

CLIMATE CHANGE

17/2019

Wirtschaftliche Chancen durch Klimaschutz: Der Status Quo

CLIMATE CHANGE 17/2019

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3715 14 1060
FB000087/ZB,1

Wirtschaftliche Chancen durch Klimaschutz (I): Der Status Quo

von

Jürgen Blazejczak, Dietmar Edler
DIW, Berlin

Walter Kahlenborn, Manuel Linsenmeier, Malte Oehlmann, Kerstin Bacher
adelphi, Berlin

Ulrike Lehr, Christian Lutz, Anne Nieters, Markus Flaute
GWS, Osnabrück

Ralph Büchele, Gordon Wolgam
Roland Berger, München

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

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

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

adelphi
Alt-Moabit 91
10559 Berlin

Abschlussdatum:

April 2018

Redaktion:

Fachgebiet I 1.4
Wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Umweltfragen, nachhaltiger Konsum
Beate Hollweg

Publikationen als pdf:

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

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Mai 2019

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Wirtschaftliche Chancen durch Klimaschutz“ beschreibt und quantifiziert die vorliegende Studie die ökonomische Bedeutung des bisherigen Klimaschutzes für Deutschland.

Der Umsatz, die Beschäftigung und die Exporte der Klimaschutzwirtschaft in Deutschland werden mit Hilfe von Produktions- und Handelsstatistiken berechnet. Dafür wird angenommen, dass die Klimaschutzwirtschaft grundsätzlich alle Wirtschaftseinheiten umfasst, die Waren und Dienstleistungen für Klimaschutzaktivitäten produzieren. Basierend auf Güterlisten beträgt der Anteil von potenziellen Klimaschutzgütern an der Gesamtproduktion der deutschen Industrie demnach bis zu 3,6 Prozent. Werden indirekte Beschäftigungswirkungen mitberücksichtigt, schafft der Klimaschutz in Deutschland Beschäftigung für bis zu eine Mio. Menschen. Außerdem wird der Anteil von Klimaschutztechnologie-gütern am deutschen Warenexport basierend auf Handelsstatistiken auf etwa 9,4 Prozent geschätzt.

Desweiteren beschreibt die Studie die Auswirkungen des bisherigen Klimaschutzes auf Innovationen.

Demnach kommen fast 50 Prozent aller Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz in Europa aus Deutschland. Die Studie beschreibt auch die Auswirkungen des Klimaschutzes auf die Versorgungssicherheit Deutschlands. Außerdem quantifiziert die Studie die vermiedenen gesellschaftlichen Folgekosten des Klimawandels und die Kosteneinsparungen durch geringeren Energie- und Ressourcenverbrauch. Die Kosteneinsparungen durch Klimaschutz werden jeweils auf zweistellige Milliardenbeträge geschätzt. Desweiteren diskutiert die Studie, welches wirtschaftliche Potenzial die Verzahnung von Klimaschutz und Rohstoff- und Materialeffizienz bietet und wie durch konsequenten Klimaschutz Fehlinvestitionen vermieden werden können.

Abstract

This study, which is part of the project “economic benefits of climate change mitigation”, describes and quantifies the economic significance of climate action for Germany.

The turnover, employment and exports of the climate action industry in Germany are calculated with the help of production and trade statistics. It is assumed that the climate action industry comprises all economic entities that produce goods and services for climate action activities. Based on product lists, the share of potential climate action goods of the total production of German industry is 3.6%. If indirect employment effects are considered, climate action in Germany creates jobs for up to one million people. Based on trade statistics, the share of climate action goods of the total German export of goods is estimated at 9.4%.

Moreover, this study describes the impact of climate action on innovation. Almost 50% of all patent registrations in the area of climate action in Europe are from Germany. This study also describes the impacts of climate action on the German security of supply. Moreover, the study quantifies the avoided social follow-up costs of climate change and the saved costs due to less energy and resource consumption. The costs saved by climate action are estimated at tens of millions of Euros. The study also discusses the economic potential of an interlocking of climate action and resource and material efficiency and how misinvestments can be avoided by consistent climate action.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
Zusammenfassung.....	12
1 Einleitung	14
1.1 Studienhintergrund.....	14
1.2 Aufbau und Ziele der Studie	15
2 Wirtschaftliche Bedeutung der deutschen Klimaschutzwirtschaft	16
2.1 Definition der Klimaschutzwirtschaft	16
2.2 Umsätze mit Klimaschutzgütern.....	17
2.3 Umsätze der Dienstleistungssektoren mit Klimaschutzgütern und -leistungen.....	21
3 Beschäftigungswirkungen des Klimaschutzes	25
3.1 Bruttobeschäftigungswirkungen	25
3.1.1 Beschäftigung durch Klimaschutzdienstleistungen.....	25
3.1.2 Direkte und indirekte Beschäftigung durch die Nachfrage nach Klimaschutzgütern	26
3.2 Nettobeschäftigungswirkungen.....	27
3.2.1 Energieeffizienz	28
3.2.2 Ausbau der erneuerbaren Energien.....	31
4 Die deutsche Klimaschutzwirtschaft im internationalen Wettbewerb	32
4.1 Exporte und Welthandelsanteile der deutschen Klimaschutzwirtschaft	32
4.2 Wettbewerbsvorteile durch den Transfer von Klimaschutzpolitik.....	43
5 Klimapolitik als Triebfeder für Innovationen	45
5.1 Innovation als Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit der Zukunft	45
5.2 Zentrale innovationsfördernde Instrumente beim Klimaschutz	45
5.3 Entwicklung der Patentanmeldungen bei Klimaschutztechniken	47
5.4 Innovationseffekte in wichtigen Wirtschaftssektoren.....	50
5.5 Soziale Innovationen.....	51
6 Beiträge des Klimaschutzes zur Erhöhung der Versorgungssicherheit	52
6.1 Verringerte Importe durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und die Steigerung der Energieeffizienz	52
6.2 Wirkungen auf die Versorgungssicherheit	53
7 Vermiedene gesellschaftliche Folgekosten durch Klimaschutz	55
7.1 Kosten unterlassenen Klimaschutzes	55
7.2 Vermiedene Umweltkosten durch Senkung der Treibhausgasemissionen.....	56

7.3	Vermiedene Umweltkosten in einzelnen Bereichen	56
7.3.1	Vermeidung von Umweltkosten durch den Ausbau der erneuerbaren Energien	56
7.3.2	Vermeidung von Umweltkosten durch gesteigerte Energieeffizienz	58
7.3.3	Verringerung der Umweltkosten durch Senkung der Methan-Emissionen.....	62
8	Kosteneinsparungen durch Klimaschutz	64
9	Ökonomische Chancen durch die Verzahnung von Klimaschutz und Ressourceneffizienz	69
10	Der Beitrag der Klimaschutzpolitik zur Vermeidung von Fehlinvestitionen.....	72
11	Fazit.....	74
12	Quellenverzeichnis.....	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Zum Absatz bestimmte Produktion von Klimaschutzgütern nach NIW/destatis.....	21
Abbildung 2:	Beschäftigte durch klimaschutzorientierte Dienstleistungen	26
Abbildung 3:	Beschäftigte durch die Nachfrage nach Klimaschutzgütern im Jahr 2012	27
Abbildung 4:	Auswirkungen auf die Beschäftigung – Szenario IST im Vergleich zu den Szenarien S1 und S2.....	29
Abbildung 5:	Auswirkungen auf die Beschäftigung nach Wirtschaftszweigen - Szenario IST im Vergleich zu den Szenarien S1 und S2 (2014)	30
Abbildung 6:	Auswirkungen auf die Beschäftigung nach Wirtschaftszweigen – Referenzszenario im Vergleich zu einem Szenario mit zusätzlichem Ausbau der Erneuerbaren Energien	31
Abbildung 7:	Exporte und deutsche Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Klimaschutzbereichen.....	35
Abbildung 8:	Welthandel mit Klimaschutztechnologiegütern nach Klimaschutzbereichen 2013.....	36
Abbildung 9:	Exporte und deutsche Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Absatzregionen	37
Abbildung 10:	Welthandel mit Klimaschutztechnologiegütern nach Absatzregionen 2013	38
Abbildung 11:	Entwicklung des Welthandels und der deutschen Exporte von Klimaschutztechnologiegütern nach Klimaschutzbereichen.....	38
Abbildung 12:	Entwicklung der deutschen Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Klimaschutzbereichen.....	39
Abbildung 13:	Entwicklung der deutschen Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Absatzregionen	40
Abbildung 14:	Entwicklung der deutschen Exporte von Klimaschutztechnologiegütern nach Core- und Non-core-Klimaschutzbereichen.....	41
Abbildung 15:	Entwicklung der deutschen Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Core- und Non-core-Klimaschutzbereichen.....	42
Abbildung 16:	Weltweite Patentdynamik in Teilbereichen der Umwelttechnologien (Index, 1991 = 100)	48
Abbildung 17:	Anzahl der Patentanmeldungen am deutschen Patentamt im Bereich „Erneuerbare Energien“	49
Abbildung 18:	Verringerung fossiler Brennstoffimporte	53
Abbildung 19:	Entwicklung der Diversitätsindikatoren	54
Abbildung 20:	Vermiedene Umweltschäden durch verminderte Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen.....	57

Abbildung 21:	Vermiedene CO ₂ -Emissionen und Umweltkosten durch Energieeffizienzsteigerungen in der Industrie.....	59
Abbildung 22:	Vermiedene CO ₂ -Emissionen und Umweltkosten durch Energieeffizienzsteigerungen im GHD-Sektor	60
Abbildung 23:	Vermiedene CO ₂ -Emissionen und Umweltkosten durch Brennstoffeffizienzsteigerungen im Sektor der privaten Haushalte	61
Abbildung 24:	Vermiedene CO ₂ -Emissionen und Umweltkosten durch Stromeffizienzsteigerungen im Sektor der privaten Haushalte	62
Abbildung 25:	Vermiedene CH ₄ -Emissionen und Umweltkosten in den Sektoren Landwirtschaft und Abfallentsorgung	63
Abbildung 26:	Endenergieverbrauchsstruktur der Industrie 2013	64
Abbildung 27:	Übersicht über die Industriepreise für fossile Brennstoffe im Jahr 2013	65
Abbildung 28:	Entwicklung von Verbrauchspreisen für Energie.....	65
Abbildung 29:	Energiestückkosten in den Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland	67
Abbildung 30:	Energiestückkosten im Verarbeitenden Gewerbe.....	67
Abbildung 31:	Recycling spart CO ₂ -Emissionen	70

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zum Absatz bestimmte Produktion von Klimaschutzgütern nach der NIW/destatis-Liste	19
Tabelle 2:	Inlands- und Auslandsumsatz der Dienstleistungsbereiche mit Klimaschutzgütern und -leistungen 2013	22
Tabelle 3:	Vergleich der Exporte von potenziellen Klimaschutzgütern und von Klimaschutztechnologiegütern	34
Tabelle 4:	Monetäre Bewertung vermiedener Umweltkosten durch Biokraftstoffe (ohne Biomethan) im Jahr 2014, in Mio. Euro	58

Abkürzungsverzeichnis

AEE	Agentur für Erneuerbare Energien
AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
BCS	Bundesverband Carsharing
BDEW	Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie
BIMA	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMF	Bundesministerium für Finanzen
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BRICS	Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika
BVEG	Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie
CH₄	Methan
CLEG	Combined List of Environmental Goods
CO₂	Kohlenstoffdioxid
COMTRADE	United Nations Commodity Trade Statistics Database
dena	Deutsche Energieagentur
destatis	Statistisches Bundesamt
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
EE	Erneuerbare Energien
EEA	Europäische Umweltagentur
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EIB	European Investment Bank
EnEV	Energiesparverordnung
ESB	Energetischer Sanierungsfahrplan Bundesliegenschaften
EU	Europäische Union
FONA	Forschung für Nachhaltige Entwicklung
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GHG	Greenhouse Gas
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
GP	Güterverzeichnisse für die Produktionsstatistik
GWS	Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung
HS	Harmonized Commodity Description and Coding System

AEE	Agentur für Erneuerbare Energien
IAA	Internationale Automobilausstellung
IEA	International Energy Agency
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
ImpRES	Impacts of Renewable Energy Sources (Forschungsvorhaben)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KrWG	Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen
kWh	Kilowattstunde
Lkw	Lastkraftwagen
Mio.	Million
Mrd.	Milliarde
N₂O	Distickstoffmonoxid/ Lachgas
NAPE	Nationaler Aktionsplan Energieeffizienz
NEEAP	Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan
NIW	Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung
NO_x	Stickoxide
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PJ	Petajoule
PV	Photovoltaik
SO₂	Schwefeldioxid
SRC	Steam-Rankine-Cycle
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
t	Tonne
THG	Treibhausgas
TJ	Terajoule
UBA	Umweltbundesamt
UNEP	United Nations Environmental Programme
VDMA	Verband Deutscher Maschinen und Anlagebau
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung
WZ	Klassifikation der Wirtschaftszweige

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie beschreibt die ökonomischen Vorteile der Klimaschutzpolitik für Deutschland. Die Untersuchung ist Teil des Forschungsvorhabens „Wirtschaftliche Chancen durch Klimaschutz“. In dem Vorhaben wird aufgezeigt, welche positiven Auswirkungen Klimaschutzpolitik in der Vergangenheit – insbesondere vor dem Übereinkommen von Paris im Herbst 2015 - auf die deutsche Volkswirtschaft hatte und welche Chancen sie der deutschen Wirtschaft bis zum Jahr 2030 eröffnet.

Die Klimaschutzwirtschaft umfasst grundsätzlich alle Wirtschaftseinheiten, die Waren und Dienstleistungen für Klimaschutzaktivitäten produzieren. Um ihre wirtschaftliche Bedeutung für Deutschland zu untersuchen, müssen entsprechend viele Sektoren und Wirtschaftszweige betrachtet werden. Die Zuordnung von Waren und Dienstleistungen zur Klimaschutzwirtschaft erfordert dann jeweils eine individuelle Abgrenzung. Entsprechend wird die Definition der Klimaschutzwirtschaft in dieser Studie auf unterschiedliche Weise operationalisiert.

Bei der Ermittlung des Anteils der Klimaschutzwirtschaft an Produktion, Beschäftigung und Exporten wird zwischen Maßnahmen unterschieden, die im Zusammenhang mit der Umwandlung und Verwendung von Energie stehen (sogenannte „Core-Klimaschutz“-Maßnahmen), und Aktivitäten, die neben anderen Umweltentlastungen auch zugunsten des Klimaschutzes wirken. Hierzu gehören beispielsweise Maßnahmen zur Luftreinhaltung („Non-core-Klimaschutz“-Maßnahmen).

Um den Umsatz mit Klimaschutzgütern zu quantifizieren, wurde für diese Studie die Produktionsstatistik der Klimaschutzliste NIW/destatis des Niedersächsischen Instituts für Wirtschaftsforschung und des Statistischen Bundesamtes (NIW/destatis Liste) ausgewertet. In den Core-Klimaschutzbereichen betragen die Umsätze nach der NIW/destatis Liste im Jahr 2014 knapp 33 Mrd. Euro. Von 2009 bis 2014 stieg der Umsatz mit Klimaschutzgütern pro Jahr um durchschnittlich zwei Prozent. Insgesamt betrug der Anteil der Klimaschutzgüter (Core und Non-core) 2014 an allen Industriegütern, die in Deutschland produziert wurden, rund 3,6 Prozent.

Positive Effekte zeigen sich zudem bei der Beschäftigung. Berücksichtigt man Beschäftigte in der Produktion von Klimaschutzgütern und Klimaschutzdienstleistungen sowie die indirekten Beschäftigungseffekte, bietet der Klimaschutz in Deutschland Arbeit für rund eine Million Menschen.

Auf Basis eines eigenen Ansatzes hat das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) die Vorteile ermittelt, die sich beim Export von Waren, die auf Technologien beruhen, die (auch) im Klimaschutz eingesetzt werden können (Klimaschutztechnologiegüter), ergeben. Hiervon profitiert die deutsche Wirtschaft. So exportierte sie 2013 Klimaschutztechnologiegüter im Wert von rund 100 Mrd. Euro. Dies entsprach einem Anteil von 9,4 Prozent am gesamten deutschen Warenexport. Zwischen 2009 und 2013 stiegen die Exporte um 36,5 Prozent. Die Nachfrage richtete sich dabei vor allem nach Erneuerbare-Energien-Anlagen sowie nach Gütern der Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Die größten Absatzmärkte sind die Länder der Europäischen Union (EU), die Nicht-EU-OECD-Länder sowie die BRICS-Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika).

Die deutsche Bundesregierung unterstützt die Forschung in neue Technologien und Verfahren, die nicht nur dem Klimaschutz dienen, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen stärken. Indikator dafür sind zahlreiche neue Erfindungen. Dies zeigt sich beim stetigen Wachstum der Patentanmeldungen in Deutschland im Bereich der erneuerbaren Energien. Auch im internationalen Vergleich hat Deutschland eine Vorreiterrolle: Fast 50 Prozent aller Patente, die in Europa im Bereich Klimaschutz angemeldet werden, stammen aus Deutschland. Auch in Relation zum Bruttoinlandsprodukt verzeichnet Deutschland mehr Patentanmeldungen für Klimaschutztechnologien als jedes andere Land in Europa (Rudyk et al. 2015).

Zudem tragen die Klimaschutzmaßnahmen dazu bei, die Versorgungssicherheit in Deutschland zu erhöhen. Zugleich wurden – durch den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien – die Energieträger diversifiziert. Beides zusammen führte dazu, dass der Import fossiler Brennstoffe zurückging und sich

das Risiko eines Lieferausfalles reduzierte. Darüber hinaus verringert sich die Abhängigkeit von Importpreisschwankungen.

