5.1 erörtert, zu einer merklichen Verringerung der Umweltbelastung führen. Dies ist in aller Regel mit Investitionen in Sach- und Humankapital verbunden. Aber nicht nur Unternehmen mit Umweltinnovationen investieren in Einrichtungen und Anlagen. Auch andere Unternehmen realisieren Investitionen, die dem Klimaschutz dienen, durch den Bezug entsprechender Güter und Leistungen auf nationalen oder internationalen Märkten (vgl. Abschnitt 7).

Die Umweltschutzausgabenrechnung (Environmental Protection Expenditure Accounts, EPEA), die von Eurostat veröffentlicht wird, bildet eine der umweltökonomischen Gesamtrechnungen der europäischen Länder (Eurostat 2016e). Ausgewiesen werden die nationalen Umweltschutzausgaben in den EU-Ländern und einigen Nichtmitgliedsstaaten. Ein Element der Umweltschutzausgabenrechnung sind die Umweltschutzinvestitionen der Industrie (nur Angaben von Kapitalgesellschaften, vgl. Eurostat 2016e), die gemäß der Klassifikation der Umweltschutzaktivitäten und -ausgaben differenziert veröffentlicht werden. Die Daten sind für folgende Kategorien verfügbar: „Luftreinhaltung und Klimaschutz“ (CEPA1), „Gewässerschutz“ (CEPA2), „Abfallwirtschaft“ (CEPA3) und „Sonstige Umweltschutzaktivitäten“ (CEPA9). Weiterhin werden zwei Arten von Umweltschutzinvestitionen unterschieden: Investitionen in Einrichtungen, Anlagen und Zubehör, die dem Schutz vor bereits entstandenen Emissionen dienen (pollution treatment), werden als „vorwiegend „end-of-pipe“-Technologien“ klassifiziert. Diesen gegenüber stehen Investitionen in verbesserte Produktionstechnologien und -prozesse, die nachweislich weniger Emissionen verursachen (pollution prevention) und von Eurostat als „integrierte Technologien“ klassifiziert werden.

Auf dieser Datenbasis dient der Anteil der Investitionen aus dem Umweltbereich „Luftreinhaltung und Klimaschutz“ (CEPA1) an allen Umweltschutzinvestitionen als Indikator für die Bedeutung und Entwicklung klimaschutzrelevanter Investitionen der Industrie in den europäischen Ländern. Des Weiteren kann anhand der Differenzierung von Investitionen in „end-of-Pipe“- und „integrierte“ Technologien überprüft werden, ob und in welchem Umfang ein Trend hin zu integrierten Klimaschutztechnologien auch bei den Sachinvestitionen der Wirtschaft in den betrachteten EU-Ländern existiert. Als Indikatoren hierfür dienen die Anteile entsprechenden Investitionen an allen Umweltschutzinvestitionen in Luftreinhaltung und Klimaschutz.

Der internationale Vergleich beschränkt sich auf die europäischen Länder der EFI-Länderliste (vgl. Anhang 9.1), für die Angaben in der Eurostat-Datenbank verfügbar sind.²⁵ Eine weitere Differenzierung der internationalen Ergebnisse nach Wirtschaftszweigen ist aufgrund fehlender Angaben für verschiedene Jahre und Länder nicht möglich. Es wird nur das Verarbeitende Gewerbe insgesamt betrachtet.²⁶ Aufgrund der hohen Volatilität der Investitionen wurden für den zeitlichen Vergleich die durchschnittlichen Investitionen der Jahre 2003 bis 2005 und der Durchschnitt der Jahre 2012 bis 2014 ausgewertet. Datenlücken haben zur Folge, dass für einzelne Länder in unterschiedlicher Form andere Jahre zur Berechnung herangezogen werden mussten.

Die Umweltschutzinvestitionen der Industrie sind zwischen 2003/2005 und 2012/2014 in den meisten betrachteten europäischen Ländern gestiegen (Tabelle 7). Nur in Spanien – vermutlich noch als mittelfristige Folge der Wirtschaftskrise – und in Österreich waren die Werte 2012/2014 niedriger als 2003/2005. In Deutschland ist der Zuwachs mit rund 4 % eher moderat ausgefallen.

Investitionen in Luftreinhaltung und Klimaschutz machen 2012/2014 zwischen 36 % (Italien) und 66 % (Polen) der Umweltschutzinvestitionen aus. In Deutschland liegt dieser Anteil mit 41,6 % eher im unteren Bereich der Länder mit verfügbaren Daten und hat sich wie auch in Frankreich (39,7 %) seit 2003/2005 nicht verändert. Dagegen ist der Anteil der Investitionen in Luftreinhaltung und Klimaschutz an allen Umweltschutzinvestitionen in fünf der anderen betrachteten Länder deutlich gestiegen. Leichte Anteilsrückgänge hat es nur in Belgien und Italien gegeben. Bezüglich der Bedeutung von Klimaschutzinvestitionen in der europäischen Wirtschaft können diese Daten aber wenig Anhaltspunkte geben, da wesentliche Elemente des Klimaschutzes nicht im Rahmen von CEPA 1, sondern von CReMa 13 (Management of energy resources) klassifiziert werden und daher in den hier vorgestellten Daten nicht enthalten sind.

²⁵ Siehe „Ausgaben für den Umweltschutz nach Umweltbereich“ Tabellen „sbs_env_dom_r2“ und „sbs_env_2b_02“ in <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database#> (letzter Zugriff 18. Mai 2017).

²⁶ Bis 2007 NACE Rev. 1.1 „Herstellung von Waren (D)“; ab 2008, NACE Rev. 2 „Verarbeitendes Gewerbe/Herstellung von Waren (C)“.

Tabelle 7: Investitionen des Verarbeitenden Gewerbes in Einrichtungen und Anlagen für den Umweltschutz insgesamt sowie im Bereich Luftreinhaltung und Klimaschutz (CEPA1)

	Umweltschutz- investitionen insg. abs. in Mio. €	Anteil Luftreinhaltung und Klimaschutz (CEPA1) in % Insgesamt darunter:		
			EoP ¹⁾	Integriert ²⁾
im Durchschnitt der Jahre 2003 bis 2005				
Belgien*	173	45,1	42,3	57,7
Deutschland	1.282	41,5	69,4	30,6
Spanien	777	36,3	47,8	52,2
Frankreich	908	40,0	78,8	21,2
Italien**	545	40,3	68,1	31,9
Niederlande	225	52,5	43,8	56,2
Österreich***	200	45,2	77,8	22,2
Polen***	228	51,0	54,6	45,4
Finnland**	126	34,4	66,4	33,6
Schweden	266	41,2	46,0	54,0
Vereinigtes Königreich	956	34,8	57,7	42,3
im Durchschnitt der Jahre 2012 bis 2014				
Belgien*	180	39,5	27,9	72,1
Deutschland	1.335	41,6	57,9	42,1
Spanien	443	51,8	15,2	84,8
Frankreich	1.119	39,7	67,1	32,9
Italien**	613	36,2	74,0	26,0
Niederlande	255	..	..	..
Österreich***	187	56,9	59,6	40,4
Polen***	265	66,0	74,6	25,4
Finnland**	157	42,0	64,8	35,2
Schweden	311	47,1	42,0	58,0
Vereinigtes Königreich	..	..	..	..

1) Anteil der Investitionen in Einrichtungen und Anlagen, die dem Emissionsschutz dienen sowie in spezielles Emissionsschutzzubehör (vorwiegend "End-of-pipe"-Einrichtungen) an allen Umweltschutzinvestitionen in Luftreinhaltung und Klimaschutz in %

2) Anteil der Investitionen in Einrichtungen und Anlagen in Verbindung mit anderen Technologien ("integrierte Technologie") an allen Umweltschutzinvestitionen in Luftreinhaltung und Klimaschutz in %

*: Durchschnitt 2005-2007; **: Durchschnitt 2003-2004; *** Durchschnitt 2004-2006; „..“ keine Angabe

Quelle: Eurostat; Berechnungen des CWS

Betrachtet man die Investitionen in Luftreinhaltung und Klimaschutz für sich, so zeigt sich bei den meisten einbezogenen Ländern ein Trend hin zu verstärkten Investitionen in integrierte Technologien. Durch diese werden Emissionen bereits im Produktionsprozess vermindert oder vermeiden, so dass additive Beseitigungs- oder Verminderungsmaßnahmen („end-of-pipe“) weitgehend bzw. vollständig ersetzt werden können (vgl. Edler et al. 2009 Kapitel 4). In Deutschland ist der Anteil integrierter Technologien an den Investitionen in Luftreinhaltung und Klimaschutz von durchschnittlich 30,6 % 2003/2005 auf 42,1 % 2012/2014 gestiegen. Noch höhere Anteile integrierter Technologien waren bei den einbezogenen Ländern zuletzt nur für Spanien, Belgien und Schweden zu beobachten. In Italien

und Polen ist der Anteil integrierter Technologie dagegen seit Mitte des letzten Jahrzehnts zurückgegangen.

6 Beschäftigung und Qualifikation

Die Anzahl der Beschäftigten und deren Entwicklung bilden wichtige Indikatoren für den wirtschaftlichen Erfolg der Produktion von Gütern und Dienstleistungen und des Betriebs von Anlagen, die dem Klimaschutz dienen. Die amtliche Statistik erfasst Beschäftigung grundsätzlich nach Merkmalen der Personen (Beruf, Ausbildung, Alter) oder der Arbeitsstätten (produzierte Güter, Wirtschaftszweig, Größe), nicht aber nach der Funktion der von den Beschäftigten bzw. ihrem Unternehmen produzierten Waren und Dienstleistungen. Funktional differenzierte Beschäftigtendaten beziehen sich auf Berufe (sozialversicherungspflichtig Beschäftigte) oder auf ausgeübte Tätigkeiten im Betrieb (Mikrozensus). Diese sind an die jeweilige Person gebunden und lassen u. a. Rückschlüsse auf deren Qualifikation zu. Indirekt, aus der ausführlichen Beschreibung der Berufe, können in eingeschränktem Maße auch Informationen über die Funktion der produzierten Güter oder Dienstleistungen gewonnen werden (vgl. Abschnitt 6.3). Die Klassifikation der Wirtschaftszweige geht auf die Art der in Unternehmen, Betrieben oder fachlichen Betriebsteilen hergestellten Güter zurück, berücksichtigt dabei aber nicht den Zweck des Einsatzes dieser Güter.

Bei allen bisher verfügbaren Daten zur Beschäftigung im Bereich des Umwelt- und Klimaschutzes handelt es sich um Schätzungen. Die gewählten Ansätze weisen in unterschiedlicher Konstellation sowohl nachfrageseitige als auch angebotsseitige Elemente auf (vgl. weiter Abschnitt 7.2), die zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen. Im Folgenden wird zunächst auf die bisherigen Ergebnisse der vom Statistischen Bundesamt und von Eurostat im Rahmen der nationalen und internationalen umweltökonomischen Gesamtrechnungen geschätzten Beschäftigungseffekte im gesamten Sektor Umweltschutzgüter und -dienstleistungen eingegangen (Abschnitt 6.1). Mit einem zweiten Ansatz wird auf Basis weiterer Datenquellen versucht, ein möglichst vollständiges Bild direkt und indirekt von Klimaschutzaktivitäten abhängiger Beschäftigung zu zeichnen (Abschnitt 6.2). Im internationalen Kontext lassen sich die Beschäftigungswirkungen des Klimaschutzes dabei nur eingeschränkt hinsichtlich der erneuerbaren Energien vergleichen. Zum Abschluss dieses Abschnitts wird geprüft, ob und inwieweit auf Basis der neuen nationalen Berufsstatistik (Klassifikation der Berufe 2010) Informationen über die Qualifikationsanforderungen an Beschäftigte, die dem Klimaschutz dienende Berufe ausüben, gewonnen werden können (Abschnitt 6.3).

6.1 Beschäftigung des Sektors Umweltgüter und -dienstleistungen nach Umweltbereichen

Ab Berichtsjahr 2017 wird EU-weit verpflichtend eine amtliche Statistik zur Erfassung wichtiger Kennzahlen des Umweltschutzsektors eingeführt, die internationale Mindeststandards erfüllen soll. Die Daten für diese Environmental Goods and Services Sector (EGSS) Statistik sollen kompatibel zum aktuell gültigen Europäischen System der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (ESVG 2010) sein. Zudem sollen sie, soweit möglich, auf der Grundlage bereits verfügbarer statistischer Daten ermittelt werden („data integration approach“), die mit einem spezifischen EGSS-Survey bei Anbietern von Umweltschutzgütern und -dienstleistungen kombiniert werden (vgl. dazu ausführlich Eurostat 2016a). Als Hilfestellung für die Datenermittlung und -aufbereitung hat Eurostat den statistischen Ämtern der EU-Staaten verschiedene Handbücher, Regelungen sowie „Practical Guides“ vorgelegt (vgl. dazu ausführlich Eurostat 2016b) und (Eurostat 2016c).

Die EGSS-Statistik sieht vor, jährlich die Produktion (Umsatz), die Bruttowertschöpfung, die Beschäftigung und die Exporte an Umweltschutzgütern und -dienstleistungen differenziert nach Wirtschaftszweigen (42 ein- und zweistellige Wirtschaftszweige nach der NACE-2-Systematik) und Umweltbereichen auszuweisen. Die Differenzierung der Umweltschutzbereiche folgt der mit den Systematiken CEPA²⁷ und CReMA²⁸ definierten Gliederung, wobei sich CEPA an den klassischen Umweltmedien (Luft, Lärm, Abfall etc.) und der Beseitigung typischer Probleme (Umweltverschmutzung) orientiert, während CReMA (Ressourcenmanagement) auf integrierte Lösungen oder Substitutionen abzielt, die diese Probleme gar nicht erst entstehen lassen (vgl. zuletzt Eurostat 2016a, 2016b; auch Gehrke et al. 2013). Weiterhin soll in der EGSS Statistik bei Produktion, Wertschöpfung und Exporten zwischen Umweltbereichen und verschiedenen Aktivitätstypen (z. B. für den Markt bestimmte Produktion, nicht für den Markt bestimmte Produktion, nachgeschaltete oder integrierte Technologien) unterschieden werden.

Zum Klimaschutzbereich zählen die Positionen

- CEPA 1: Protection of ambient air and climate; sowie
- CReMA 13: Management of energy resources, mit den Unterpositionen
 - 13A: Production of energy from renewable resources,

²⁷ Classification of Environmental Protection Activities and Expenditures.

²⁸ Classification of Resource Management Activities.

- 13B: Heat / energy saving and management und
- 13C: Minimization of the use of fossil energy.

Eine eindeutige Abgrenzung zwischen Klimaschutz und Luftreinhaltung ist hierbei nicht möglich: In CEPA 1 werden neben Klimaschutzmaßnahmen (z. B. zur Reduktion der Emissionen von nicht-energiebedingten Treibhausgasen) auch zahlreiche Bereiche der klassischen Luftreinhaltung erfasst; gleichzeitig führen die in CReMA 13 erfassten Aktivitäten in vielen Fällen nicht nur zur Reduktion von energiebedingten Treibhausgasen, sondern auch von klassischen Luftschadstoffen. Bezug zum Klimaschutz haben auch Teile der Positionen CEPA 8 und CReMA 15, die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten aller zugehörigen Umweltschutzbereiche umfassen, sich aber nicht einzelnen Positionen zuordnen lassen.

Tabelle 8: Beschäftigte in den Umweltbereichen „Luft- und Klimaschutz“ (CEPA 1) sowie Energieressourcenmanagement (CReMA 13) nach Ländern 2014 (Vollzeitäquivalente)

Luftreinhaltung und Klimaschutz (CEPA 1)		Energieressourcenmanagement (CReMA 13)			
		insgesamt	Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen (13A)	Wärme-/Energie- einsparungen und -management (13B)	Minimierung der Verwendung fossiler Energieträger als Rohstoffe (13C)
EU-28	104.000	1.576.140	645.000	902.000	29.140
Belgien*	1.712	20.793	6.235	12.268	2.289
Dänemark	3.916	32.015	17.759	13.175	1.081
Deutschland	29.250	143.931	66.320	77.611	..
Frankreich	6.789	81.638	54.748	24.323	2.566
Niederlande	1.100	44.900	..	..	..
Österreich	8.953	64.399	30.085	33.108	1.205
Polen	20.226	176.281	73.477	92.908	9.896
Schweden	1.380	25.156	12.295	5.645	7.216
Großbritannien	5.400	29.865	10.365	19.500	0

*: 2013

Quelle: Eurostat, EGSS-Statistik. – Berechnungen des CWS.

http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=env_ac_egss1&language=en&mode=view (Stand: 16.6.2017)

Nach hier verwendetem Erfassungsstand (Juni 2017) liegen Daten für 21 EU-Länder in unterschiedlicher Aktualität, Differenzierung und Qualität vor. Letztere äußert sich beispielsweise in einer nicht nachvollziehbar hohen Streuung der nationalen Umsatzanteile am jeweiligen Bruttoinlandsprodukt, die nach Einschätzung von Eurostat vor allem mit Problemen bei der Messbarkeit bestimmter Umweltschutzgüter und -dienstleistungen so-

wie Unterschieden in der Bandbreite der erfassten Produkte bzw. Leistungen zusammenhängen (Eurostat 2017). Insofern sind die bisher vorliegenden Länderergebnisse nur sehr eingeschränkt vergleichbar. Das verbesserte Meldeverhalten am aktuellen Rand lässt für neun aus Sicht der EFI besonders relevante Länder einen ersten Überblick im Querschnitt zu (Tabelle 8).

Tabelle 9: Beschäftigte in den Umweltbereichen „Luft- und Klimaschutz“ (CEPA 1) sowie Energieressourcenmanagement (CReMA 13) nach Ländern 2014 (Anteil am den Erwerbstätigen im Alter von 15-64 Jahren in %)

Luftreinhaltung und Klimaschutz (CEPA 1)		insgesamt	Energieressourcenmanagement (CReMA 13)		
			Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen (13A)	Wärme-/Energie- einsparungen und -management (13B)	Minimierung der Verwendung fossiler Energieträger als Rohstoffe (13C)
EU-28	0,05	0,82	0,34	0,47	0,02
Belgien*	0,04	0,52	0,16	0,31	0,06
Dänemark	0,17	1,38	0,77	0,57	0,05
Deutschland	0,09	0,43	0,20	0,23	..
Frankreich	0,03	0,34	0,23	0,10	0,01
Niederlande	0,02	0,74	..	..	..
Österreich	0,26	1,84	0,86	0,95	0,03
Polen	0,13	1,17	0,49	0,62	0,07
Schweden	0,03	0,62	0,30	0,14	0,18
Großbritannien	0,02	0,12	0,04	0,08	0,00

*: 2013

Quelle: Eurostat, EGSS-Statistik. – Berechnungen des CWS.

http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=env_ac_egss1&language=en&mode=view (Stand: 16.6.2017)

Für die gesamte EU-28 schätzt Eurostat die Zahl der Beschäftigten, die Umweltschutzgüter und -leistungen erstellen, welche der Luftreinhaltung und dem Klimaschutz dienen, auf etwas mehr als 100.000 Beschäftigte im Jahr 2014, berechnet in Vollzeitäquivalenten. Das sind 0,05 % aller in der EU-28 Erwerbstätigen im Alter von 15 bis 64 Jahren (Tabelle 9).²⁹

²⁹ Zu den entsprechenden Produktionsdaten auf Basis der EGSS siehe Abschnitt 7.2.

Mit fast 1,6 Mio. Beschäftigten macht der Bereich Energieressourcenmanagement insgesamt bereits 0,82 % der Erwerbstätigen in der EU-28 aus.

Mit über 900.000 Beschäftigten in der EU-28 entfällt der größte Teil der Beschäftigung im Bereich Energieressourcenmanagement wiederum auf Güter und Dienstleistungen im Zusammenhang mit Wärme- und Energieeinsparungen und deren Management. Dies entspricht 0,47 % der Erwerbstätigen. Dahinter bleiben die Beschäftigungseffekte der Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen mit geschätzten 645.000 Vollzeit beschäftigten Personen (0,34 %) deutlich zurück. Noch geringer fallen die Beschäftigungseffekte von Gütern und Dienstleistungen aus, die der Minimierung der Verwendung fossiler Energieträger als Rohstoffe dienen – europaweit sind hier weniger als 30.000 Personen (0,02 %) beschäftigt.

Beim Vergleich der Angaben einzelner Länder mit den Werten für die EU-28 ist zu beachten, dass letztere auf einer eigenständigen Schätzung von Eurostat beruhen, die sich nicht aus der Summe der einzelnen Länderangaben ergibt.

Aus der Verteilung der bisher im Rahmen der EGSS-Statistik erfassten Länderangaben wird zunächst deutlich, dass es vermutlich sehr große Unterschiede in der Umsetzung der von Eurostat definierten Anforderungen an diese Statistik in den unterschiedlichen Ländern gibt. Dies könnte zur Erklärung beitragen, dass in Polen fast doppelt so viele Personen im Bereich Luftreinhaltung und Klimaschutz beschäftigt sind wie in Frankreich und Großbritannien zusammen. Ähnliches gilt für das Ergebnis, dass es in Polen trotz der generellen wirtschaftlichen Unterschiede absolut mehr Beschäftigte im Bereich Energieressourcenmanagement gibt als in Deutschland.³⁰

Beim Ländervergleich im Bereich Luft und Klimaschutz (CEPA 1) ergibt sich hinsichtlich des Anteils an allen Erwerbstätigen eine Spanne von 0,02 % in den Niederlanden und in Großbritannien bis 0,26 % in Österreich. Deutschland liegt hier mit 0,09 % im Mittelfeld der Länder, für die Daten verfügbar sind.

Im Bereich Energieressourcenmanagement weisen Österreich (1,84 %) und Dänemark (1,38 %) die höchsten Anteile auf. Den mit Abstand geringsten Anteil hat demnach Großbritannien (0,12 %). Bei weiterer Differenzierung zeigt sich, dass die Beschäftigungseffekte im Bereich Wärme-/Energieeinsparung nicht in jedem Land, wie für die gesamte EU-28 geschätzt, größer sein müssen als diejenigen der erneuerbaren Energien. Von Letzteren

³⁰ In Polen lebten 2016 mit knapp 38 Mio. nicht einmal halb so viele Menschen wie in Deutschland mit schätzungsweise 82,5 Mio.

gehen in Dänemark, Frankreich und Schweden größere Beschäftigungseffekte aus als vom Bereich Wärme-/Energieeinsparung. Die relativ höchsten Beschäftigungseffekte Erneuerbarer Energien gibt es in Österreich (0,86 %) und Dänemark (0,77 %). Abgesehen von Polen weisen diese beiden Länder auch die relativ höchsten Beschäftigungseffekte im Bereich Wärme-/Energieeinsparung auf. Dagegen fällt dem Bereich der Minimierung der Verwendung fossiler Energieträger und -rohstoffe nur in Schweden ein mit 0,18 % größerer Beschäftigtenanteil zu.

Insgesamt müssen die bisherigen Ergebnisse zur Beschäftigung in der europäischen EGSS-Statistik als nur sehr eingeschränkt vergleichbar beurteilt werden. Fehlende Länder, lückenhafte Meldungen, unterschiedliche Datenquellen sowie grundsätzliche Probleme der Messbarkeit und damit verbundene Schätzfehler sind Gründe hierfür. Verbesserungen sind frühestens mit der EU-weit verpflichtenden Erfassung ab Ende 2017 zu erwarten.

6.2 Bruttobeschäftigungseffekte durch den Ausbau Erneuerbarer Energien und energieeffizientes Bauen/Sanieren

Die Schätzung der Bruttobeschäftigungseffekte der Erneuerbaren Energien in Deutschland erfolgt mittels eines kombinierten Angebots- und nachfrageseitigen Ansatzes (vgl. Blazejczak und Edler 2015 sowie Lehr et al. 2015). Angebotsseitig werden dafür Daten zum Absatzmarkt, zu Importen und Exporten sowie zur Struktur der Beschäftigung bei Unternehmen aus dem Bereich Erneuerbarer Energien mittels Unternehmensbefragung erhoben. Investitionen in Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien bilden den Ausgangspunkt für die Ermittlung der Umsätze der Wirtschaft mit Anlagen und Komponenten. Differenziert nach 73 Wirtschaftsbereichen werden diese in mehreren Berechnungsschritten als neue Produktionsbereiche in das System der nationalen Input-Output-Rechnung integriert („Satellitensystem“). Auf dieser Grundlage können dann mittels Methoden der Input-Output-Rechnung die direkten und indirekten Beschäftigungseffekte für folgende Technologiebereiche geschätzt werden (vgl. Lehr et al. 2015):

- Windenergie: Onshore und Offshore,
- Solarenergie: Photovoltaik, Solarthermie, Solarthermische Kraftwerke,
- Wasserkraft,
- Geothermie/Umweltwärme: Tiefen-Geothermie, oberflächennahe Geothermie und Umweltwärme,
- Biomasse: Biomasse Heiz- und Kraftwerke, Biomassekleinanlagen, Biogas, Biokraftstoffe.

Der methodische Ansatz ist in den vergangenen Jahren immer wieder an Änderungen und Aktualisierungen der Input-Output-Rechnung für Deutschland angepasst worden. Dies betrifft auch die Annahmen über die Entwicklung der Arbeitsproduktivität (Arbeitskoeffizienten) in den verschiedenen Technologiebereichen, die von zentraler Bedeutung für die zu schätzenden Beschäftigungseffekte sind (vgl. ausführlich Lehr et al. 2015). Das

Schätzmodell beruht auf der jeweils aktuellen Fassung der Input-Output-Tabelle für Deutschland. Zum Teil müssen Daten der amtlichen Statistik am aktuellen Rand fortgeschrieben werden, was die Beschäftigtenschätzung für die letzten Jahre mit einem zusätzlichen Unsicherheitsfaktor belegt.³¹

Tabelle 10: Schätzung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland

	absolut			Jahresdurchschnittliche Veränderung in %		
	2004	2012	2015	2004/2012	2012/2015	2004/2015
Windenergie	63.900	121.800	142.900	8,4	5,5	7,6
onshore		104.000	122.400		5,6	
offshore		17.800	20.500		4,8	
Biomasse	56.800	127.500	113.200	10,6	-3,9	6,5
Biomasse (fest)		51.700	45.400		-4,2	
Biogas		50.400	45.000		-3,7	
Biokraftstoffe		25.400	22.800		-3,5	
Solarenergie	25.100	113.900	42.200	20,8	-28,2	4,8
Photovoltaik		100.300	31.600		-32,0	
Solarthermie		12.200	9.900		-6,7	
Solarthermische Kraftwerke		1.400	700		-20,6	
Wasserkraft**	9.500	12.900	6.700	3,9	-19,6	-3,1
Geothermie/Umweltwärme	1.800	16.400	17.300	31,8	1,8	22,8
Forschung/Verwaltung***	3.500	7.300	7.700	9,6	1,8	7,4
Insgesamt	160.600	399.800	330.000	12,1	-6,2	6,8

* Kleinanlagen und Heiz-/Kraftwerke

** ohne große Wasserkraftwerke (Hydropower, large)

*** öffentlich geförderte Forschung/Verwaltung

Quelle: O'Sullivan et al. (2016) und Lehr et al. (2015)

Gemäß der aktuellen Schätzung beliefen sich die Bruttobeschäftigungseffekte Erneuerbarer Energien in Deutschland im Jahr 2015 auf rund 330.000 Beschäftigte, was einer Verdoppelung gegenüber dem Jahr 2004 entspricht (Tabelle 10). Die insgesamt positive Entwicklung ist nach kontinuierlichen Zuwächsen von jahresdurchschnittlich 12 % auf fast 400.000 Beschäftigte im Jahr 2012 seitdem ins Stocken geraten (vgl. hier und im Folgen-

³¹ Nach Aussage der Autoren betrifft dies nicht die generellen Entwicklungstrends in den einzelnen Umweltbereichen. Vielmehr besteht Unsicherheit hinsichtlich des Höhepunktes der Entwicklung im Jahr 2012, der auch schon im Jahr 2011 eingetroffen sein könnte.

den auch O'Sullivan et al. 2016). Hauptverantwortlich hierfür ist der Bereich der Solar-energie, insbesondere der Photovoltaik, deren Bruttobeschäftigungseffekt sich seit 2012 mehr als halbiert haben dürfte. Relativ kontinuierlich ist hingegen die Beschäftigung im Bereich der Windenergienutzung weiter gestiegen, während das Bruttobeschäftigungsvolumen im Bereich Biomasse (-3,9 % p. a.), Geothermie/Umweltwärme und Forschung/Verwaltung (jeweils +1,8 % p. a.) zwischen 2012 und 2015 eher stagniert hat.³²

Die International Renewable Energy Agency (IRENA) hat in den vergangenen Jahren internationale Daten zur Beschäftigtenstruktur und -entwicklung im Bereich der Erneuerbaren Energien gesammelt und ausgewertet (vgl. International Renewable Energy Agency (IRENA) 2017). Die verwendeten Daten gehen zurück auf nationale, regionale und globale Studien sowie auf Informationen von Regierungs- und Wirtschaftsvertretern aus den dabei berücksichtigten Ländern. Für Deutschland werden die oben vorgestellten Daten (vgl. Tabelle 10) einbezogen. Da die internationalen Daten aus unterschiedlichen Quellen stammen und sehr wahrscheinlich mittels unterschiedlicher Methoden ermittelt worden sind, muss sich ein internationaler Vergleich auf dieser Datenbasis auf grundlegende Unterschiede und Trends beschränken.