Ein weiterer positiver Effekt zeigt sich bei den Umweltkosten. Demnach vermied der Ausbau der erneuerbaren Energien allein in 2014 so viele Treibhausgase, dass Umweltschäden in Höhe von rund 11,6 Mrd. Euro ausblieben. Noch deutlicher ist die Bilanz bei der Energieeffizienz. Deren Steigerung ersparte so viele Treibhausgase, dass 2013 annähernd 15 Mrd. Euro Umweltkosten vermieden wurden.

Weiterhin bewirkte der Klimaschutz, dass in den Verbrauchssektoren, wie private Haushalte und Industrie, die Kosten sanken. So zeigt der Vergleich von Szenarien mit und ohne Energieeffizienzmaßnahmen, dass sowohl die Industrie als auch private Haushalte durch eine verbesserte Energieeffizienz jeweils insgesamt Kosteneinsparungen im unteren zweistelligen Milliardenbereich erzielten.

Ein aktiver Klimaschutz ermöglicht auch Synergien mit anderen Umweltpolitikbereichen. Dazu gehört die Material- und Rohstoffeffizienz. Studien zeigen, dass allein die Verwendung von Stahlschrott die bei der Stahlproduktion freigesetzten Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen um 60 Prozent senken kann. Zudem trägt eine verlässliche Klimaschutzpolitik dazu bei, Fehlinvestitionen in karbonbasierte Anlagen zu vermeiden, wodurch die Kosten für den Umbau der Wirtschaft gesenkt werden, und die Stabilität der Finanzmärkte gesichert werden kann.

Insgesamt quantifiziert die vorliegende Studie damit umfassender als bisher geschehen die ökonomischen Vorteile von Klimaschutz für Deutschland aus der Sicht der Unternehmen und aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive.

1 Einleitung

Ein ambitionierter Klimaschutz birgt wirtschaftliche Chancen für Deutschland. Er unterstützt die einheimische Nachfrage nach Klimaschutztechnologien und generiert dadurch Wachstum und Beschäftigung. Außerdem kann Klimaschutz Innovationen anstoßen und damit neue Produkte und Dienstleistungen hervorbringen. Davon wiederum können deutsche Unternehmen profitieren, wenn sie ihre Klimaschutztechnologien auf dem Weltmarkt anbieten und in andere Länder exportieren. Gesamtwirtschaftlich können daraus bedeutende Vorteile erwachsen, wie zum Beispiel zusätzliches Wirtschaftswachstum und positive Beschäftigungseffekte. Darüber hinaus kann die Steigerung der Energieeffizienz unter anderem dazu beitragen, die Energiekosten für Industrie und Haushalte zu senken. Außerdem senkt ein ambitionierter Klimaschutz die Umweltkosten und hilft, Fehlinvestitionen zu vermeiden.

In der öffentlichen Debatte zum Klimaschutz überwiegen häufig allerdings Hinweise auf die Kosten des Klimaschutzes. Ein Grund hierfür könnte darin bestehen, dass bislang eine umfassende Bezifferung der ökonomischen Vorteile fehlt. Das Forschungsvorhaben „Wirtschaftliche Chancen durch Klimaschutz“ trägt dazu bei, diese Lücken zu schließen. Hierzu werden die ökonomischen Vorteile Deutschlands, die durch Klimaschutz bisher entstanden sind und bis zum Jahr 2030 entstehen könnten, ausführlich und systematisch vorgestellt und diskutiert.

Zu diesem Projekt, das sich aus drei Untersuchungen zusammensetzt, gehört auch die vorliegende Studie. Sie konzentriert sich darauf, den aktuellen Stand der ökonomischen Vorteile zusammen zu tragen und zu analysieren (Status quo-Analyse). Die beiden anderen Untersuchungen befassen sich eingehend mit den Weltmärkten für Klimaschutzgüter und -dienstleistungen sowie mit den gesamtwirtschaftlichen Effekten einer investitionsorientierten Klimaschutzpolitik.

Alle drei Studien machen es – vor dem Hintergrund einer breiteren gesellschaftlichen und politischen Akzeptanz des Klimaschutzes – möglich, die ökologischen, politischen und ethischen Motive eines ambitionierten Klimaschutzes um eine fundierte ökonomische Argumentation zu erweitern.

1.1 Studienhintergrund

Klimaschutz betrifft zahlreiche Wirtschaftszweige. Im Mittelpunkt stehen dabei die Energiewirtschaft, die Industrie, der Verkehr, die privaten Haushalte, das Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, die Land- und Forstwirtschaft sowie die Abfallwirtschaft. Um deren Treibhausgasemissionen zu mindern, bedarf es eines breiten Spektrums an Klimaschutzgütern und -dienstleistungen. Die Palette der in Deutschland hergestellten Klimaschutzgüter und -dienstleistungen ist in den letzten Jahren stark gewachsen. Sie umfasst neben fertigen Anlagen und kompletten Technologien auch Einzelkomponenten, Halbfertigwaren, Bauteile sowie Bau- und Werkstoffe.

Die Ergebnisse einiger empirischer Studien deuten darauf hin, dass Deutschland bei den Klimaschutzgütern und -technologien äußerst wettbewerbsfähig ist (Gehrke und Schasse 2015, Gehrke et al. 2015, Görlach et al. 2014). So zeigt sich bei deren Export – im Vergleich zu anderen deutschen Industriegütern – ein stärkeres Wachstum (Gehrke und Schasse 2015). Es wird vermutet, dass Klimaschutzgüter und -dienstleistungen in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen. Einer Studie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zufolge könnte die weltweite Nachfrage nach Solarthermie, Photovoltaik (PV) und Windenergie bis 2020 um bis 20 Prozent steigen.

Die Ergebnisse der verschiedenen Studien stimmen darin überein, dass sich die deutsche Klimawirtschaft bislang sehr positiv entwickelt hat und dass auch in den nächsten Jahren eine positive Entwicklung zu erwarten ist. Dass die Bundesregierung die steigende Bedeutung der Klimawirtschaft erkannt hat, verdeutlicht ein Ausschnitt aus dem Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB):

„[Deutschland wird] die Chancen einer engagierten Klimaschutzpolitik für Innovation, Wettbewerbsfähigkeit und nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung nutzen. Konsequenter Klimaschutz bedeutet nicht zuletzt auch: weniger Import fossiler Energieträger, mehr Investitionen in Infrastrukturen und neue Technologien sowie Wertschöpfung, die im Land bleibt. Konsequenter Klimaschutz zahlt sich aus – auch für die Verbraucherinnen und Verbraucher – dank sinkender Ausgaben für Heizung und Warmwasser und durch die Nutzung von Chancen für gutes Leben.“ (BMUB 2014a)

1.2 Aufbau und Ziele der Studie

Ziel der Studie ist es, die wirtschaftlichen Chancen, die der Klimaschutz für Deutschland bereits erbracht hat, vorzustellen und – soweit möglich – zu quantifizieren.

Die Studie definiert zunächst den Begriff „Klimaschutzwirtschaft“. Davon ausgehend beschreibt sie quantitativ deren wirtschaftliche Bedeutung in jüngerer Vergangenheit. Wichtige Indikatoren sind die Umsätze mit Klimaschutzgütern sowie die Beschäftigung. Um beides abzuschätzen, wird eine Liste mit potenziellen Klimaschutzgütern herangezogen, die NIW/destatis-Liste.

Anschließend zeichnet die Studie ein umfassendes Bild davon, wo die deutsche Klimaschutzwirtschaft im internationalen Wettbewerb steht. Um die Struktur und Größe der deutschen und internationalen Märkte für Klimaschutzgüter zu erfassen, werden die Exporte und Welthandelsanteile der deutschen Klimaschutzwirtschaft basierend auf der NIW/destatis-Liste ausgewiesen. Des Weiteren stellt die Studie dar, wie die deutsche Wirtschaft von fortgesetzten internationalen Bemühungen zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen profitieren kann.

Darüber hinaus werden Ansätze beschrieben, mit denen die Bundesregierung Klimaschutz vorantreibt und Innovationen fördert. Zudem werden beispielhaft einige Innovationen, die in Deutschland zum Beispiel im Bereich der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz hervorgebracht wurden, vorgestellt und diskutiert.

Die Untersuchung beschreibt darüber hinaus, wie der Klimaschutz dazu beiträgt, die energetische Versorgungssicherheit in Deutschland zu erhöhen, indem die Importe fossiler Brenn- und Treibstoffe zurückgedrängt und die mit Importen einhergehenden Risiken gesenkt werden.

Weiterhin wird der Rückgang der Umweltkosten für Deutschland durch die Klimaschutzpolitik ermittelt. Hierzu werden drei Faktoren separat betrachtet: der Ausbau der erneuerbaren Energien, die Steigerung der Energieeffizienz sowie die Senkung der Methanemissionen in allen Produktionsbereichen in Deutschland insbesondere in den hauptsächlich emittierenden Sektoren Landwirtschaft und Abfallentsorgung.

Ebenso untersucht die Studie, wie hoch die Ersparnis ist, die Unternehmen und Haushalte durch Fortschritte bei der Energieeffizienz erreichen. Sie erläutert zudem, wie aktiver Klimaschutz die Material- und Rohstoffproduktivität in Deutschland bereits erhöhte und inwiefern hier Synergien – aber auch potentielle Zielkonflikte – bestehen.

Abschließend wird dargelegt, wie die deutsche Klimaschutzpolitik durch ihren langfristigen Ansatz dazu beiträgt, Fehlinvestitionen in überkommene Technologien zu vermeiden.

2 Wirtschaftliche Bedeutung der deutschen Klimaschutzwirtschaft

2.1 Definition der Klimaschutzwirtschaft

Die Klimaschutzwirtschaft umfasst grundsätzlich all jene Wirtschaftseinheiten, die Waren und Dienstleistungen für den Klimaschutz produzieren. Der Klimaschutz (climate change mitigation) dient dazu, den Klimawandel zu begrenzen. Er umfasst Maßnahmen, um die Emissionen zu verringern und die Senken von Treibhausgasen (THG) zu stärken. Minderungsoptionen bestehen in allen wesentlichen Wirtschaftssektoren. Eine kosteneffiziente Kombination schließt Maßnahmen ein, die dazu dienen, den Energieverbrauch sowie die Treibhausgasintensität der Endverbrauchssektoren zu verringern, die Energieversorgung zu dekarbonisieren, die Netto-Emissionen zu senken und die Kohlenstoffsinken landgebundener Sektoren zu stärken (IPCC 2014b).

“Mitigation’ is the effort to control the human sources of climate change and their cumulative impacts, notably the emission of greenhouse gases (GHGs) and other pollutants, such as black carbon particles, that also affect the planet’s energy balance. Mitigation also includes efforts to enhance the processes that remove GHGs from the atmosphere, known as sinks. Because mitigation lowers the anticipated effects of climate change as well as the risks of extreme impacts, it is part of a broader policy strategy that includes adaptation to climate impacts” (IPCC 2014a).

Das Statistische Bundesamt fokussiert im Rahmen der Erhebung der Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz auf Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von THG: „Dem Klimaschutz dienen Maßnahmen und Aktivitäten zur Vermeidung oder Verminderung der Emissionen von Treibhausgasen.“ Als Kategorien, denen die befragten Unternehmen ihre Umsätze zuordnen müssen, sind Maßnahmen zur Nutzung von erneuerbaren Energien sowie Maßnahmen zum Einsparen von Energie oder zur Steigerung der Energieeffizienz angegeben (destatis 2015).

Im Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 und im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung (BMUB 2014a, BMUB 2016) sind Handlungsfelder des Klimaschutzes alle Sektoren, in denen Treibhausgasemissionen verursacht werden: Energiewirtschaft, Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft, Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft sowie übrige Emissionen (z.B. Abfallwirtschaft).

Im Zentrum der vorliegenden Untersuchung stehen Maßnahmen, die im Zusammenhang mit der Umwandlung und Verwendung von Energie stehen und die das Statistische Bundesamt im Rahmen seiner Erhebung berücksichtigt. Zudem werden Aktivitäten berücksichtigt, die neben anderen Umweltentlastungen ebenfalls Klimaschutzwirkungen entfalten – wie etwa die Luftreinhaltung – oder die als Querschnittstechnologien auch zum Klimaschutz beitragen, wie die Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Waren und Dienstleistungen zur Stärkung von Senken für Klimagase bleiben unberücksichtigt.

Die Definition der Klimaschutzwirtschaft, die der vorliegenden Studie zu Grunde liegt, greift somit die breite Definition des Statistischen Bundesamtes auf und erweitert sie in der Hinsicht, dass auch Non-core Klimaschutzbereiche zur Klimaschutzwirtschaft hinzugerechnet werden. In den verschiedenen Analysebereichen wird diese Definition der Klimaschutzwirtschaft entsprechend den unterschiedlichen Datengrundlagen und Untersuchungsmethoden in unterschiedlicher Weise operationalisiert. Für die Analysen der Umsätze, der Beschäftigung sowie der Exporte der Klimaschutzwirtschaft wird die Definition der Klimaschutzwirtschaft zum Beispiel durch Listen von (potenziellen) Klimaschutzgütern operationalisiert (siehe dazu Kasten 1 und 2).

Kasten 1: Einordnung des methodischen Vorgehens bei der Ermittlung von Umsatz, Beschäftigung und Exporten

In der Studie „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ werden die Umsätze und Exporte der Klimaschutzwirtschaft regelmäßig dargestellt (Gehrke et al. 2014). Die dort präsentierten Ergebnisse zu den Umsätzen basieren auf einer Auswertung der Produktionsstatistik unter Verwendung einer Liste von Gütern, die ihrer Funktion nach im Klimaschutz eingesetzt werden können (potenzielle Klimaschutzgüter). Diese Liste wurde in der vorliegenden Studie als Ausgangspunkt gewählt. Hierbei ist zu beachten, dass mit diesem Verfahren auch Umsätze mit Gütern erfasst werden, die für andere Zwecke als für den Klimaschutz eingesetzt werden.

Aus den Umsätzen der Klimaschutzwirtschaft lässt sich auch die Zahl von Beschäftigten ableiten, die direkt mit der Produktion von Klimaschutzgütern befasst sind. Da hiermit aber noch ein unvollständiges Bild der Beschäftigung durch Klimaschutz gezeichnet wird, wird auf der Grundlage vorliegender Studien zur Beschäftigung im Umwelt- und Klimaschutz (Edler, Blazejczak 2016) eine Abschätzung vorgenommen, welche Anteile der Beschäftigung im Umwelt- und Klimaschutz sich dem Klimaschutz zuordnen lassen. Dafür muss auf Annahmen und Experteneinschätzungen zurückgegriffen werden.

Für die Abschätzung der Exporte wurden zwei Listen kombiniert (siehe Kasten 2), so dass deutlich mehr Güter berücksichtigt werden als in den Analysen des NIW. Außerdem führt die im Vergleich zur Produktionsstatistik gröbere Abgrenzung der verfügbaren Daten des internationalen Handels dazu, dass ein größerer Anteil von Gütern erfasst wird, die nicht tatsächlich für den Klimaschutz eingesetzt werden. Auf ein Korrekturverfahren, das das NIW anwendet, um dem Rechnung zu tragen, wird hier verzichtet.

2.2 Umsätze mit Klimaschutzgütern

Grundsätzlich lässt sich die Bedeutung der Klimaschutzwirtschaft von der Nachfrage- oder der Angebotsseite her darstellen: Der nachfrageseitige Ansatz geht von Informationen über Ausgaben, die im Zusammenhang mit Klimaschutzmaßnahmen erfolgen, aus und schätzt die Produktion und Beschäftigung ab, die dafür im Inland erforderlich sind. Beim angebotsseitigen oder güterwirtschaftlichen Ansatz kann die Analyse hingegen auf Basis definierter Listen von Gütern, die potenziell dem Klimaschutz dienen (vgl. Kasten 2), erfolgen. Die Informationen zur Nachfrage für den Klimaschutz sind lückenhaft. Daher liegt im Folgenden der Schwerpunkt auf dem angebotsseitigen Ansatz. Zur Abschätzung der wirtschaftlichen Bedeutung der Klimaschutzwirtschaft in Deutschland werden zunächst die Umsätze (auf Basis der Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes) mit Klimaschutzgütern und -dienstleistungen für den Zeitraum 2009 bis 2014 dargestellt. Die Begriffe Produktion und Umsätze werden im Weiteren als Synonyme verwendet.

Kasten 2: Listen von Gütern für den Umwelt- und Klimaschutz – Methodischer Ansatz

Listen potenzieller Umweltschutz- und Klimaschutzgüter in den Kategorien statistischer Güterklassifikationen haben einerseits das Niedersächsische Institut für Wirtschaftsforschung (NIW) – in Zusammenarbeit mit dem Statistischen Bundesamt (destatis) – und andererseits die Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) entwickelt. Dabei werden Güter identifiziert, die dem Klimaschutz dienen können, die aber auch für andere Zwecke einsetzbar sind. Je detaillierter die Klassifizierung, desto eher ist damit zu rechnen, dass die erfassten Güter tatsächlich für den Klimaschutz genutzt werden.¹

Die NIW/destatis-Liste enthält rund 250 Güterpositionen auf der 9-Steller-Ebene, d.h. auf der tiefsten möglichen Abgrenzung, des Güterverzeichnisses für die Produktionsstatistik in der Fassung von 2009 (GP 2009) (Gehrke und Schasse 2013). Sie wurden für die Auswertung der Produktionsstatistik in der vorliegenden Untersuchung unverändert übernommen. Die Güterpositionen der NIW/destatis-Liste sind – nach dem Schwerpunktprinzip – insgesamt neun Umweltschutzbereichen zugeordnet. Der Mobilitätssektor bleibt bei der NIW/destatis Liste unberücksichtigt.

Zur Analyse der Klimaschutzwirtschaft wurden aus der NIW/destatis Liste diejenigen Güter ausgewählt, die den Bereichen „Erneuerbare-Energie-Anlagen“, „Rationelle Energieverwendung“ und „Rationelle Energieumwandlung“ zuzurechnen sind. Sie gelten als Klimaschutzgüter im engeren Sinne (Core-Klimaschutzbereiche). Als klimaschutzrelevant im weiteren Sinne werden die Güter in den Bereichen „Luftreinhaltung“ und „Mess-, Steuer-, Regeltechnik“ eingeordnet (Non-core Bereiche). Hierbei handelt es sich um Produkte, die neben anderen Umweltentlastungs- auch Klimaschutzwirkungen entfalten oder als Querschnittstechnologien zum Klimaschutz beitragen.

Die Umsätze mit Gütern für den Klimaschutz in den Core-Klimaschutzbereichen nach NIW/destatis betragen im Jahr 2014 knapp 33 Mrd. Euro. Davon entfallen auf die Gütergruppe „Rationelle Energieverwendung“ 18 Mrd. Euro und auf „Erneuerbare-Energie-Anlagen“ knapp 13 Mrd. Euro. Im Vergleich hierzu ist die Gütergruppe „Rationelle Energieumwandlung“ mit einem Umsatz von zwei Mrd. Euro eher unbedeutend. Gegenüber dem Jahr 2009 ist der Umsatz mit Klimaschutzgütern um rund drei Mrd. Euro gewachsen. Dies entspricht über den Zeitraum 2009 bis 2014 einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von zwei Prozent. Allerdings verlief dabei die Entwicklung nicht gleichförmig. Im Anschluss an den Produktionseinbruch, der im Zuge der weltweiten Finanzkrise 2008 erfolgte, kam es zu einem dynamischen Anstieg, der bis 2011 anhielt (jahresdurchschnittlich 11,5 Prozent). Danach ging die Produktion leicht zurück (jahresdurchschnittlich -3,9 Prozent im Zeitraum 2011 bis 2014).

¹ Das DIW Berlin hat - erstmals für Deutschland - die Produktion von Klimaschutzgütern nach der Combined List of Environmental Goods der OECD (CLEG) für den Zeitraum 2009 bis 2014 analysiert. Die Ergebnisse dieser Auswertungen sind im Abschlussbericht dieser Studie dokumentiert.

Tabelle 1: Zum Absatz bestimmte Produktion von Klimaschutzgütern nach der NIW/destatis-Liste

	2009	2011	2013	2014	2014/ 2009	2011/ 2009	2014/ 2011
	in Mio. Euro				Jährliche Veränderungs- rate in Prozent		
Klimaschutzbereiche (Core)	29.903	37.175	32.945	32.969	2,0	11,5	-3,9
Erneuerbare- Energien-Anlagen	13.101	16.840	12.535	12.875	-0,3	13,4	-8,6
Rationelle Energieumwandlung	2.186	2.403	2.271	2.048	-1,3	4,8	-5,2
Rationelle Energieverwendung	14.615	17.931	18.139	18.046	4,3	10,8	0,2
Weitere klimaschutz- relevante Bereiche (Non-core)	10.421	14.303	14.362	15.708	8,6	17,2	3,2
Mess-, Steuer-, Regel- technik	5.216	6.744	7.035	7.250	6,8	13,7	1,0
Luftreinhaltung	5.205	7.558	7.327	8.458	10,2	20,5	3,8
Klimaschutzbereiche (Core und Non-core)	40.324	51.478	47.307	48.678	3,8	13,0	-1,8
	in Billi- onen Euro						
nachrichtlich: Alle Güter	1,067	1,367	1,372	1,369	5,1	13,2	0,0

Abweichungen in Summen durch Rundung möglich. Quelle: Statistisches Bundesamt, Berechnungen des DIW Berlin

Die Entwicklung der Umsätze mit Klimaschutzgütern wurde – zusätzlich zu den allgemeinen dämpfenden Einflüssen der weltweiten Finanzkrise am Anfang des betrachteten Zeitraums (2009-2014) und dem dann wieder einsetzenden Aufholprozess – erheblich durch die Sonderentwicklung der Photovoltaik in der Gütergruppe Erneuerbare-Energien-Anlagen geprägt: Die Produktion von PV-Zellen und Wechselrichtern erreichte wertmäßig im Jahr 2010 ihren Höhepunkt in Deutschland. Danach nahm sie stark ab. Die Produktion von PV-Zellen reduzierte sich in den Jahren 2012 und 2013 – nicht zuletzt bedingt durch den Preisverfall – dramatisch, gegenüber dem Jahr 2010 sank sie auf weniger als ein Fünftel. Zuletzt verzeichnete diese Produktgruppe rund ein Fünftel des Produktionswertes des Jahres 2010. Dadurch sank ihr Anteil an der Produktion von Erneuerbare-Energien-Anlagen von knapp 20 Prozent im Jahr 2010 auf zuletzt gut vier Prozent. Auch die Produktion von Wechselrichtern

nahm spürbar ab, im Jahr 2014 wurde noch rund die Hälfte des Produktionsniveaus des Jahres 2010 erreicht. Dagegen nahm die Bedeutung von Windkraftanlagen im Zeitablauf zu. Ihre Produktion betrug im Jahr 2014 mehr als 21 Prozent der Produktion von Erneuerbare-Energien-Anlagen.

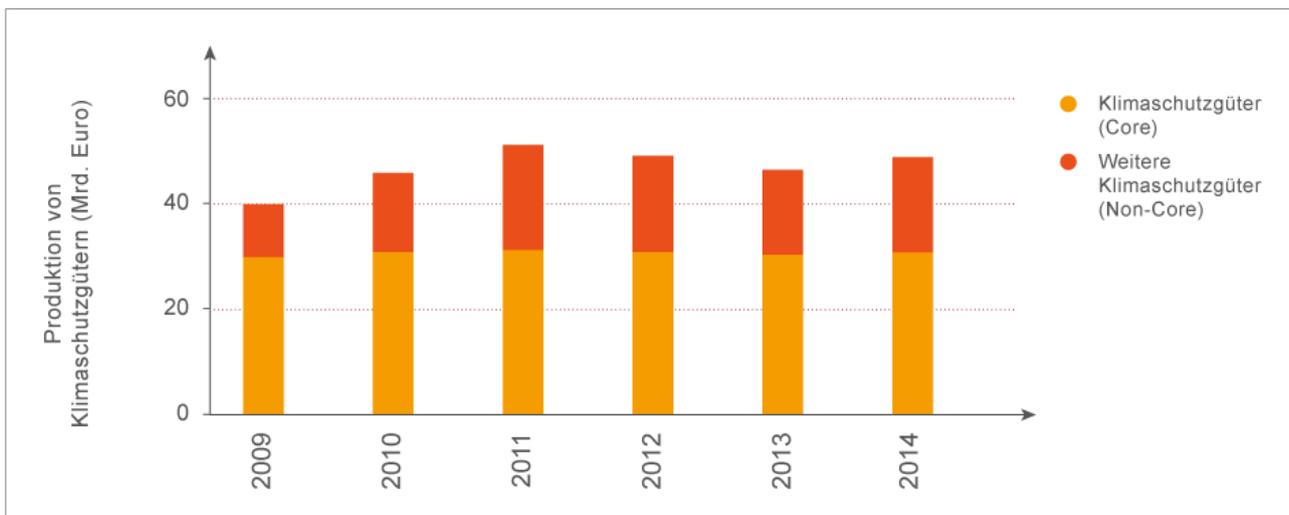
Die Produktion im Bereich „Rationelle Energieumwandlung“ ist durch das Geschäft mit Wasser- und Gasturbinen geprägt. Dieses unterliegt – vor allem weltmarktbedingt – erheblichen Schwankungen. Zuletzt war die Herstellung leicht rückläufig. Die Produktion im Bereich „Rationelle Energieverwendung“ ist durch ein breites Güterspektrum repräsentiert. Es umfasst Produkte zur Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebereich sowie in anderen Anwendungsfeldern. Hier verlief die Entwicklung der Produktion zuletzt stabil.

Die weiteren klimaschutzrelevanten Bereiche (Non-core Bereiche) umfassen die Luftreinhaltung und die Mess-, Steuer-, Regeltechnik. Die Verwendung von Produkten der Mess-, Steuer-, Regeltechnik ist nicht auf den Klimaschutz beschränkt, sodass hier die Dual-Use-Problematik ausgeprägt ist. Hinzu kommt, dass für diese Produkte die Zuordnung zu einem Umweltschutzbereich schwieriger ist als bei anderen Gütern. Hier wird der gesamte Bereich der Mess-, Steuer-, Regeltechnik dem Non-core Bereich des Klimaschutzes zugeordnet, obwohl ein erheblicher Teil dieser Produkte wahrscheinlich für andere Umweltzwecke eingesetzt wird.² Auf die weiteren klimaschutzrelevanten Bereiche entfiel im Jahr 2014 eine Produktion von 15,7 Mrd. Euro, hiervon auf die Mess-, Steuer-, Regeltechnik gut sieben Mrd. Euro und auf die Luftreinhaltung 8,5 Mrd. Euro. Die Produkte zur Luftreinhaltung (durchschnittliches jährliches Wachstum 10,2 Prozent) haben sich im Zeitablauf deutlich dynamischer entwickelt als die der Mess-, Steuer- und Regeltechnik (6,8 Prozent). Fasst man die Core- und Non-core Klimaschutzbereiche zusammen, ergibt sich im Jahr 2014 ein Produktionsvolumen von reichlich 48 Mrd. Euro. Gegenüber dem Jahr 2009 (gut 40 Mrd. Euro) nahm die Produktion über den gesamten Zeitraum um jährlich 3,8 Prozent zu. Das Wachstum war jedoch bis zum Jahr 2011 überdurchschnittlich. Danach ist die Entwicklung leicht rückläufig (-1,8 Prozent jährlich). Gemessen an der Produktion aller Güter (laut Produktionsstatistik) betrug der Anteil der Klimashutzgüter (Core und Non-core) im Jahr 2014 rund 3,6 Prozent (2,4 Prozent core, 1,1 Prozent Non-core). Der Anteil ist gegenüber 2009 (3,8 Prozent) leicht rückläufig, hat zuletzt aber wieder zugenommen.

In Abbildung 1 ist die Produktion von Klimaschutzgütern nach NIW/destatis im Zeitraum 2009 bis 2014 dargestellt. Demnach erreichte die Produktion vor allem auf Grund der Sonderentwicklung in der Photovoltaik – im Jahr 2011 ihren größten Wert erreichte und hat sich zuletzt stabilisiert; allerdings verlief die Entwicklung in den Non-core Klimaschutzbereichen dynamischer als im Bereich des Klimaschutzes im engeren Sinne.

² In der NIW/destatis-Liste sind 23 Güterpositionen (auf der Ebene der 9-Steller der GP) dem Hauptbereich MSR zugeordnet. Davon werden nach Einschätzung des NIW 7 ausdrücklich auch im Klimaschutz eingesetzt (einschließlich der 3 in allen Umweltschutzbereichen eingesetzten); 10 werden (auch) im Bereich Luftreinhaltung eingesetzt, die übrigen 6 haben ihre vermutliche Hauptanwendung im Bereich Abwasser.

Abbildung 1: Zum Absatz bestimmte Produktion von Klimaschutzgütern nach NIW/destatis



Quelle: Statistisches Bundesamt, Berechnungen des DIW Berlin

Insgesamt wird deutlich, dass die Klimaschutzwirtschaft bereits heute eine große wirtschaftliche Bedeutung besitzt.

2.3 Umsätze der Dienstleistungssektoren mit Klimaschutzgütern und -leistungen

Die Dienstleistungen für den Klimaschutz in den Klassifikationen und Statistiken, die den Güterlisten zu Grunde liegen, werden nur unzureichend erfasst sind. So berücksichtigt die für den Außenhandel verfügbare Güterklassifikation „Harmonized Commodity Description and Coding System“ (HS) 2007 Dienstleistungen nicht. In der Güterklassifikation für die Produktionsstatistik (GP) 2009 werden in der Güterabteilung 33 *Reparatur, Instandhaltung und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (einschl. Wartung)* ausgewählte Dienstleistungen berücksichtigt, die im Zusammenhang mit der Reparatur, Instandhaltung und Installation von Maschinen und Ausrüstungen erbracht werden. Deshalb wird für die Darstellung der Umsätze und der Beschäftigung Klimaschutzdienstleistungen eine andere – mit der Produktionsstatistik allerdings nicht abgestimmte – Datenquelle, die Erhebung des Statistischen Bundesamtes zu den Umsätzen mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umwelt- und Klimaschutz nach Umweltstatistikgesetz 12 unter dem Titel „Umsatz mit Umweltschutzgütern und Umweltschutzleistungen“ (Fachserie 19 Reihe 3.3, versch. Jg.) ausgewertet. Dort werden die Umsätze mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Umweltschutz zwar nicht (mehr) nach Waren und Dienstleistungen (sowie Bauleistungen) getrennt ausgewiesen. Allerdings werden sie nach Wirtschaftssektoren und (darunter) unter den Dienstleistungsbereichen „Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen“ sowie „Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen“ dargestellt. Dabei ist der letztgenannte Sektor mit Umsätzen in der Größenordnung von knapp 18 Mio. Euro 2013 von fast verschwindend geringer Bedeutung. Die klimaschutzbezogenen Umsätze im Sektor „Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen“ hingegen lagen im gleichen Zeitraum bei rund 2,7 Mrd. Euro.

Tabelle 2: Inlands- und Auslandsumsatz der Dienstleistungsbereiche mit Klimaschutzgütern und -leistungen 2013

	Umsatz mit Klimaschutzgütern und -leistungen	Anteil an allen Umweltschutzgütern und -leistungen	Anteil an Klimaschutzgütern und -leistungen aller Sektoren	Anteil Auslandsumsatz am Umsatz insgesamt
	in Mrd. Euro	in Prozent	in Prozent	in Prozent
	Inlandsumsatz			
Dienstleistungsbereiche zusammen	2,1	57,9	9,7	
dar.: Erbringung von freiberufl., wiss. und techn. Dienstleistungen	2,1	57,9	9,6	
dar.: Architektur- und Ingen.-büros	1,4	59,6	6,4	
Verarbeitendes Gewerbe	15,6	60,2	70,3	
Alle Wirtschaftsbereiche	22,2	58,6	100,0	
	Auslandsumsatz			
Dienstleistungsbereiche zusammen	0,6	62,6	3,0	22,4
dar.: Erbringung von freiberufl., wiss. und techn. Dienstleistungen	0,6	62,6	3,0	22,5
dar.: Architektur- und Ingenieurbüros	0,4	61,3	2,1	22,9
Verarbeitendes Gewerbe	17,6	69,2	86,6	53,0
Alle Wirtschaftsbereiche	20,3	70,8	100,0	47,8
	Insgesamt			
Dienstleistungsbereiche zusammen	2,8	58,9	6,5	
dar.: Erbringung von freiberufl., wiss. und techn. Dienstleistungen	2,7	58,9	6,5	
dar.: Architektur- und Ingenieurbüros	1,8	60,0	4,3	
Verarbeitendes Gewerbe	33,1	64,7	78,1	

	Umsatz mit Klimaschutzgütern und -leistungen	Anteil an allen Umweltschutzgütern und -leistungen	Anteil an Klimaschutzgütern und -leistungen aller Sektoren	Anteil Auslandsumsatz am Umsatz insgesamt
Alle Wirtschaftsbereiche	42,5	63,9	100,0	

Quelle: Statistisches Bundesamt, Berechnungen des DIW Berlin

Im Jahr 2013 machten nach der Erhebung des Statistischen Bundesamtes die klimaschutzbezogenen Umsätze dieser beiden Bereiche rund 2,8 Mrd. Euro aus. Das waren 6,5 Prozent der Umsätze aller Sektoren mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Klimaschutz (42,5 Mrd. Euro); der entsprechende Anteil des Verarbeitenden Gewerbes betrug 78,1 Prozent. Die klimaschutzbezogenen Umsätze der beiden Dienstleistungsbereiche machten 58,9 Prozent ihrer Umsätze in allen Umweltschutzbereichen aus. Der Klimaschutz ist damit aus Sicht der Dienstleistungssektoren – wie übrigens auch des Verarbeitenden Gewerbes – der wichtigste Umweltschutzbereich.

Rund 22 Prozent der klimaschutzbezogenen Umsätze der beiden Dienstleistungssektoren erfolgten mit dem Ausland. Für alle Wirtschaftsbereiche betrug der Auslandsanteil bei den klimaschutzbezogenen Umsätzen rund 48 Prozent. Am klimaschutzbezogenen Auslandsumsatz aller Sektoren hatten die Dienstleistungssektoren damit einen Anteil von drei Prozent. Beim Inlandsumsatz betrug der Anteil 9,7 Prozent. Die Dienstleistungssektoren sind also viel stärker als andere Sektoren auf den Inlandsmarkt ausgerichtet. Dies betrifft jedoch nicht nur Dienstleistungen im Bereich des Klimaschutzes, sondern gilt generell beim Vergleich von Dienstleistungen mit Waren.