Deutschland zählt demnach mit rund 330.000 Beschäftigten hinter China (3,6 Mio.), Brasilien (0,9 Mio.), den USA (0,8 Mio.) und Indien (0,4 Mio.) zu den Ländern mit den absolut meisten Beschäftigten im Bereich der erneuerbaren Energien (vgl. hier und im Folgenden International Renewable Energy Agency (IRENA) 2017). Weltweit gibt es nach dieser Studie rund 8,3 Mio. Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien (ohne große Wasserkraftwerke). Gemessen an deren strukturellen Verteilung weist Deutschland Spezialisierungsvorteile bei der Windenergie, bei Bioenergie und im Bereich der Geothermie/Umweltwärme auf. China und Japan sind auf Photovoltaik spezialisiert, Brasilien auf Biokraftstoff. Die USA weisen relativ viele Beschäftigte in den Bereichen Biokraftstoffe, Biomasse und Geothermie auf. Indien zeigt Spezialisierungsvorteile bei Windenergie und Biomasse.

Neben den erneuerbaren Energien bilden Güter und Leistungen zur Steigerung der Energieeffizienz ein weiteres wichtiges Standbein der Klimaschutzaktivitäten. In Deutschland werden kontinuierlich die Beschäftigungseffekte untersucht, die sich im Rahmen von energieeffizienter Sanierung und dem Bau von energieeffizienten Gebäuden ergeben (vgl. Diefenbach et al. 2016). Hier werden die Bruttobeschäftigungseffekte aller Investitionen, die

³² Für weiter differenzierte Beschäftigtenschätzungen unterhalb der genannten Technologien vgl. Lehr et al. 2015 und O'Sullivan et al. 2016.

mit Mitteln aus den KfW-Förderprogrammen „Energieeffizient Sanieren / CO₂-Gebäudesanierungsprogramm“ und „Energieeffizient Bauen / Ökologisch Bauen“ gefördert worden sind, ebenfalls mit Methoden der Input-Output-Analyse geschätzt (vgl. Diefenbach et al. 2016, S. 54f und Anlage 5-1). Ausgehend von den geplanten Investitionsvolumina in energetische Sanierungsmaßnahmen bzw. den Gesamtbaukosten der Neubauten wird die damit verbundene Nachfrage nach Gütern aus verschiedenen Produktionsbereichen des Baugewerbes generiert. Mittels einer schriftlichen Befragung einer Stichprobe von Fördermittelempfängern und Anwendung der aktuellen Input-Output-Tabelle sowie aktueller sektoraler Arbeitsproduktivitäten (Arbeitskoeffizienten) werden direkte und indirekte Beschäftigungseffekte berechnet.

Die mit den geförderten Baumaßnahmen verbundenen Beschäftigungseffekte entsprechen zusammen mehr als 400.000 Beschäftigten im Jahr 2015 (Tabelle 11). Dabei entfällt der größte Teil (355.000) auf Neubauten, die im Rahmen des Programms „Energieeffizient Bauen / Ökologisch Bauen“ gefördert worden sind. Auf die energetische Sanierung im Bestand (Energieeffizient Sanieren / CO₂-Gebäudesanierungsprogramm) entfallen rund 75.000 Beschäftigte.

Tabelle 11: Schätzung der Bruttobeschäftigung durch energieeffizientes Bauen und ökologisches Bauen in Deutschland auf Basis der KfW-Förderprogramme

KfW-Förderprogramm	absolut (in Personenjahren)			Jahresdurchschnittliche Veränderung in %		
	2006	2012	2015	2006/2012	2012/2015	2006/2015
Energieeffizient Sanieren*	65.000	69.000	75.000	1,0	2,8	1,6
Energieeffizient Bauen**	107.000	278.000	355.000	17,2	8,5	14,3

* Förderprogramm „Energieeffizient Sanieren / CO₂-Gebäudesanierungsprogramm“

** Förderprogramm „Energieeffizient Bauen / Ökologisch Bauen“

Quelle: Diefenbach et al. (2016)

In den letzten Jahren sind die Beschäftigungseffekte dieser Investitionen in die Verbesserung der Energieeffizienz im Gebäudebestand und Neubau deutlich gestiegen. Während beim energieeffizienten Bauen bis 2013 ein kontinuierlicher Zuwachs zu beobachten war, ist die Entwicklung der Beschäftigungseffekte bei der energieeffizienten Sanierung diskontinuierlich verlaufen. So wurde für das Jahr 2009 einmal eine Bruttobeschäftigung von 111.000 errechnet, 2011 waren es dann nur noch 52.000 (vgl. Diefenbach et al. 2016). Grundsätzlich dürften sich Änderungen in der Förderkulisse und in der Inanspruchnahme der KfW-Förderung auch in den Beschäftigungseffekten auswirken, denn mit der Zahl der betroffenen Wohneinheiten steigt das Gesamtinvestitionsvolumen und damit auch der Beschäftigungseffekt. Der Indikator ist deshalb nur mit Einschränkungen für die Abbildung der Beschäftigungsentwicklung im Bereich der Energieeffizienz geeignet.

6.3 Qualifikation der Beschäftigte in Umweltberufen

Die bisherigen Ansätze zur Schätzung der Beschäftigungseffekte durch Klimaschutzaktivitäten und die dafür erforderliche Güterproduktion lassen keine Aussagen über die eingesetzten Qualifikationen auf Seiten der Beschäftigten zu. Die dafür erforderlichen Daten können mittels Unternehmensbefragungen gewonnen werden, wie dies im Rahmen des zitierten Projekts zu den Beschäftigungseffekten erneuerbarer Energien in Deutschland (vgl. Abschnitt 6.2) für das Jahr 2012 erfolgt ist (vgl. hier und im Folgenden Lehr et al. 2015, S. 25ff). Das dabei gewonnene Querschnittsbild weist auf ein relativ hohes Qualifikationsniveau der im Bereich Erneuerbarer Energien Beschäftigten hin. So ist der Anteil Beschäftigter mit Hochschulabschluss in solchen Bereichen vergleichsweise hoch, die noch relativ klein sind und technologisch noch weiterentwickelt werden müssen (Solarthermische Kraftwerke (52 %), Tiefengeothermie (31 %) Biomasse Heiz-/Kraftwerke (30 %)). Dies gilt aber auch für die Biogaserzeugung (29 %), Offshore-Wind (27 %) und die Photovoltaik (26 %). Andererseits zeigen Bereiche, die einen hohen Beschäftigtenanteil für die Anlageninstallation, u. a. aus dem Handwerk, erwarten lassen, auch einen nennenswerten Anteil Beschäftigter ohne Berufsausbildungsabschluss, so bei der Photovoltaik (8 %) und der oberflächennahen Geothermie (11 %), bei der es um die Installation von Wärmepumpen oder das Bohren von Brunnen geht.

Solange solche Unternehmensbefragungen nur als sporadische Querschnitte erfolgen, können sie nicht als Grundlage für eine kontinuierliche Beobachtung und die Bildung von Indikatoren für Qualifikationsbedarfe dienen, die ggf. auch das Potenzial für internationale Vergleiche enthalten. Eine Möglichkeit zur Ableitung entsprechender Indikatoren bilden die Daten der Statistik der Berufe der Bundesagentur für Arbeit nach der neuen Klassifikation der Berufe 2010 (KldB 2010). Mit dem Übergang zur KldB 2010 wurden die Berufe zunächst nach ihrer Ähnlichkeit anhand der sie auszeichnenden Tätigkeiten, Kenntnisse und Fertigkeiten gruppiert („Berufsfachlichkeit“). Zusätzlich erfolgte in zweiter Dimension eine Gliederung nach dem Anforderungsniveau, das die Komplexität der auszuübenden Tätigkeiten in vier Komplexitätsgraden abbildet (vgl. Bundesagentur für Arbeit 2011a, S. 16). Differenziert wird zwischen Helfern, Fachkräften sowie Spezialisten und Experten. Fachkräfte haben in der Regel eine betriebliche Berufsausbildung ohne zusätzliche Fort- oder Weiterbildung. Spezialisten verfügen üblicherweise über einen Meister-, Techniker-, oder Fachhochschulabschluss und Experten über ein mindestens 4-jähriges Hochschulstudium. Allerdings kann auch langjährige Berufserfahrung ausreichen. Die Merkmale werden als fünfte Stelle des insgesamt fünfstelligen Berufscodes der KldB 2010 festgehalten. Die Erfassung der Beschäftigten auf Basis der KldB 2010 wurde erstmals zum Ende des Berichtsjahres 2012 vorgelegt. Nach der Revision der Beschäftigtenstatistik im Jahr 2014 liegt für dieses und die Folgejahre eine vergleichbare Datenbasis vor.

Mit dem Ziel, einen Indikator für die Qualifikation der in klimaschutzrelevanten Berufen beschäftigten Arbeitskräfte abzuleiten, wurden im ersten Schritt umweltschutz- und klimaschutzrelevante Berufe anhand der ausführlichen Beschreibung der 1.286 fünfstelligen

Berufsgattungen der KldB 2010 und einer Liste von Stichworten identifiziert (vgl. Bundesagentur für Arbeit 2011b).³³ Die Liste der relevanten Berufsuntergruppen (Viersteller) bzw. –gattungen (Fünfsteller mit spezifischem Anforderungsniveau) weist keinen Anspruch auf Vollständigkeit auf. Es handelt sich um solche Berufe, die anhand ihrer ausführlichen Beschreibung ganz oder in Teilen als umwelt- und Klimaschutzrelevant eingeschätzt werden (Tabelle 12).

³³ Mit folgenden Stichworten wurde zunächst nach relevanten Berufsgattungen gesucht: Bio*, Fernwärme, Klimaschutz, Photovoltaik, Solar*, Treibhaus, Umweltschutz, Wind*, Wasser*, Geothermie. Anschließend wurde anhand der ausführlichen Beschreibung der Berufsgattungen deren Zuordnung als umwelt- und Klimaschutzrelevant vorgenommen.

Tabelle 12: Umwelt- und klimaschutzrelevante Berufsgruppen und -gattungen nach KldB 2010

Berufsgruppe (KldB 2010)	Klima- schutz- relevant	Bezeichnung	aus der Beschreibung:
1118	K	Berufe in der Landwirtschaft (Sonstige spezifische Tätigkeitsanalyse)	Biomassenanlagen betreiben
21342	K	Berufe in der Glasveredelung - fachlich Ausgerichtete Tätigkeiten	darunter auch: Herstellung von Gläsern für Solaranlagen
25183		Berufe in der Maschinenbau- und Betriebstechnik (Sonstige spezifische Tätigkeitsangabe) - komplexe Spezialistentätigkeiten	darunter auch: Umweltschutzverfahrenstechniker
26242	K	Berufe in der Regenerativen Energietechnik - Fachlich ausgerichtete Tätigkeiten	z.B. Sevicetechniker Windkraftanlagen
26243	K	Berufe in der Regenerativen Energietechnik - Komplexe Spezialistentätigkeiten	z.B. Solartechniker
26244	K	Berufe in der Regenerativen Energietechnik - Hochkomplexe Tätigkeit	z.B. Maschinenbauingenieur Regenerative Energietechnik
26324	K	Berufe in der Mikrosystemtechnik - Hoch komplexe Tätigkeit	Produktion von Solarzellen
34303	K	Berufe in der Ver- u. Entsorgung - Komplexe Spezialistentätigkeiten	Fernwärmetechniker
34304	K	Berufe in der Ver- u. Entsorgung - hoch Komplexe Spezialistentätigkeiten	durchführen von Fernwärmeversorgungsanlagen
34393	K	Aufsichtskräfte - Ver- und Entsorgung	darunter auch im Bereich Fernwärme
42113	K	Berufe in der Geotechnik - Komplexe Spezialistentätigkeiten	z.B. geologische Verhältnisse untersuchen und bewerten
42144	K	Berufe in der Meteorologie - hoch komplexe Tätigkeit	Treibhauseffekte erforschen
42202		Berufe in der Umweltschutztechnik (ohne Spezialisierung) - Fachlich ausgerichtete Tätigkeiten	Umweltschutztechnischer Assistent, Umweltschuttlaborant
42203		Berufe in der Umweltschutztechnik (ohne Spezialisierung) - komplexe Spezialistentätigkeiten	Chemietechniker -Umweltschutz
42204		Berufe in der Umweltschutztechnik (ohne Spezialisierung) -hoch komplexe Tätigkeiten	Umweltschutzingenieur
4221	K	Schornsteinfeger/innen	
42293	K	Aufsichtskräfte Umweltschutztechnik	z.B. Schornsteinfegermeister
42312		Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung - fachlich ausgerichtete Tätigkeiten	z.B. Umweltschutzassistent/in
42313		Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung - komplexe Spezialistentätigkeiten	Umweltschutzfachwirt, Abfallberater, Energieberater
42314		Berufe in der Umweltschutzverwaltung und -beratung -Hochkomplexe Tätigkeiten	Umweltgutachter, Umweltmanagementbeauftragte, Umweltwissenschaftler
4232		Gewässer-, Immissionsschutz- und Abfallbeauftragte	z.B. Fachmann/-frau Gewässerschutz; Immissionsschutzbeauftragte/r
4233		Strahlenschutzbeauftragte	z.B. Strahlenschutzfachkraft; Dekontaminateur
4239		Führungskräfte Umweltmanagement und -beratung	z.B. Leiter/-in Sachverständigenbüro für Umweltfragen

Quelle: Bundesagentur für Arbeit 2011a; Bundesagentur für Arbeit 2011b - Recherchen und Zuordnung des CWS

Die so abgegrenzte Gruppe der umwelt- und klimaschutzrelevanten Berufe macht mit zusammen knapp 71.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten nur 0,23 % aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in Deutschland aus (Tabelle 13). Unter den Beschäftigten in diesen Berufsgruppen können rund zwei Drittel dem Klimaschutzbereich zugeordnet werden und stellen damit 0,15 % der Gesamtbeschäftigten. Insgesamt sind die identifizierten umwelt- und klimaschutzrelevanten Berufsgruppen sehr viel stärker im Bereich der höher qualifizierten Spezialisten und Experten zu finden als bei Helfern und Fachkräften.³⁴ Damit ist der Anteil der Hochqualifizierten in umwelt- und klimaschutzrelevanten Berufsgruppen weit überdurchschnittlich. Im Jahr 2016 machen sie 0,67 % aller Spezialisten und 0,47 % aller Experten aus.

Tabelle 13: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in umwelt- und klimaschutzrelevanten Berufsgruppen und -gattungen

Berufsgruppe*	Beschäftigte insgesamt		Spezialisten		Experten		Spezialisten und Experten	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
absolut:								
Umweltschutz-Berufe insgesamt	69.021	70.727	26.165	26.558	17.913	18.714	44.078	45.272
darunter Klimaschutz	45.476	46.059	13.441	13.310	9.876	10.167	23.317	23.477
Veränderung in %:								
SVB insgesamt	4,0		4,2		6,2		5,2	
Umweltschutz-Berufe insgesamt	2,5		1,5		4,5		2,7	
darunter Klimaschutz	1,3		-1,0		2,9		0,7	
übrige Umweltschutzberufe	4,8		4,1		6,3		5,0	
Anteile in %:								
Anteil Klima an Umwelt insgesamt	65,9	65,1	51,4	50,1	55,1	54,3	52,9	51,9
Anteil Umwelt an insgesamt	0,23	0,23	0,69	0,67	0,48	0,47	0,58	0,57
Anteil Klima an insgesamt	0,15	0,15	0,35	0,33	0,26	0,26	0,31	0,29

* siehe Tabelle 12

Quelle: Bundesagentur für Arbeit: Beschäftigtenstatistik (Stand 30.6. d. J.) – Berechnungen des CWS

In dem sehr kurzen Beobachtungszeitraum ist die Zahl der Beschäftigten in umwelt- und in klimaschutzrelevanten Berufsgruppen deutlich weniger gewachsen als die Gesamtbeschäftigten.

³⁴ Berufsbeschreibungen bei Helfern und Fachkräften fallen in der Regel allgemeiner aus als bei Berufsgruppen, die im Allgemeinen höhere Qualifikationen beinhalten. Hinweise auf spezifische Tätigkeiten, wie sie erforderlich sind, um sie dem Umwelt- und Klimaschutzbereich zuordnen zu können, sind häufiger bei der Beschreibung von Berufsgruppen zu finden, die Spezialisten- oder Expertenanforderungen stellen. Dies verzerrt daher das Qualifikationsniveau wahrscheinlich nach oben.

tigung. Dies betrifft vor allem Klimaschutzberufe und hängt mit der Krise der deutschen Solarbranche zusammen. Diese Wachstumslücke ist bei den höher qualifizierten Spezialisten und Experten noch stärker ausgeprägt als bei allen diesen Berufsgattungen zugeordneten Beschäftigten.

Insgesamt erfordern umwelt- und klimaschutzrelevante Berufe in Deutschland in überdurchschnittlichem Maße Spezialisten- und Expertenwissen.³⁵ Aktuell wächst die Beschäftigung in hochqualifizierten Klimaschutzberufen allerdings deutlich weniger als die Beschäftigung insgesamt.

Berechnungen entsprechender Indikatoren für andere Länder scheitern bisher an einer vergleichbaren Datenbasis. Die im Prinzip dafür in Frage kommenden Daten des Labour Force Survey (Eurostat) stehen auch als Mikrodaten nicht in der erforderlichen vergleichbaren Tiefe der fünfstelligen Berufsbezeichnungen als ISCO-Codes zur Verfügung. Ausführlich mit Fragen der Qualifikationsanforderungen befasst sich auch die OECD, wenn es um die Frage nach den für „green growth“ erforderlichen „green skills“ geht.³⁶ Der Schwerpunkt liegt dabei allerdings eindeutig auf qualitativen Aspekten.

7 Produktion, Außenhandel und Umsätze

7.1 Produktion und Außenhandel

Eine amtliche Abgrenzung der Umwelt- oder Umweltschutzwirtschaft, die man auch in Wirtschaftszweigklassifikationen wiederfinden könnte, gibt es aufgrund unterschiedlicher Leistungen (Güter, Dienstleistungen, Komponenten) und technologischer Ausrichtung (integriert, additiv) nicht – schon gar nicht eine, die international vergleichende Untersuchungen zuließe. Aufgrund mangelnder Vergleichbarkeit der Datenquellen, ist es ebenso wenig möglich, sich aus üblichen statistischen Datenquellen eine Umweltwirtschaft zusammenzustellen.

³⁵ Dies bestätigt die Ergebnisse einer Unternehmensbefragung von Betrieben der Umweltwirtschaft in Deutschland von Wackerbauer et al. 2014.

³⁶ Vgl. OECD und Cedefop 2014, „Green skills are those skills needed to adapt products, services and processes to climate change and the related environmental requirements and regulations“ (OECD und Cedefop 2014, S. 9).

Deshalb basieren die in diesem Abschnitt vorgelegten Indikatoren zu Produktion und Außenhandel mit potenziellen Klimaschutzgütern auf einem angebotsorientierten Ansatz,³⁷ bei dem auf amtliche Daten der Produktions- und Außenhandelsstatistik zurückgegriffen werden kann. Beide Quellen bieten mit ihrer sehr tiefen fachlichen Gliederung eine geeignete Datenbasis für die Identifizierung von Gütern, die ihrer Funktion nach für Umwelt-, darunter auch Klimaschutzzwecke nutzbar sind, auch wenn einige Restriktionen in Kauf genommen werden müssen. Hierzu zählt zunächst die multiple purpose oder dual use Problematik,³⁸ da die Güter für Umwelt- oder Klimaschutzzwecke dienen *können*, es in ihrer tatsächlichen Verwendung aber nicht immer tun. Hinzu kommt die Nichterfassung von Dienstleistungen und die mangelnde Identifizierbarkeit von umweltfreundlichen Produkten (so genannten „adapted goods“), da diese sich auf der Güterebene nur in den seltensten Fällen von herkömmlichen Gütern unterscheiden lassen. Ähnliches gilt für prozessintegrierten Umweltschutz, der sich auf der Güterebene abgesehen vom Bereich der Erneuerbaren Energien nur dann abbilden lässt, wenn er in Maschinen, Anlagen oder Materialien inkorporiert ist.³⁹

Die angebots- und potenzialorientierte Ausrichtung auf Güter bestimmt sowohl die Reichweite der Interpretation der Ergebnisse als auch die zentralen Unterschiede zu anderen Studien zur Thematik „Umwelt- oder Klimaschutzwirtschaft“, „Green Economy“ oder

³⁷ Der verwendete Ansatz ist im Zusammenhang mit der Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands entstanden (vgl. Legler u. a. 2003). Vgl. dazu ausführlicher auch Gehrke et al. 2014.

³⁸ Vgl. zuerst Sprenger 1979; aber auch OECD und Eurostat 1999; oder Eurostat 2016c. Das multiple purpose Problem wird auch in einer Reihe von Papieren aufgegriffen, die in Zusammenhang mit den WTO-Verhandlungen zum Abbau von Zöllen und nicht-tarifären Handelshemmnissen bei Umweltschutzgütern und -dienstleistungen entstanden sind; vgl. z. B. Kim 2007; Steenblik 2005; Stilwell 2008; Sugathan 2009; oder jüngst Sauvage 2014. Das Statistische Bundesamt hat im Rahmen der Anpassung der deutschen Statistik an die Anforderung der europäischen EGSS-Statistik einen Ansatz entwickelt, mit dessen Hilfe sich basierend auf der Produktionsstatistik und den Angaben der in der Statistik meldenden Umweltschutzbetriebe der tatsächliche Anteil der umweltschutzrelevanten Produktion an der gesamtwirtschaftlichen Produktion einzelner Gütergruppen für Deutschland abschätzen lässt Buchner 2015.

³⁹ Zur zunehmenden Bedeutung bei gleichzeitig problematischer empirischer Erfassung integrierten Umweltschutzes vgl. mit Blick auf Deutschland z. B. Edler et al. 2009 sowie die dort zitierte Literatur.

„Clean Industries“, die aufgrund anderer Zielsetzungen auch andere methodische Ansätze zur empirischen Analyse wählen müssen.⁴⁰

Die aktuell gültige Liste potenzieller Umweltschutzgüter wurde vom Niedersächsischen Institut für Wirtschaftsforschung in Kooperation mit dem Statistischen Bundesamt entwickelt (zur Abgrenzung und Methodik vgl. ausführlich Gehrke et al. 2013). Neben Gütern, die potenziell für Klimaschutzzwecke eingesetzt werden können, werden dabei auch Güter aus den Bereichen Abfall, Abwasser, Luft, Lärm sowie Mess-, Steuer- und Regeltechnik für den Umweltschutz erfasst. Der Vorteil dieser angebotsorientierten Herangehensweise besteht insbesondere darin, dass zum einen konkrete Aussagen hinsichtlich der volkswirtschaftlichen Bedeutung der Klimaschutzproduktion für Deutschland getroffen werden können. Zum anderen lässt sich über die direkte Verknüpfbarkeit von Produktionsstatistik und international einheitlicher Außenhandelsstatistik auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands im Außenhandel mit potenziellen Klimaschutzgütern sehr detailliert untersuchen.

Die untersuchten Indikatoren beruhen auf produzierten, abgesetzten, exportierten und importierten Gütern, die potenziell für Klimaschutzzwecke eingesetzt werden können. Innerhalb des Gesamtsegments wird weiterhin zwischen Gütern zur Nutzung Erneuerbarer Energiequellen sowie Gütern zur Steigerung der Energieeffizienz unterschieden, wobei sich letztere nochmals in die Teilgruppen rationelle Energieumwandlung (z. B. Gas- und Dampfturbinen) sowie rationelle Energieverwendung (im Wesentlichen Güter zur Wärmeisolierung) unterteilen lassen.⁴¹

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse zum Produktionsvolumen in Deutschland vorgestellt (Abschnitt 7.1.1). Anschließend folgen die Ergebnisse zum Außenhandel Deutschlands und ausgewählter Vergleichsländer mit potenziellen Klimaschutzgütern (Abschnitt 7.1.2).

⁴⁰ Zu nennen ist dabei z. B. die Studie von Ecorys u. a. 2009, die auf die sektorale Abgrenzung der Umweltwirtschaft ausgerichtet ist, oder die Studie von Bilsen et al. 2016, in der die Stärken und Schwächen sowie Marktpotenziale Europas in ausgewählten „Clean Industries“ herausgearbeitet werden. Zu den Unterschieden des hier verwendeten Ansatzes mit anderen Abgrenzungen wie dem Konzept der „grünen Zukunftsmärkte“ (Walz u. a. 2008; auch Kahlenborn et al. 2014 oder dem GreenTech Atlas“ (Roland Berger Strategy Consultants 2014) vgl. ausführlich Gehrke et al. 2014, Abschnitt 3.2.

⁴¹ Hieraus wird deutlich wie schwierig es ist, klimaschützende Technologien, die auf Verbesserung von Prozessen innerhalb einer Gütergruppe beruhen (z. B. effiziente Elektromotoren in der Industrie), mit Güterlisten zu identifizieren.

7.1.1 Produktion mit potenziellen Klimaschutzgütern in Deutschland

Indikatoren und Daten

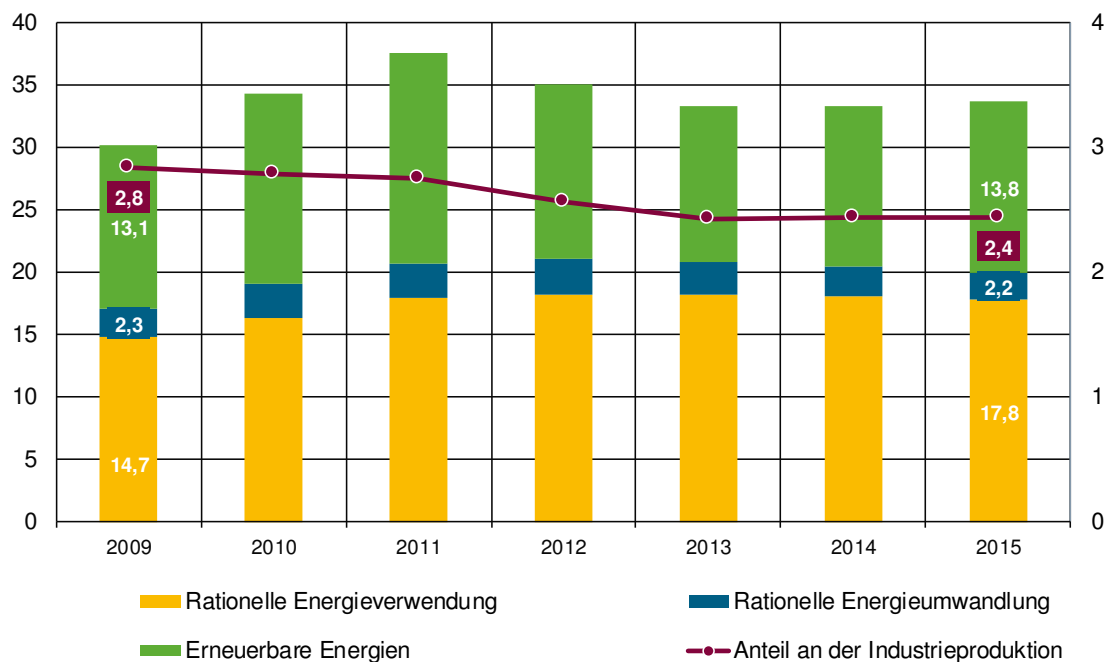
Die Höhe und Entwicklung des Produktionsvolumens an potenziellen Klimaschutzgütern ist ein Indikator dafür, wie hoch der Anteil der Produktion ist, der in Deutschland für Klimaschutzzwecke eingesetzt werden kann. Die Produktionsstatistik erfasst Güter im engeren Sinne auf tiefer, bis zu neunstelliger Ebene, und deckt damit vor allem die Produktion der Verarbeitenden Industrie ab.⁴² Ab Berichtsjahr 2009 wurde das Güterverzeichnis für die Produktionsstatistik auf die aktuell gültige Klassifikation (GP 2009), die auch Grundlage für die verwendete Liste potenzieller Umweltschutzgüter ist, umgestellt. Insofern erstreckt sich die Analyse auf den Zeitraum 2009 bis 2015. Abbildung 20 zeigt das Produktionsvolumen an potenziellen Klimaschutzgütern im Zeitablauf sowie deren Anteil an der gesamten deutschen Industrieproduktion im Zeitlauf. Differenzierte absolute Werte und Wachstumsraten nach Teilsegmenten und Gütergruppen finden sich in Tabelle 25 im Anhang.