Beim Auslandsumsatz der beiden Dienstleistungssektoren war die Bedeutung des Klimaschutzes im Verhältnis zu allen Umweltschutzbereichen (mit 62,6 Prozent) noch etwas höher als beim Inlandsumsatz. An den Umsätzen mit Waren, Bau- und Dienstleistungen für den Klimaschutz aller Sektoren hatten die beiden Dienstleistungsbereiche wie erwähnt einen Anteil von 6,5 Prozent. Er war somit etwas geringer als der entsprechende Anteil bei allen Umweltschutzbereichen, also einschließlich jener Umweltschutzaktivitäten, die anderen Zwecken als dem Klimaschutz dienen (7,1 Prozent). Der Klimaschutz ist damit – im Vergleich zu anderen Umweltschutzbereichen – weniger dienstleistungsintensiv. Das gilt sowohl für den Inlands- als auch für den Auslandsumsatz.

Den wichtigsten Teilbereich im Sektor „Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen“ bilden die Architektur- und Ingenieurbüros. Sie erzielten 2013 klimaschutzbezogene Umsätze in Höhe von rund 1,8 Mrd. Euro. Das entspricht 4,3 Prozent der klimaschutzbezogenen Umsätze aller Sektoren. In einer ähnlichen Größenordnung wie alle Dienstleistungsbereiche erreichten die Architektur- und Ingenieurbüros rund 23 Prozent ihrer klimaschutzbezogenen Umsätze im Ausland.

Von 2011 bis 2013 fielen die klimaschutzbezogenen Umsätze um 11,4 Prozent und damit etwas stärker als ihre gesamten umweltschutzbezogenen Umsätze (-7,5 Prozent). Der Umsatzrückgang in den Dienstleistungsbereichen war wesentlich stärker als der im Verarbeitenden Gewerbe (klimaschutzbezogene Umsätze -6,5 Prozent, umweltschutzbezogene Umsätze +0,5 Prozent). Im wichtigsten Einzelbereich „Architektur- und Ingenieurbüros“ war der Rückgang der klimaschutzbezogenen Umsätze mit -25 Prozent noch stärker. Die klimaschutzbezogenen Auslandsumsätze hatten einen stabilisierenden Einfluss. Sie sind im Sektor „Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen“ um 2,2 Prozent gestiegen. Damit war der Anstieg hier jedoch geringer als in allen Sektoren (5,7 Prozent).

Insgesamt ist der Klimaschutz aus Sicht der Dienstleistungssektoren der wichtigste Umweltschutzbereich.

3 Beschäftigungswirkungen des Klimaschutzes

3.1 Bruttobeschäftigungswirkungen

Bei den Beschäftigungswirkungen des Klimaschutzes ist es sinnvoll, zwischen zwei Perspektiven zu unterscheiden. Die eine betrachtet die Frage, welche Beschäftigung mit der Herstellung von Klimaschutzgütern und -dienstleistungen verbunden ist (Bruttobeschäftigungswirkungen). Dabei wird in der Regel zunächst untersucht, in welchem Umfang Beschäftigung in jenen Unternehmen anfällt, die diese Klimaschutzgüter und -dienstleistungen herstellen (direkte Beschäftigung). Zusätzlich kann von Interesse sein, welche Beschäftigung in den Unternehmen anfällt, die Vorprodukte herstellen, die in die Klimaschutzprodukte eingehen (indirekte Beschäftigung).³

Zum anderen lässt sich fragen, welche Beschäftigungseffekte der Klimaschutz – unter Berücksichtigung verschiedener ökonomischer Wirkungsketten – in der gesamten Volkswirtschaft auslöst. Hierbei werden – ausgehend von verschiedenen Szenarien – nicht nur die positiven Effekte auf die Beschäftigung, sondern auch mögliche negative Effekte berücksichtigt, sodass man von der Nettobeschäftigung spricht. Die Vorgehensweise sowie die Ergebnisse zu den Nettobeschäftigungswirkungen des Klimaschutzes werden in Abschnitt 3.2 vorgestellt.

3.1.1 Beschäftigung durch Klimaschutzdienstleistungen

Die Beschäftigung, die durch Klimaschutzdienstleistungen entsteht, lässt sich nicht anhand der Produktionsstatistik erfassen, da sie Dienstleistungen nur unzureichend berücksichtigt. Um eine Grobabschätzung vorzunehmen, wird daher auf eine Untersuchung zu den Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes (Edler und Blazejczak 2016) zurückgegriffen. Dort wird die Zahl der Umweltschutzdienstleistungsbeschäftigten von der Angebotsseite her geschätzt. Basis hierfür ist eine Vielzahl an Quellen (Blazejczak und Edler 2015a).

Im Jahr 2012 waren in Deutschland 2,2 Mio. Personen für den Umweltschutz tätig. Davon entfielen rund 1,4 Mio. Personen auf die Erbringung umweltschutzorientierter Dienstleistungen.⁴ Diese Ergebnisse beruhen auf einem anderen, deutlich umfassenderen Schätzansatz als die zuvor dargestellten Beschäftigungseffekte der Klimaschutzwirtschaft. Die Wirtschaftsbereiche mit den meisten Umweltschutzdienstleistungsbeschäftigten sind die Unternehmensdienstleister, der Handel mit dem Kfz-Handwerk, die Entsorgung und das Baugewerbe. Eine Aufteilung der Umweltschutzdienstleistungsbeschäftigung auf verschiedene Umweltschutzzwecke ist für die meisten Wirtschaftsbereiche auf der Grundlage statistischer Daten nicht möglich. Für diese Sektoren war es nötig, anhand von Expertenurteilen des DIW grob abzuschätzen, welcher Anteil der Umweltschutzdienstleistungsbeschäftigten dem Klimaschutz zugerechnet werden kann.

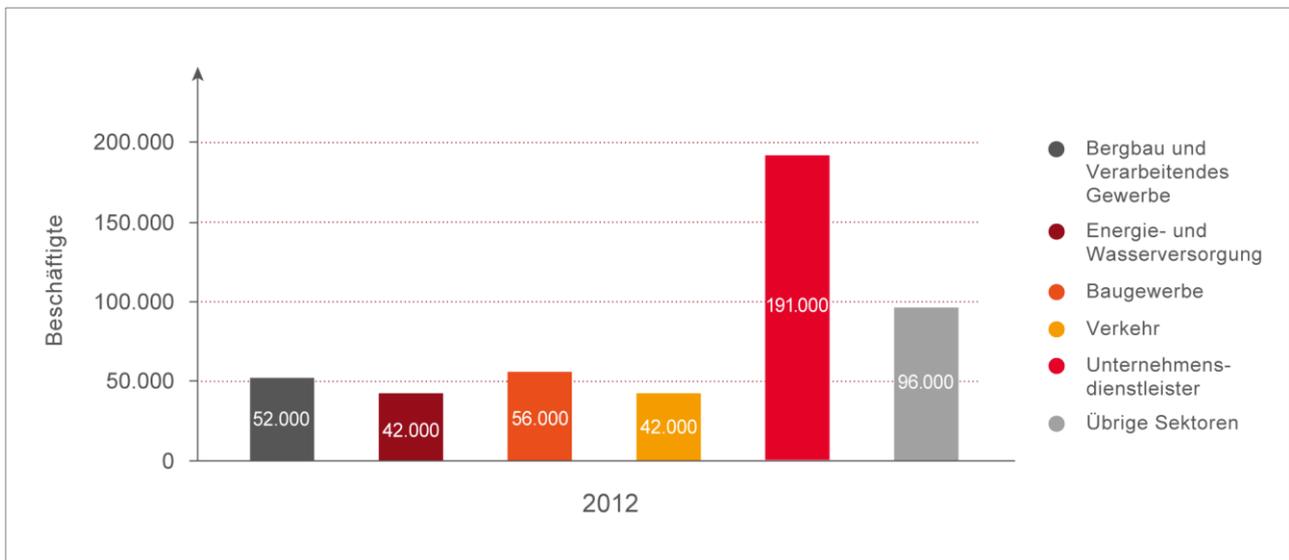
Insgesamt ergibt sich dann eine Zahl von rund 480.000 Beschäftigten durch Klimaschutzdienstleistungen, das ist gut ein Drittel der Umweltschutzdienstleistungsbeschäftigten (Abbildung 2). Der Sektor mit den meisten Klimaschutzdienstleistungsbeschäftigten sind die Unternehmensdienstleister (gut 190.000 Personen). Dabei handelt es sich z.B. um Architekten oder Ingenieure, die Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien planen. Auch im Baugewerbe und im verarbeitenden Gewerbe erbringen viele Beschäftigte Dienstleistungen, die dem Klimaschutz dienen (56.000 bzw. 52.000 Personen). Hier-

³ Die Ermittlung der indirekten Beschäftigung setzt einen nachfrageorientierten Schätzansatz voraus; methodisch kann mit Hilfe der Input-Output-Analyse eine Abschätzung der Beschäftigung in den vorgelagerten Produktionsbereichen vorgenommen werden (vgl. Blazejczak und Edler 2015a). Da die Klimaschutzwirtschaft hier mit einem angebotsorientierten, güterwirtschaftlichen Ansatz untersucht wird, kann die indirekte Beschäftigung im Rahmen der Auswertung der Produktionsstatistik hier nicht abgeleitet werden. In einem späteren Abschnitt werden auf Basis einer anderen Untersuchung quantitative Hinweise auf die indirekte Beschäftigung gegeben.

⁴ Die übrigen rund 800.000 Personen waren direkt und indirekt durch die Herstellung von Gütern für den Umweltschutz beschäftigt. Zum Anteil, der davon auf den Klimaschutz entfällt, siehe Abschnitt 3.1.2

zu gehören etwa Planer und Berater bei Bauvorhaben oder Personen, die in der Industrie eigene Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien warten. Im Verkehr gehören dazu Beschäftigte bei neuen Mobilitätsdienstleistungen wie Fahrradverleihsystemen, in der Energieversorgung die Beschäftigten, die mit der Vermarktung von Strom aus erneuerbaren Quellen befasst sind.

Abbildung 2: Beschäftigte durch klimaschutzorientierte Dienstleistungen



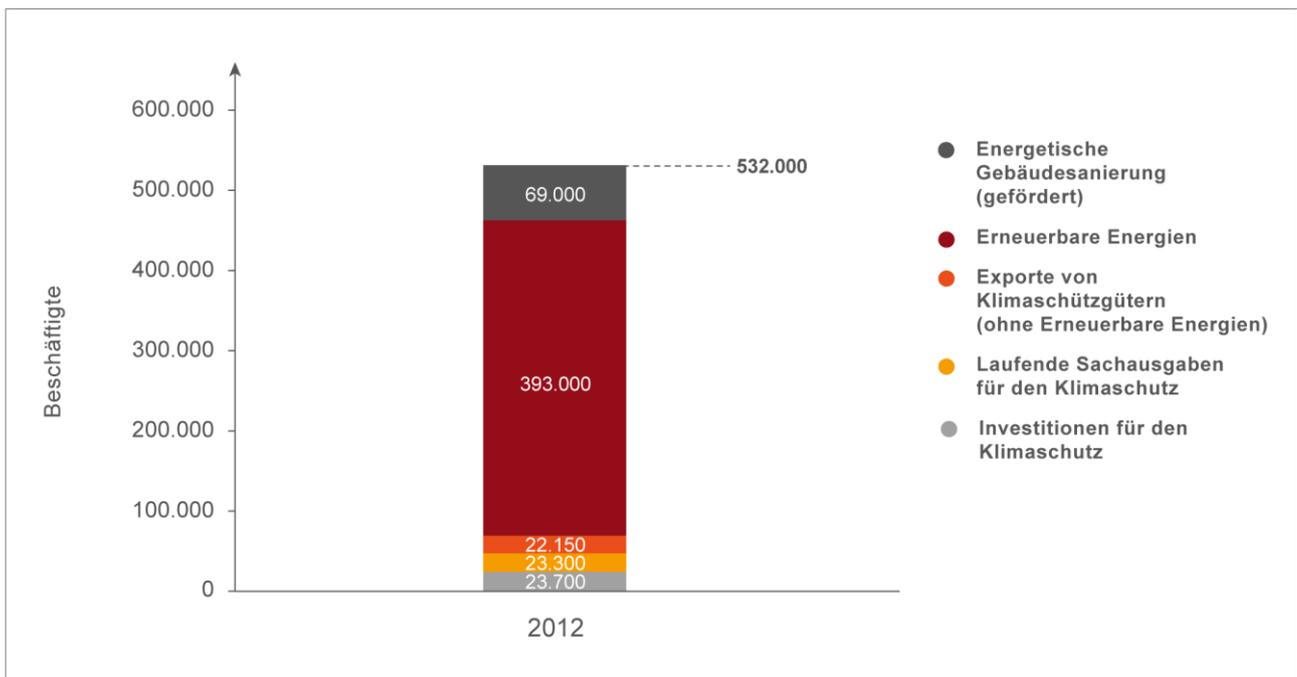
Quelle: Edler und Blazejczak 2016 und eigene Berechnungen

3.1.2 Direkte und indirekte Beschäftigung durch die Nachfrage nach Klimaschutzgütern

In den vorigen Abschnitten wurde die direkte Beschäftigung, die durch die Produktion von Klimaschutzgütern entsteht, anhand der Produktionsstatistik geschätzt. Bei der direkten Beschäftigung durch Klimaschutzdienstleistungen geschah dies auf Basis unterschiedlicher statistischer Quellen. Beides folgte methodisch einem angebotsorientierten Schätzansatz. Dabei wurde gemessen, wie hoch die Beschäftigung in solchen Unternehmen ist, die Klimaschutzgüter und -dienstleistungen unmittelbar anbieten (direkte Beschäftigung). Will man darüber hinaus wissen, wie viele Beschäftigte in vorgelegten Bereichen arbeiten, die Güter und Dienstleistungen herstellen, die dann als Vorleistungen in die eigentliche Produktion der Klimaschutzgüter und -dienstleistungen einfließen (indirekte Beschäftigung), so erfordert dies einen nachfrageorientierten Schätzansatz. Ausgangspunkt dafür ist die Endnachfrage nach Klimaschutzgütern und -dienstleistungen, die im Inland wirksam ist. Methodisch wird hier – mit Hilfe der Input-Output-Analyse – die gesamte Beschäftigung (direkt und indirekt) abgeschätzt (vgl. Blazejczak und Edler 2015a).

Da kein umfassendes Bild existiert, das die im Inland wirksame Endnachfrage nach Klimaschutzgütern und -dienstleistungen darstellt, wird an dieser Stelle versucht, anhand einer vorliegenden Untersuchung zu den Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes (Edler und Blazejczak 2016) die Klimaschutzbeschäftigten nach dem nachfrageorientierten Ansatz für das Berichtsjahr 2012 grob abzuschätzen. Hierzu wurden auf Grund vorliegender Informationen, die sich vorwiegend aus amtlichen Statistiken ergeben und teilweise auf eigenen Annahmen beruhen, von Experten des DIW Anteilsschätzungen vorgenommen, um aus den gesamten Umweltschutzbeschäftigten jene abzuleiten, die dem Klimaschutz zuzurechnen sind.

Abbildung 3: Beschäftigte durch die Nachfrage nach Klimaschutzgütern im Jahr 2012



Quelle: Berechnungen des DIW Berlin

Nach diesem Schätzansatz ergibt sich für das Jahr 2012 eine Klimaschutzbeschäftigung von 532.000 Personen, die durch die Nachfrage nach Klimaschutzgütern aus dem In- und Ausland ausgelöst wurde. Der bei weitem größte Teil der Beschäftigten (393.000 Personen) ist auf den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland (einschließlich dem Export von Erneuerbare-Energien-Anlagen) zurückzuführen. Rund 69.000 Personen arbeiten im Rahmen der energetischen Gebäudesanierung für den Klimaschutz; hier ließen sich jedoch nur diejenigen Aktivitäten berücksichtigen, die durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) gefördert wurden. Auf die drei anderen Nachfragebereiche (Investitionen für den Klimaschutz, laufende Sachausgaben für den Klimaschutz, Exporte von Klimaschutzgütern ohne Erneuerbare-Energien Anlagen) entfielen jeweils reichlich 20.000 Beschäftigte.

In der Untersuchung zu den Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes (Edler und Blazejczak 2016) werden Doppelzählungen – so weit wie möglich – vermieden. Deshalb sind die Schätzungen zu den Beschäftigten durch die Nachfrage nach Klimaschutzgütern und durch die Erbringung von Klimaschutzdienstleistungen (Abschnitt 3.1.1) addierbar. Insgesamt ergeben sich damit für 2012 rund eine Million direkt und indirekt Beschäftigter für den Klimaschutz. Gemessen an der Gesamtbeschäftigung der Volkswirtschaft im Jahr 2012 von rund 42 Mio. Personen macht das einen Anteil von 2,4 Prozent aus.

3.2 Nettobeschäftigungswirkungen

In der Diskussion um Umweltschutz- oder Klimaschutzbeschäftigte wird häufig gefordert, den Abschätzungen für die Zahl der Personen, die in den Umwelt- oder Klimaschutzbranchen beschäftigt sind, eine Abschätzung gegenüberzustellen, die darlegt, wie viele Arbeitsplätze in anderen Branchen weggefallen sind. Auf diese Weise soll der Bruttoabschätzung, die in den vorhergehenden Kapiteln geleistet wurde, eine Nettoabrechnung gegenübergestellt werden. Besonders häufig erfolgt diese Forderung im Zusammenhang mit dem Ausbau erneuerbarer Energien (zum Beispiel Andor et al. 2015).

Das Bedürfnis nach Nettoabrechnungen lässt sich am ehesten auf Basis verschiedener Szenarien bedienen. Ein Szenario, das Klimaschutzmaßnahmen enthält, wird dabei einem Szenario ohne Klimaschutzmaßnahmen gegenübergestellt. Durch den Vergleich von Größen wie dem Bruttoinlandspro-

dukt oder der Beschäftigung ist es sodann möglich, auf die Vorteilhaftigkeit eines Szenarios zu schließen. Diese Vorgehensweise erfolgt überwiegend, wenn es darum geht, künftig zu erwartende Effekte zu analysieren. Ein Szenario kann die Gegenwart nach aktueller Kenntnis fortschreiben. Zugleich kann es andere Entwicklungen, die alternative oder auch kontrafaktische Entwicklungen abbilden, aufzeigen.

Die folgenden Abschnitte fassen die Ergebnisse von zwei bereits vorliegenden Untersuchungen zusammen. Diese befassen sich eingehend mit Nettowirkungen verschiedener energiepolitischer Maßnahmen. Da der Fokus der vorliegenden Untersuchung auf der Analyse des Status Quo liegt, wird zunächst eine Untersuchung vorgestellt, die sich mit den Auswirkungen von politischen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz befasst und den Weg der Ex-Post-Analyse geht. Bezüglich des Ausbaus der erneuerbaren Energien liegen Ex-Ante-Simulationen vor. Ziel der beiden nachfolgenden Abschnitte ist es, kurz zu illustrieren, worauf bei derartigen Analysen zu achten ist und welche Ergebnisse typisch sind. Ausführliche eigene Modellrechnungen werden in den beiden anderen Studien des Vorhabens vorgestellt.⁵

3.2.1 Energieeffizienz

Die GWS hat in mehreren Studien (Lehr et al. 2012; Lehr et al. 2013) die gesamtwirtschaftlichen Effekte energie- und klimapolitischer Maßnahmen, die seit 1995 erfolgten, abgeschätzt. Der dort entwickelte Ansatz zur Ex-Post-Abschätzung der Auswirkungen von Effizienzmaßnahmen wurde genutzt, um 2014 und 2015 einen Beitrag zum Monitoring der Energiewende zu erstellen.

Da Steigerungen der Energieeffizienz politikgetrieben sowie autonom stattfinden, muss man die politikgetriebene Effizienzsteigerung von der autonomen trennen, um die entsprechenden politischen Maßnahmen bewerten zu können. Letztere lässt sich etwa durch den allgemeinen technischen Fortschritt oder durch langfristige Veränderungen bei den Energiepreisen erklären. Erstere ist hingegen mit politisch gesetzten Anreizen, wie Grenzwerten oder finanziellen Förderprogrammen, verbunden. Die Berechnungen beruhen auf dem zweiten Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan NEEAP.⁶

In den erwähnten Untersuchungen werden drei Szenarien verglichen:

- ▶ eines ganz ohne Energieeffizienz (S1: Null-Energieeffizienz),
- ▶ eines ohne den politikgetriebenen Teil der Energieeffizienz (S2: Null-Effizienzpolitik)
- ▶ und eines, das die Entwicklung bei der derzeitigen Politik (IST) inklusive der autonomen Entwicklung beschreibt.

Für die Jahre 2010 bis 2014 zeigt die Analyse folgende Nettowirkungen im Szenarienvergleich auf das Bruttoinlandsprodukt (BIP): Im Szenario IST liegt das BIP in den Jahren 2010 bis 2014 in einer Größenordnung von 30,6 Mrd. Euro (2010) bis 36,3 Mrd. Euro (2012) höher als im Szenario Null-Energieeffizienz. Dabei spielen sowohl die Verminderung von Importen als auch die zusätzlichen Aktivitäten in der Gebäudesanierung, im Ausbau effizienter Geräte und Maschinen sowie die Energieeinsparung selbst und die Verwendung der durch die Energieeinsparung höheren Budgets eine Rolle.

⁵ Vgl. Wirtschaftliche Chancen durch Klimaschutz (II) – Die wachsenden Weltmärkte für Klimaschutzgüter und –dienstleistungen sowie Wirtschaftliche Chancen durch Klimaschutz (III) – Gesamtwirtschaftliche Effekte einer investitionsorientierten Klimaschutzpolitik.

⁶ Inzwischen liegen mit dem dritten NEEAP (BMWi 2014a) neue Daten zum Endenergieverbrauch sowie zu den Einsparmöglichkeiten vor. Beide Fassungen enthalten ein Ex-Post-Monitoring. Dieses differenziert zwischen der Energieeinsparung, die auf Maßnahmen beruht, und der Energieeinsparung insgesamt. Der Ausgangspunkt der hier vorgestellten Studien ist der zweite NEEAP.

Ungefähr die Hälfte davon entfällt auf die politischen Maßnahmen im Szenario IST. Hauptanteil daran haben der Gebäudebereich sowie die Ökologische Steuerreform der Jahre 1999 bis 2003 (vgl. Lehr et al. 2013).

Wegen Überschneidungen addieren sich die Einzeleffekte nicht auf eins. Der größte Effekt im Szenario S2 wird durch die Kosten der vermiedenen fossilen Brennstoffimporte ausgelöst.

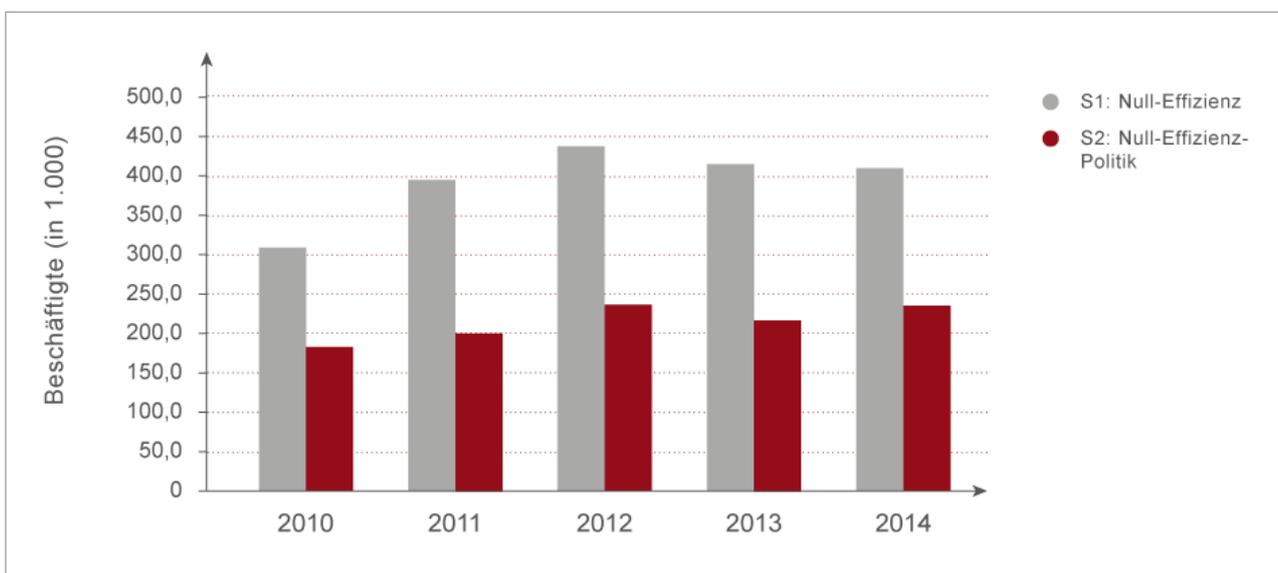
Die gesamtwirtschaftlichen Zusammenhänge und Interdependenzen prägen dabei das Gesamtbild deutlich. Sinken die Preise für fossile Energieträger, ist die Geldersparnis durch den Effizienzgewinn geringer. Dadurch ist der positive gesamtwirtschaftliche Effekt niedriger. Zugleich sinkt der Anreiz, Effizienzmaßnahmen zu unternehmen, d.h. neu in effiziente Anlagen zu investieren. Dies erklärt mit, weshalb die Effekte in den Jahren 2013 und 2014 niedriger ausfallen als in 2012.

Für die Jahre 2010 bis 2014 zeigt die Analyse im Szenarienvergleich folgende Nettowirkungen auf die Beschäftigung.

- Bei den Beschäftigten liegt der Effekt allein durch die Maßnahmen im Bereich Gebäude und Anlagen bei rund plus 80.000 pro Jahr.
- Noch höher ist der Beitrag der Ökologischen Steuerreform mit über 100.000 zusätzlichen Beschäftigten (vgl. Lehr et al. 2013). Die übrigen Maßnahmen spielen nur eine untergeordnete Rolle für die Beschäftigungswirkungen.

Die autonomen Energieeinsparungen tragen zusätzlich etwa 50 Prozent zum gesamten Effekt bei der Beschäftigung bei. Diese erhöht sich – vor allem wegen der steigenden Energiepreise – zwischen 2010 und 2012 von gut 300.000 auf deutlich über 400.000 (bis 435.000) gegenüber einer kontrafaktischen Welt, die gar nicht effizienter geworden wäre.

Abbildung 4: Auswirkungen auf die Beschäftigung – Szenario IST im Vergleich zu den Szenarien S1 und S2

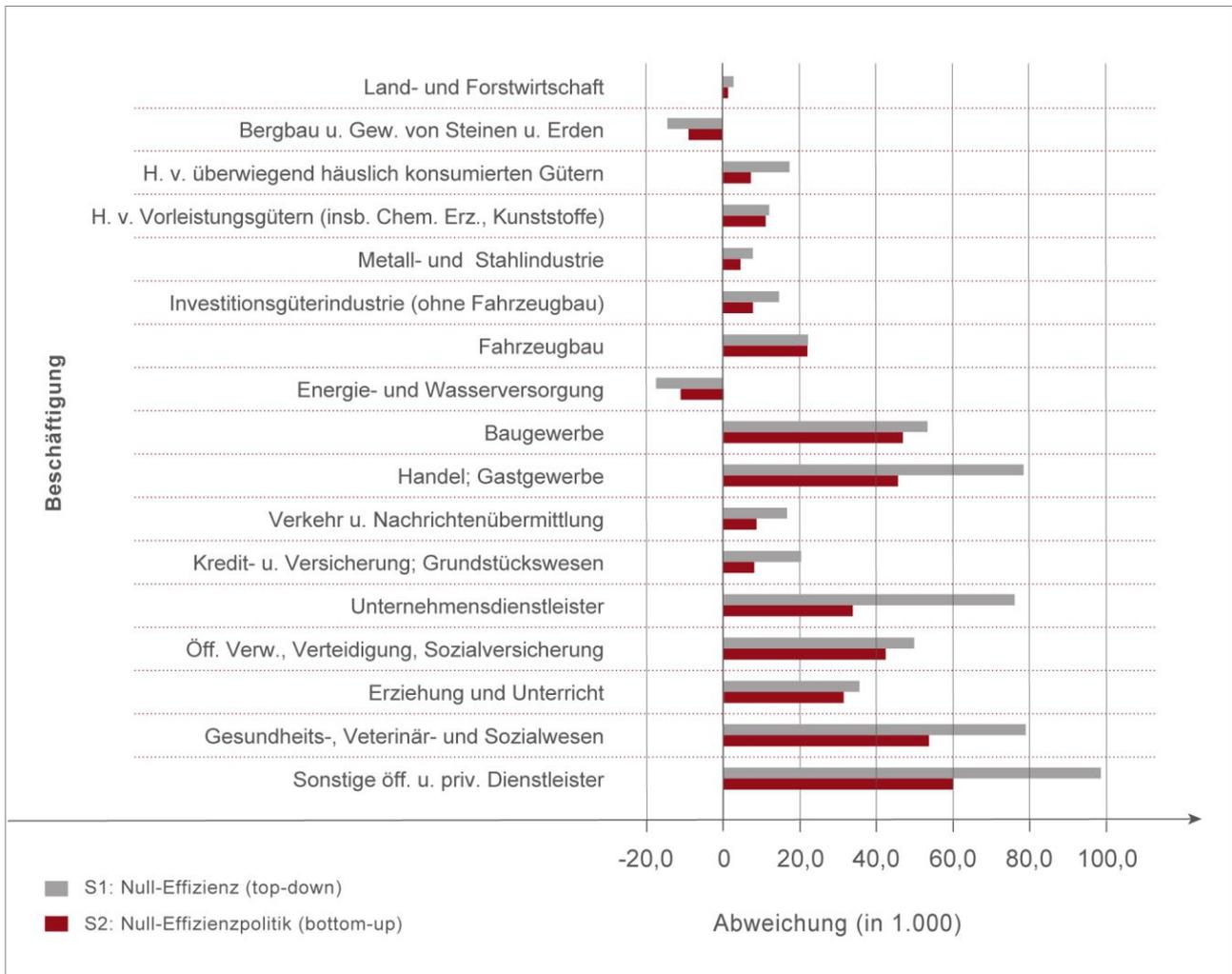


Quelle: Berechnungen der GWS

Selbst wenn die Makroindikatoren positiv abschneiden, kann es auf der sektoralen Ebene Gewinner und Verlierer geben. Daher lohnt sich ein Blick auf die Veränderung der Beschäftigung auf der Ebene der Wirtschaftszweige. Abbildung 4 gibt einen Überblick über die entsprechenden Nettobeschäftigungseffekte. Es zeigt sich, dass die meisten Wirtschaftszweige zu den Gewinnern gehören und mehr Beschäftigte brauchen, um die zusätzliche Nachfrage nach Effizienzgütern und Dienstleistungen zu decken.

Sinkt durch höhere Effizienz die Nachfrage nach Energie, verringern sich Produktion und Umsätze der Energiewirtschaft. Daher arbeiten hier im IST-Szenario weniger Menschen als in den beiden Vergleichsszenarien. Die Beschäftigung im Bergbau bewegt sich entsprechend.

Abbildung 5: Auswirkungen auf die Beschäftigung nach Wirtschaftszweigen - Szenario IST im Vergleich zu den Szenarien S1 und S2 (2014)



Quelle: Berechnungen der GWS

Die roten Balken (IST im Vergleich zu S2) verdeutlichen die Mehr- oder Minderbeschäftigung, die durch politik-induzierte Effizienzmaßnahmen entsteht. So entstanden mehr als die Hälfte aller zusätzlichen Jobs bei den Unternehmensdienstleistern durch Beratungsprogramme, Planung und Projektierung und weitere Maßnahmen.

Zentrale Ursache für die großen Impulse bei der Primärenergieeinsparung waren – laut Monitoring im NEEAP (2014) – die Energiesteuer, die Stromsteuer und die EEG-Umlage (BMWi 2014a). Von der Entlastung des Faktors Arbeit durch die Ökosteuer profitieren alle Sektoren; sie erhalten einen positiven Beschäftigungsimpuls. Die sektorale Ausdifferenzierung vor allem im produzierenden Gewerbe hingegen ist auf die Effizienzaktivitäten einzelner Sektoren sowie auf politische Maßnahmen zurückzuführen. So wird der Bausektor speziell von Maßnahmen im Gebäudebereich begünstigt, die Dienstleistungen u.a. von zusätzlichem Einsatz von Energieberatern oder Planungsstellen in der öffentlichen Verwaltung etc..

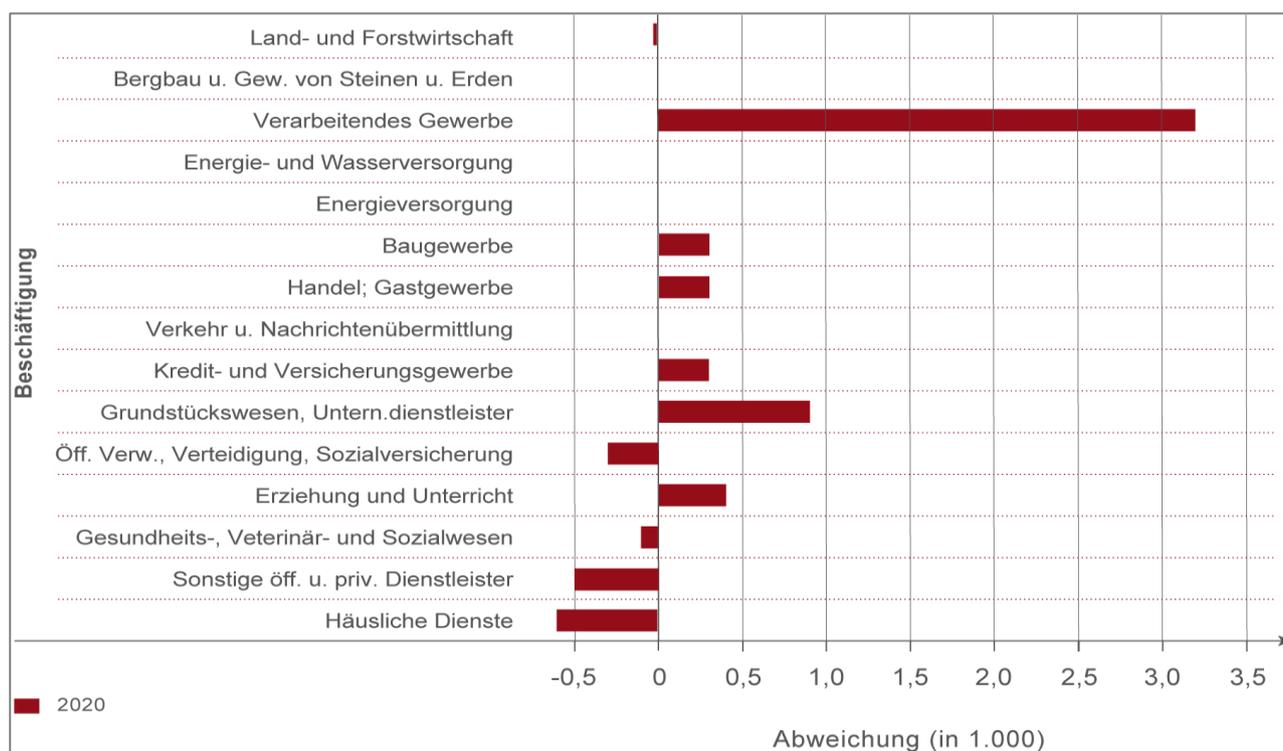
3.2.2 Ausbau der erneuerbaren Energien

Zum Ausbau der erneuerbaren Energien gibt es vor allem Abschätzungen, die sich – wie eingangs erläutert – auf die künftigen Nettowirkungen beziehen. Die Ergebnisse einer Untersuchungsreihe, für das BMU (Staiß et al. 2006, Lehr et al. 2007, 2011) und später das BMWi (Lehr et al. 2015) werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

Die Ermittlung der Nettoeffekte einer Maßnahme basiert auf dem Vergleich von Szenarien, von denen eines die Maßnahme nicht enthält. In Lehr et al. (2006, 2007) wurde dem geplanten Ausbau erneuerbarer Energien ein höherer Ausbau gegenübergestellt und die Nettowirkung dieses zusätzlichen Ausbaus berechnet. Hierbei geht es um die Frage: Welche Nettoeffekte bewirkt ein zusätzlicher Ausbau erneuerbarer Energien? Lehr et al. (2011) und Lehr et al. (2015) weichen hiervon ab. Sie stellen dem geplanten Ausbau ein Szenario gegenüber, in welchem Strom- und Wärmeerzeugung komplett auf fossilen Energieträgern basieren. Die damit beantwortete Frage lautet: Wie hoch sind die Nettowirkungen des gesamten Ausbaus erneuerbarer Energien gegenüber einer fossil basierten Welt? Die Ergebnisse sind positiv, wobei der größte Impuls in die Wirtschaftszweige des verarbeitenden Gewerbes geht, denn hier sind die Hersteller und Zulieferer beispielsweise der Windindustrie angesiedelt.