Produktionsvolumina, Strukturanteile und Entwicklungen im Zeitablauf

Auf Güter, die dem Klimaschutz dienen können, entfiel im Jahr 2015 ein Produktionsvolumen von rund 33,7 Mrd. € (Abbildung 20). Sie machten damit rund 40 % der gesamten potenziellen Umweltschutzgüterproduktion und 2,4 % der deutschen Industriegüterproduktion dieses Jahres aus. Mehr als die Hälfte (53 %) der potenziellen Klimaschutzproduktion (17,8 Mrd. €) war Gütern zur rationellen Energieverwendung zuzurechnen, gefolgt von Gütern zur Nutzung erneuerbarer Energien (13,8 Mrd. €; 42 %). Das kleinste Teilsegment bilden Güter zur rationellen Energieumwandlung mit 2,2 Mrd. € (6,5 %).

⁴² Erfasst werden die Werte der zum Absatz bestimmten Produktion von Betrieben mit im Allgemeinen 20 und mehr Beschäftigten im Produzierenden Gewerbe.

Abbildung 20: Produktion von potenziellen Klimaschutzgütern nach Teilsegmenten in Deutschland 2009 bis 2015



Linke Achse: Produktionsvolumen in Mrd. Euro; rechte Achse: Anteil an der Industrieproduktion in Prozent. Einschl. wegen Geheimhaltung nicht zurechenbare Gütergruppen.

Quelle: Statistisches Bundesamt. – Berechnungen des CWS nach der Liste potenzieller Umweltschutzgüter 2013

Bezogen auf potenzielle Klimaschutzgüter insgesamt liegt der Produktionswert des Jahres 2015 fast 4 Mrd. (10 %) niedriger als im Spitzenjahr 2011. Ein großer Teil dieses Verlustes ist auf die Entwicklung der Solarbranche in Deutschland zurückzuführen. So ist die Produktion von Solarzellen von 3 Mrd. € (2010) auf 0,5 Mrd. € (2013) auf ein Sechstel zusammengeschrunft und auch die Produktion von übrigen Solarenergiegütern lag 2013 nur noch bei 3,7 Mrd. € gegenüber 5,9 Mrd. € im Jahr 2011 (Tabelle 25). Hierbei spielen einerseits (weltweite) Preissenkungen eine Rolle, aber auch der Abbau von Produktionskapazitäten (insbesondere bei Solarzellen) am Standort Deutschland. Im Zuge dieser Entwicklung ist das Gewicht von Gütern zur Nutzung erneuerbarer Energien am gesamten Klimaschutzbereich von rund einem Viertel (2010/11) auf nur mehr 14 % (2015) gesunken.

Erst seit 2014 hat sich der Negativtrend im Solarbereich infolge stabilerer Preise wieder umgekehrt. Die hohen Verluste der Vorjahre konnten aus deutscher Sicht aber bei Weitem nicht ausgeglichen werden. Dies hat dazu beigetragen, dass der Anteil potenzieller Klimaschutzgüter an der gesamten deutschen Industrieproduktion von 2,83 % (2009) auf 2,44 % (2015) gesunken ist. Dennoch stellten Solarenergiegüter (Zellen und übrige) 2015 mit 4,8 Mrd. € (35 %) noch immer den größten Anteil innerhalb von Gütern zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen, knapp vor Gütern aus dem Windkraftbereich mit 4,6 Mrd. €

(33 %). Knapp ein Viertel des Produktionsvolumens entfiel auf die Reparatur und Installation von Anlagen. Die anderen drei Bereiche (Biomasse/-gas, Wasserkraft, Geothermie) fallen demgegenüber bei der Güterproduktion kaum ins Gewicht.

Die Gruppe von Gütern zur rationellen Energieverwendung wird eindeutig von Erzeugnissen zur Wärmeisolation dominiert (16,6 Mrd. €, 93 %), gefolgt von Erzeugnissen zum Wärmetausch (0,9 Mrd. €, 5 %). Hier ist das absolute Produktionsvolumen bis 2011 deutlich gestiegen und seitdem annähernd konstant geblieben.

Innerhalb der kleinen Teilgruppe von Gütern zur rationellen Energieumwandlung liegt der Fokus auf Gas- und Dampfturbinen (1,9 Mrd. €, 89 %). Blockheizkraftwerke und Brennstoffzellen stellten lediglich ein Produktionsvolumen von 0,2 Mrd. € (11 %). Hier waren deutliche Zuwächse bis 2012 (2,9 Mrd. €) zu verzeichnen; bis 2015 ist das Produktionsvolumen wieder auf das Niveau von 2009 zurückgefallen.

Wechselt man von der Ebene der Umweltbereiche auf die Ebene von Wirtschaftszweigen, liegen die Schwerpunkte der potenziellen Klimaschutzproduktion beim Bau von Maschinen und Anlagen einschließlich deren Reparatur und Instandhaltung sowie bei Gummi- und Kunststoffwaren (vor allem Dämmstoffe). Darüber hinaus entfällt ein beachtenswerter Anteil der potenziellen Klimaschutzproduktion auf Hersteller von elektrischen Ausrüstungen sowie von Glas- und Glaswaren, Keramik, Steinen und Erden (Gehrke, Schasse 2015).

7.1.2 Außenhandel mit potenziellen Klimaschutzgütern

Indikatoren und Daten

Die Analyse der internationalen Handelsströme bei potenziellen Klimaschutzgütern folgt dem gleichen Ansatz wie bei der Abschätzung der Produktionspotenziale und basiert ebenfalls auf der aktuell gültigen Liste potenzieller Umwelt- und Klimaschutzgüter. Für die Außenhandelsanalysen wurden die auf Basis des GP 2009 identifizierten neunstelligen Gütergruppen in die sechststelligen HS-Warengruppen der Außenhandelsstatistik umgeschlüsselt (vgl. dazu Gehrke et al. 2013).⁴³ Als Datenquelle wird die Comtrade-Datenbank der Vereinten Nationen verwendet. Auf Basis dieser Datenbank lassen sich verschiedene Indikatoren berechnen, die die Wettbewerbsposition der deutschen Anbieter von Klimaschutzgütern im internationalen Vergleich beschreiben (zu den verschiedenen Messkonzepten vgl. ausführlich Gehrke und Schasse 2015).

⁴³ HS steht für Harmonisiertes System.

Hier wird zum einen auf die absolute Entwicklung des globalen Handelsvolumens (gemessen an den Weltexporten) eingegangen, um die Dynamik des Welthandels mit potenziellen Klimaschutzgütern im Vergleich zu potenziellen Umweltschutzgütern insgesamt sowie zum gesamten Industriewarenhandel beschreiben zu können.

In der öffentlichen Diskussion werden vielfach die Anteile einzelner Länder an den Weltexporten betrachtet, um darauf aufbauend Rangfolgen der größten Exporteure entwickeln zu können. Weltexport- oder Welthandelsanteile für sich betrachtet sind jedoch kein geeigneter Indikator für das Leistungsvermögen auf den internationalen Märkten, weil die dabei erzielten Ergebnisse maßgeblich von der Größe der betrachteten Länder, deren Einbindung in supranationale Organisationen und anderen die Handelsintensität beeinflussenden Faktoren abhängen, ohne dass dies Rückschlüsse auf die tatsächliche Leistungsfähigkeit zulässt. Weitere Probleme weist dieser Indikator bei der Betrachtung im Zeitverlauf auf, weil hier Bewertungsprobleme bei Wechselkursbewegungen auftreten (vgl. z. B. Gehle-Dechant et al. 2010, S.42).

Deshalb sollten bei der Bewertung der Stärken und Schwächen im Außenhandel mit potenziellen Umweltschutzgütern immer relative Positionen (Spezialisierungskennziffern) in den Vordergrund gerückt werden. Hierfür wird an dieser Stelle der Revealed Comparative Advantage (RCA) analysiert, der die Außenhandelsbilanz bei Klimaschutzgütern im Vergleich zur Handelsbilanz bei Industriewaren insgesamt betrachtet. Denn erst durch die Hinzuziehung der Importe wird neben der relativen Exportposition auch die Wettbewerbssituation auf dem Binnenmarkt berücksichtigt, wo sich heimische Unternehmen ebenfalls gegenüber ausländischen Anbietern behaupten müssen. Positive Vorzeichen weisen auf komparative Vorteile und damit auf eine starke internationale Wettbewerbsposition bei potenziellen Klimaschutzgütern hin.

Weltweite Exportvolumina und -dynamik

Das globale Exportvolumen an potenziellen Klimaschutzgütern lag 2015 bei gut 193 Mrd. US-Dollar. Darunter entfielen rund 55 % (107 Mrd. US-Dollar) auf Güter zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen, 31 % (60 Mrd.) auf Güter zur rationellen Energieverwendung und knapp 14 % (26,5 Mrd. US-Dollar) auf Güter zur rationellen Energieumwandlung (Tabelle 14). In langer Frist (2002 bis 2015) ist das Exportvolumen potenzieller Klimaschutzgüter mit 8,5 % p. a. deutlich stärker gewachsen als die Industriegüterausföhren insgesamt (6,9 %). Dieser Vorsprung ist jedoch ausschließlich auf die Periode 2002 bis 2008 zurückzuföhren. Bezogen auf den durch Krisenverlauf und anschließende Wachstumschwäche geprägten Zeitraum 2008 bis 2015 sind die Exporte an potenziellen Klimaschutzgütern mit 1,3 % p. a. zwar etwas stärker expandiert als potenzielle Umweltschutzgüter insgesamt (1 % p. a.), erreichen damit aber nur knapp den Industriedurchschnitt (1,4 %).

Tabelle 14: Weltexporte von potenziellen Klimaschutzgütern 2015 und jahresdurchschnittliche Veränderung 2002 bis 2015 (in Prozent)

Umweltbereiche	Weltexporte 2015 (Mrd. US-Dollar)	Jahresdurchschnittliche Veränderung in %		
		2002-2015	2002-2008	2008-2015
Potenzielle Klimaschutzgüter	193,1	8,5	17,6	1,3
darunter				
Rationelle Energieverwendung	60,0	7,2	16,6	-0,2
Rationelle Energieumwandlung	26,5	4,8	11,9	-0,9
Erneuerbare Energiequellen	106,6	10,8	20,9	2,9
Potenzielle Umweltschutzgüter insg.	440,3	8,4	17,8	1,0
Verarbeitete Industriewaren insg.	12.486,5	6,9	13,7	1,4

Quelle: UN COMTRADE Datenbank. – Berechnungen des CWS

Allerdings sind die Exporte aus dem Bereich der erneuerbaren Energien mit 2,9 % deutlich stärker gestiegen als im Branchenmittel. Hingegen ist das Exportvolumen in den anderen beiden Teilsegmenten 2015 sogar niedriger ausgefallen als 2008, was primär dem trendmäßigen Exportrückgang 2014/15 geschuldet ist (Gehrke und Schasse 2017).

Dennoch bleibt die Handelsdynamik bei Gütern zur Nutzung erneuerbarer Energien deutlich hinter der Vorperiode (2002 bis 2008), in der jahresdurchschnittliche Wachstumsraten von gut 20 % erreicht worden sind, zurück. Dies hängt vor allem mit Preiseffekten zusammen, die sich sowohl auf eine verbesserte Kostenwettbewerbsfähigkeit der Module und Anlagen (z. B. bei Photovoltaik und im Windbereich) als auch auf Überkapazitäten und Preisdumping (z. B. bei Solarzellen⁴⁴) zurückführen lassen. Denn der Umfang global neu installierter Kapazitäten ist von Jahr zu Jahr weiter gestiegen und hat 2015 seinen bisherigen Spitzenwert erreicht (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21) 2016).

Seit 2015 hat sich die Situation der weltweiten Solarbranche angesichts deutlich steigender Nachfrage, stabilerer Preise und einer besseren Auslastung der Anlagen wieder spürbar verbessert, und die politischen Weichenstellungen weltweit sprechen ebenfalls dafür, dass

⁴⁴ Nach Angaben von Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF 2015 ist der Preis für Solarpanel chinesischer Provenienz von 2009 bis 2014 um 75 % gefallen. Die Analysten gehen davon aus, dass sich in China bis Ende dieses Jahrzehnts nochmals Kosteneinsparungen von rund 30 % realisieren lassen.

die Märkte für erneuerbare Energiequellen auch zukünftig weiter wachsen werden.⁴⁵ Dennoch ist angesichts des veränderten Preisgefüges nicht davon auszugehen, dass sich dies in ähnlich hohen Expansionsraten des nominalen Welthandelsvolumens niederschlagen wird wie in den Vorkrisenjahren. Zudem wird das mit dem weiteren Ausbau verbundene Kapazitätswachstum vorwiegend in Ländern und Regionen außerhalb Europas stattfinden.

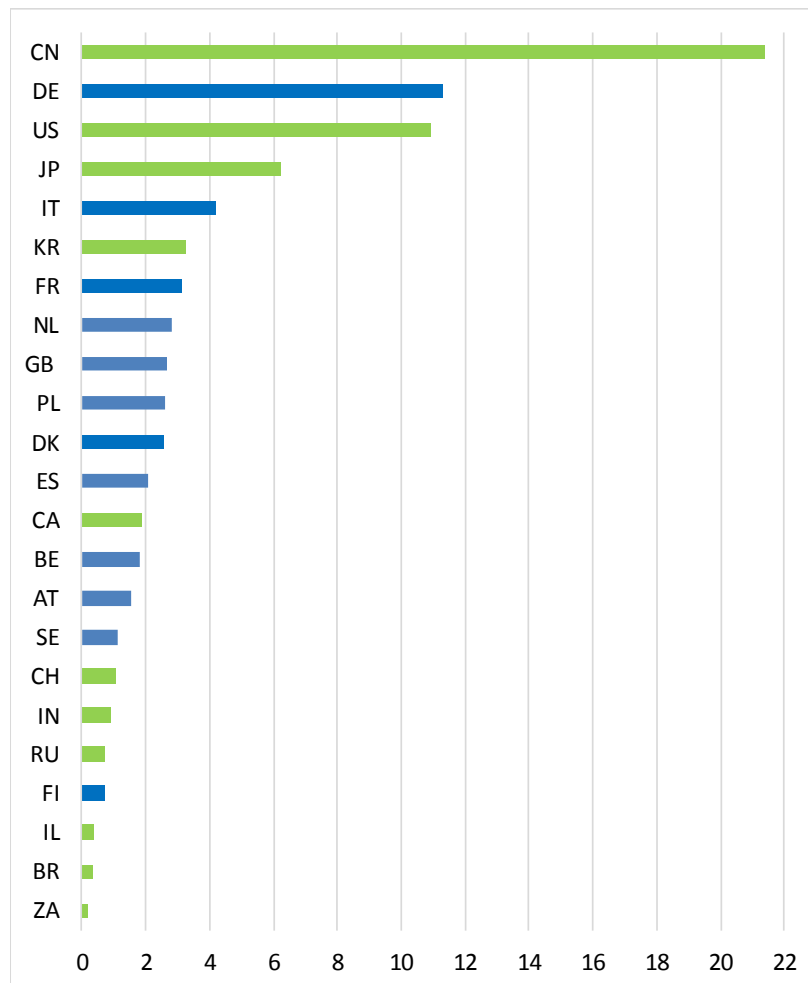
Weltexportanteile im Ländervergleich

In Abbildung 21 sind ausgewählte Länder mit ihren Weltexportanteilen an potenziellen Klimaschutzgütern im Jahr 2015 dargestellt. EU-Länder sind blau hinterlegt, Nicht-EU-Länder grün. Deutschland erreichte in diesem Jahr einen Weltexportanteil von 11,3 % und lag damit knapp vor den USA (10,9 %), aber deutlich hinter China⁴⁶ (21,3 %). Hinter den genannten großen drei Exportnationen folgen Japan (6,2 %), Italien (4,2 %), Korea (3,3 %), Frankreich (3,1 %), die Niederlande (2,8 %), Großbritannien (2,7 %) sowie Polen und Dänemark mit jeweils 2,6 %. Spanien, Kanada, Belgien, Österreich, Schweden und die Schweiz erzielten Anteil zwischen 2 % und 1 %. Die anderen ausgewählten Länder, darunter auch große Volkswirtschaften wie Indien, Brasilien oder Russland, bleiben unter dieser Marke und spielen auf dem Weltmarkt für potenzielle Klimaschutzgüter kaum eine Rolle.

⁴⁵ Allerdings bestehen dabei schon jetzt regionale und bereichsweise Unterschiede. Während beispielsweise der Markt für Solar-Stromerzeugung (Solar-PV) global wächst, geht die Nachfrage (gemessen an den jährlich neu installierten Kapazitäten) nach solarthermischen Anlagen für Gebäude in Europa und China seit einigen Jahren zurück. Hingegen zeigen sich seit kurzem Zuwächse für großtechnische Anlagen bspw. zur Nutzung in Fernwärmenetzen oder für industrielle Zwecke (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21) 2016).

⁴⁶ China wird jeweils einschließlich Hongkong betrachtet, d. h. die Ausfuhren und Einfuhren sind um die intraregionalen Warenströme bereinigt.

Abbildung 21: Weltexportanteile bei potenziellen Klimaschutzgütern nach Ländern 2015 in Prozent



Der Weltexportanteil eines Landes ist berechnet als der Anteil seiner Ausfuhren an den Weltausfuhren in %.
 – Die Weltausfuhren ergeben sich aus den Exporten der OECD-Länder, Chinas inkl. Hongkongs zuzüglich der Importe aus übrigen Ländern bzw. Ländergruppen.
 Quelle: UN COMTRADE Datenbank. – Berechnungen des CWS

Der deutsche Welthandelsanteil erreichte 2008 einen Spitzenwert von 15 % und hat sich seitdem tendenziell rückläufig entwickelt. Ein ähnlicher Verlauf, auf deutlich niedrigerem Niveau, ergibt sich auch für Österreich, während andere hochentwickelte Industrienationen (z. B. USA, Japan, Frankreich, Großbritannien, auch Belgien, Finnland, Schweden, Schweiz) bereits in den 2000er Jahren Exportanteile verloren haben, im Falle der USA und Großbritanniens in jüngerer Zeit aber einen stabilen Verlauf zeigen (Tabelle 26 im Anhang). Hingegen konnte China seinen Welthandelsanteil bei potenziellen Klimaschutzgü-

tern in langer Frist (2002 bis 2015) annähernd vervierfachen, wenngleich die Dynamik seit 2011 spürbar nachgelassen hat. Auch Polen und Korea haben ihren Exportanteil von vergleichsweise niedrigem Niveau aus steigern können.

China verdankt seine führende Exportposition vor allem dem größten Teilsegment Erneuerbarer Energien, wo es 2015 einen Anteilswert von fast 29 % erreicht.⁴⁷ Deutschland (11 %), die USA (7 %) und Japan (6 %) folgen erst mit deutlichem Abstand. Bei Solarzellen liegt der chinesische Anteil bei über einem Drittel, bei übrigen Gütern aus diesem Teilsegment bei rund einem Viertel der Weltausfuhren (Gehrke und Schasse 2015). Zwar ist China auch bei Gütern zur rationellen Energieverwendung größter Exporteur mit 14 %; hier ist die Differenz zu den nachfolgenden Ländern (Deutschland 13 %, USA 12 %) jedoch deutlich geringer. Im kleinsten Segment von Gütern zur rationellen Energieumwandlung, das im Wesentlichen von Gas- und Dampfturbinen dominiert wird, sind hingegen die USA mit weitem Abstand weltweit größter Anbieter mit 24,5 % (Tabelle 26).

Komparative Vor- und Nachteile (RCA) nach Ländern

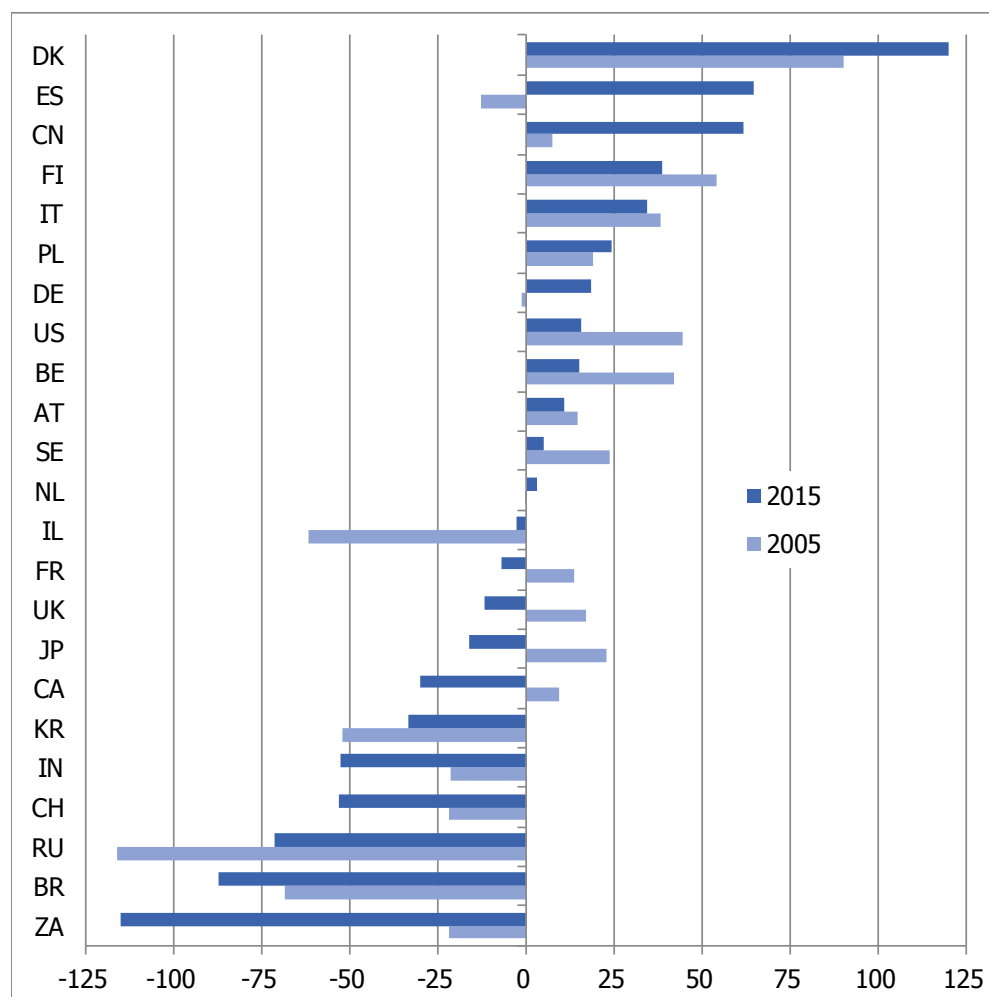
Der Blick auf die relative Ausfuhr-/Einfuhrrelation zeigt, dass mehrere kleinere Volkswirtschaften hohe Spezialisierungsvorteile bei potenziellen Klimaschutzgütern aufweisen und hier vergleichsweise besser positioniert sind als Deutschland (RCA 2015: 19) oder die USA (15) (Abbildung 22).⁴⁸ Dies gilt beispielsweise für Dänemark (mit Vorteilen bei Erneuerbare Energien, speziell Windkraft), Spanien (Rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien), Italien (Rationelle Energieverwendung und Energieumwandlung) oder auch Finnland (Rationelle Energieumwandlung, Erneuerbare Energien: v. a. Wasserkraft) (vgl. Tabelle 27 im Anhang). In China (62) tragen potenzielle Klimaschutzgüter seit spätestens Ende des letzten Jahrzehnts in allen drei Teilsegmenten in beachtlichem Umfang zur Aktivierung der Handelsbilanz bei, wenngleich die RCA-Werte 2014/15 infolge der vor allem preisbedingt schwächeren Ausfuhrentwicklung etwas zurückgegangen sind. Umgekehrt hat sich die deutsche Spezialisierung gemessen am RCA-Wert in den letzten Jahren spürbar verbessert, weil sich zu den traditionellen Vorteilen bei Gütern zur rationellen Energieverwendung und -umwandlung nun auch noch leichte Vorteile bei erneuerbaren Energien eingestellt haben. Letzteres hat allerdings – angesichts der schwachen Produktionsentwicklung in Deutschland (vgl. Abschnitt 7.1.1) – nichts mit erfolgreicher Importsub-

47 Weltexportanteile nach Teilsegmenten und Ländern im Zeitvergleich finden sich in Tabelle 26 im Anhang.

48 RCA-Werte nach Teilsegmenten potenzieller Klimaschutzgüter im Länder- und Zeitvergleich finden sich in Tabelle 27 im Anhang.

stitution zu tun, sondern ist – neben Preiseffekten – Konsequenz des Nachfragerückgangs im PV-Bereich in Deutschland, infolgedessen sich die (wertmäßigen) Importe an Solarzellen und -modulen deutlich rückläufig entwickelt haben (Gehrke und Schasse 2015). Tatsächlich sind aus deutscher Sicht in jüngerer Zeit parallel dazu kontinuierlich Exportmarktanteile verloren gegangen, die allerdings weniger stark ausgefallen sind als die Einfuhrrückgänge auf den deutschen Markt. Die Marktanteilsverluste insbesondere bei Solarzellen und – weniger ausgeprägt – auch bei übrigen Solarenergiegütern haben vor allem mit der nachlassenden Preiswettbewerbsfähigkeit deutscher und anderer westlicher Anbieter gegenüber asiatischen Herstellern (v. a. in China, Taiwan und Malaysia) zu tun.

Abbildung 22: Außenhandelsspezialisierung (RCA) bei potenziellen Klimaschutzgütern nach Ländern 2005 und 2015



RCA: Positives Vorzeichen bedeutet, dass die Export/Import-Relation bei potenziellen Klimaschutzgütern höher ist als bei Verarbeiteten Industriewaren insgesamt.

Quelle: UN COMTRADE-Datenbank. – Berechnungen des CWS

Von den ausgewählten EU-Mitgliedsländern sind lediglich Frankreich und Großbritannien im Außenhandel mit potenziellen Klimaschutzgütern leicht negativ spezialisiert, da sie nur im kleinsten Segment der rationellen Energieumwandlung (Gas- und Dampfturbinen)

überdurchschnittlich gut positioniert sind (Abbildung 22). Alle anderen EU-Länder erreichen insgesamt positive RCA-Werte, wenngleich die relative Bilanz im Fall der Niederlande und Schwedens jeweils bedingt durch relative Schwächen bei erneuerbaren Energien annähernd ausgeglichen ist (Tabelle 27). Dabei hat sich die Spezialisierung im Falle Frankreichs, Großbritanniens, Schwedens, Österreichs und Belgiens mittel- bis längerfristig tendenziell teils deutlich verschlechtert. Hingegen hat sich die Außenhandelsspezialisierung für Spanien und Italien in jüngerer Zeit spürbar verbessert, weil die Rücknahme der Fördermöglichkeiten die Investitionsnachfrage nach PV-Anlagen – ähnlich wie in Deutschland – teils drastisch gedämpft hat, so dass die Einfuhren an Solarenergiegütern deutlich zurückgegangen sind.

In den betrachteten Nicht-EU-Ländern stellen potenzielle Klimaschutzgüter mit Ausnahme der USA (Vorteile bei rationeller Energieverwendung und -umwandlung) keine besondere Stärke im jeweiligen Außenhandel dar. In Israel ist die Bilanz mit negativem Vorzeichen annähernd ausgeglichen. In den USA sind die Vorteile bis 2008 zwar deutlich zusammengeschumpft, halten sich seitdem aber in etwa auf diesem Niveau (RCA 2015: 15), weil zunehmende Nachteile bei erneuerbaren Energien durch weitere Verbesserungen bei rationeller Energieverwendung ausgeglichen werden konnten. Zudem hatte die US-amerikanische Umweltpolitik bis 2015 eher wenig und vor allem unstete Impulse zur Förderung von erneuerbaren Energien gesetzt, sodass die Importnachfrage deutlich schwächer war als in Deutschland und vielen EU-Ländern (vgl. Gehrke et al. 2014).⁴⁹ Im Gegensatz dazu lässt sich der starke Einbruch der RCA-Werte für Japan seit 2013 (RCA 2015: -16) vor allem darauf zurückführen, dass dort seit Juli 2012 als Konsequenz aus der Katastrophe von Fukushima Investitionen in den Solarbereich mit zunächst sehr attraktiven Einspeisetarifen gefördert worden sind. Dies hat einen enormen Importschub nach Solargütern bewirkt und zu einer deutlichen Verschlechterung der relativen Außenhandelsposition bei erneuerbaren Energien geführt (vgl. dazu Enkhardt 2014, 2015).⁵⁰

Fazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass nationale Regelungen und Förderpolitiken noch immer sehr starken Einfluss auf Marktentwicklungen und damit auch die Außenhan-

⁴⁹ Erst seit 2016 werden entsprechende Projekte laut einem Regierungsbeschluss aus Dezember 2015 auch in den USA mit spürbaren Steuervergünstigungen gefördert (Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF 2016).

⁵⁰ Branchenexperten gehen allerdings davon aus, dass sich die Dynamik des PV-Marktes in Japan infolge von Anpassungen in der Förderung, Problemen mit dem Netzanschluss, Landerwerb sowie der Projektfinanzierung ab 2017 wieder etwas abschwächen wird (Weiß 2016; Decken 2016).

delsposition einzelner Länder bei potenziellen Klimaschutzgütern nehmen. Aus der deutschen Perspektive waren davon vor allem Solarzellen und -module seit 2010 betroffen. Ungünstigere Förderkonditionen und verringerte Einspeisetarife haben zu einem deutlichen Investitionsrückgang geführt, der eine merkliche Verringerung der Einfuhren nach sich gezogen hat. Aber auch innerhalb der deutschen Ausfuhren an Gütern zur Nutzung Erneuerbarer Energien haben Solarzellen und -module – analog zur Abbau der inländischen Produktionskapazitäten (vgl. Abschnitt 7.1.1) – strukturell deutlich verloren (Tabelle 15). Demgegenüber haben Windkraftanlagen und Zubehör auf beiden Seiten der Handelsbilanz, vor allem aber bei den Exporten absolut und relativ hinzugewonnen, sodass sich die deutsche Wettbewerbsposition in diesem Teilsegment tatsächlich weiter verbessert hat (Gehrke und Schasse 2015).

Tabelle 15: Deutschlands Außenhandel mit Gütern zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen 2002, 2010 und 2015

	Aus- fuhr	Ein- fuhr	Aus- fuhr	Ein- fuhr	Aus- fuhr	Ein- fuhr
	2002		2010		2015	
Insgesamt (in Mrd. €)	3,2	3,4	10,0	10,5	10,5	6,8
darunter in %						
Windkraft	11,2	24,0	15,7	8,9	30,3	20,4
Solarenergie	71,9	66,0	75,6	87,5	61,8	72,7
Solarzellen und -module	8,6	13,4	30,7	57,9	13,4	18,1
übrige Solarenergiegüter	63,3	52,6	44,9	29,7	48,4	54,6
Übrige Energieträger*	16,9	9,9	8,6	3,6	7,9	6,8

Quelle: UN COMTRADE-Datenbank. – Berechnungen des CWS

Auch wenn sich die Situation der weltweiten Solarbranche seit 2015 wieder spürbar verbessert hat und alle Prognosen von einer deutlichen Ausweitung der global durch Photovoltaik erzeugten Energie ausgehen, wird das damit verbundene Kapazitätswachstum weitgehend außerhalb Europas stattfinden.

7.2 Umsatz mit Klimaschutzgütern und Klimaschutzleistungen

Einordnung in die europäische Statistik zum „Environmental Goods and Services Sector (EGSS)“: Indikatoren und Datenverfügbarkeit

Wie bereits in Abschnitt 6.1 ausführlich erläutert, wird ab Berichtsjahr 2017 EU-weit verpflichtend eine amtliche Statistik zur Erfassung wichtiger Kennzahlen des Umweltschutzsektors eingeführt, die internationale Mindeststandards erfüllen soll. Die Daten für die Environmental Goods and Services Sector (EGSS) Statistik (vgl. dazu ausführlich Eurostat 2016a) sollen jährlich die Produktion (Umsatz), die Bruttowertschöpfung, die Beschäftigung und die Exporte an Umweltschutzgütern und -dienstleistungen differenziert nach

Wirtschaftszweigen (42 ein- und zweistellige Wirtschaftszweige nach der NACE-2-Systematik) und Umweltbereichen ausweisen. Die Differenzierung der Umweltschutzbereiche folgt den Systematiken CEPA⁵¹ und CReMA.⁵²

Wie vorne (Abschnitt 6.1) erläutert zählen zum Klimaschutzbereich die Positionen

- CEPA 1: Protection of ambient air and climate sowie
- CReMA 13: Management of energy resources, mit den Unterpositionen
 - 13A: Production of energy from renewable resources sowie
 - 13B: Heat / energy saving and management,
 - 13C: Minimization of the use of fossil energy.

Hinzu kommen Teile der Positionen CEPA 8 und CReMA 15, die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten aller zugehörigen Umweltschutzbereiche umfassen, sich aber nicht einzelnen Positionen zuordnen lassen.

Bedeutung klimaschutzrelevanter Produktion im europäischen Ländervergleich (EGSS)

Derzeit liegen Daten für 21 EU-Länder in unterschiedlicher Aktualität, Differenzierung und Qualität vor. Letztere äußert sich beispielsweise in einer nicht nachvollziehbar hohen Streuung der nationalen EGSS-Produktionsanteile am jeweiligen Bruttoinlandsprodukt, die nach Einschätzung von Eurostat vor allem mit Problemen bei der Messbarkeit bestimmter Umweltschutzgüter und -dienstleistungen sowie Unterschieden in der Bandbreite der erfassten Produkte bzw. Leistungen zusammenhängen (Eurostat 2017). Insofern sind die bisher vorliegenden Länderergebnisse nur sehr eingeschränkt vergleichbar. Das verbesserte Meldeverhalten am aktuellen Rand lässt für neun aus Sicht der EFI besonders relevante Länder einen ersten Überblick im Querschnitt zu (Tabelle 16).⁵³

Dabei ist zu beachten, dass die Werte für die EU-28 von Eurostat eigenständig geschätzt worden sind und sich nicht aus der Summe der einzelnen Länder ergeben. Während auf den klassischen Bereich Luftreinhaltung und Klimaschutz lediglich 0,06 % des gesamten Produktionswerts der EU-28 im Jahr 2014 entfallen sind, macht der Bereich Energieres-

⁵¹ Classification of Environmental Protection Activities and Expenditures.

⁵² Classification of Resource Management Activities.

⁵³ Zu den entsprechenden Beschäftigungsdaten auf Basis der EGSS siehe Abschnitt 6.1.

sourcenmanagement mit 1,22 % bereits einen beachtlichen Anteil an der Gesamtproduktion aus. EU-weit wird mehr als die Hälfte der Produktion im Bereich CReMA 13 durch Güter und Dienstleistungen zur Energiegewinnung aus Erneuerbaren Energien (13A) bestimmt. Mit geringem Abstand folgen Güter und Dienstleistungen zur Wärme-/Energieeinsparung und -management (13B), hingegen fällt der Teilbereich der Minimierung der Verwendung fossiler Energieträger als Rohstoffe EU-weit (0,03 %) wie auch in fast allen ausgewählten Ländern mit Ausnahme von Schweden (0,57 %) kaum ins Gewicht.

Tabelle 16: Produktion in den Umweltbereichen „Luft- und Klimaschutz“ (CEPA 1) sowie Energieressourcenmanagement (CReMa 13) und Ländern 2014 (Anteil am gesamten nationalen Produktionswert in %)

Luftreinhaltung und Klimaschutz (CEPA 1)		Energieressourcenmanagement (CReMa 13)			
		insgesamt	Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen (13A)	Wärme-/Energie- einsparungen und - management (13B)	Minimierung der Verwendung fossiler Energieträger als Rohstoffe (13C)
EU-28	0,06	1,22	0,69	0,50	0,03
Belgien	0,48	1,18	0,62	0,48	0,08
Dänemark	0,20	3,27	2,48	0,70	0,08
Deutschland	0,17	1,34	0,94	0,41	0,00
Frankreich	0,04	0,58	0,44	0,13	0,02
Niederlande	0,02	1,02	n.a.	n.a.	n.a.
Österreich	0,28	2,71	1,45	1,20	0,06
Polen	1,02	0,78	0,41	0,32	0,05
Schweden	0,05	2,03	1,27	0,18	0,57
Großbritannien	0,03	0,41	0,30	0,11	0,00

Quelle: Eurostat, EGSS-Statistik.

http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=env_ac_egss2&language=en&mode=view (Stand 16.6.2017)

Insgesamt ergibt sich beim Ländervergleich im Bereich Luft und Klimaschutz (CEPA 1), abgesehen von Polen (1,02 %), eine Spanne von 0,02 % (Niederlande) bis 0,48 % für Belgien. In Deutschland werden in diesem Bereich 0,17 % des gesamten Produktionswertes erwirtschaftet. Im Bereich Energieressourcenmanagement (CReMa 13) ergibt sich der höchste Anteil für Dänemark (3,27 %), vor allem hervorgerufen durch das Segment Erneuerbare Energien und hier vor allem die Windkraft. Auf den nächsten Plätzen folgen Österreich (2,71 %), Schweden (2,03 %) und Deutschland (1,34 %). Am unteren Ende rangieren Großbritannien (0,41 %), Frankreich (0,58 %) und Polen (0,78 %).

Offen bleibt allerdings, ob „Ausreißer“ wie Schweden bei CReMa 13C oder noch ausgeprägter Polen im Bereich Luft- und Klimaschutz (CEPA 1) tatsächlich die Bedeutung der

klimaschutzrelevanten Produktion in diesen Ländern widerspiegeln. Eine alternative Erklärung wäre, dass die Umsetzung der Anforderungen der EGSS-Statistik in den verschiedenen Ländern und Statistikämtern unterschiedlich gehandhabt wird.

Zur deutschen Statistik: Indikatoren und Daten

In Deutschland bildet die Erhebung der statistischen Ämter zum „Umsatz mit Umweltschutzgütern und Umweltschutzleistungen“⁵⁴ die Grundlage für die Zulieferung an die EGSS-Statistik. Analog zum in Abschnitt 7.1 beschriebenen Ansatz ist auch hierbei der Umweltschutzzweck der produzierten Güter und Leistungen das entscheidende Kriterium für die Auswahl der Grundgesamtheit der befragten Betriebe. Aus den gewonnenen Eckdaten können wesentliche Teile der für den internationalen Vergleich erforderlichen Daten generiert werden. In der Erhebung nicht berücksichtigte, von der EGSS jedoch geforderte, Daten bspw. zum Entsorgungssektor, zum ökologischen Landbau oder zum Umfang erneuerbarer Energien an der Strom- und Wärmeversorgung werden auf Basis spezifischer Quellen zugeschätzt.⁵⁵

Die deutsche Erhebung gibt es seit 1997. Sie wurde seitdem mehrfach modifiziert und revidiert, wobei insbesondere die Grundgesamtheit deutlich ausgeweitet wurde. Mit Berichtsjahr 2011 sind u. a. im Zusammenhang mit den Anforderungen der EGSS nochmals eine Reihe von Umstellungen vollzogen worden.⁵⁶ Seitdem werden die Daten in vergleichbarer Form veröffentlicht und stehen aktuell für die Jahre 2011 bis 2014 zur Verfügung. Bereitgestellt werden Angaben zur Anzahl der erfassten Betriebe mit umweltschutzrelevanten Umsätzen und zur Höhe der spezifischen Inlands- und Auslandsumsätze nach Umweltbereichen und Wirtschaftszweigen. Innerhalb der einzelnen Umweltbereiche wird auch nach der Art der Umweltschutzgüter und -leistungen unterschieden, sodass ein vertiefter Blick auf die innere Umsatzstruktur der deutschen Klimaschutzwirtschaft und deren Entwicklung von 2011 bis 2014 möglich ist.⁵⁷ Zudem können Exportquoten (als Anteil des Auslandsumsatzes am Gesamtumsatz) als Indikator für die Exportorientierung der Klimaschutzbetriebe berechnet werden.

⁵⁴ Die Daten werden vom Statistischen Bundesamt in der Fachserie 19, Reihe 3.3., veröffentlicht.

⁵⁵ Eine ausführliche Beschreibung des deutschen Ansatzes und der verwendeten Schätzmethoden liefern Buchner 2015 und Kaltenegger 2014.

⁵⁶ Dies betrifft Änderungen der Klassifikation der Umweltbereiche, insbesondere aber den Wegfall der Klassifikation der Umsätze nach Gütergruppen, vgl. Statistisches Bundesamt 2014, S. 37).

⁵⁷ Die Daten für 2015 werden erfahrungsgemäß im Sommer des übernächsten Jahres veröffentlicht, lagen bei Berichtserstellung (Juli 2017) jedoch noch nicht vor.

Umsätze und Exportquoten in Betrieben der deutschen Klimaschutzwirtschaft

Im Jahr 2014 haben in Deutschland rund 4.930 Einheiten Umsätze von insgesamt 38,6 Mrd. € im Klimaschutzbereich gemeldet. Davon wurden fast 16,4 Mrd. € (42,4 %) im Exportgeschäft erwirtschaftet (Tabelle 17). Der weit überwiegende Teil der Umsätze entfällt auf Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes (86 %). Der Rest verteilt sich fast vollständig und zu gleichen Teilen auf Baugewerbe und Dienstleistungen für Unternehmen (vorwiegend technische Dienstleister und FuE-Dienstleister) (Gehrke und Schasse 2017).

Auch hier lassen sich die Umsätze mit einzelnen Gütern und Leistungen analog zur Gliederung in Abschnitt 7.1 mit wenigen Ausnahmen den drei Teilsegmenten Erneuerbare Energien (72xx), Rationelle Energieumwandlung (731x, 7321) und Rationelle Energieverwendung (73xx) zuordnen. Die übrigen drei Teilbereiche betreffen prozessintegrierte Maßnahmen (7100), Mess-, Kontroll- und Analysesysteme für den Klimaschutz (7400) sowie sonstige Aktivitäten, die an anderer Stelle nicht erfasst werden (7500). In Summe entfielen im Jahr 2014 jeweils fast 40 % der Umsätze auf die Teilsegmente Erneuerbare Energien (15,3 Mrd. €) und Rationelle Energieverwendung (14,8 Mrd. €). 18 % der Umsätze (7 Mrd. €) waren Gütern und Leistungen zur rationellen Energieumwandlung zuzurechnen. Die anderen drei Teilbereiche fallen mit jeweils gut einem Prozent kaum ins Gewicht.

Die größten Einzelposten stellen die Bereiche Windenergie (25 % der Umsätze im Jahr 2014, davon 4/5 Onshore und 1/5 Offshore), Isolierung von privaten und öffentlichen Gebäuden (7331-7334: 20 %), Energieeffiziente Antriebs- und Steuerungstechnik (7335: fast 18 %), Kraft-Wärme-Kopplung (16 %) sowie Solarenergie (9,5 %). Herausragend hohe Exportquoten werden bei KWK-Anlagen (ohne BHKW) erzielt, wo die Produktion fast ausschließlich (94 %) in den Export geht. Auch bei Energieeffizienter Antriebs- und Steuerungstechnik ist die Exportquote mit fast 60 % klar überdurchschnittlich hoch. Das Gleiche gilt für den Bereich Wasserkraft / Meeresenergie, der vom Umsatzvolumen jedoch kaum ins Gewicht fällt.

2011 lag der Umsatz mit Klimaschutzgütern und -leistungen noch bei 45,5 Mrd. € und war damit fast 7 Mrd. höher als 2014. Dies entspricht einem Umsatzrückgang von -15 % und ist im Wesentlichen auf Güter und Dienstleistungen aus dem Bereich Solarenergie zurückzuführen (vgl. Tabelle 28 im Anhang). In diesem Segment war das Umsatzvolumen 2014 in Summe rund drei Viertel niedriger als 2011; dies spiegelt den Kapazitätsabbau der deutschen Solarbranche sowie den Preisverfall wider (vgl. dazu auch Abschnitt 7.1.1: Produktion). Hiervon war auch die Entwicklung bei Mess-, Kontroll- und Analysesystemen negativ betroffen (- 48 %). Darüber hinaus gingen bezogen auf diesen Dreijahreszeitraum die Umsätze im Bereich Bioenergie spürbar zurück (- 42 %). Demgegenüber sind die Umsätze in anderen Teilsegmenten Erneuerbarer Energien teils deutlich gewachsen, vor allem im

Tabelle 17: Einheiten, Umsatz und Exportquote im Klimaschutzbereich nach Art der Klimaschutzgüter und -leistungen 2014

Gliederung der Umweltschutzgüter und -leistungen	Umsatz mit Umweltschutzgütern und -leistungen 2014				
	Einheiten *	Umsatz insg. (Mio. €)	Anteil in %	Auslands-umsatz (Mio. €)	Export- quote in %
Klimaschutz	4.933	38.610,5	100	16.378,5	42,4
7100 Vermeidung der Emission von Treibhausgasen durch prozessintegrierte Maßnahmen	87	505,8	1,3	217,2	42,9
<i>Windenergie</i>		9.633,9	25,0	2.262,5	23,5
7211 Onshore-Windkraft	399	7.767,1	20,1	1.918,4	24,7
7212 Offshore-Windkraft	122	1.866,8	4,8	344,1	18,4
<i>Bioenergie</i>		1.272,7	3,3	340,5	26,8
7221 Direkte Verbrennung in Kleinfeuerungsanlagen	438	177,5	0,5	42,0	23,7
7222 Direkte Verbrennung in Biomasse (-heiz) kraftwerken	85	246,3	0,6	103,3	42,0
7223 Thermo-chemische Umwandlung von Biomasse	10	265,8	0,7	89,2	33,6
7225 Biologisch-chemische Umwandlung von Biomasse	182	521,1	1,3	95,0	18,2
7226 Sonstige Umweltschutzleistungen (im Zusammenhang mit Umwandlung von Biomasse, nicht in 7221 - 7225 genannt)	61	62,0	0,2	10,9	17,6
<i>Geothermie</i>		254,5	0,7	82,3	32,3
7231 Oberflächennahe Geothermie	287	205,1	0,5	60,3	29,4
7232 Tiefe Geothermie	47	49,4	0,1	22,0	44,4
<i>Wasserkraft / Meeresenergie</i>					
7241 Wasserkraft / Meeresenergie	75	317,3	0,8	261,1	82,3
<i>Solarenergie</i>		3.681,4	9,5	1.611,3	43,8
7251 Solarthermie	906	422,0	1,1	156,1	37,0
7252 Photovoltaik	905	3.259,3	8,4	1.455,2	44,6
7260 Sonstige Umweltschutzleistungen (im Zusammenhang mit der Nutzung erneuerbarer Energien, nicht in 721x, 722x, 723x, 7241, 725x genannt)	194	138,7	0,4	27,1	19,5
<i>Kraft-Wärme-Kopplung</i>		6.206,1	16,1	5.153,7	83,0
7311 Blockheizkraftwerke	414	1.154,3	3,0	394,6	34,2
7312 KWK-Anlagen (ohne Blockheizkraftwerke)	105	5.051,8	13,1	4.759,2	94,2
<i>Wärmerückgewinnung</i>					
7321 Anlagen zur Wärmerückgewinnung	625	817,4	2,1	274,8	33,6
<i>Verbesserung der Energieeffizienz</i>		14.823,6	38,4	5.823,0	39,3
7331 Wärmedämmung von Gebäuden	1.085	4.256,4	11,0	913,6	21,5
7332 Wärmeschutzverglasung	472	1.717,1	4,4	274,0	16,0
7333 Sonstige Umweltschutzleistungen (zur Verbesserung der Energieeffizienz, nicht in 7331 und 7332 genannt)	335	1.911,4	5,0	611,1	32,0
7334 Wärmedämmung und Kälteisolierung im industriellen Bereich	57	102,7	0,3	20,1	19,6
7335 Energieeffiziente Antriebs- und Steuerungstechnik	54	6.836,0	17,7	4.004,2	58,6
7400 Messung, Kontroll- und Analysesysteme/Klimaschutz	112	421,5	1,1	174,0	41,3
7500 Sonstige Aktivitäten im Rahmen des Klimaschutzes (nicht in anderen Schlüsselnummern genannt)	576	537,8	1,4	151,2	28,1

*) Betriebe, Körperschaften und sonstige Einrichtungen. Mehrfachzählungen möglich.

Quelle: Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.3, 2014, Tabelle 7. – Berechnungen des CWS

sehr kleinen Bereich Geothermie (118 %), aber auch in der Windkraft (16 %, darunter speziell im (noch) weniger gewichtigen Offshore-Bereich mit 141 %) und bei Wasserkraft / Meeresenergie (4 %). Das Gleiche gilt für Güter und Dienstleistungen zur rationellen Energieumwandlung (insbesondere Blockheizkraftwerke mit 38 %) sowie für alle Teilsegmente zur Verbesserung der Energieeffizienz (60 %).

Auffällig ist, dass sich nach der Erhebung der Waren, Bau und Dienstleistungen für den Umweltschutz die Klimaschutzumsätze 2013/14 mit einem Minus von fast 4 Mrd. € (-9 %) wieder deutlich rückläufig entwickelt haben, nachdem 2012/13 ein Zuwachs von 5,4 % erzielt worden war. Volumenmäßig verantwortlich für den Umsatzrückgang 2014 waren insbesondere die Bereiche Onshore-Windkraft, KWK-Anlagen (ohne Blockheizkraftwerke) und Photovoltaik. Bei Onshore-Windkraft hat sich der Auslandsumsatz in Jahresfrist mehr als halbiert und bei KWK-Anlagen war ein Rückgang von 22 % zu verzeichnen. Beide Bereiche zusammen genommen waren maßgeblich dafür verantwortlich, dass die Ausfuhren für den Klimaschutzbereich insgesamt 2013/14 um fast ein Fünftel zurückgegangen sind. Demzufolge ist auch die Exportquote, die im Jahr 2013 mit 47,8 % über dem entsprechenden Wert von 46,5 % für das Verarbeitende Gewerbe insgesamt lag, 2014 wieder auf das Niveau der Jahre 2011/12 (gut 42 %) zurückgefallen (vgl. Tabelle 29 im Anhang). Damit weichen die Ergebnisse für das Jahr 2014 deutlich von denjenigen der Produktions- oder Außenhandelsstatistik ab, die nur eine leicht rückläufige Entwicklung des Produktionsvolumens (- 0,1 %, vgl. Abschnitt 7.1.1) bzw. der deutschen Ausfuhren potenzieller Klimaschutzgüter (- 2 %) gegenüber 2013 ausweisen. Zwar schließen divergierende konzeptionelle Ansätze und Abgrenzungen sowie unterschiedliche Reichweiten der Erhebungen einen rein numerischen Vergleich der Ergebnisse grundsätzlich aus. Die deutlich ungünstigere Entwicklung bei den Umsätzen der amtlichen Erhebung zu den Waren, Bau- und Dienstleistungen spiegelt jedoch nach Rücksprache mit dem Statistischen Bundesamt nicht nur reale Marktentwicklungen wider, sondern lässt sich auch auf Änderungen im Meldeverhalten zurückführen: Wirtschaftliche Schwerpunktwechsel können im Einzelfall mit einem Wegfall der Meldepflicht verbunden sein und damit, sofern es sich um große Einheiten handelt, hohe Umsatzausfälle und strukturelle Verschiebungen suggerieren, die tatsächlich gar nicht stattgefunden haben.

8 Übergreifende Betrachtung der Indikatoren und Ausblick

In den Kapiteln 2 – 7 wurden mit unterschiedlichen FuI-Indikatoren Forschung, Entwicklung, Innovationen und Marktergebnisse im Bereich Nachhaltigkeit und Klimaschutz nachgezeichnet. Aus übergreifender methodischer Sicht sind dabei folgende Aspekte bedeutsam:

- Bei allen Indikatoren treten Unschärfen auf, was zum Bereich Nachhaltigkeit und Klimaschutz zu zählen ist. Dies führt einerseits dazu, dass mit dem Potenzialansatz auch Aktivitäten erfasst werden, die nicht notwendigerweise auch tatsächlich für den Umwelt- und Klimaschutz eingesetzt werden. Andererseits können Aktivitäten unberück-

sichtigt bleiben, weil sie nicht hauptsächlich auf Umwelt- und Klimaschutz abzielen, im Nebeneffekt aber dennoch positive Beiträge hierzu leisten.

Einige Indikatorenansätze beruhen auf vorgegebenen Klassifikationen, die nicht notwendigerweise aus der Logik erstellt wurden, Umwelt- oder Klimaschutzbereiche abzugrenzen. Dies führt dazu, dass sich die jeweils betrachteten Tatbestände zwischen den Indikatoren unterscheiden. Dass gleichzeitig die einbezogenen Tatbestände dann noch zum Teil nach einer unterschiedlichen Logik untergliedert werden (z. B. nach Anwendungsbereich oder nach Technikgruppe), erschwert übergreifende Interpretationen zusätzlich. Bei einigen Indikatoren, bspw. der Bibliometrie, ist ein direkter Bezug zum Klimaschutz auch nur bedingt über die Klassifikation gegeben. Hier bieten Keyword-Suchen und tiefgreifendere Text-Mining-Methoden jedoch Alternativen für zukünftige Analysen.

- Es wurden sowohl nationale als auch international harmonisierte Abgrenzungen, Datenquellen und Indikatorenansätze herangezogen. Dies hat aber zur Konsequenz, dass nicht für alle Indikatorenbereiche die internationale Positionierung Deutschlands erfasst werden kann. Grundsätzlich lassen sich zwar die Abgrenzungen von Klimaschutzgütern (auf Basis 9-stelliger Gütergruppen oder von Klimaschutzberufen auf Basis 5-stelliger Berufsklassen) grundsätzlich auf korrespondierende internationale Klassifikationen umschlüsseln; die Analysen verlieren aber an Aussagekraft, weil diese Daten nicht in entsprechender Tiefe vorliegen (z. B. höchstens dreistellige Berufsgruppen nach ISCO11).
- Es gibt erhebliche Unterschiede in der Verfügbarkeit von zeitlichen Längsschnittdaten. Gerade die auf Unternehmensbefragungen beruhenden Indikatoren stehen hier vor dem Problem, dass es nur wenige Datenpunkte gibt. Wenn sich dann noch das Befragungsdesign zwischen den Erhebungen geändert hat, erschwert dies die Erfassung der Innovationsdynamik im Zeitablauf zusätzlich.
- Der Innovationsgehalt der betrachteten Tatbestände schwankt zwischen den Indikatoren. Einige der Indikatorenansätze wurden mit dem Ziel entwickelt, die Bedeutung des Umwelt- und Klimaschutzes für das wirtschaftliche Aktivitätsniveau anzuzeigen, unabhängig davon, ob es sich hierbei um Neuerungen und Innovationen handelt oder nicht.
- Aus einer Veränderung der Indikatorenwerte lässt sich nicht immer eindeutig ablesen, ob dies eine positive oder negative Veränderung von FuI anzeigt. So kann eine Reduktion des Produktions- oder Exportwertes einer Technologie eine verminderte Anzahl entsprechender Technologien signalisieren (negative Veränderung), aber auch auf einer Reduktion des Preises der jeweiligen Technologie beruhen, die ihrerseits gerade eine Folge von Innovationen in diesem Bereich (positive Änderung) sein kann.