In Oehlmann et al. (2017) wird der früheren Logik von Lehr et al. 2006 gefolgt und ein zusätzlicher Ausbau erneuerbarer Energien angenommen, der über die derzeitigen Ziele hinausgeht. Im verarbeitenden Gewerbe führt dieser zusätzliche Ausbau zu etwas mehr als 3.000 zusätzlichen Arbeitsplätzen, bei den Dienstleistungen immerhin zu knapp 1.000 Jobs. Die restlichen Effekte sind von ihrer Größenordnung her vernachlässigbar.

Abbildung 6: Auswirkungen auf die Beschäftigung nach Wirtschaftszweigen – Referenzszenario im Vergleich zu einem Szenario mit zusätzlichem Ausbau der Erneuerbaren Energien



Quelle: Berechnungen der GWS

4 Die deutsche Klimaschutzwirtschaft im internationalen Wettbewerb

4.1 Exporte und Welthandelsanteile der deutschen Klimaschutzwirtschaft

Um die Exporte und Welthandelsanteile der deutschen Klimaschutzwirtschaft darzustellen, wird die United Nations Commodity Trade Statistics Database (COMTRADE) ausgewertet. Sie enthält Daten des bilateralen Warenhandels für mehr als 160 Länder geordnet nach rund 5.000 Güterpositionen.⁷ Davon wurden die Güter erfasst, die in der NIW/destatis Liste potenzieller Umweltschutzgüter enthalten sind. Die NIW/destatis-Liste ist für die deutsche Produktionsstatistik definiert. Weil die Güterabgrenzung in der COMTRADE aber gröber ist als in der deutschen Produktionsstatistik, werden im Außenhandel in größerem Umfang Güter erfasst, die nicht tatsächlich zum Klimaschutz eingesetzt werden. Zudem werden bei der Analyse der Außenhandelsströme zusätzlich die in der Combined List of Environmental Goods (CLEG) enthaltenen Güter berücksichtigt, die nicht bereits in der NIW/destatis Liste enthalten sind, wie zum Beispiel Güter im Mobilitätsbereich.

Für den Klimaschutz spielen auch Dienstleistungen eine wichtige Rolle: sei es, dass sie unmittelbar zur Minderung von THG-Emissionen beitragen oder dass sie komplementär zu Waren sind, die zum Klimaschutz eingesetzt werden.⁸ Die Möglichkeiten einer statistischen Erfassung der Exporte dieser Dienstleistungen sind aber stark eingeschränkt.⁹ Das liegt zum einen an der im Vergleich zu Gütern groben Aufgliederung von Dienstleistungen in statistischen Klassifikationen, zum anderen an ihrer lückenhaften Erfassung. Auch in der für diesen Bericht ausgewerteten Quelle (COMTRADE) sind Dienstleistungen nicht berücksichtigt. Informationen zum Auslandsumsatz der Dienstleistungsbereiche mit Klimaschutzgütern und –leistungen lassen sich den Erhebungen nach dem Umweltstatistikgesetz entnehmen.¹⁰ Sie sind im Abschnitt 2.2 dieses Berichts im Zusammenhang mit dem Inlandsumsatz dargestellt und werden hier nicht berücksichtigt.

Kasten 3: Klimaschutztechnologiegüter

Im „güterwirtschaftliche Ansatz“ zur Analyse der Klimaschutzwirtschaft, der auf Güterlisten basiert, besteht das grundsätzliche Problem, dass nicht bekannt ist, ob und in welchem Umfang diese Güter tatsächlich für den Klimaschutz verwendet werden. Daher kommt in diesem Zusammenhang die Bezeichnung „potenzielle Klimaschutzgüter“ zum Einsatz. Ein Annähern an das Konzept der tatsächlich für den Klimaschutz verwendeten Güter lässt sich durch eine detailliertere Gütergliederung oder – wenn diese wie in der internationalen Handelsstatistik nicht zur Verfügung steht – durch Abschlagsfaktoren erreichen. Diesen Weg beschreiten die Veröffentlichungen des UBA zum „Wirtschaftsfaktor Umweltschutz“ (Gehrke et al. 2014).

Bei den hier vorgelegten Daten wurden Abschläge nicht vorgenommen, denn für die Analyse der Chancen, die sich bei einer forcierten Klimaschutzpolitik für die deutsche Wirtschaft im Außenhandel ergeben, kommt es nicht nur auf die Verwendung der Güter für den Klimaschutz an. Eine Stärkung der technologischen Leistungsfähigkeit und dadurch eine Verbesserung der Wettbewerbsposition lässt sich – im Zuge einer forcierten Klimaschutzpolitik – bei allen Gütern erreichen, die auf ähnlichen Technologien beruhen wie die Güter, die tatsächlich für den Klimaschutz eingesetzt werden. Sie werden hier als „Klimaschutztechnologiegüter“ bezeichnet.

Allerdings werden in den Exportdaten dann auch Güter berücksichtigt, die keinen Bezug zum Klima-

⁷ Die unterschiedlichen Erhebungsverfahren der Produktions- und Handelsstatistik lassen einen Vergleich der Werte von Produktion und Exporten nicht zu; für einzelne Güter können die ausgewiesenen Exporte die ausgewiesene Produktion sogar übersteigen (Gehrke et al. 2014, S. 31, Fn 63).

⁸ Siehe Steenblik und Geloso Grosso (2011), Kim (2011).

⁹ Siehe Blazejczak und Edler (2015b).

¹⁰ Aufgrund methodischer Unterschiede sind sie mit der Ausfuhr von Klimaschutzgütern nicht vergleichbar.

Kasten 3: Klimaschutztechnologiegüter

schutz haben. So enthält die NIW/destatis-Liste die Position 2521 12 007 nach der Güterklassifikation für die Produktionsstatistik (GP 2009) „Zentralheizungskessel für die Warmwasser- und Niederdruckdampferzeugung mit anderer (als Gas- oder Öl-) Beheizung“. Die Positionen der Außenhandelsstatistik mit der nächsten Entsprechung sind Steam or other vapour generating watertube boilers (HS2007 840211 und 840212) und Central heating boilers (HS2007 840310), dabei wird nicht nach dem eingesetzten Brennstoff unterschieden.

Die Klimaschutztechnologiegüter als Teilmenge der durch die NIW/destatis-Liste und CLEG definierten Umweltschutzgüter werden folgendermaßen bestimmt: Gemäß der NIW/destatis-Liste fallen darunter zunächst diejenigen Produkte, die dem Klimaschutz im engeren Sinne (Core-Klimaschutzbereiche) dienen. Dazu gehören die Bereiche „Erneuerbare Energien“, „Rationelle Energieverwendung“ und „Rationelle Energieumwandlung“. Hinzu kommen solche Güter, die für weitere klimarelevante Umweltschutzbereiche eingesetzt werden (Non-core-Klimaschutzbereiche). Sie betreffen die „Luftreinhaltung“ sowie die „Mess-, Steuer- und Regeltechnik“. Aus der CLEG werden die Güterpositionen aus den Bereichen „Erneuerbare-Energien-Anlagen“ sowie „Wärme- und Energiemanagement“ als Klimaschutzbereiche im engeren Sinne (Core-Klimaschutzbereiche) hinzugenommen. Die Bereiche „Luftreinhaltung“, „Mess-, Steuer- und Regeltechnik“ sowie „Umweltfreundlichere Technologien“ sind als Querschnittstechnologien oder als Technologien, die zum Klimaschutz beitragen, ebenfalls klimaschutzrelevant (Non-core-Klimaschutzbereiche). Dabei wird die CLEG um Güterpositionen, die sich bereits in der NIW/destatis-Liste finden, bereinigt.

Das UBA veröffentlicht im Rahmen der Untersuchungen zum Wirtschaftsfaktor Umweltschutz Daten zu den Exporten von potenziellen Klimaschutzgütern (Gehrke und Schasse 2015). Diesen Daten liegt die NIW/destatis-Liste zugrunde. Dabei werden die einschlägigen Positionen dieser Liste auf die 6-Steller-Ebene der HS2007 umgesetzt; zur Annäherung an das Konzept der tatsächlich für den Klimaschutz eingesetzten Güter werden dann Abschläge von den so ermittelten Exportdaten vorgenommen. Bei den hier ausgewiesenen Exportdaten werden Abschläge nicht vorgenommen. Außerdem wird die NIW/destatis-Liste um die Güterpositionen erweitert, die in der CLEG zusätzlich enthalten sind.

Tabelle 3 stellt die Exporte von potenziellen Klimaschutzgütern entsprechend Wirtschaftsfaktor Umweltschutz den Exporten nach dem Konzept der Klimaschutztechnologiegüter der vorliegenden Studie gegenüber. Es zeigt sich, dass die Unterschiede zum größeren Teil auf die Berücksichtigung zusätzlicher Güterpositionen zurückgehen und zum kleineren Teil darauf, dass Abschläge nicht vorgenommen werden; Ausnahmen bilden dabei die Bereiche Energieeffizienz und umweltfreundlichere Technologien.

Tabelle 3: Vergleich der Exporte von potenziellen Klimaschutzgütern und von Klimaschutztechnologiegütern

	Exporte 2013, Mrd. Euro	Potenzielle Klimaschutzgüter nach Wirtschaftsfaktor Umweltschutz*, °	NIW/destatis-Liste ohne Abschlüsse**	Implizierte Abschlüsse	Klimaschutztechnologiegüter	Zusätzliche Güterpositionen	Anzahl zusätzlicher Güterpositionen
Klimaschutzbereiche (Core)	19,2		27,5	8,3	52,3	24,8	39
Erneuerbare Energien	9,3		12,8	3,5	34,3	21,5	28
Energieeffizienz	7,0		10,8	3,8	14,1	3,3	11
Energieumwandlung	2,9		3,9	1,0	3,9	0,0	0
Weitere klimaschutz-relevante Bereiche (Non-core)	12,1		26,8	14,7	49,1	22,3	77
Luftreinhaltung	3,9		7,9	4,0	15,0	7,1	9
Mess-, Steuer-, Regeltechnik	8,2		18,9	10,7	26,6	7,7	21
Umweltfreundlichere Technologien	0,0		0,0	0,0	7,5	7,5	47
Klimaschutzbereiche (Core und Non-core)	31,3		54,3	23,0	101,4	47,1	116

° Die Bezeichnungen der Klimaschutzbereiche lauten: Erneuerbare Energiequellen, Rationelle Energieverwendung, Rationelle Energieumwandlung, Luft, MSR.

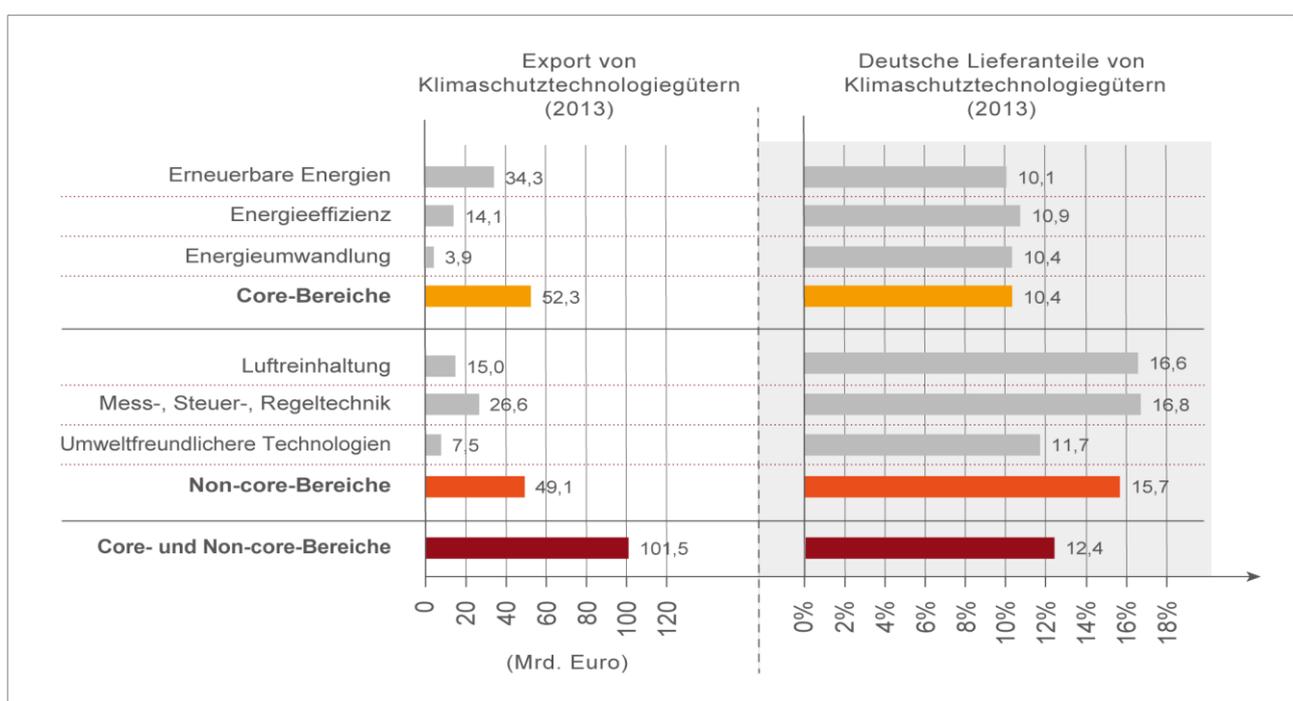
* Gehrke und Schasse (2015), S. 51.

** Blazejczak und Edler (2015b), S. 57

In den folgenden Absätzen werden zuerst die deutschen Exporte mit Klimaschutztechnologiegütern nach Klimaschutzbereichen aufgeschlüsselt. Anschließend wird das gesamte Welthandelsvolumen der einzelnen Klimaschutzbereiche vorgestellt. Aus den Importen Deutschlands und den Importen aus allen Lieferländern der einzelnen Zielländer und Zielregionen werden die deutschen Lieferanteile abgeleitet. Die Lieferanteile werden sowohl nach Klimaschutzbereichen als auch nach Zielländern und Zielregionen aufgeschlüsselt. Abschließend werden die zeitliche Entwicklung der deutschen Exporte, des Welthandels und der deutschen Lieferanteile diskutiert.

Im Jahr 2013 exportierte Deutschland Klimaschutztechnologiegüter (Kasten 3) im Umfang von gut 100 Mrd. Euro (Abbildung 7). Das waren 9,4 Prozent aller Warenexporte in diesem Jahr. Gut die Hälfte des Exports an Klimaschutzgütern entfiel auf Core-Bereiche, knapp die Hälfte auf Non-core-Bereiche. In den Core-Bereichen hatten die erneuerbaren Energien mit 34,3 Mrd. Euro den größten Anteil. An zweiter Stelle folgt der Bereich „Energieeffizienz“ mit 14,1 Mrd. Euro. Im Bereich „Energieumwandlung“ wurden Waren im Wert von 3,9 Mrd. Euro exportiert. In den Non-core-Bereichen war die Mess-, Steuer- und Regeltechnik mit 26,6 Mrd. Euro am bedeutendsten, gefolgt von der Luftreinhaltung (15 Mrd. Euro) sowie den umweltfreundlicheren Technologien (7,5 Mrd. Euro).

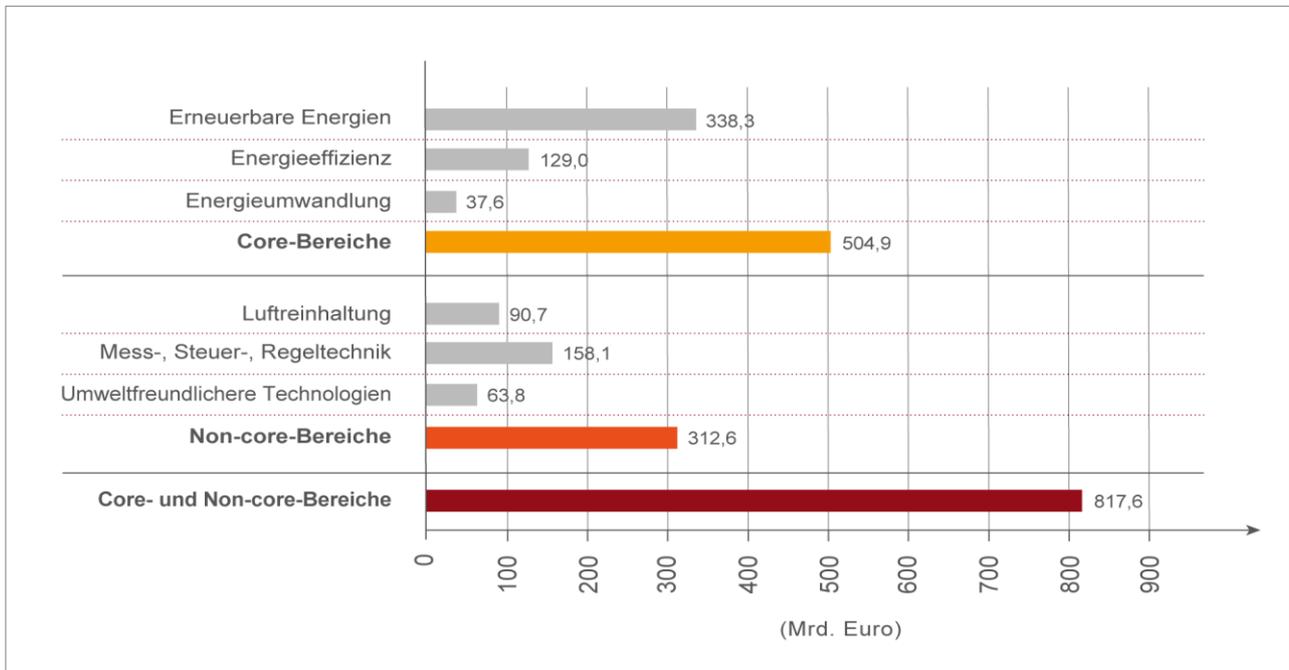
Abbildung 7: Exporte und deutsche Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Klimaschutzbereichen



Quelle: COMTRADE und Berechnungen des DIW Berlin

Im Vergleich dazu entfällt der größte Teil (rund 338 Mrd. Euro) der weltweiten Importnachfrage auf den Bereich „Erneuerbare Energien“. Weitere bedeutende Märkte sind die Energieeffizienz-Technologien (129 Mrd. Euro) sowie die Mess-, Steuer- und Regeltechnik (rund 158 Mrd. Euro) (Abbildung 8).

Abbildung 8: Welthandel mit Klimaschutztechnologiegütern nach Klimaschutzbereichen 2013



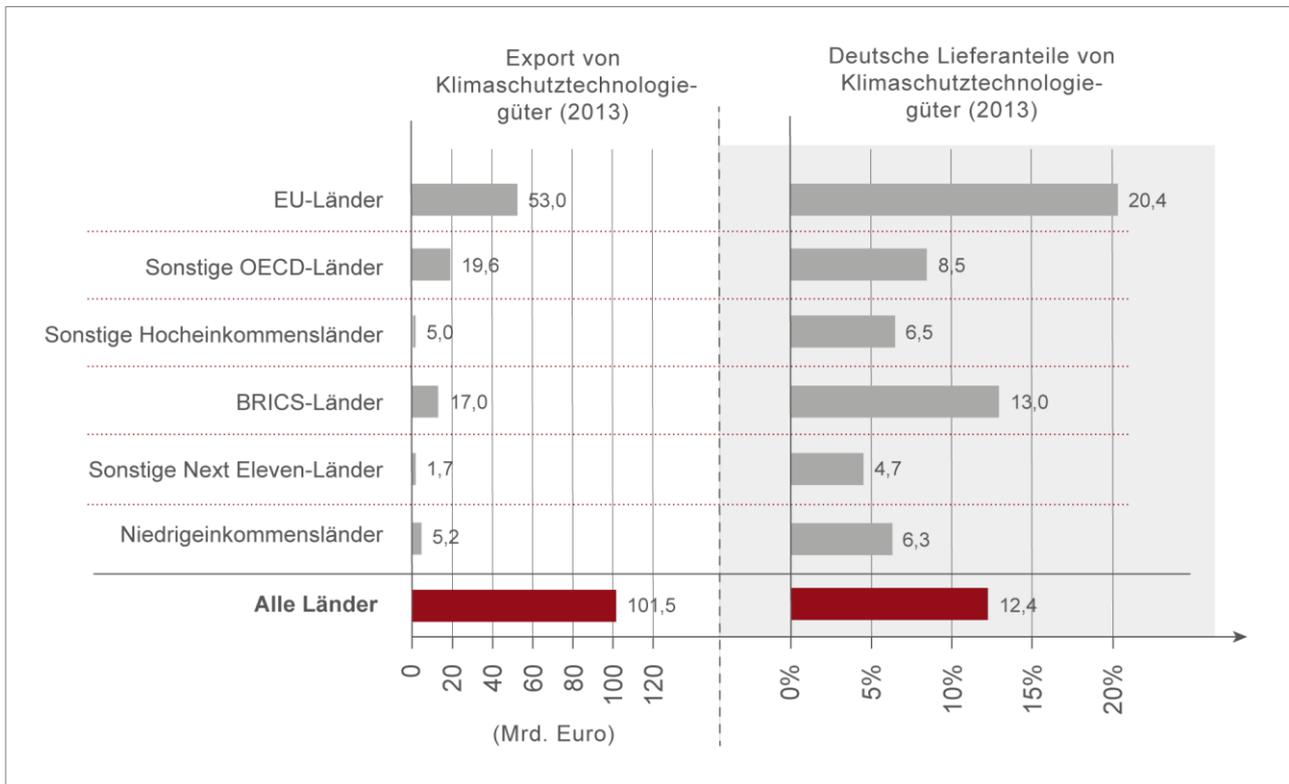
Quelle: COMTRADE und Berechnungen des DIW Berlin

Im Durchschnitt aller Zielländer betrug der deutsche Lieferanteil für alle Klimaschutzbereiche – anders ausgedrückt: der deutsche Weltmarktanteil bei Klimaschutztechnologiegütern – 12,4 Prozent (Abbildung 7). Überdurchschnittlich hoch war er mit 15,7 Prozent in den Non-core-Bereichen. Allerdings haben diese nur einen kleineren Teil am Welthandel (Abbildung 8).

Eine besonders starke Marktstellung hat Deutschland mit einem Lieferanteil von 16,8 Prozent bei der Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie mit 16,6 Prozent bei der Luftreinhaltung (Abbildung 7). In den Core-Klimaschutzbereichen beträgt der deutsche Lieferanteil insgesamt 10,4 Prozent. Im Bereich „Energieeffizienz“ ist er mit 10,9 Prozent etwas höher und im Bereich „Erneuerbarer Energien“ mit 10,1 Prozent etwas niedriger (Abbildung 7).

Die wichtigsten Absatzmärkte für die deutschen Exporte von Klimaschutztechnologiegütern waren mit 53 Mrd. Euro die EU-Länder (Abbildung 9). Weitere bedeutende Absatzmärkte für Deutschland waren die Nicht-EU-OECD-Länder (mit fast 20 Mrd. Euro) und die BRICS-Länder (mit 17 Mrd. Euro).

Abbildung 9: Exporte und deutsche Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Absatzregionen

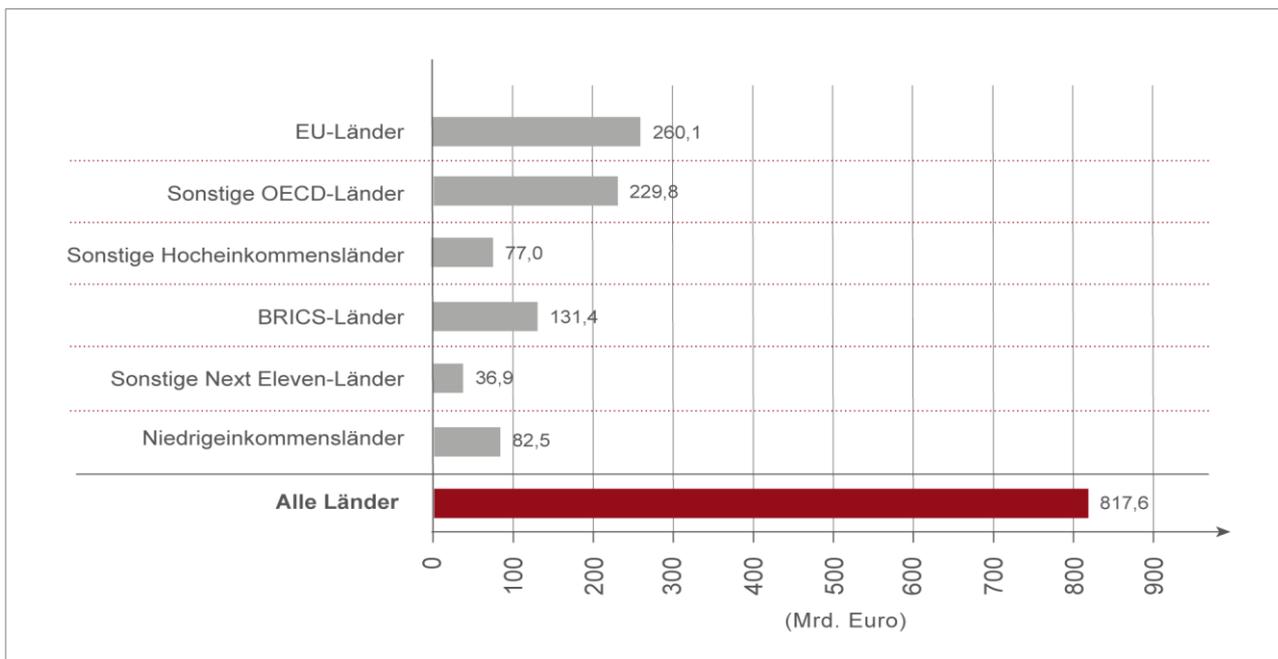


Quelle: COMTRADE und Berechnungen des DIW Berlin

Die deutschen Exporte von Klimaschutztechnologiegütern ergeben sich aus der Größe der Absatzmärkte (d.h. den Importen anderer Länder oder dem Welthandel) sowie aus den deutschen Lieferanteilen (d. h. den Anteilen deutscher Exporte an den Importen anderer Länder). Die bedeutendsten Märkte sind die EU-Länder mit einem Importvolumen von rund 260 Mrd. Euro und die Nicht-EU-OECD-Länder mit rund 230 Mrd. Euro. Hinzu kommen die BRICS-Länder mit gut 130 Mrd. Euro (Abbildung 10). Weltweit wurden im Jahr 2013 Klimaschutztechnologiegüter im Wert von insgesamt 818 Mrd. Euro importiert.

Besonders in den nachfragestarken EU-Ländern, aber auch in den BRICS-Ländern, hatte Deutschland mit Lieferanteilen von 20,4 Prozent bzw. 13 Prozent eine überdurchschnittlich starke Marktstellung (Abbildung 9) bei Klimaschutztechnologiegütern. Demgegenüber war der deutsche Lieferanteil in die Nicht-EU-OECD-Länder, die die zweithöchsten Importe aller Ländergruppen aufweisen, mit 8,5 Prozent verhältnismäßig gering.

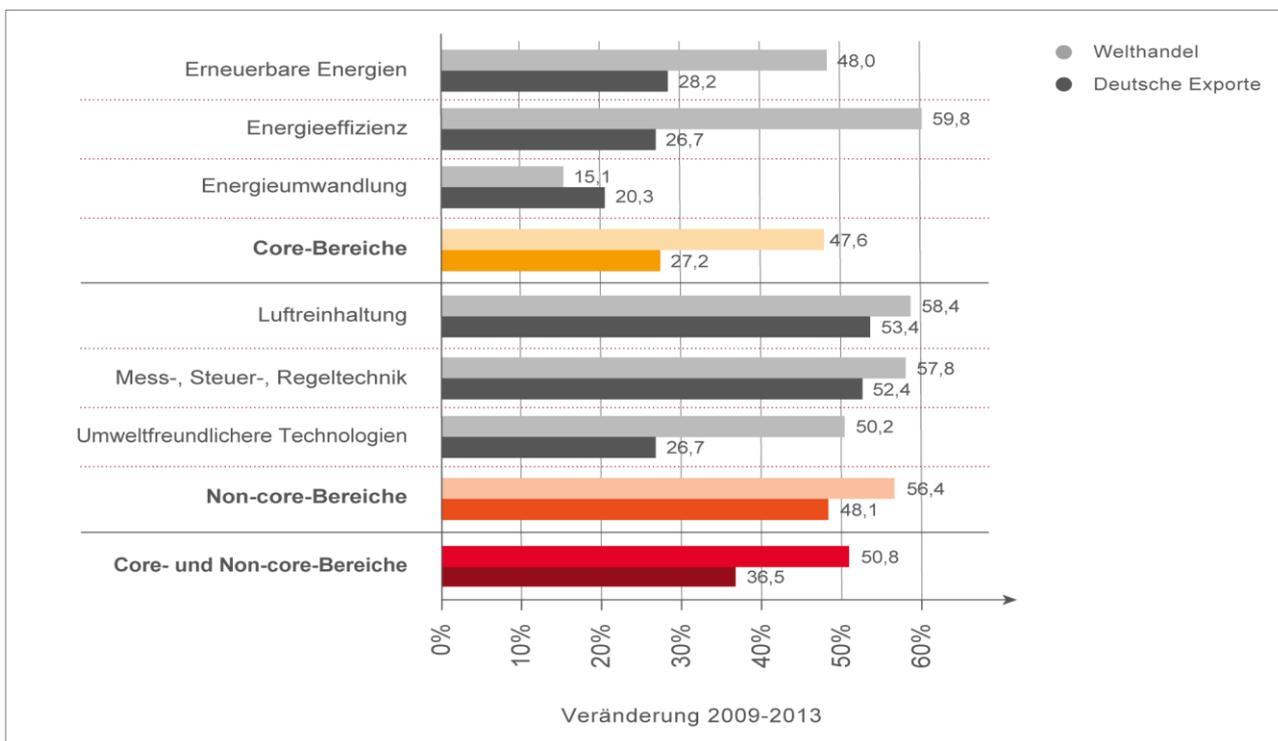
Abbildung 10: Welthandel mit Klimaschutztechnologiegütern nach Absatzregionen 2013



Quelle: COMTRADE und Berechnungen des DIW Berlin

Von 2009 bis 2013 stiegen die deutschen Exporte von Klimaschutztechnologiegütern um 36,5 Prozent. Zeitgleich wuchs der Welthandel mit diesen Gütern deutlich stärker um mehr als 50 Prozent (Abbildung 11).

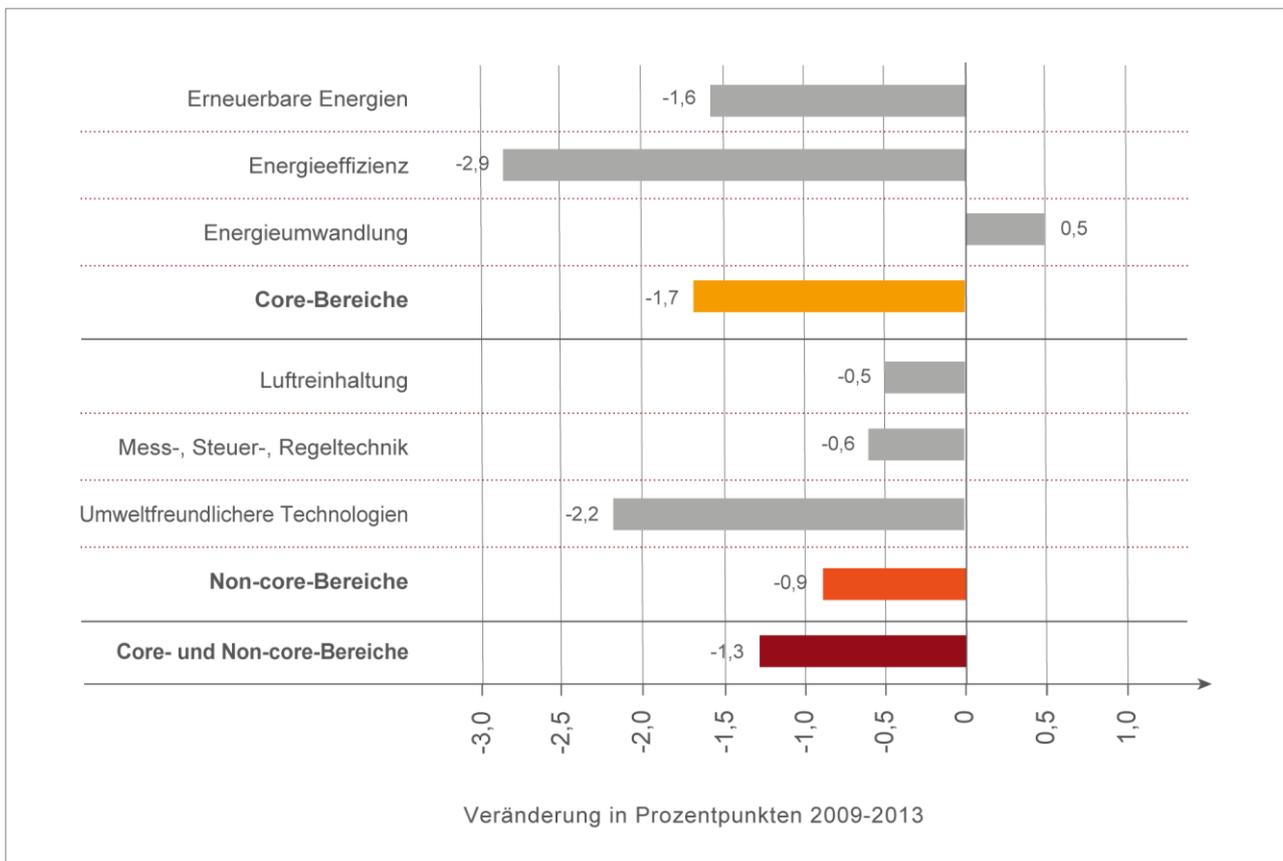
Abbildung 11: Entwicklung des Welthandels und der deutschen Exporte von Klimaschutztechnologiegütern nach Klimaschutzbereichen



Quelle: COMTRADE und Berechnungen des DIW Berlin

Der Welthandelsanteil Deutschlands sank dabei um 1,3 Prozentpunkte (Abbildung 12). Besonders stark waren die Anteilsverluste in den Bereichen „Energieeffizienz“ (-2,9 Prozentpunkte) sowie „Umweltfreundlichere Technologien“ (-2,2 Prozentpunkte). Dagegen konnten die deutschen Exporteure im Bereich „Energieumwandlung“ Marktanteile hinzugewinnen.