Im folgenden Abschnitt werden Zusammenhänge und Querverbindungen zwischen den Indikatoren aus den Kapiteln 2 - 7 aufgezeigt. Wie ausgeführt steht dies vor zahlreichen Schwierigkeiten. Dennoch lassen sich folgende Tendenzen für eine übergreifende Betrachtung der unterschiedlichen Indikatoren heranziehen:

- Die öffentliche FuE-Förderung stagniert bei den traditionellen Umwelttechnologien, während sie im Energiebereich, und hier vor allem den erneuerbaren Energien, deutlich zugenommen hat. Dies gilt sowohl für Deutschland als auch für zahlreiche andere Länder. Im internationalen Vergleich nimmt Deutschland eine gute Stellung ein im Hin-

blick auf die Bedeutung von Umwelt- und Energieforschung innerhalb des gesamten öffentlichen FuE-Budgets, liegt aber bezogen auf das BIP hinter den Spitzenreitern.

- Die Publikationsdynamik bei den umweltrelevanten Veröffentlichungen hat sich sehr überdurchschnittlich entwickelt, so dass ihr Anteil an allen weltweiten Publikationen von 2 % auf 3 % angestiegen ist. Dies gilt vor allem für den Teilbereich der Publikationen zum Thema „Renewable Energy, Sustainability and the Environment“. Bei den umweltrelevanten Publikationen liegt der Anteil Deutschlands bei 4 %. Der Abstand zu den führenden Ländern China (23 %) und USA (19 %) ist allerdings beträchtlich, und selbst Großbritannien liegt mit einem Anteil von 5 % noch vor Deutschland. Die Spezialisierungsindikatoren für die Teilbereiche deuten zudem darauf hin, dass gerade in dem am stärksten wachsendem Teilbereich „Renewable Energy, Sustainability and the Environment“ Deutschland eine negative Spezialisierung aufweist. Dies gilt auch für den Bereich „Environmental Engineering“.
- Die Patentdynamik im Umweltschutz insgesamt liegt im Zeitablauf leicht über der allgemeinen Patentdynamik. Besonders überdurchschnittlich entwickelt sich hier der Energiebereich (insbesondere die erneuerbaren Energien). Umgekehrt bedeutet dies, dass im traditionellen Umweltschutz die Patentdynamik eher geringer ausfällt. Deutschland liegt bei den Patenten zum Klimaschutz mit einem Anteil von 13 % hinter Japan (24 %) und den USA (25 %) an dritter Stelle. Deutlich wachsende Anteile verzeichnen China und Südkorea. Deutschland weist eine leicht positive Spezialisierung auf, die aber hinter derjenigen von Japan liegt.
- Die Unternehmensbefragungen zu Innovationen mit Umweltschutznutzen in der europäischen Wirtschaft signalisieren, dass dabei klimaschutzrelevante Innovationen zur Verringerung des Energieverbrauchs und von CO₂-Emissionen im Vordergrund stehen. Gemäß der Statistik der Umweltschutzausgaben von Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes hat der Anteil der Investitionen im Bereich „Luftreinhaltung und Klimaschutz“ europaweit tendenziell zugenommen. Da unter dieser Position allerdings nur ein Teilbereich der Klimaschutzaktivitäten erfasst wird, ist Vorsicht bei der Interpretation dieser Tendenz geboten.
- Die europäische „Environmental Goods and Services Statistik“ (EGSS) befindet sich noch im Aufbau. Bisher vorliegende Zahlen zur Beschäftigung im Klimaschutz sind nur eingeschränkt vergleichbar und mit erheblichen Messproblemen behaftet. So erreicht der für Deutschland im Bereich Ressourcenmanagement ausgewiesene Beschäftigtenanteil, der erneuerbare Energien und Energieeffizienz einschließt, nur rund 50 % des EU-Durchschnitts. Zur Ableitung übergreifender Trends wird daher auf die Zahlen zur Abschätzung der Bruttobeschäftigung durch den Ausbau Erneuerbarer Energien und energieeffizientes Bauen und Sanieren in Deutschland zurückgegriffen. Sie zeigen eine erhebliche jährliche Steigerung der Beschäftigung bei den erneuerbaren Energien bis 2012 an. In der Folgezeit kommt es dann zu einem Einbruch im Bereich Photovoltaik, der auch die weiterhin anhaltende Zunahme bei der Windenergie überkompensiert.
- Die Produktion von potenziellen Klimaschutzgütern in Deutschland zeigt einen ansteigenden Trend bis 2011 sowohl im Bereich erneuerbare Energien als auch bei der rationellen Energieverwendung. Der anschließende Einbruch im Bereich PV hat zu einem deutlichen Produktionsrückgang bei den erneuerbaren Energien geführt, der sich auch in der oben beschriebenen Entwicklung der Bruttobeschäftigung widerspiegelt. Erst

2014/15 ist die Produktion im Bereich Erneuerbare Energien wieder etwas gestiegen. Aber auch bei der rationellen Energieverwendung stagnieren die Werte seit 2011.

- Längere Zeitreihen und Angaben für einen internationalen Vergleich liegen für den Außenhandel vor. Dabei zeigt sich eine überproportionale Zunahme der Exporte von potenziellen Klimaschutzgütern bis 2008, der besonders bei den erneuerbaren Energien stark ausgeprägt war. Seither (2008 bis 2015) zeigt sich für Klimaschutzgüter insgesamt nur noch eine knapp durchschnittliche Exportdynamik, weil weiterhin überdurchschnittliche Zuwächse bei Erneuerbaren Energien durch schwache Entwicklungen in den anderen beiden Teilsegmenten ausgeglichen werden. Bei den Weltexportanteilen liegt Deutschland an zweiter Position hinter China, das seinen Anteil im Zeitablauf kontinuierlich gesteigert hat, während die traditionellen OECD-Länder verloren haben. Der RCA signalisiert für einige kleinere Länder und China eine deutlich positive Spezialisierung bei Klimaschutzgütern. Auch Deutschland weist in allen drei Teilsegmenten eine positive Spezialisierung auf. Allerdings ergeben sich für einzelne Technologien teils sehr unterschiedliche Entwicklungen: Während die verbesserte deutsche Spezialisierung im Windkraftbereich mit zunehmender Handelsdynamik und überdurchschnittlich hohen Exporterfolgen verbunden war, ist die Verbesserung des RCA-Werts im Solarbereich im Wesentlichen die Folge von Preiseffekten und überproportional rückläufigen Einfuhren nach Deutschland.
- In der Gesamtschau zeigen die FuI-Indikatoren zu Nachhaltigkeit und Klimaschutz eine ansteigende Innovationsdynamik. Allerdings ergeben sich unterschiedliche Entwicklungstendenzen bei den Teilbereichen: Besonders ausgeprägt ist die Innovationsdynamik im Klimaschutz, insbesondere den erneuerbaren Energien, während die Daten für den klassischen Umweltschutzbereich eher eine unterdurchschnittliche Dynamik anzeigen.

Bezüglich der Entwicklung im Zeitablauf ergibt sich ein unterschiedliches Bild. So scheint sich – allerdings nicht bei den Publikationen – die Innovationsdynamik in den letzten Jahren abzuflachen. Während im nationalen Bereich hier spezifische Faktoren wie z. B. die Entwicklung bei der PV phasenweise eine Rolle spielen, bleibt unklar, ob dieser Trend auf weltweiter Ebene anhält, und wodurch er bedingt ist.

Nachhaltigkeit und Klimaschutz stellen einen Bereich dar, in dem Deutschland im internationalen Vergleich insgesamt gesehen gut aufgestellt ist. Dies wird auch durch die Spezialisierungskennziffern bei den Patenten und im Außenhandel unterstützt. Allerdings ergibt sich für einzelne Teilsegmente des Klimaschutzes ein z. T. unterschiedliches Bild, wie an den Beispielen von PV und Windkraftanlagen verdeutlicht wurde. Auch gibt es Fälle, in denen Außenhandel und Patentindikatoren in unterschiedliche Richtung zeigen. So weist

Deutschland im Gebäudebereich (Y02B) eine negative Patentspezialisierung auf⁵⁸, während im Außenhandel bei der – durch Erzeugnisse der Wärmeisolation dominierten - rationalen Energieverwendung eine positive Spezialisierung ausgewiesen wird. Allerdings ist auch hier eine vorsichtige Interpretation erforderlich: Dies kann auch reflektieren, dass die in den beiden Indikatorentypen erfassten Tatbestände trotz ihrer Fokussierung auf den Gebäudebereich doch stärker auseinanderklaffen, als es die Wortwahl suggeriert. Eine Rolle könnte spielen, dass sich der Innovationsgehalt der Tatbestände unterscheidet, die jeweils gemessen werden. Eventuell beruhen die Außenhandelserfolge auch auf Innovationserfolgen, die weiter zurück in der Vergangenheit liegen.

Gerade die geschilderten ungleichen Entwicklungen deuten auch auf die Bedeutung unterschiedlicher Einflussfaktoren für die jeweiligen Indikatoren hin. So ist die Dynamik bei den Publikationen auch wesentlich durch einen überproportionalen Anstieg Chinas geprägt, der auch zu einem deutlich positiven RLA Chinas bei Umweltpublikationen geführt hat. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass in asiatischen Ländern die Umweltherausforderungen zwar als vorrangiges Thema beim Ausbau des Wissenschaftssystems erkannt wurden, ohne dass dies aber zu entsprechend starken Impulsen im Patentgeschehen bei den eher marktgetrieben agierenden Akteuren des Innovationsprozesses geführt hat (vgl. Walz et al. 2017). Auch die Schwäche Deutschlands gerade bei den umwelttechnischen Publikationen bei gleichzeitiger Stärke bei Patenten und im Außenhandel deutet darauf hin, dass hier keine linearen Zusammenhänge bestehen.

Für die Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands sind die Veränderungen auf globaler Ebene von höchster Bedeutung. So ist aus der Entwicklung bei Publikationen, Patenten und Außenhandel ein Erstarken gerade asiatischer Länder abzulesen. Damit einher geht eine Tendenz fallender Welthandelsanteile für die traditionellen OECD-Länder inklusive Deutschlands. Andererseits sind auch Sonderfaktoren zu beachten, die auf der strukturellen Ebene wirksam werden. Dies gilt zum einen für industriepolitische Maßnahmen wie „Local Content Requirements“, mit denen einige Länder die Einfuhren beschränken. Zum anderen sind strukturelle Verschiebungen in der Nachfrage für Umweltschutzgüter zu beobachten, die zu einer Verlagerung der Märkte hin zu Ländern des Südens führen. Damit verändern sich nicht nur die Entfernungen der Partnerländer, die im Rahmen der Gravitationsmodelle ja auch Einfluss auf die Handelsströme haben (vgl. Diederich 2016). Zusätzlich gewinnen auch die spezifischen Anforderungen und Einsatz-

⁵⁸ Dies gilt auch dann, wenn man für die Berechnung des RPA für Gebäude Deutschlands Patentanteil an allen Technologien als Basis heranzieht (und nicht nur wie in Abbildung 19) Deutschland Anteil an den CCMT).

bedingungen, die in den Ländern des Südens bestehen, im Exportportfolio an Bedeutung. Entsprechend dem Argument der „Adversity Advantages“ (vgl. Cuervo-Cazurra und Genc 2008; Hoskisson, Robert E. et al. 2013; Boehe et al. 2016) nehmen daher die Chancen für die Exportländer, deren Inlandsbedingungen eher denjenigen der weniger entwickelten Zielländer ähneln, zu. Für Deutschland, dessen Exporterfolge sehr stark auf den Märkten der entwickelten Volkswirtschaften beruhen, wirft dies die Herausforderung auf, wie auf diese veränderten globalen Rahmenbedingungen reagiert werden kann.⁵⁹

Aus den vorangegangenen Ausführungen ergeben sich mehrere Ansatzpunkte zur Verbesserung der Datenlage. Generell wünschenswert wäre eine Systematisierung der Klassifikationen zwischen den Indikatorenansätzen, um eine höhere Übereinstimmung der betrachteten Segmente zu erreichen. Bei Publikationsanalysen sollte eruiert werden, ob eine auf Keyword basierende standardisierte Suchstrategie einzelner Artikel trennschärfere Ergebnisse liefern könnte als die auf der Zuordnung von Journals basierende Analyse. Gleichzeitig wäre es dadurch möglich, die untersuchten Tatbestände stärker an andere Indikatorenansätze anzugleichen. Bei den Unternehmensbefragungen wäre auf eine Verstetigung und inhaltliche Kontinuität der Erhebungen zu achten.

Verbesserungen in die skizzierte Richtung würden nicht nur Aussagen zu Dynamik und Stand von FuI im Feld Nachhaltigkeit und Klimaschutz verbessern. Darüber hinaus würden auch die Möglichkeiten von Wirkungsanalysen über die Bestimmungsgründe des Innovationsprozesses ausgeweitet. Bisher werden derartige Analysen vor allem für einzelne Technologien im Energiebereich vorgenommen, weil hier zumindest FuE-Ausgaben und Patente disaggregiert vorliegen und Angaben zur Diffusion durch Verbandsanalysen abgedeckt werden können oder auf einem einzelnen Indikatorenansatz, wie z. B. Unternehmensbefragungen beruhen. Ein abgestimmtes Indikatorenset würde weitere Einsatzmöglichkeiten zulassen.

Unabhängig von diesen Verbesserungsmöglichkeiten bleibt aber festzuhalten, dass die Indikatoren insgesamt doch stark auf FuI bei umwelt- und klimafreundlichen Technologien bezogen sind. Innovationen für Nachhaltigkeit und Klimaschutz werden aber zunehmend auch durch organisatorische, institutionelle und soziale Veränderungen bis hin zur Notwendigkeit einer Transformation von sozio-technischen Regimen gekennzeichnet. Auch bei Realisierung der hier skizzierten Verbesserungsmöglichkeiten wird es erforderlich

⁵⁹ Derartige Fragestellungen werden auch im Rahmen der BMBF-Innovations- und Technikanalyse (ITA) im Themenfeld "Neue globale Innovationspfade" adressiert (vgl. <https://www.zukunft-verstehen.de/ITA/ita-vorhaben>).

bleiben, nach neuen Indikatorenansätzen zu suchen, die gerade diese Formen von Innovationen erfassen können.

9 Anhang

9.1 Länderliste für EFI-Studien

Für diese Studie wurden auf Wunsch des Auftraggebers folgende Länder berücksichtigt:

Europa: • Belgien • Dänemark • Deutschland • Finnland • Frankreich • Großbritannien • Italien • Niederlande • Österreich	• Polen • Schweden • Schweiz • Spanien Andere OECD-Länder: • USA • Japan • Kanada • Südkorea • Israel	BRICS-Länder: • Brasilien • Russland • Indien • China • Südafrika
---	---	--

9.2 Klassifikation der Umweltschutz- und Ressourcenmanagementaktivitäten

Klassifikation der Umweltschutzaktivitäten und -ausgaben (2000)

Classification of Environmental Protection Activities and Expenditure (CEPA)

- 1 Luftreinhaltung und Klimaschutz
 - 1.1 Vermeidung der Luftverschmutzung durch prozessintegrierte Maßnahmen
 - 1.2 Behandlung von Abgasen und Abluft
 - 1.3 Messung, Kontrolle, Analyse u. ä.
 - 1.4 Sonstige Aktivitäten
- 2 Gewässerschutz
 - 2.1 Vermeidung der Gewässerverschmutzung durch prozessintegrierte Maßnahmen
 - 2.2 Kanalisationssysteme
 - 2.3 Abwasserbehandlung
 - 2.4 Behandlung von Kühlwasser
 - 2.5 Messung, Kontrolle, Analyse u. ä.
 - 2.6 Sonstige Aktivitäten
- 3 Abfallwirtschaft
 - 3.1 Abfallvermeidung durch prozessintegrierte Maßnahmen
 - 3.2 Sammlung und Beförderung von Abfällen
 - 3.3 Behandlung und Beseitigung gefährlicher Abfälle
 - 3.4 Behandlung und Beseitigung ungefährlicher Abfälle
 - 3.5 Messung, Kontrolle, Analyse u. ä.

- 3.6 Sonstige Aktivitäten
- 4 Schutz und Sanierung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser
 - 4.1 Schutz gegen das Eindringen von Schadstoffen
 - 4.2 Boden- und Gewässerreinigung
 - 4.3 Schutz des Bodens vor Erosion und anderen physischen Degradationsprozessen
 - 4.4 Vermeidung und Sanierung von Bodenversalzung
 - 4.5 Messung, Kontrolle, Analyse u. ä.
 - 4.6 Sonstige Aktivitäten
- 5 Lärm- und Erschütterungsschutz (ohne Arbeitsschutzmaßnahmen)
 - 5.1 Vorbeugende prozessintegrierte Maßnahmen an der Quelle
 - 5.2 Bau von Lärm- und Erschütterungsschutzanlagen
 - 5.3 Messung, Kontrolle, Analyse u. ä.
 - 5.4 Sonstige Aktivitäten
- 6 Arten- und Landschaftsschutz
 - 6.1 Schutz und Wiederansiedlung von Tier- und Pflanzenarten sowie Schutz und Wiederherstellung von Lebensräumen
 - 6.2 Schutz von natürlichen und semi-natürlichen Landschaften
 - 6.3 Messung, Kontrolle, Analyse u. ä.
 - 6.4 Sonstige Aktivitäten
- 7 Strahlenschutz (ohne Anlagensicherheit)
 - 7.1 Schutz der Umweltmedien
 - 7.2 Transport und Behandlung hoch-radioaktiver Abfälle
 - 7.3 Messung, Kontrolle, Analyse u. ä.
 - 7.4 Sonstige Aktivitäten
- 8 Forschung und Entwicklung
 - 8.1 Luftreinhaltung und Klimaschutz
 - 8.2 Gewässerschutz
 - 8.3 Abfall
 - 8.4 Boden- und Grundwasserschutz
 - 8.5 Lärm- und Erschütterungsschutz
 - 8.6 Schutz der Arten und Lebensräume
 - 8.7 Strahlenschutz
 - 8.8 Sonstige Forschung zum Umweltschutz
- 9 Sonstige Umweltschutzaktivitäten
 - 9.1 Allgemeine Verwaltungs- und Managementtätigkeit im Bereich des Umweltschutzes
 - 9.2 Allgemeine und berufliche Bildung, Information
 - 9.3 Zu unteilbaren Ausgaben führende Aktivitäten
 - 9.4 Anderweitig nicht genannte Aktivitäten

Quelle: Eurostat: RAMON - Reference And Management Of Nomenclatures

http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_NOM_DTL_LINEAR&IntCurrentPage=2&StrNom=CEPA_2000&StrLanguageCode=DE

Klassifikation der Ressourcenmanagementaktivitäten (2008)

Classification of Resource Management Activities (CReMA)

10 Wassermanagement

11 Management von Waldressourcen

11A Management von Waldflächen

11B Minimierung der Aufnahme von Waldressourcen

12 Management des natürlichen Pflanzen- und Tierbestandes

13 Energieressourcenmanagement

13A Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen

13B Wärme-/Energieeinsparungen und -management

13C Minimierung der Verwendung fossiler Energieträger als Rohstoffe

14 Management mineralischer Rohstoffe

15 Forschung und Entwicklung für Ressourcenmanagement

15A Forschung und Entwicklung für die Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen

16 Sonstige Aktivitäten des Ressourcenmanagements

Quelle: Eurostat: RAMON - Reference And Management Of Nomenclatures

http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_NOM_DTL&StrNom=CL_CE_PAREM&StrLanguageCode=DE&IntPcKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC

9.3 Anhang zu Kapitel 2

Tabelle 18: Volumen und Veränderung des Mitteleinsatzes für Umweltforschung und Energieforschung in den staatlichen FuE-Budgets der OECD-Länder 2000 bis 2015

Land	Umweltforschung						Energieforschung					
	Staatliche Umweltforschungs Ausgaben in Mio. US-Dollars (PPP)				Jahresdurchschnittl. Veränderung in %		Staatliche Energieforschungs Ausgaben in Mio. US-Dollars (PPP)				Jahresdurchschnittl. Veränderung in %	
	2000	2008	2014	2015	00-08	08-15	2000	2008	2014	2015	00-08	08-15
DE	575	728	994	996	3,0	4,6	589	887	1.726	1.631	5,2	9,1
FR	259	441	318	589	6,9	4,2	715	969	1.076	1.263	3,9	3,9
UK	214	371	350	328	7,1	-1,7	45	99	368	365	10,3	20,5
IT	214	519	334	292	11,7	-7,9	376	752	431	420	9,0	-8,0
BE	52	55	72	63	0,7	1,9	43	42	67	41	-0,4	-0,4
NL	132	22	33	39	-19,9	8,3	130	133	120	144	0,3	1,2
DK	30	47	43	58	5,6	3,2	20	95	113	93	21,3	-0,4
ES	206	613	305	341	14,6	-8,0	159	443	204	232	13,6	-8,8
SE	24	43	72	55	7,7	3,7	99	103	159	150	0,5	5,5
FI	30	29	25	24	-0,5	-2,2	71	175	189	196	11,9	1,7
AT	22	38	31	25	7,2	-5,9	8	21	65	117	13,5	27,7
CH ¹	3	9	10		16,9	1,3	14	20	32		4,3	7,9
PL		68	248	267		21,6		48	81	79		7,2
CA ²	208	342	308		6,4	-2,0	204	473	585		11,1	4,3
US	537	548	545	528	0,3	-0,5	1.031	2.076	2.407	3.173	9,1	6,2
JP	169	283	625	660	6,6	12,8	3.829	4.201	4.308	3.690	1,2	-1,8
KR	188	373	480	536	8,9	5,3	252	1.430	1.849	1.753	24,2	3,0

1) Jahresdurchschnittl. Veränderung 08-14 - 2) 2013 statt 2014; jahresdurchschnittl. Veränderung 08-13.
Quelle: OECD, Research and Development Statistics. - Berechnungen und Schätzungen des CWS

Tabelle 19: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Energiebereich in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

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

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich.

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

Tabelle 19: Fortsetzung (1)

	Anteil an allen FuE-Ausg. für Energieforschung in %			in Relation zum BIP in %	
Land	2000	2008	2014	2000	2014
Dänemark					
Energieeffizienz	29,3	15,2	29,7	0,07	0,17
Erneuerbare Energien	36,9	53,1	37,7	0,09	0,21
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	21,2	18,2	..	0,10
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	7,9	6,5	10,4	0,02	0,06
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	11,5	1,2	0,8	0,03	0,00
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>85,7</i>	<i>97,2</i>	<i>96,8</i>	<i>0,21</i>	<i>0,54</i>
Fossile Energieträger	4,2	2,8	1,5	0,01	0,01
Nuklearenergie	10,1	0,0	1,7	0,02	0,01
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,25	0,56
Schweden					
Energieeffizienz	36,1	36,2	38,6	0,10	0,15
Erneuerbare Energien	33,6	31,6	38,0	0,09	0,15
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	2,9	2,0	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	10,4	6,7	8,3	0,03	0,03
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	12,6	16,2	10,6	0,03	0,04
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>92,7</i>	<i>93,7</i>	<i>97,4</i>	<i>0,25</i>	<i>0,38</i>
Fossile Energieträger	0,2	0,1	0,9	0,00	0,00
Nuklearenergie	7,0	6,3	1,7	0,02	0,01
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,27	0,39
Österreich					
Energieeffizienz	30,7	33,1	43,1	0,03	0,19
Erneuerbare Energien	28,0	34,4	22,7	0,03	0,10
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	3,3	5,7	..	0,02
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	13,8	7,3	24,7	0,02	0,11
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	14,0	11,9	2,3	0,02	0,01
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>86,5</i>	<i>89,9</i>	<i>98,5</i>	<i>0,09</i>	<i>0,43</i>
Fossile Energieträger	1,9	3,8	0,4	0,00	0,00
Nuklearenergie	11,6	6,3	1,1	0,01	0,00
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,11	0,43
Finnland					
Energieeffizienz	41,7	42,6	61,1	0,20	0,65
Erneuerbare Energien	13,3	21,0	15,1	0,06	0,16
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	0,0	0,0	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	19,4	14,1	6,6	0,09	0,07
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	8,3	11,3	7,7	0,04	0,08
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>82,6</i>	<i>89,1</i>	<i>90,6</i>	<i>0,40</i>	<i>0,96</i>
Fossile Energieträger	5,9	4,3	2,5	0,03	0,03
Nuklearenergie	11,4	6,6	7,0	0,05	0,07
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,48	1,06
Niederlande					
Energieeffizienz	30,6	29,5	26,6	0,09	0,05
Erneuerbare Energien	24,1	31,9	36,5	0,07	0,07
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	5,8	0,0	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	7,3	6,2	11,5	0,02	0,02
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	13,3	5,8	16,4	0,04	0,03
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>75,4</i>	<i>79,1</i>	<i>91,1</i>	<i>0,21</i>	<i>0,18</i>
Fossile Energieträger	6,8	9,6	2,8	0,02	0,01
Nuklearenergie	17,8	11,4	6,1	0,05	0,01
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,28	0,20

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich.

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

Tabelle 19: Fortsetzung (2)

	Anteil an allen FuE-Ausg. für Energieforschung in %			in Relation zum BIP in %	
Land	2000	2008	2014	2000	2014
Kanada					
Energieeffizienz	17,8	12,8	14,9	0,04	0,07
Erneuerbare Energien	11,0	13,4	12,1	0,03	0,06
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	10,6	1,4		0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	8,5	3,5	15,1	0,02	0,07
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	14,1	1,4	4,2	0,03	0,02
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>51,4</i>	<i>41,7</i>	<i>47,7</i>	<i>0,12</i>	<i>0,23</i>
Fossile Energieträger	21,4	27,4	39,0	0,05	0,18
Nuklearenergie	27,2	30,9	13,3	0,07	0,06
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,24	0,47
Schweiz					
Energieeffizienz	14,9	15,0	23,7	0,05	0,11
Erneuerbare Energien	23,7	22,7	28,4	0,09	0,14
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	8,4	10,0	..	0,05
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	16,0	11,4	13,2	0,06	0,06
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	7,3	7,4	4,9	0,03	0,02
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>62,0</i>	<i>65,0</i>	<i>80,3</i>	<i>0,23</i>	<i>0,38</i>
Fossile Energieträger	6,4	6,8	4,9	0,02	0,02
Nuklearenergie	31,6	28,2	14,2	0,11	0,07
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,36	0,48
USA					
Energieeffizienz	23,8	15,1	20,9	0,05	0,07
Erneuerbare Energien	9,3	10,2	14,5	0,02	0,05
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	7,3	2,3	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	5,5	2,8	4,4	0,01	0,02
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	40,3	29,7	36,9	0,09	0,13
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>78,8</i>	<i>65,1</i>	<i>79,1</i>	<i>0,17</i>	<i>0,28</i>
Fossile Energieträger	9,2	12,9	6,8	0,02	0,02
Nuklearenergie	12,0	22,0	14,1	0,03	0,05
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,22	0,36
Korea ²⁾					
Energieeffizienz	18,8	20,0	14,0	0,03	0,08
Erneuerbare Energien	11,0	20,0	20,8	0,02	0,11
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	16,7	3,8	..	0,02
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	17,6	11,7	15,9	0,03	0,09
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	12,1	4,1	18,1	0,02	0,10
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	<i>59,6</i>	<i>72,6</i>	<i>72,7</i>	<i>0,09</i>	<i>0,39</i>
Fossile Energieträger	12,7	12,6	14,1	0,02	0,08
Nuklearenergie	27,8	14,8	13,2	0,04	0,07
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,14	0,54
Japan					
Energieeffizienz	15,7	11,7	14,6	0,13	0,10
Erneuerbare Energien	4,1	5,0	20,9	0,04	0,15
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	5,5	3,6	..	0,03
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	4,5	3,1	2,5	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>0,23</i>	<i>0,30</i>
Fossile Energieträger	2,9	9,5	11,7	0,03	0,08
Nuklearenergie	70,7	65,2	46,7	0,61	0,33
insgesamt	100,0	100,0	100,0	0,86	0,71

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich.

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

Tabelle 19: Fortsetzung (3)

Land	Anteil an allen FuE-Ausg. für Energieforschung in %			in Relation zum BIP in ‰	
	2000	2008	2014	2000	2014
Polen					
Energieeffizienz	..	8,8	23,3	..	0,05
Erneuerbare Energien	..	15,3	17,8	..	0,04
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	16,8	2,2	..	0,00
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	..	1,2	18,3	..	0,04
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	..	0,0	1,5	..	0,00
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	..	<i>51,0</i>	<i>58,9</i>	..	<i>0,25</i>
Fossile Energieträger	..	42,0	63,1	..	0,13
Nuklearenergie	..	31,5	3,8	..	0,01
insgesamt	..	100,0	100,0	..	0,20
Belgien³⁾					
Energieeffizienz	..	24,5	30,9	..	0,13
Erneuerbare Energien	..	15,8	16,1	..	0,07
Wasserstoff- und Brennstoffzellen	..	0,6	1,9	..	0,01
Sonst. Stromerzeugungs- und- Speichertechnologien	..	5,3	7,5	..	0,03
Querschnittsthemen (z.B. Energiesystemanalyse)	..	4,7	2,5	..	0,01
<i>Zukunftsorientierte Technologien insg.</i>	..	<i>42,0</i>	<i>63,1</i>	..	<i>0,25</i>
Fossile Energieträger	..	2,0	0,9	..	0,00
Nuklearenergie	..	47,0	40,2	..	0,17
insgesamt	..	100,0	100,0	..	0,42

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich.

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

Tabelle 20: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Erneuerbarer Energien in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

Land	Anteil an allen FuE-Ausgaben für Energieforschung in %		
	2000	2008	2014
Deutschland			
Erneuerbare Energiequellen insg.	27,2	24,9	30,7
Solarenergie	18,3	13,4	8,0
Windenergie	5,6	6,3	6,5
Meeresenergie	0,0	0,0	..
Bioenergie	2,5	3,6	4,1
Geothermische Energie	0,9	1,6	1,9
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,1
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,0	10,0
Frankreich			
Erneuerbare Energiequellen insg.	2,2	9,9	16,9
Solarenergie	1,3	4,2	6,5
Windenergie	0,3	0,2	0,7
Meeresenergie	0,0	0,0	0,4
Bioenergie	0,5	4,7	8,7
Geothermische Energie	0,1	0,4	0,4
Hydroelektrizität	0,0	0,2	0,1
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,1	0,2
Großbritannien			
Erneuerbare Energiequellen insg.	9,2	29,5	20,1
Solarenergie	2,7	5,0	3,0
Windenergie	1,9	3,0	5,4
Meeresenergie	0,8	2,5	6,3
Bioenergie	3,5	11,6	5,1
Geothermische Energie	0,0	1,3	0,0
Hydroelektrizität	0,2	0,0	0,0
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	6,1	0,3
Italien ¹⁾			
Erneuerbare Energiequellen insg.	8,5	20,8	21,5
Solarenergie	7,5	16,9	9,1
Windenergie	0,2	0,8	2,1
Meeresenergie	0,0	0,0	0,0
Bioenergie	0,8	3,2	4,2
Geothermische Energie	0,0	0,0	2,8
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,0
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,0	3,3
Spanien			
Erneuerbare Energiequellen insg.	32,5	42,1	58,5
Solarenergie	19,8	24,9	18,5
Windenergie	5,3	6,9	17,2
Meeresenergie	0,0	3,4	2,0
Bioenergie	7,5	6,9	10,4
Geothermische Energie	0,0	0,0	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	1,1
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,0	..

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2009 statt 2008 4) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich.
 Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. – Berechnungen und Schätzungen des CWS

Tabelle 20: Fortsetzung (1)

Land	Anteil an allen FuE-Ausgaben für Energieforschung in %		
	2000	2008	2014
Dänemark			
Erneuerbare Energiequellen insg.	36,9	53,1	37,7
Solarenergie	8,2	7,9	6,3
Windenergie	14,6	12,8	17,0
Meeresenergie	4,6	5,4	1,7
Bioenergie	9,6	27,0	12,7
Geothermische Energie	0,0	0,0	..
Hydroelektrizität	0,0	0,0	..
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,0	..
Schweden			
Erneuerbare Energiequellen insg.	33,6	31,6	38,0
Solarenergie	2,3	4,4	11,8
Windenergie	6,2	2,6	3,2
Meeresenergie	0,0	1,3	3,0
Bioenergie	23,1	21,9	19,1
Geothermische Energie	0,5	0,0	0,2
Hydroelektrizität	1,6	1,2	0,7
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,3	0,0
Österreich			
Erneuerbare Energiequellen insg.	28,0	34,4	22,7
Solarenergie	10,3	6,1	13,4
Windenergie	1,8	1,2	0,7
Meeresenergie	0,0	0,0	..
Bioenergie	15,1	24,1	6,6
Geothermische Energie	0,1	1,2	..
Hydroelektrizität	0,7	1,0	1,0
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,8	0,4
Finnland			
Erneuerbare Energiequellen insg.	13,3	21,0	15,1
Solarenergie	0,3	1,5	2,5
Windenergie	0,5	3,6	0,9
Meeresenergie	0,0	0,0	..
Bioenergie	11,9	15,0	9,2
Geothermische Energie	0,0	0,0	..
Hydroelektrizität	0,5	0,4	2,0
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,5	0,5
Niederlande			
Erneuerbare Energiequellen insg.	24,1	31,9	36,5
Solarenergie	9,4	10,0	14,6
Windenergie	6,2	4,3	3,6
Meeresenergie	0,1	..	0,1
Bioenergie	8,4	17,5	15,7
Geothermische Energie	0,0	..	0,9
Hydroelektrizität	0,0	..	0,0
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,1	1,5

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2009 statt 2008 4) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich.
 Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des CWS

Tabelle 20: Fortsetzung (2)

	Anteil an allen FuE-Ausgaben für Energieforschung in %		
Land	2000	2008	2014
Kanada			
Erneuerbare Energiequellen insg.	11,0	13,4	12,1
Solarenergie	1,9	2,4	2,4
Windenergie	1,9	1,0	0,6
Meeresenergie	0,0	1,0	..
Bioenergie	4,0	7,8	3,7
Geothermische Energie	0,1	0,3	0,3
Hydroelektrizität	3,2	0,3	2,9
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,7	0,1
Schweiz			
Erneuerbare Energiequellen insg.	23,7	22,7	28,4
Solarenergie	16,3	12,4	14,4
Windenergie	0,8	0,9	1,2
Meeresenergie	0,0	0,0	..
Bioenergie	4,1	4,4	5,5
Geothermische Energie	1,5	1,8	3,8
Hydroelektrizität	1,1	3,2	3,2
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,0	0,3
USA			
Erneuerbare Energiequellen insg.	9,3	10,2	14,5
Solarenergie	3,6	3,7	1,9
Windenergie	1,4	0,6	0,2
Meeresenergie	0,0	0,2	0,7
Bioenergie	3,1	4,2	8,3
Geothermische Energie	1,0	0,6	0,7
Hydroelektrizität	0,2	0,1	0,3
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,8	2,6
Korea ²⁾			
Erneuerbare Energiequellen insg.	11,0	20,0	20,8
Solarenergie	4,1	13,6	8,5
Windenergie	2,4	3,9	5,7
Meeresenergie	0,0	0,4	1,0
Bioenergie	1,9	1,1	2,1
Geothermische Energie	0,0	0,9	1,1
Hydroelektrizität	2,5	0,2	1,0
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	0,0	1,5
Japan			
Erneuerbare Energiequellen insg.	4,1	5,0	20,9
Solarenergie	3,3	0,0	3,5
Windenergie	0,1	0,0	1,9
Meeresenergie	0,1	0,0	0,0
Bioenergie	0,0	0,5	1,7
Geothermische Energie	0,6	0,0	0,4
Hydroelektrizität	0,0	0,0	0,3
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	0,0	4,5	13,1

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2009 statt 2008 4) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich.
 Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des CWS

Tabelle 20: Fortsetzung (3)

Land	Anteil an allen FuE-Ausgaben für Energieforschung in %		
	2000	2008	2014
Polen ³⁾			
Erneuerbare Energiequellen insg.	..	24,1	17,8
Solarenergie	..	5,5	7,3
Windenergie	..	0,5	1,0
Meeresenergie	..	..	0,0
Bioenergie	..	10,4	7,7
Geothermische Energie	..	0,0	0,5
Hydroelektrizität	..	7,2	0,6
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	..	0,4	0,7
Belgien ⁴⁾			
Erneuerbare Energiequellen insg.	..	15,8	16,1
Solarenergie	..	9,2	4,5
Windenergie	..	0,1	2,4
Meeresenergie	..	..	1,9
Bioenergie	..	3,9	6,2
Geothermische Energie	..	0,5	1,1
Hydroelektrizität	..	2,2	0,0
nicht einzelnen Energiequellen zurechenbar	..	0,0	0,1

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2009 statt 2008 4) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich.
 Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. – Berechnungen und Schätzungen des CWS

Tabelle 21: Öffentliche Haushaltsansätze für FuE- und Demonstrationsprojekte im Bereich Energieeffizienz in ausgewählten Ländern: Strukturen und Entwicklungen 2000 bis 2014

Land	Anteil an allen FuE-Ausgaben für Energieforschung in %		
	2000	2008	2014
Deutschland			
Energieeffizienz insg.	3,4	8,5	23,5
Industrie	1,2	2,9	4,0
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	1,4	5,1	3,8
Verkehr	0,0	0,0	1,3
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	0,7	0,5	14,4
Frankreich			
Energieeffizienz insg.	2,0	13,6	14,9
Industrie	0,4	1,5	1,3
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	0,4	3,3	3,1
Verkehr	0,5	8,1	8,9
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	0,8	0,8	1,6
Großbritannien			
Energieeffizienz insg.	3,0	14,9	18,1
Industrie	1,2	0,9	1,5
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	0,7	4,1	4,1
Verkehr	1,0	6,6	8,9
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	0,0	3,2	3,6
Italien ¹⁾			
Energieeffizienz insg.	8,8	24,0	13,8
Industrie	2,7	2,4	2,6
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	6,1	15,0	1,1
Verkehr	0,0	4,0	0,4
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	0,0	2,6	9,7
Spanien			
Energieeffizienz insg.	8,2	11,0	17,9
Industrie	7,8	5,1	..
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	0,0	4,0	..
Verkehr	0,4	2,0	..
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	0,0	0,0	..

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2009 statt 2008 4) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich
 Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des CWS

Tabelle 21: Fortsetzung (1)

Land	Anteil an allen FuE-Ausgaben für Energieforschung in %		
	2000	2008	2014
Dänemark			
Energieeffizienz insg.	29,3	15,2	29,7
Industrie	17,4	1,6	1,9
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	9,0	10,7	9,2
Verkehr	2,8	0,0	7,0
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	0,0	2,9	11,6
Schweden			
Energieeffizienz insg.	36,1	36,2	38,6
Industrie	8,6	8,5	6,0
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	4,8	5,8	9,6
Verkehr	19,3	19,6	21,0
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	3,4	2,3	1,9
Österreich			
Energieeffizienz insg.	30,7	33,1	43,1
Industrie	13,8	4,2	5,6
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	9,0	17,7	12,7
Verkehr	5,1	7,9	11,0
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	2,8	3,2	13,8
Finnland			
Energieeffizienz insg.	41,7	42,6	61,1
Industrie	16,8	18,6	20,7
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	8,9	10,6	16,7
Verkehr	10,8	8,9	15,4
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	5,0	4,5	8,3
Niederlande			
Energieeffizienz insg.	30,6	29,5	26,6
Industrie	14,0	10,2	13,5
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	7,0	11,8	2,3
Verkehr	7,6	2,2	0,6
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	2,0	5,3	10,2

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2009 statt 2008 4) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich
 Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des CWS

Tabelle 21: Fortsetzung (2)

Land	Anteil an allen FuE-Ausgaben für Energieforschung in %		
	2000	2008	2014
Kanada			
Energieeffizienz insg.	17,8	12,8	14,9
Industrie	8,5	4,8	2,2
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	4,2	2,9	2,7
Verkehr	3,5	3,0	7,8
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	1,6	2,1	2,2
Schweiz			
Energieeffizienz insg.	14,9	15,0	23,7
Industrie	1,2	2,0	3,7
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	4,6	6,0	10,5
Verkehr	5,5	3,8	8,0
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	3,5	3,3	1,4
USA			
Energieeffizienz insg.	23,8	15,1	20,9
Industrie	6,1	1,3	2,6
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	5,4	1,7	1,8
Verkehr	10,1	11,3	16,5
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	2,2	0,8	0,0
Korea ²⁾			
Energieeffizienz insg.	18,8	20,0	14,0
Industrie	10,0	11,7	1,4
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	6,6	5,6	3,0
Verkehr	0,2	2,7	1,2
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	2,0	0,0	8,5
Japan			
Energieeffizienz insg.	15,7	15,7	14,6
Industrie	13,7	13,7	10,4
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	0,7	0,7	0,3
Verkehr	0,9	0,9	0,4
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	0,4	0,4	3,4

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2009 statt 2008 4) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich
 Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des CWS

Tabelle 21: Fortsetzung (3)

Land	Anteil an allen FuE-Ausgaben für Energieforschung in %		
	2000	2008	2014
Polen ³⁾			
Energieeffizienz insg.	..	37,5	23,3
Industrie	..	11,8	11,7
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	..	3,6	2,7
Verkehr	..	20,3	5,9
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	..	1,7	2,9
Belgien ⁴⁾			
Energieeffizienz insg.	..	24,5	30,9
Industrie	..	1,0	5,5
Wohn- und öffentl. Gebäude, Geräte	..	6,7	13,4
Verkehr	..	5,9	8,8
keinem Bereich der Energieeffizienz zurechenbar	..	10,9	3,1

1) 2013 statt 2014 2) 2002 statt 2000 3) 2009 statt 2008 4) 2007 statt 2008; ".." keine Angabe möglich
 Quelle: International Energy Agency, Energy and Technology RD&D Budgets. - Berechnungen und Schätzungen des CWS

9.4 Anhang zu Kapitel 3

Tabelle 22: Spezialisierungsprofile der Länder für den Umweltbereich gesamt sowie für die einzelnen Teilbereiche (2005-07, 2013-15)

2005-07	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)	m)	n)	o)
AT	-22	-4	11	27	-48	-25	-89	10	-15	-3	-36	29	2	46	12
BE	-2	-9	-22	25	-23	9	-52	-12	-7	-21	0	8	-72	-10	25
BR	-40	-12	-66	-6	-21	-22	3	-43	8	-45	-17	-31	74	-9	8
CA	-34	-16	8	17	-8	6	-32	-14	-32	11	-20	-51	-55	-19	52
CH	-12	-16	-19	1	-17	0	-9	31	-44	-22	-23	-28	-37	1	31
CN	-42	-46	-99	-77	19	-24	77	-82	-90	-93	-97	-77	-94	-23	-2
DE	-44	6	-28	29	-24	-34	-74	-5	7	-63	-38	65	-75	8	-2
DK	67	-9	-48	12	-24	-13	-45	-9	19	-27	-35	-31	23	-28	52
ES	-6	-4	-29	-15	-24	22	-54	-27	-51	-60	1	-30	-68	7	28
FI	-28	-11	-51	24	11	6	-53	26	-43	1	-26	-18	-35	-73	68
FR	-35	-12	-29	32	-20	-17	-73	89	-3	-49	-46	6	-66	24	-6
GB	-1	-25	78	3	-14	-33	-53	31	-45	42	-1	-13	-10	-33	11
IL	-46	10	49	-8	-15	-33	-53	-7	-28	6	-56	-5	-57	-24	-33
IN	26	10	-72	-90	-44	-17	-53	-87	-6	-54	49	48	-53	3	58
IT	16	16	-50	69	-60	19	-58	-26	28	-39	-41	3	-46	-15	-11
JP	24	-14	-51	-27	-30	-12	-26	-29	70	-67	-31	5	-26	-18	-43
KR	21	13	-64	-26	-92	28	22	-90	37	-69	-96	-15	5	27	-27
NL	1	-17	47	31	-16	-33	-57	37	15	35	-29	-28	-53	-9	25
PL	-79	16	-98	-99	-35	36	-19	-89	-12	-97	-89	12	47	-35	23
RU	-69	17	-92	-35	-15	-89	-82	-51	-73	-96	-95	-17	-96	71	-33
SE	44	-19	-27	-47	-12	-3	-31	-16	-11	33	-12	-14	20	-61	55
US	-68	-15	7	-4	-2	-12	-29	-23	6	9	-10	-35	-6	-37	21
ZA	-65	-50	-13	-18	32	-74	-95	-19	-88	-19	20	-88	-41	53	75

2013-15	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)	m)	n)	o)
AT	-47	-39	2	28	-22	-44	-20	50	-41	1	-19	-49	0	20	22
BE	-27	-22	-39	18	-33	-15	-23	-1	-8	10	-28	-26	-9	-23	20
BR	-59	-37	-58	-31	25	-62	20	-70	-17	-31	27	-36	24	-26	26
CA	-39	-35	-15	26	3	-20	-39	19	-28	-4	4	-48	-40	3	42
CH	-46	-51	-3	34	-20	3	-73	51	-30	-18	-24	-15	-45	23	18
CN	-6	2	-4	-66	-34	11	10	-64	-35	-77	-89	-9	-9	-28	36
DE	-29	-42	-5	11	-16	-27	-58	41	-25	-9	-10	-18	-56	20	4
DK	19	-48	-24	57	-25	-37	-13	-3	-32	0	-25	-38	-11	-32	40
ES	-13	-41	-57	10	-27	0	-1	-3	-44	-21	-6	-6	-4	-36	34
FI	-29	-49	-36	78	10	-37	-38	35	-58	19	27	-29	-9	-56	57
FR	-43	-52	-59	41	-25	-2	-25	31	1	-27	-34	-10	-20	4	2
GB	-20	-32	74	1	-18	-47	-51	40	-57	42	22	-54	-48	-29	2
IL	-36	-56	-6	50	-16	-24	-50	-2	-44	-11	-27	-26	-35	36	-35

IN	7	0	-88	-85	-67	-32	-3	-73	16	-47	-35	15	-16	-26	31
IT	-11	-29	-73	7	-48	-31	-7	-7	-15	-2	-30	-9	-4	-10	11
JP	-7	-34	-65	-57	-22	-23	50	-46	29	-44	-63	-37	-16	-51	-34
KR	41	-55	-91	-62	-84	-4	24	-84	30	-46	-93	9	1	-47	-1
NL	-35	-28	36	17	-33	-31	-36	47	-41	42	-15	-53	-49	-3	20
PL	-86	55	-99	-70	-33	6	-12	-77	-6	-69	-67	-10	26	-65	44
RU	-67	64	-95	-55	-23	-46	-88	-63	-3	-63	-92	-75	-76	37	-39
SE	-19	-25	19	22	-11	-25	-45	19	-34	33	-12	-50	-12	-42	43
US	-44	-47	4	17	16	-16	-55	9	-8	1	24	-50	-40	-15	3
ZA	-42	-59	-26	-27	39	-69	-58	-29	-43	28	33	-51	1	-11	48

Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Zu beachten: Die Spezialisierung auf einzelne Teilbereiche wird in Relation zum Gesamtumweltbereich berechnet, die Spezialisierung auf den gesamten Umweltbereich dagegen in Relation zu allen Publikationen.

Erläuterung:

- a) Renewable Energy, Sustainability and the Environment
- b) Environmental Science (all)
- c) Environmental Science (miscellaneous)
- d) Ecological Modeling
- e) Ecology
- f) Environmental Chemistry
- g) Environmental Engineering
- h) Global and Planetary Change
- i) Health, Toxicology and Mutagenesis
- j) Management, Monitoring, Policy and Law
- k) Nature and Landscape Conservation
- l) Pollution
- m) Waste Management and Disposal
- n) Water Science and Technology
- o) Umweltpublikationen (gesamt)

9.5 Anhang zu Kapitel 4

9.5.1 Definition des Spezialisierungsmaßes RPA

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:

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

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

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

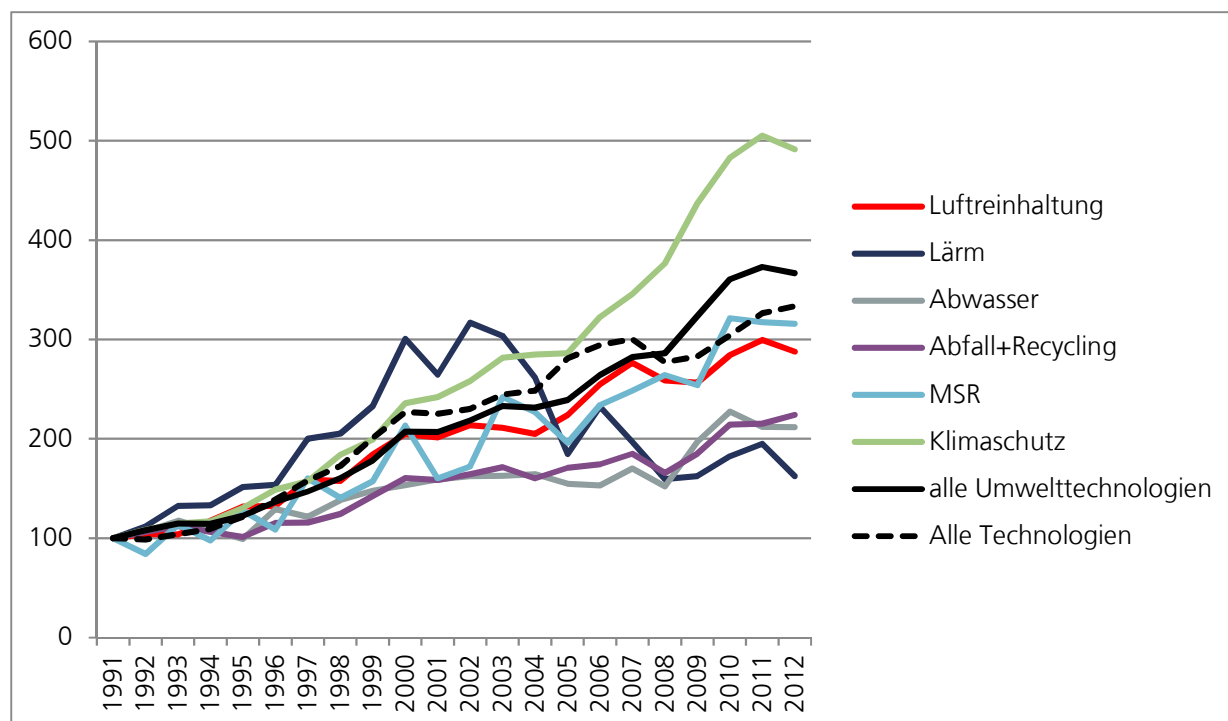
Nach der o. g. Darstellung wird in dieser Studie das Spezialisierungsmaß für die Summe aller CCMT berechnet. Auf Wunsch des Auftraggebers wurde für diese Studie zusätzlich das Spezialisierungsmaß eines Landes innerhalb der CCMT-Technologien berechnet, d. h. für einzelne CCMT-Teilbereiche im Verhältnis zur Summe aller CCMT-Technologien:

$$RPA_{ic} = 100 \cdot \tanh \ln[(p_{ic}/\sum_i p_{ic})/(\sum_c p_{ic}/\sum_{ic} p_{ic})]$$

p_{ic} : Zahl der Patentanmeldungen des Landes i im CCMT-Technologie-/ Kompetenzfeld c

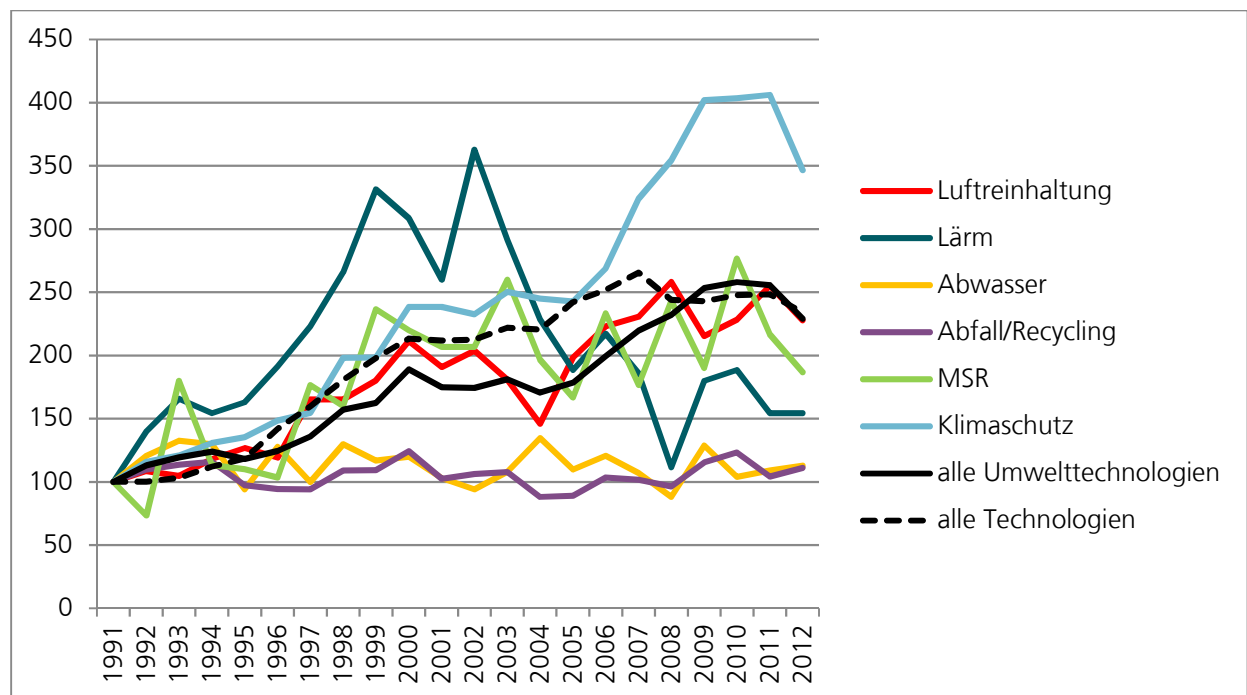
9.5.2 Abbildungen

Abbildung 23: Weltweite Patentedynamik in Teilbereichen der Umwelttechnologien



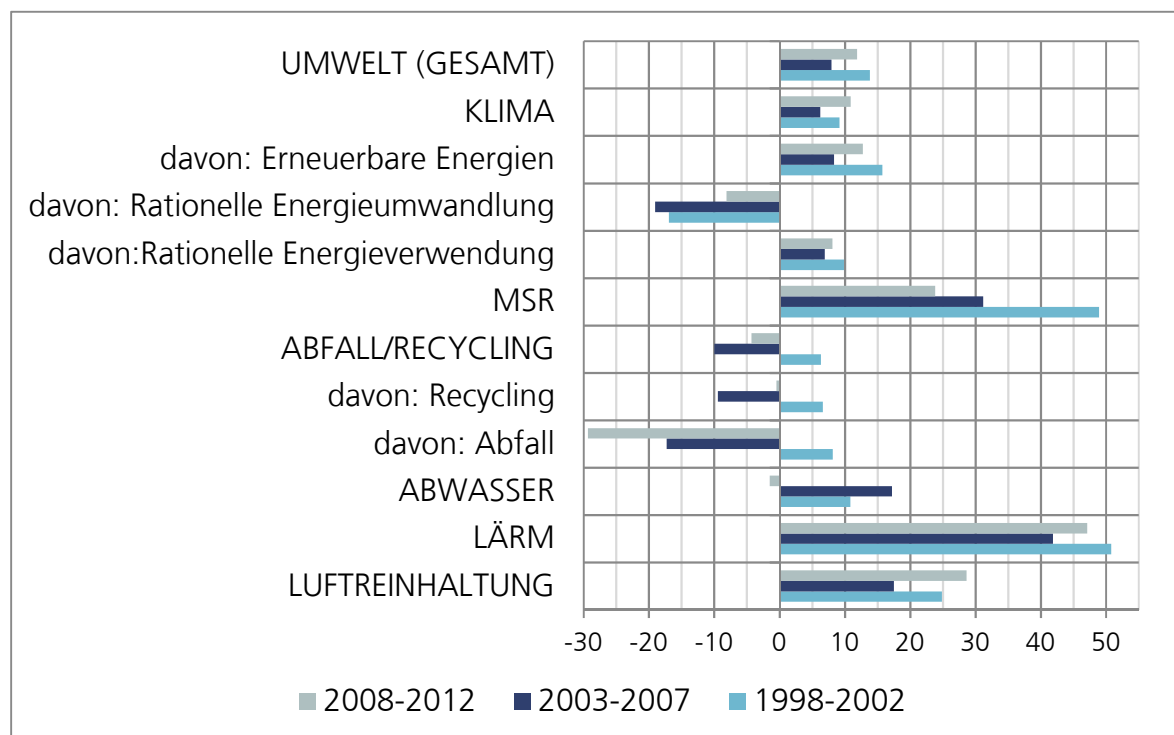
Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI, zitiert aus Gehrke et al. 2015, S. 65

Abbildung 24: Patentdynamik Deutschlands in Teilbereichen der Umwelttechnologien



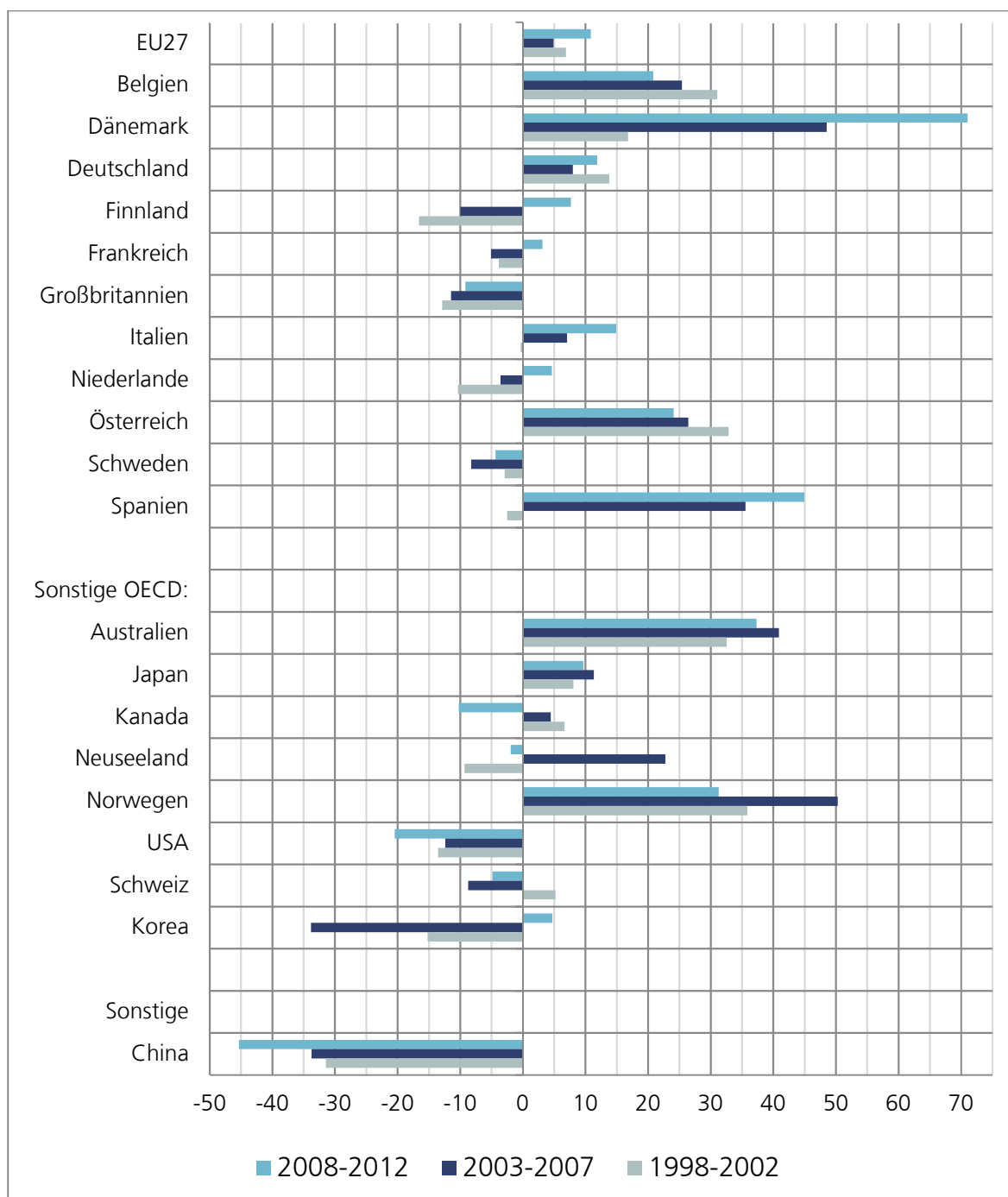
Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI, zitiert aus Gehrke et al. 2015, S. 67

Abbildung 25: Spezialisierungsmuster Deutschlands bei Umwelttechnologien (RPA-Werte)



Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI, zitiert aus Gehrke et al. 2015, S. 69

Abbildung 26: Spezialisierung ausgewählter Länder im Bereich Umwelttechnologien



Quelle: PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI, zitiert aus Gehrke et al. 2015, S. 71

9.5.3 Tabellen

Tabelle 23: Anteile ausgewählter Anmeldergruppen an den Patentanmeldungen Deutschlands im Bereich CCMT (in Prozent)

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
KMU															
Y02B	Gebäude	16,7	16,8	24,0	19,7	24,1	25,8	27,7	24,1	26,1	30,3	27,8	27,7	22,3	24,1
Y02C	CCS	10,5	10,0	11,1	8,3	14,3	6,3	14,8	14,3	15,9	10,0	7,1	12,5	17,5	5,1
Y02E	Energie	22,3	21,1	29,0	24,4	26,4	28,5	25,1	30,5	25,7	27,4	23,2	21,2	19,8	20,6
Y02P	Produktion	19,3	21,9	28,9	22,1	17,9	18,8	21,2	22,5	17,5	21,0	17,6	15,4	17,6	23,3
Y02T	Transport	8,1	4,7	5,1	5,8	5,5	8,2	6,1	7,0	6,2	9,4	7,2	6,4	8,2	6,5
Y04S	Smart grids	25,9	20,8	33,3	17,4	35,7	30,8	8,0	28,6	28,1	16,7	21,6	16,2	9,4	7,8
Y02W10	Abwasserbehandlung	22,4	34,4	41,0	52,0	31,1	45,7	52,8	52,9	54,5	34,1	40,7	37,5	51,5	50,0
Y02W30 +90	Abfallmanagement	44,9	32,1	33,9	25,0	34,4	32,9	36,8	44,4	41,0	35,1	32,1	33,7	26,1	34,4
CCMT		16,8	15,7	20,1	16,2	16,4	18,6	17,8	19,3	17,2	20,4	17,8	15,8	15,7	17,2
Alle Tech.		21,8	21,5	21,7	20,9	19,8	21,2	20,9	21,3	21,2	21,5	21,5	20,9	21,6	22,6
GU															
Y02B	Gebäude	62,5	65,8	55,2	60,5	57,6	62,2	53,8	62,6	58,2	53,1	57,9	60,2	64,6	65,6
Y02C	CCS	89,5	90,0	88,9	83,3	71,4	81,3	70,4	57,1	75,0	82,0	82,1	77,1	80,0	87,2
Y02E	Energie	33,6	42,4	41,4	46,6	45,3	47,1	47,6	48,6	52,8	53,3	62,3	67,8	67,1	66,2
Y02P	Produktion	64,8	67,6	59,0	63,0	65,7	71,4	64,1	61,6	70,7	62,9	69,6	76,0	67,6	68,3
Y02T	Transport	87,2	86,7	88,1	85,9	88,7	84,8	88,8	90,2	87,7	85,2	86,2	89,8	87,4	89,1
Y04S	Smart grids	59,3	66,7	33,3	60,9	46,4	61,5	84,0	60,7	63,2	73,8	71,2	79,6	85,2	80,5
Y02W10	Abwasserbehandlung	20,4	15,6	23,1	12,0	26,7	5,7	25,0	29,4	27,3	20,5	37,0	35,0	24,2	14,3
Y02W30 +90	Abfallmanagement	38,2	46,4	48,4	51,7	47,5	35,5	34,2	36,1	48,2	50,6	53,6	55,8	50,7	52,2
CCMT		65,3	67,4	65,3	68,5	68,3	68,1	68,5	69,2	70,1	66,6	71,1	75,6	74,6	74,3
Alle Tech.		65,6	66,3	66,6	67,5	68,7	67,7	67,8	67,9	67,1	66,3	67,4	68,5	68,4	67,4
NON PROFIT															
Y02B	Gebäude	1,2	2,5	5,7	6,8	1,8	5,2	5,8	2,3	3,2	2,9	2,8	3,4	4,1	4,8
Y02C	CCS	5,3	0,0	0,0	0,0	7,1	6,3	7,4	25,7	6,8	12,0	3,6	4,2	5,0	10,3
Y02E	Energie	14,7	8,3	7,2	11,2	12,3	12,4	12,6	12,3	9,1	9,7	6,0	5,2	7,4	8,9
Y02P	Produktion	9,4	9,0	7,7	8,0	8,6	7,3	9,6	11,3	7,1	9,8	7,1	5,5	10,0	6,3
Y02T	Transport	2,0	1,8	1,2	2,1	1,2	2,1	1,4	1,1	1,9	1,3	1,5	1,3	2,5	1,5
Y04S	Smart grids	0,0	0,0	14,3	4,3	3,6	0,0	0,0	1,8	1,8	3,6	3,6	2,1	2,3	9,1
Y02W10	Abwasserbehandlung	8,2	6,3	7,7	4,0	6,7	8,6	5,6	2,9	0,0	4,5	3,7	12,5	3,0	7,1
Y02W30+ 90	Abfallmanagement	5,6	3,6	6,5	5,0	6,6	9,2	7,9	4,2	4,8	3,9	6,0	2,3	4,3	4,4
CCMT		6,1	5,2	4,8	5,7	5,3	6,0	6,0	5,9	5,1	5,7	4,4	4,0	5,1	4,8
Alle Tech.		4,0	4,0	4,3	3,9	4,1	4,7	4,9	4,9	5,6	5,7	5,5	5,5	5,3	5,3

Quelle: PATSTAT 17a, Berechnungen des Fraunhofer ISI

Tabelle 24: Spezialisierung ausgewählter Länder nach CCMT-Teilbereichen (CCMT-spezifische RPA-Werte⁶⁰ 2011 – 2013)

		AT	BE	BR	CA	CH	CN	DE	DK	ES	FI	FR	GB	IE	IL	IN	IT	JP	KR	NL	PL	RU	SE	US	ZA	EU-28
Y02B	Gebäude	5	-3	-62	7	-18	66	-41	-39	-54	14	-32	-13	32	-5	-68	6	-32	10	40	5	-55	40	22	-11	-20
Y02C	CCS	8	nd	-11	70	82	-71	-37	-79	-24	-64	30	10	-72	-95	56	-54	-27	-14	65	61	nd	-55	22	-48	-14
Y02E	Energie	-13	3	9	11	19	-13	7	53	50	-12	-6	-8	43	39	10	14	-9	19	-12	22	27	-56	-10	5	6
Y02P	Produktion	20	27	44	9	16	-11	-3	30	-22	38	-21	-6	-37	-40	47	-4	-1	17	44	40	31	-52	-2	49	-1
Y02T	Transport	-21	-37	-58	-42	-65	-76	18	-95	-78	-38	29	10	-81	-68	-65	-29	35	-31	-87	-96	-57	36	-11	-88	3
Y02W10	Abwasserbehandlung	-27	-30	83	57	-26	13	-49	11	35	-7	-3	3	28	85	76	17	-24	5	-43	37	-65	-62	10	74	-17
Y02W30+90	Abfallmanagement	67	68	88	58	28	-8	-15	-83	52	55	14	48	64	31	79	73	-69	-35	59	85	62	-20	2	59	23
Y04S	Smart grids	-18	4	-30	-12	54	-1	-10	-56	-81	-60	-4	19	60	-33	-26	-61	20	-38	-54	-39	-83	-65	5	16	-19
TOTAL CCMT		5	-1	-9	-20	-21	-36	16	55	29	-7	8	-4	-31	-38	-26	-13	19	2	-24	11	-9	-21	-13	-9	8

nd = nicht definiert

Anmerkung: bei kleinen Ländern sind die Patentzahlen in den Teilbereichen sehr gering und die RPA-Werte deshalb sehr volatil.

Quelle: PATSTAT 17a, Berechnungen des Fraunhofer ISI

⁶⁰ Zur Definition des CCMT-spezifischen RPA s. Anhang 9.5.1.

9.6 Anhang zu Kapitel 7

Tabelle 25: Produktion von potenziellen Klimaschutzgütern in Deutschland nach Teilsegmenten und Erzeugnisgruppen 2009 bis 2015

Umweltbereich	Produktion in Mrd. €							Veränderung in %			
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2009/11 ²	2011/13 ²	2013/14	2014/15
Güter zur rationellen Energieverwendung¹	14,7	16,3	17,9	18,1	18,1	18,0	17,8	10,1	0,7	-0,6	-1,6
Erzeugnisse zur Wärmeisolation	13,4	15,1	16,6	16,8	16,8	16,7	16,6	11,1	0,8	-0,9	-0,6
Erzeugnisse zum Wärmetausch	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	-0,8	0,9	1,4	-3,0
Reparatur/Installation	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2,3	5,8	2,2	-16,5
Güter zur rationellen Energieumwandlung	2,3	2,7	2,7	2,9	2,6	2,3	2,2	8,3	-2,4	-10,3	-6,7
BHKW und Brennstoffzellen	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	49,4	-7,2	1,7	-20,4
Gas- und Dampfturbinen	2,2	2,5	2,4	2,6	2,3	2,0	1,9	4,7	-1,8	-11,8	-4,7
Güter zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen	13,1	15,2	16,8	14,0	12,5	12,9	13,8	13,4	-13,7	2,7	7,0
Windkraft	3,3	2,8	3,2	4,3	4,3	4,3	4,6	-1,8	16,4	-0,6	5,9
Biomasse/-gas	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	2,7	12,0	-7,8	-7,6
Solarzellen	2,6	3,0	2,8	1,2	0,5	0,6	0,7	3,4	-56,1	4,5	32,7
Übrige Solarenergiegüter	3,9	5,8	5,9	4,6	3,7	3,8	4,1	21,9	-20,8	4,3	7,1
Wasserkraft	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	48,9	-7,3	-1,4	63,9
Wärmepumpen	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	-1,4	4,3	-4,2
Reparatur/Installation	2,3	2,6	3,9	2,9	2,9	3,1	3,2	29,8	-14,9	7,5	3,5
Klimaschutzgüter insgesamt¹	30,2	34,3	37,5	35,1	33,3	33,2	33,7	11,4	-5,7	-0,1	1,4
Umweltschutzgüter insgesamt¹	67,7	76,2	84,8	83,7	81,6	82,4	83,4	11,9	-1,9	1,1	1,1
Anteil an der Industrieproduktion insg. (%)											
Klimaschutzgüter	2,83	2,79	2,74	2,56	2,43	2,43	2,44	-	-	-	-
Umweltschutzgüter insg.	6,36	6,19	6,21	6,11	5,95	6,03	6,03	-	-	-	-

¹ Einschl. wegen Geheimhaltung nicht zurechenbare Gütergruppen. – ² Jahresdurchschnittliche Veränderung.
Quelle: Statistisches Bundesamt. – Berechnungen des CWS nach der Liste potenzieller Umweltschutzgüter 2013

Tabelle 26: Weltexportanteile bei potenziellen Klimaschutzgütern insgesamt sowie nach Teilsegmenten und Ländern 2002 bis 2015

Klimaschutzgüter insgesamt							davon: Rationelle Energieverwendung						
Land	2002	2005	2008	2011	2014	2015	Land	2002	2005	2008	2011	2014	2015
DE	12,9	13,5	15,0	13,7	12,1	11,3	DE	16,2	16,0	17,6	16,1	14,6	13,3
FR	6,1	5,2	5,0	3,7	3,3	3,1	FR	5,2	5,1	4,8	4,1	3,9	3,6
UK	5,3	4,3	3,3	2,7	2,7	2,7	UK	4,0	3,4	2,5	2,4	2,6	2,5
IT	5,4	4,9	5,1	4,5	4,6	4,2	IT	6,8	6,3	6,4	6,0	5,6	5,4
BE	3,3	3,2	2,9	2,5	1,7	1,8	BE	6,5	6,2	5,5	4,8	2,9	3,8
NL	2,8	2,8	2,5	3,1	3,1	2,8	NL	4,2	3,9	3,7	4,3	4,3	4,4
DK	3,1	2,5	2,7	2,1	3,1	2,6	DK	2,8	2,6	2,8	1,7	1,4	1,2
ES	1,5	1,7	1,5	2,1	2,1	2,1	ES	2,1	2,2	1,9	2,0	1,9	1,8
SE	1,9	1,7	1,9	1,6	1,3	1,1	SE	3,2	2,8	2,9	2,3	2,0	1,8
FI	1,4	1,3	1,3	1,0	0,8	0,7	FI	2,0	1,7	1,6	1,2	0,8	0,6
AT	1,6	2,0	2,1	1,8	1,7	1,5	AT	1,8	1,8	2,0	2,2	1,9	1,7
PL	1,0	1,7	2,2	1,9	2,6	2,6	PL	1,7	2,7	4,0	4,2	4,8	4,9
CH	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	CH	0,8	0,8	0,9	0,7	0,6	0,6
CA	5,0	3,3	2,1	1,6	1,7	1,9	CA	7,4	5,8	2,9	2,3	2,4	2,6
US	14,3	13,2	10,7	9,9	10,9	10,9	US	10,6	10,0	9,3	10,8	11,8	11,6
JP	8,4	8,2	6,7	6,2	5,1	6,2	JP	4,0	3,7	3,4	4,0	3,5	4,0
KR	2,0	2,0	2,0	3,0	2,9	3,3	KR	2,4	2,7	3,1	3,2	3,3	3,3
IL	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	IL	0,1	0,1	0,4	0,8	0,8	0,8
BR	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	BR	0,3	0,5	0,6	0,8	0,7	0,5
RU	0,6	0,5	0,5	0,3	0,6	0,7	RU	0,6	0,7	0,6	0,6	1,2	1,4
IN	n.a.	0,5	1,2	0,7	0,8	0,9	IN	n.a.	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6
CN	5,7	9,4	14,8	19,9	20,3	21,3	CN	2,5	4,8	8,2	10,8	13,5	14,3
ZA	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	ZA	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2

davon: Rationelle Energieumwandlung							davon: Erneuerbare Energiequellen						
Land	2002	2005	2008	2011	2014	2015	Land	2002	2005	2008	2011	2014	2015
DE	11,3	11,7	9,5	12,6	10,4	8,6	DE	10,8	12,1	15,0	12,7	11,1	10,9
FR	8,0	5,3	8,1	5,9	4,3	4,3	FR	5,9	5,2	4,0	2,8	2,7	2,5
UK	10,7	8,8	7,2	7,0	7,2	7,2	UK	3,6	3,2	2,5	1,6	1,6	1,6
IT	5,9	4,9	7,6	6,8	9,0	8,1	IT	3,9	3,8	3,3	3,0	2,8	2,5
BE	1,4	0,4	0,8	1,0	0,8	0,7	BE	1,5	1,8	1,8	1,6	1,3	1,0
NL	1,5	1,6	1,4	1,6	2,3	1,9	NL	2,3	2,3	2,0	2,9	2,6	2,2
DK	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	DK	5,0	3,4	3,5	3,0	4,9	3,9
ES	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	ES	1,5	1,7	1,6	2,6	2,7	2,6
SE	1,2	1,2	1,6	2,2	1,6	1,2	SE	1,2	1,1	1,3	1,0	0,9	0,7
FI	0,1	0,7	1,0	1,1	0,7	0,8	FI	1,5	1,2	1,2	0,9	0,9	0,7
AT	1,7	2,4	2,2	2,0	2,1	1,8	AT	1,3	1,9	2,2	1,6	1,5	1,3
PL	0,3	0,6	1,2	0,6	2,2	2,3	PL	0,8	1,2	1,3	0,9	1,5	1,4
CH	3,4	3,7	4,2	3,1	3,7	3,1	CH	1,6	1,4	1,1	1,1	0,9	0,9
CA	5,2	1,6	2,3	3,1	3,5	3,5	CA	2,8	2,0	1,5	0,8	0,8	1,0
US	28,8	31,0	27,7	22,0	22,6	24,5	US	10,0	8,5	6,2	6,1	7,1	7,1
JP	11,4	11,9	9,2	10,8	8,7	12,3	JP	10,6	10,5	8,3	6,1	5,1	5,9
KR	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6	1,2	KR	2,4	2,0	1,7	3,5	3,4	3,8
IL	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,6	IL	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
BR	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	BR	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
RU	1,2	0,8	0,7	0,5	0,7	1,0	RU	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3
IN	n.a.	0,4	0,6	0,5	0,6	0,7	IN	n.a.	0,8	1,9	0,9	1,0	1,1
CN	0,9	4,4	8,3	11,7	10,9	8,6	CN	8,4	14,5	21,6	27,3	26,8	28,6
ZA	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	ZA	0,2	0,4	0,5	0,3	0,2	0,2

Der Weltexportanteil eines Landes ist berechnet als der Anteil seiner Ausfuhren an den Weltausfuhren in %.

- Die Weltausfuhren ergeben sich aus den Exporten der OECD-Länder, Chinas inkl. Hongkongs zuzüglich der Importe aus übrigen Ländern bzw. Ländergruppen.

Quelle: UN COMTRADE Datenbank. – Berechnungen des CWS

Tabelle 27: Außenhandelspezialisierung (RCA) bei potenziellen Klimaschutzgütern insgesamt sowie nach Teilsegmenten und Ländern 2002 bis 2015

Klimaschutzgüter							davon: Rationelle Energieverwendung						
Land	2002	2005	2008	2011	2014	2015	Land	2002	2005	2008	2011	2014	2015
DE	-5	-2	11	0	16	19	DE	18	32	50	34	21	19
FR	19	14	14	-7	-3	-7	FR	-22	-20	-18	-23	-17	-18
UK	29	17	14	-8	-12	-12	UK	11	-8	-11	-16	-15	-19
IT	29	38	27	-23	34	34	IT	42	52	54	48	38	41
BE	37	42	20	-11	1	15	BE	60	64	48	31	-21	33
NL	-6	0	-3	-5	-1	3	NL	18	30	22	22	31	35
DK	112	90	96	108	128	120	DK	59	53	59	27	-6	-11
ES	-18	-13	-80	35	68	65	ES	-16	16	12	29	30	23
SE	40	24	22	15	15	5	SE	68	58	45	24	14	13
FI	43	54	55	51	41	39	FI	63	56	49	32	8	1
AT	7	14	30	28	14	11	AT	-19	-14	-8	-9	-18	-17
PL	-10	19	29	20	29	24	PL	-21	10	33	39	51	63
CH	-16	-22	-27	-46	-50	-53	CH	-110	-108	-102	-149	-161	-159
CA	23	9	-26	-45	-38	-30	CA	59	47	-15	-35	-35	-23
US	29	44	22	21	22	15	US	15	26	48	68	56	44
JP	8	23	24	26	-19	-16	JP	-24	-10	-6	6	9	2
KR	-36	-52	-54	-29	-45	-34	KR	20	44	73	49	25	18
IL	-83	-62	-3	-3	0	-3	IL	-140	-89	37	74	77	70
BR	-148	-68	-64	-79	-75	-87	BR	-101	-26	-16	-12	-12	-43
RU	-91	-116	-140	-160	-127	-71	RU	-130	-141	-162	-130	-73	-21
IN	n.a.	-21	23	-80	-40	-53	IN	n.a.	-88	-41	-67	-65	-66
CN	-16	7	58	77	67	62	CN	-74	-29	19	46	69	65
ZA	-10	-22	-71	-136	-134	-115	ZA	4	-48	-31	-57	-68	-60

davon: Rationelle Energieumwandlung							davon: Erneuerbare Energiequellen						
Land	2002	2005	2008	2011	2014	2015	Land	2002	2005	2008	2011	2014	2015
DE	23	16	17	64	56	62	DE	-39	-34	-13	-29	5	12
FR	92	86	116	115	71	30	FR	22	25	5	-32	-13	-11
UK	60	71	66	76	67	66	UK	8	-3	-2	-58	-61	-56
IT	16	43	86	97	68	68	IT	20	20	-24	-92	8	7
BE	15	-25	-23	-28	39	-25	BE	-13	3	-15	-52	30	-7
NL	-14	-10	-24	-43	-17	2	NL	-33	-30	-25	-16	-20	-24
DK	-19	-119	-40	4	-27	-71	DK	160	130	126	158	196	189
ES	-134	-199	-139	-97	-32	-34	ES	10	14	*	53	97	95
SE	112	33	37	108	76	37	SE	-20	-28	-11	-25	-4	-15
FI	-26	84	96	90	146	175	FI	28	46	52	56	46	39
AT	153	182	189	183	244	233	AT	-9	0	35	31	7	4
PL	-25	59	78	35	59	12	PL	18	32	11	-16	-10	-21
CH	64	68	54	50	82	70	CH	-11	-25	-33	-28	-53	-49
CA	27	-49	20	36	64	25	CA	-31	-33	-53	-99	-96	-69
US	107	172	143	105	106	115	US	-22	-18	-59	-45	-35	-42
JP	59	86	78	105	92	73	JP	-1	13	20	8	-52	-46
KR	-168	-170	-129	-148	-215	-148	KR	-46	-92	-113	-42	-52	-36
IL	39	13	81	55	-5	67	IL	-146	-103	-75	-124	-122	-132
BR	-303	-148	-111	-60	-114	-129	BR	-112	-88	-96	-137	-127	-117
RU	-27	-46	-82	-151	-134	-80	RU	-114	-119	-135	-218	-202	-139
IN	n.a.	-95	-72	-189	-81	-57	IN	n.a.	30	53	-47	-22	-47
CN	-87	-53	72	81	88	63	CN	13	31	70	85	64	61
ZA	*	-161	-320	-410	-342	-369	ZA	-35	2	6	-42	-122	-106

RCA: Positives Vorzeichen bedeutet, dass die Export/Import-Relation bei potenziellen Klimaschutzgütern höher ist als bei Verarbeiteten Industriewaren insgesamt.

Quelle: UN COMTRADE Datenbank. – Berechnungen des CWS

Tabelle 28: Umsatz mit Umweltschutzgütern und -leistungen in Deutschland 2011 bis 2014

Gliederung der Umweltschutzgüter und Umweltschutzleistungen	Umsatz (Mio. Euro)				Veränderung in %			
	2011	2012	2013	2014	2011/ 12	2012/ 13	2013/ 14	2011/ 14
Klimaschutz	45.549,9	40.301,8	42.459,1	38.610,5	-11,5	5,4	-9,1	-15,2
7100 Vermeidung der Emission von Treibhausgasen durch prozessintegrierte Maßnahmen	221,7	143,3	521,6	505,8	-35,4	264,0	-3,0	128,1
<i>Windenergie</i>	<i>8.299,3</i>	<i>9.749,9</i>	<i>11.023,0</i>	<i>9.633,9</i>	<i>17,5</i>	<i>13,1</i>	<i>-12,6</i>	<i>16,1</i>
7211 Onshore-Windkraft	7.524,1	8.549,8	9.596,0	7.767,1	13,6	12,2	-19,1	3,2
7212 Offshore-Windkraft	775,2	1.200,2	1.427,0	1.866,8	54,8	18,9	30,8	140,8
<i>Bioenergie</i>	<i>2.195,0</i>	<i>2.178,4</i>	<i>1.724,8</i>	<i>1.272,7</i>	<i>-0,8</i>	<i>-20,8</i>	<i>-26,2</i>	<i>-42,0</i>
7221 Direkte Verbrennung in Kleinfeuerungsanlagen	178,6	218,4	169,5	177,5	22,3	-22,4	4,7	-0,6
7222 Direkte Verbrennung in Biomasse (-heiz) kraftwerken	532,6	600,2	242,6	246,3	12,7	-59,6	1,5	-53,8
7223 Thermo-chemische Umwandlung von Biomasse	209,0	298,4	306,1	265,8	42,8	2,6	-13,1	27,2
7225 Biologisch-chemische Umwandlung von Biomasse	1.230,3	970,3	956,4	521,1	-21,1	-1,4	-45,5	-57,6
7226 Sonstige Umweltschutzleistungen (im Zusammenhang mit Umwandlung von Biomasse, nicht in 7221 - 7225 genannt)	44,5	91,1	50,2	62,0	104,7	-44,9	23,5	39,4
<i>Geothermie</i>	<i>116,9</i>	<i>254,7</i>	<i>239,2</i>	<i>254,5</i>	<i>117,9</i>	<i>-6,1</i>	<i>6,4</i>	<i>117,7</i>
7231 Oberflächennahe Geothermie	92,0	188,9	164,8	205,1	105,2	-12,8	24,4	122,8
7232 Tiefe Geothermie	24,8	65,8	74,4	49,4	164,9	13,0	-33,5	99,0
<i>Wasserkraft / Meeresenergie</i>								
7241 Wasserkraft / Meeresenergie	305,0	300,4	526,9	317,3	-1,5	75,4	-39,8	4,0
<i>Solarenergie</i>	<i>14.286,5</i>	<i>9.487,1</i>	<i>5.089,5</i>	<i>3.681,4</i>	<i>-33,6</i>	<i>-46,4</i>	<i>-27,7</i>	<i>-74,2</i>
7251 Solarthermie	1.009,6	732,6	716,7	422,0	-27,4	-2,2	-41,1	-58,2
7252 Photovoltaik	13.276,9	8.754,6	4.372,9	3.259,3	-34,1	-50,1	-25,5	-75,5
7260 Sonstige Umweltschutzleistungen (im Zusammenhang mit der Nutzung erneuerbarer Energien, nicht in 721x, 722x, 723x, 7241, 725x genannt)	372,0	375,2	144,5	138,7	0,9	-61,5	-4,1	-62,7
<i>Kraft-Wärme-Kopplung</i>	<i>6.037,6</i>	<i>5.606,2</i>	<i>7.396,9</i>	<i>6.206,1</i>	<i>-7,1</i>	<i>31,9</i>	<i>-16,1</i>	<i>2,8</i>
7311 Blockheizkraftwerke	837,8	951,0	1.024,2	1.154,3	13,5	7,7	12,7	37,8
7312 KWK-Anlagen (ohne Blockheizkraftwerke)	5.199,9	4.655,2	6.372,7	5.051,8	-10,5	36,9	-20,7	-2,8
<i>Wärmerückgewinnung</i>								
7321 Anlagen zur Wärmerückgewinnung	789,4	735,8	750,0	817,4	-6,8	1,9	9,0	3,5
Verbesserung der Energieeffizienz	9.247,8	9.609,3	13.434,9	14.823,6	3,9	39,8	10,3	60,3
7331 Wärmedämmung von Gebäuden	3.013,8	3.872,9	4.085,1	4.256,4	28,5	5,5	4,2	41,2
7332 Wärmeschutzverglasung	1.165,1	1.489,8	1.566,8	1.717,1	27,9	5,2	9,6	47,4
7333 Sonstige Umweltschutzleistungen (zur Verbesserung der Energieeffizienz, nicht in 7331 und 7332 genannt) ¹⁾	5.068,8	4.246,5	7.782,9	1.911,4	-16,2	83,3	13,7	74,6
7334 Wärmedämmung und Kälteisolierung im industriellen Bereich	n.a.	n.a.	n.a.	102,7	-	-	-	-
7335 Energieeffiziente Antriebs- und Steuerungstechnik	n.a.	n.a.	n.a.	6.836,0	-	-	-	-
7400 Messung, Kontroll- und Analysesysteme/Klimaschutz	818,4	505,7	638,2	421,5	-38,2	26,2	-34,0	-48,5
7500 Sonstige Aktivitäten im Rahmen des Klimaschutzes (nicht in anderen Schlüsseln genannt)	2.860,4	1.355,8	969,5	537,8	-52,6	-28,5	-44,5	-81,2

1) Bei der Berechnung der Veränderungsrate 2013/14 bzw. 2011/14 wurde für 2014 die Summe aus den Positionen 7333, 7334 und 7335 verwendet. – n. a. nicht ausgewiesen.

Quelle: Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.3, verschiedene Jgge. – Berechnungen des CWS

Tabelle 29: Exportquote bei Klimaschutzgütern und –leistungen 2011 bis 2014

Gliederung der Umweltschutzgüter und Umweltschutzleistungen	Exportquote			
	2011	2012	2013	2014
Klimaschutz	42,2	42,8	47,8	42,4
7100 Vermeidung der Emission von Treibhausgasen durch prozessintegrierte Maßnahmen	26,4	17,0	36,2	42,9
<i>Windenergie</i>	<i>45,2</i>	<i>42,7</i>	<i>40,5</i>	<i>23,5</i>
7211 Onshore-Windkraft	47,8	46,4	43,6	24,7
7212 Offshore-Windkraft	19,4	15,8	20,1	18,4
<i>Bioenergie</i>	<i>20,2</i>	<i>30,2</i>	<i>30,0</i>	<i>26,8</i>
7221 Direkte Verbrennung in Kleinfeuerungsanlagen	30,3	29,5	22,5	23,7
7222 Direkte Verbrennung in Biomasse (-heiz) kraftwerken	39,5	56,1	51,3	42,0
7223 Thermo-chemische Umwandlung von Biomasse	23,6	18,5	n.b.	33,6
7225 Biologisch-chemische Umwandlung von Biomasse	10,4	18,2	37,1	18,2
7226 Sonstige Umweltschutzleistungen (im Zusammenhang mit Umwandlung von Biomasse, nicht in 7221 - 7225 genannt)	4,4	28,4	n.b.	17,6
<i>Geothermie</i>	<i>18,5</i>	<i>25,0</i>	<i>19,1</i>	<i>32,3</i>
7231 Oberflächennahe Geothermie	21,3	31,1	27,2	29,4
7232 Tiefe Geothermie	8,1	7,4	1,1	44,4
<i>Wasserkraft / Meeresenergie</i>				
7241 Wasserkraft / Meeresenergie	71,6	83,5	79,4	82,3
<i>Solarenergie</i>	<i>35,3</i>	<i>31,4</i>	<i>37,6</i>	<i>43,8</i>
7251 Solarthermie	31,9	44,2	32,5	37,0
7252 Photovoltaik	35,6	30,3	38,5	44,6
7260 Sonstige Umweltschutzleistungen (im Zusammenhang mit der Nutzung erneuerbarer Energien, nicht in 721x, 722x, 723x, 7241, 725x genannt)	8,4	42,9	17,0	19,5
<i>Kraft-Wärme-Kopplung</i>	<i>50,4</i>	<i>84,8</i>	<i>88,2</i>	<i>83,0</i>
7311 Blockheizkraftwerke	28,5	33,1	39,1	34,2
7312 KWK-Anlagen (ohne Blockheizkraftwerke)	54,0	95,3	96,1	94,2
<i>Wärmerückgewinnung</i>				
7321 Anlagen zur Wärmerückgewinnung	33,7	29,2	30,5	33,6
Verbesserung der Energieeffizienz	49,7	33,5	38,6	39,3
7331 Wärmedämmung von Gebäuden	25,7	20,9	23,0	21,5
7332 Wärmeschutzverglasung	16,3	19,8	11,6	16,0
7333 Sonstige Umweltschutzleistungen (zur Verbesserung der Energieeffizienz, nicht in 7331 und 7332 genannt) ¹⁾	71,5	49,8	52,1	32,0
7334 Wärmedämmung und Kälteisolierung im industriellen Bereich	n.b.	n.b.	n.b.	19,6
7335 Energieeffiziente Antriebs- und Steuerungstechnik	n.b.	n.b.	n.b.	58,6
7400 Messung, Kontroll- und Analysensysteme/Klimaschutz	59,5	53,3	65,9	41,3
7500 Sonstige Aktivitäten im Rahmen des Klimaschutzes (nicht in anderen Schlüsseln genannt)	43,8	35,5	26,8	28,1

n. a. nicht ausgewiesen. – n. b. nicht berechenbar

Quelle: Destatis, Fachserie 19, Reihe 3.3, verschiedene Jgge. – Berechnungen des CWS

10 Literaturverzeichnis

- Bilsen, Valentijn; Greeven, Sebastian; Gehrke, Birgit; John, Katrin; Lemmel, Annika (2016): Identifying Levers to unlock Clean Industry - Summary Report and Background Report, prepared for the European Commission, DG for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.
- Blazejczak, Jürgen; Edler, Dietmar (2015): Estimating Gross Employment Effects of Environmental Protection. Data Documentation 76. Hg. v. DIW. Berlin.
- Boehe, Dirk Michael; Qian, Gongming; Peng, Mike W. (2016): Export intensity, scope, and destinations: Evidence from Brazil. In: *Industrial Marketing Management* (57), S. 127–138.
- Buchner, Anna E. (2015): Environmental Accounts: Environmental Goods and Services Sector. Final Report of EGSS project July 2013 to July 2015. Edited by Federal Statistical Office of Germany (Destatis). Bonn. Online verfügbar unter https://circabc.europa.eu/sd/a/7d2016a5-5849-4f45-b532-d2d52be3e59f/DE-EGSS_50904.2012.004-2012.431.pdf, zuletzt geprüft am 04.08.2017.
- Bundesagentur für Arbeit (Hg.) (2011a): Klassifikation der Berufe 2010 - Band 1: Systematischer und alphabetischer Teil mit Erläuterungen. Nürnberg.
- Bundesagentur für Arbeit (Hg.) (2011b): Klassifikation der Berufe 2010 - Band 2: Definitorischer und beschreibender Teil. Nürnberg.
- Bundesregierung (2017): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016. Berlin. Online verfügbar unter https://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2017/01/2017-01-11-nachhaltigkeitsstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 16.01.2017.
- Corsatea, T. D.; Fiorini, A.; Georgakaki, A.; Lepsa, B. N. (2015): Capacity Mapping: R&D investment in SET-Plan technologies. Joint Research Centre (JRC). Luxembourg.
- Cuervo-Cazurra, Alvaro; Genc, Mehmet (2008): Transforming disadvantages into advantages: developing-country MNEs in the least developed countries. In: *Journal of International Business Studies* 39 (6), S. 957–979.
- Daimer, Stephanie; Hufnagl, Miriam; Warnke, Philine (2012): Challenge-oriented policy-making and innovation systems theory. In: Fraunhofer ISI (Hg.): Innovation system revisited. Experiences from 40 years of Fraunhofer ISI research. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 217–234.

- Decken, Klaus (2016): Photovoltaik-Rekordzubau - Japan installiert 2016 bis zu 14,3 GW. Online verfügbar unter <http://energyload.eu/energiewende/international/japan-photovoltaik-rekordzubau-2016/>, zuletzt geprüft am 10.08.17.
- Diederich, Henning (2016): Environmental Policy and Renewable Energy Equipment Exports - An Empirical Analysis. Schriften zum europäischen Management. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Diefenbach, Nikolaus; Stein, Britta; Loga, Tobias; Rodenfels, Markus; Gabriel, Jürgen; Jahn, Karin (2016): Monitoring der KfW-Programme „Energieeffizient Sanieren“ und „Energieeffizient Bauen“ 2015. Studie im Auftrag der KfW Bankengruppe, IWU Institut für Wohnen und Umwelt und Fraunhofer IFAM. Darmstadt und Bremen.
- Ecorys u. a. (2009): Study of the Competitiveness of the EU Eco-Industry. Final Report to European Commission Part I.
- Edler, Dietmar; Blazejczak, Jürgen (2016): Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland im Jahr 2012. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 01/2016). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/uiB_01_2016_beschaeftigungswirkungen_des_umweltschutzes_in_deutschland_2012.pdf, zuletzt geprüft am 08.08.2017.
- Edler, Dietmar; Blazejczak, Jürgen; Wackerbauer, Johann; Rave, Tilmann; Legler, Harald; Schasse, Ulrich (2009): Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes: Methodische Grundlagen und Schätzung für das Jahr 2006. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Texte 26/2009).
- Edler, Dietmar; Blazejczak, Jürgen; Walz, Rainer; Ostertag, Katrin; Eichhammer, Wolfgang; Angerer, Gerhard et al. (2007): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Vertiefende Analyse zu Umweltschutz und Innovation. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 01/2007). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3253.pdf>, zuletzt geprüft am 08.08.2017.
- Enkhardt, Sandra (2014): Japan kürzt Solarförderung um elf Prozent. In: pv magazine vom 25.03.2014. Online verfügbar unter <https://www.pv-magazine.de/2014/03/25/japan-kurzt-solarfrderung-um-elf-prozent/>, zuletzt geprüft am 10.08.2017.
- Enkhardt, Sandra (2015): BNEF: Solarförderung in Japan könnte um 18 Prozent sinken. In: pv-magazine vom 21.01.2015. Online verfügbar unter http://www.pv-magazine.de/nachrichten/details/beitrag/bnef--solarfrderung-in-japan-knnte-um-18-prozent-sinken_100017911/, zuletzt geprüft am 09.08.2017.

- 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.
- European Union (EU) (2017): Societal Challenges - Horizon 2020 - European Commission. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/societal-challenges>, zuletzt aktualisiert am 08.08.2017, zuletzt geprüft am 08.08.2017.
- Eurostat (2016a): EGSS data collection questionnaire - 2016. Online verfügbar unter <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6191549/EGSS+data+collection+questionnaire.xlsm>, zuletzt geprüft am 17.08.17.
- Eurostat (2016b): Environmental goods and services sector accounts. Practical Guide. 2016 edition. Online verfügbar unter <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/KS-GQ-16-011>, zuletzt geprüft am 17.08.17.
- Eurostat (2016c): Environmental goods and services sector accounts - Handbook 2016 edition. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Online verfügbar unter <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/KS-GQ-16-008>, zuletzt geprüft am 10.08.2017.
- Eurostat (2016d): Environmental goods and services sector: Guidelines. Revised version - 2016 (draft May 2016).
- Eurostat (2016e): Umweltschutzausgabenrechnung. Online verfügbar unter http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental_protection_expenditure_accounts/de&oldid=322454, zuletzt geprüft am Juli 2017.
- Eurostat (2017): Environmental goods and services sector. Statistics explained. 30/06/2017. Online verfügbar unter http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Environmental_goods_and_services_sector, zuletzt geprüft am 17.08.17.
- Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2015): Global Trends in Renewable Energy Investment 2014: Frankfurt School of Finance & Management gGmbH.
- Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2016): Global Trends in Renewable Energy Investment 2015: Frankfurt School of Finance & Management gGmbH.

- Gehle-Dechant, Silke; Steinfelder, Joseph; Wirsing, Manuel (2010): Export, Import, Globalisierung. Deutscher Außenhandel und Welthandel, 2000 bis 2008. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Gehrke, Birgit; John, Katrin; Schasse, Ulrich; Ostertag, Katrin; Marscheider-Weidemann, Frank; Rothengatter, Oliver (2018 (im Erscheinen)): Innovationsmotor Umweltschutz. Indikatoren zu Forschung und Patenten in Deutschland und im internationalen Vergleich. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, BMUB (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 2018).
- Gehrke, Birgit; Schasse, Ulrich (2015): Die Umweltschutzwirtschaft in Deutschland. Produktion, Umsatz und Außenhandel. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, BMUB (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 04/2015).
- Gehrke, Birgit; Schasse, Ulrich (2017): Die Umweltschutzwirtschaft in Deutschland. Produktion, Umsatz und Außenhandel. Aktualisierte Ausgabe 2017. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, BMUB (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 03/2017). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-11-28_uib_03-2017_umweltschutzwirtschaft.pdf, zuletzt geprüft am 11.01.2018.
- Gehrke, Birgit; Schasse, Ulrich; Leidmann, Marc (2013): Umweltschutzgüter - wie abgrenzen? Methodik und Liste der Umweltschutzgüter 2013. Dessau-Roßlau, Berlin: Umweltbundesamt, BMUB (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 1/2013).
- Gehrke, Birgit; Schasse, Ulrich; Ostertag, Katrin (2014): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Produktion - Außenhandel - Forschung - Patente: Die Leistungen der Umweltschutzwirtschaft in Deutschland. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Dessau-Roßlau (Umwelt-Innovation-Beschäftigung des BMUB/UBA, 01/2014). Online verfügbar unter http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/uiB_01_2014_wirtschaftsfaktor_umweltschutz.pdf, zuletzt geprüft am 04.08.2016.
- Gehrke, Birgit; Schasse, Ulrich; Ostertag, Katrin; Marscheider-Weidemann, Frank (2015): Innovationsmotor Umweltschutz. Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, BMUB (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 05/2015). Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innovationsmotor-umweltschutz>, zuletzt geprüft am 04.11.2015.
- 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.

- Hillenbrand, Thomas; Hiessl, Harald; Klug, Stefan; Freiherr von Lüninck, Benedikt; Niederste-Hollenberg, Jutta; Sartorius, Christian; Walz, Rainer (2013): Herausforderungen einer nachhaltigen Wasserwirtschaft. Innovationsreport. TAB– Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag. Berlin (Arbeitsbericht des TAB– Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag, 158).
- Horbach, Jens; Rammer, Christian (2016): The Dynamics of Environmental Innovations: Results from two Waves of the Community Innovations Survey. Workshop on New Developments in Eco-Innovation Research. Mannheim, 24/25. November 2016.
- Hoskisson, Robert E. et al. (2013): Emerging Multinationals from Mid-Range Economies: The Influence of Institutions and Factor Markets. In: *Journal of Management Studies* (50), S. 1295–1321.
- ILO (2013a): Draft Guidelines concerning a statistical definition of employment in environmental sector. Hg. v. International Labour Organization. Online verfügbar unter http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/meetings-and-events/international-conference-of-labour-statisticians/19/WCMS_220735/lang--en/index.htm, zuletzt aktualisiert am 03.07.2017, zuletzt geprüft am 10.08.2017.
- ILO (2013b): Green jobs: Draft guidelines for the statistical definition and measurement of employment in environmental sector. Hg. v. International Labour Organization. Online verfügbar unter http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/meetings-and-events/international-conference-of-labour-statisticians/19/WCMS_223914/lang--en/index.htm, zuletzt aktualisiert am 03.07.2017, zuletzt geprüft am 10.08.2017.
- International Energy Agency (IEA) (2011): IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics. June 2011 edition. Paris.
- International Energy Agency (IEA) (2015): Energy Technology RD&D Budgets. Database Documentation. Paris. Online verfügbar unter http://wds.iea.org/wds/pdf/RDD_Documentation.pdf, zuletzt geprüft am 15.01.2018.
- International Energy Agency (IEA) (2016): Key trends in IEA public energy technology RD&D budgets. Released in October 2016. Paris.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2017): Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2017. International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi, zuletzt geprüft am 11.08.2017.
- Kahlenborn, Walter; Penderock, Carla; Semmling, Elsa; Büchele, Ralph; Wiedemann, Andrea; Lutz, Christian et al. (2014): Chancen und Potenziale grüner Zukunftsmärkte. Im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ 3711 14 102). adelphi consult. Berlin. Online verfügbar unter

- <https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/Chancen%20und%20Potenziale%20gr%C3%BCner%20Zukunftsm%C3%A4rkte.pdf>, zuletzt geprüft am 04.08.2017.
- Kaltenegger, Oliver (2014): Statistische Erfassung der Umweltwirtschaft. In: *Bayern in Zahlen* 2/2014, S. 102–119.
- Kim, Joy A. (2007): Issues of Dual Use and Reviewing Product Coverage of Environmental Goods. OECD Trade and Environment Working Papers, 2007/01. Paris: OECD Publishing.
- Legler, Harald; Krawczyk, Olaf; Leidmann, Marc; Rammer Christian; Löhlein, Heide; Frietsch, Rainer (2007): Zur technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Umweltwirtschaft im internationalen Vergleich. Hg. v. BMBF (Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 20-2007). Online verfügbar unter http://www.niwi.de/uploads/pdf/publikationen/StuDIS_2007_20_Umweltschutzwirtschaft.pdf, zuletzt geprüft am 12.05.2017.
- Legler, Harald; Krawczyk, Olaf; Walz, Rainer; Eichhammer, Wolfgang; Frietsch, Rainer (2006): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau (Texte, 16/06). Online verfügbar unter http://fachliteratur.isi.fraunhofer.de/isipublica-archiv-intern/isi06b17/leistungsfahigkeit_der_deutschen.pdf, zuletzt geprüft am 12.05.2017.
- Legler, Harald; Schmoch, Ulrich; Gehrke, Birgit; Krawczyk, Olaf (2002): Innovationsindikatoren zur Umweltwirtschaft. Analysen im Rahmen der jährlichen Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands. Hannover, Karlsruhe: NIW; Fraunhofer ISI (Studien zum deutschen Innovationssystem, Nr. 2-2003).
- Lehr, Ulrike; Edler, Dietmar; O’Sullivan, Marlene; Peter, Frank; Bickel, Peter (2015): Endbericht Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, GWS, DIW, DLR, Prognos, ZSW, März 2015. Osnabrück, Berlin, Stuttgart.
- Lindner, Ralf; Daimer, Stephanie; Beckert, Bernd; Heyen, Nils; Koehler, Jonathan; Teufel, Benjamin et al. (2016): Addressing directionality: Orientation failure and the systems of innovation heuristic. Towards reflexive governance. Karlsruhe: Fraunhofer ISI (Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis, 52). Online verfügbar unter http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/p/de/diskpap_innosysteme_policyanalyse/discussionpaper_52_2016.pdf, zuletzt geprüft am 15.12.2016.
- Martinez-Fernandez, Cristina; Ranieri, Antonio; Sharpe, Samantha (2013): Greener Skills and Jobs for a Low-Carbon Future, OECD Green Growth Papers, 2013-10, Paris.

- OECD (2011): Towards Green Growth: Monitoring Progress. OECD Indicators. Paris: OECD Publishing. Online verfügbar unter <http://www.oecd.org/greengrowth/48224574.pdf>, zuletzt geprüft am 08.08.2017.
- OECD (2012): OECD-Umweltprüfberichte. Deutschland 2012. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2014): Green Growth Indicators 2014. Paris (OECD Green Growth Studies). Online verfügbar unter <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9713101e.pdf?expires=1478873501&id=id&accname=ocid49022016&checksum=A0DFE4341ADF534F3651EBBD1FA1FCF7>, zuletzt geprüft am 11.11.2016.
- OECD (2015): Measuring environmental innovation using patent data. Policy relevance. Unter Mitarbeit von Ivan Hascic und Mauro Migotto. Paris: OECD.
- OECD (2017a): Green Growth Indicators 2017. OECD Green Growth Studies. OECD Publishing. Paris. Online verfügbar unter <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/9717011e.pdf?expires=1502199137&id=id&accname=ocid49022016&checksum=BB2BD61B9895C8B0B8C386E843E013B5>, zuletzt geprüft am 08.08.2017.
- OECD (2017b): Patents in environment-related technologies. Technology development by inventor country. Hg. v. OECD Environment Statistics (database). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1787/data-00760-en>, zuletzt geprüft am 10.08.2017.
- OECD; Cedefop (2014): Greener Skills and Jobs. OECD Green Growth Studies: OECD Publishing. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208704-en>, zuletzt geprüft am 17.08.17.
- OECD; Eurostat (1999): The Environmental Goods & Services Industry - Manual for Data Collection and Analysis. Paris.
- O'Sullivan, Marlene; Edler, Dietmar; Lehr, Ulrike (2016): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland und verringerte fossile Brennstoffimporte durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz. Folienpräsentation zum Forschungsvorhaben 21/15: Makroökonomische Wirkungen und Verteilungsfragen der Energiewende. DLR; DIW; GWS, zuletzt geprüft am 11.08.2017.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21) (2016): Renewables 2016. Global Status Report.
- Roland Berger Strategy Consultants (2014): GreenTech made in Germany 4.0 - Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. BMUB (Hrsg.). Berlin.

- Sauvage, Jehan (2014): The stringency of environmental regulations and trade in environmental goods. Paris: OECD Publishing (OECD Trade and Environment Working Papers, 2014/03).
- Schasse, Ulrich; Belitz, Heike; Kladroba, Andreas; Stenke, Gero, Leidmann, Mark (2016): Forschung und Entwicklung in Wirtschaft und Staat. Studien zum deutschen Innovationssystem No. 2-2016. im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation. Berlin.
- Schasse, Ulrich; Gehrke, Birgit; Ostertag, Katrin (2012): Ausgewählte Indikatoren zur Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich. Produktion, Außenhandel, Umweltforschung und Patente. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 02/2012). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4345.pdf>, zuletzt geprüft am 08.08.2017.
- Sprenger, Rolf-Ulrich (1979): Beschäftigungseffekte der Umweltpolitik. In: Schriftenreihe des ifo-Instituts für Wirtschaftsforschung Nr. 101. Berlin/München: Duncker-Humblot.
- Statistisches Bundesamt (2014): Umsatz mit Umweltschutzgütern und Umweltschutzleistungen 2012. Fachserie 19, R. 3.3, Wiesbaden.
- Steenblik, Ronald (2005): Liberalizing Trade in Environmental Goods: Some Practical Considerations. OECD Trade and Environment Working Paper, No. 2005-05. Paris.
- Stilwell, Matthew (2008): Advancing the WTO Environmental Goods Negotiations: Options and Opportunities. EcoLomics Occasional Papers Series, No. 08-1, January 2008, Genf.
- Sugathan, Mahesh (2009): Trade and Climate Change: WTO Negotiations on Environmental Goods and the IPR Dimension. Paper presented at the EU-Civil Society Dialogue on Trade and Climate Change, Brussels, 13 May 2009.
- Vereinte Nationen (2015): Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 25. September 2015 (A/RES/70/1*). Online verfügbar unter <http://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf>, zuletzt aktualisiert am 2015, zuletzt geprüft am 03.08.2017.
- Wackerbauer, Johann; Rave, Tilmann; Triebswetter, Ursula (2014): Umweltwirtschaftsindex: Umfrage zur Lage und Entwicklung der Umweltwirtschaft, ifo Institut, München. Unter Mitarbeit von Maximilian Sindram. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt (Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 04/2014).

- Walz, Rainer; Ostertag, Katrin; Doll, Claus; Eichhammer, Wolfgang; Frietsch, Rainer, Helfrich, Nicki; Marscheider-Weidemann, Frank; Sartorius, Christian (2008): Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamtes (Förderkennzeichen 206 14 132/05). UBA-FB 001084. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Umwelt, Innovation, Beschäftigung, 03/08). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3690.pdf>, zuletzt geprüft am 15.08.2016.
- Walz, Rainer; Pfaff, Matthias; Marscheider-Weidemann, Frank; Glöser-Chahoud, Simon (2017): Innovations for reaching the green sustainable development goals – where will they come from? In: *International Economics and Economic Policy* 14 (3), S. 684–695. DOI: 10.1007/s10368-017-0386-2.
- Weiß, Clemens (2016): 5 Jahre nach Fukushima: Die Japanische Energiewende. Online verfügbar unter <http://www.energiezukunft.eu/ueber-den-tellerrand/5-jahre-nach-fukushima-die-japanische-energiewende-gn103936/>, zuletzt geprüft am 10.08.2017.
- WIPO (o.J.): IPC Green Inventory. Online verfügbar unter <http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/est/>, zuletzt geprüft am 24.05.2017.
- Wissenschaftsstatistik im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (Wissenschaftsstatistik) (2017 (im Erscheinen)): a:r n'di: Zahlenwerk 2017. Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 2015. Essen.