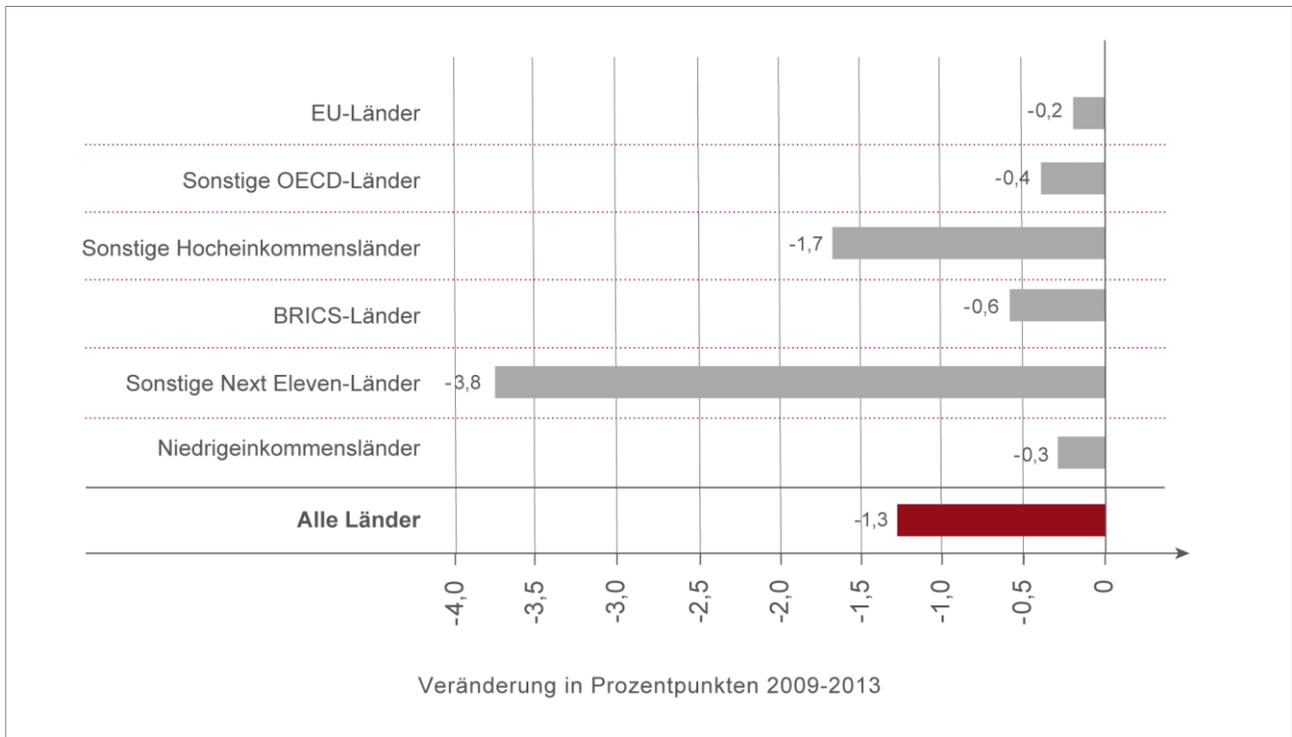
Abbildung 12: Entwicklung der deutschen Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Klimaschutzbereichen



Quelle: COMTRADE und Berechnungen des DIW Berlin

Auch bei regionaler Betrachtung erhöhte sich der deutsche Export von 2009 bis 2013 in allen Ländergruppen weniger stark als der Welthandel insgesamt. Die deutschen Lieferanteile nahmen somit ab (Abbildung 13).

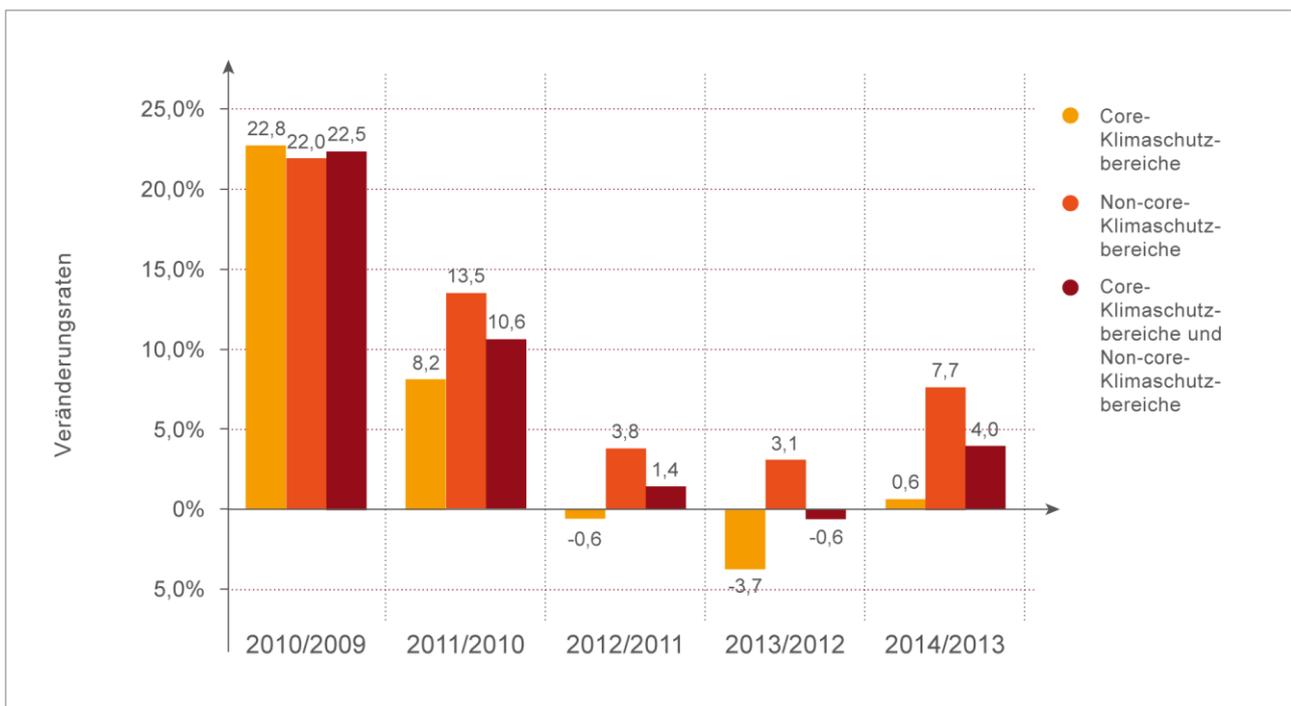
Abbildung 13: Entwicklung der deutschen Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Absatzregionen



Quelle: COMTRADE und Berechnungen des DIW Berlin

Der deutsche Export von Klimaschutztechnologiegütern im Zeitraum 2009 bis 2013 ist dadurch gekennzeichnet, dass in den ersten Jahren hohe Wachstumsraten bestehen. Zum Ende sind die Raten hingegen niedrig und sogar negativ (Abbildung 14). Vor allem in den Core-Klimaschutzbereichen sind die Exporte seit 2011 gesunken. Die anfänglich hohen Zahlen erklären sich auch durch den Aufholprozess nach der Finanz- und Wirtschaftskrise 2008. Vorläufige Zahlen für 2014 weisen darauf hin, dass die Exporte von Klimaschutztechnologiegütern zuletzt wieder zugenommen haben. Die gleichen Tendenzen zeigen sich bei den Warenexporten Deutschlands insgesamt.

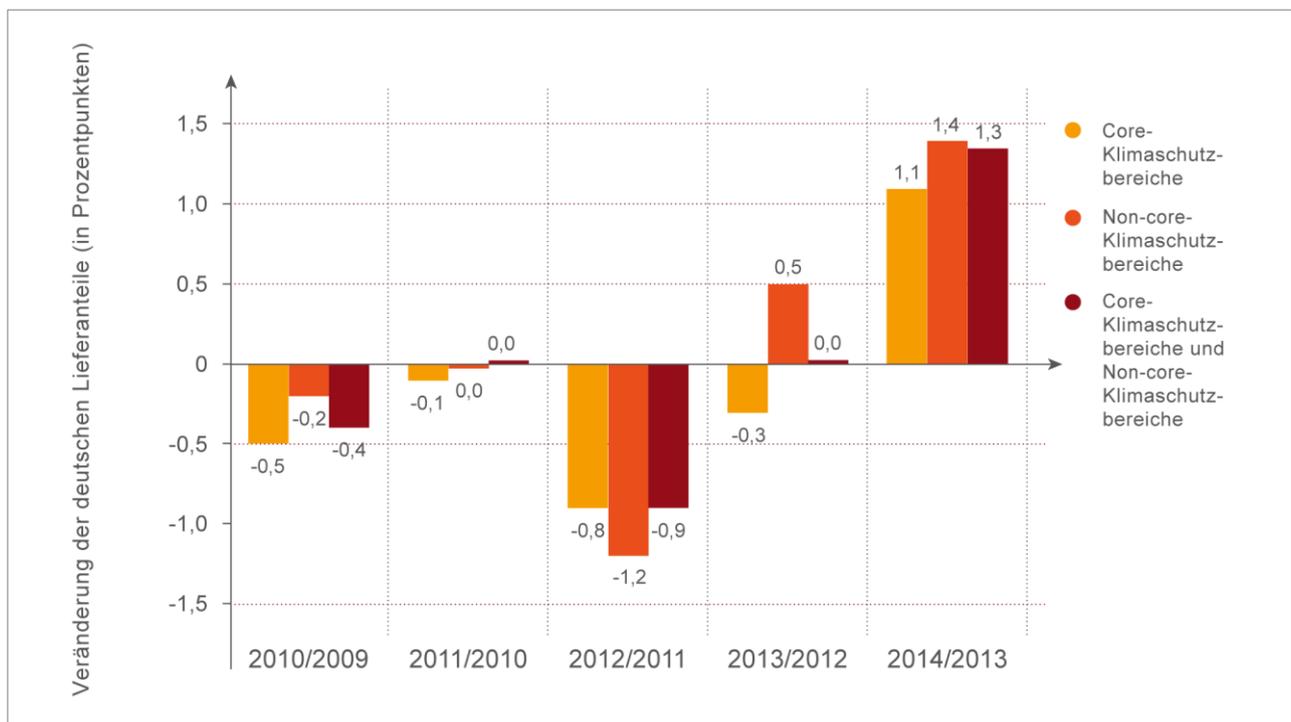
Abbildung 14: Entwicklung der deutschen Exporte von Klimaschutztechnologiegütern nach Core- und Non-core-Klimaschutzbereichen



Quelle: COMTRADE und Berechnungen des DIW Berlin

In der Veränderung der Welthandelsanteile Deutschlands spiegelt sich die Entwicklung der deutschen Lieferungen relativ zu den gesamten Importen der Partnerländer wider (Abbildung 15). Bis 2012 sanken die deutschen Lieferanteile. Die deutschen Lieferungen sind somit weniger stark gestiegen oder stärker zurückgegangen als die Importe der Partnerländer. Aktuell zeichnet sich ein Wiederanstieg der deutschen Lieferanteile ab.

Abbildung 15: Entwicklung der deutschen Lieferanteile von Klimaschutztechnologiegütern nach Core- und Non-core-Klimaschutzbereichen



Quelle: COMTRADE und Berechnungen des DIW Berlin

Die Bedeutung der einzelnen Klimaschutzbereiche und Absatzregionen für die deutschen Exporte von Klimaschutztechnologiegütern hängt sowohl von der Marktstellung deutscher Exporteure, als auch vom Volumen der weltweiten Nachfrage ab. In der jüngeren Vergangenheit konnten die deutschen Exporteure ihre Marktstellung vielfach nicht behaupten.¹¹ Umso wichtiger erscheint es für die Zukunftsausrichtung der Klimawirtschaft, die deutsche Marktstellung vor allem in den Regionen und bei den Klimaschutzbereichen zu sichern und zu verstärken, bei denen die weltweite Nachfrage voraussichtlich stark wachsen wird.

¹¹ Gehke und Schasse (2015, S. 68 ff.) stellen fest, dass die deutschen Lieferanteile von Klimaschutzgütern seit 2008 tendenziell gesunken sind. Sie weisen keine Informationen zur regionalen Struktur nach Empfängerländern der deutschen Exporte von Klimaschutzgütern aus.

4.2 Wettbewerbsvorteile durch den Transfer von Klimaschutzpolitik

Nationale Umweltschutzpolitik unterstützt die einheimische Wirtschaft durch das Anstoßen von Innovationen und die Steigerung der Nachfrage nach umweltschonenderen Technologien. Vorteile im internationalen Wettbewerb durch eine ambitionierte Umweltpolitik im eigenen Land können auch durch die Diffusion von Standards und Technologien, die auf dem einheimischen Markt bereits etabliert sind, realisiert werden (Jacob und Bär 2014).

Auf diese Weise kann der Transfer einzelner Elemente der deutschen Klimaschutzpolitik in andere Länder durch die Steigerung der ausländischen Nachfrage zu positiven wirtschaftlichen Impulsen in Deutschland führen. In welchem Maße der Transfer von Standards in der Vergangenheit zur heutigen Weltmarktstellung Deutschlands beigetragen hat, ist ohne eine detaillierte Untersuchung von einzelnen Technologien und Märkten allerdings kaum zu beurteilen. Insbesondere müssen dafür Transfers von Standards von anderen die Lieferanteile beeinflussenden Faktoren separiert werden. Im Folgenden werden daher exemplarisch Bemühungen beim Transfer von Klimaschutzpolitik vorgestellt, die sich potenziell positiv auf die deutschen Exporte ausgewirkt haben bzw. auswirken werden.

Ein Beispiel für den Transfer von Klimaschutzpolitik sind die EU-Abgasnormen für Neufahrzeuge. Sie gelten international als Vorreiter und schufen weltweit einen neuen Markt für abgasarme Fahrzeuge. In China wurden die Normen zum Beispiel seit 2000 ebenfalls eingeführt. Auch in anderen asiatischen Staaten, darunter Indien, Südkorea und Singapur basiert die Regulierung von PKW-Abgasen auf den europäischen Normen (EEA 2014). Europäische und deutsche Autoexporteure erlangten durch die Verbreitung der EU-Abgasnormen somit einen Wettbewerbsvorteil gegenüber außereuropäischen Mitbewerbern, da sie die Produkte bereits entwickelt hatten, die die jeweiligen Anforderungen erfüllten. So erhielt MAN in Brasilien einen Großauftrag für die Lieferung von 3.000 Schulbussen im Jahr 2012, nachdem Brasilien kurz zuvor eine Regelung eingeführt hatte, die der EU-Abgasnorm 5 vergleichbar ist (B4B-Wirtschaftsleben-Schwaben 2011). Die Busmotoren verfügten über eine Euro-V-Technologie, die MAN zuvor für den europäischen Markt entwickelt hatte und die hier bereits zum Einsatz gekommen war.

Die Bundesregierung setzt sich dafür ein, erfolgreiche Klimaschutzmaßnahmen und -regelungen ins Ausland zu übertragen. Ein weiteres gutes Beispiel ist die europäische Industrienorm EN 16001 für Energiemanagementsysteme und die Weiterentwicklung dieser Norm zur ISO 50001. Das BMU hat diesen Prozess aktiv begleitet. So erstellten UBA/BMU etwa im Jahr 2012 einen Leitfaden, der Unternehmen und Organisationen hilft, ein Energiemanagementsystem nach ISO 50001 einzurichten (UBA 2013b). Dieser Leitfaden wurde in diverse Sprachen übersetzt und hat nachfolgend die Anwendung der Norm weltweit deutlich gefördert. Die Norm unterstützt Unternehmen dabei, Potenziale zur Energieeinsparung zu identifizieren und auszunutzen. Auf diese Weise können sie erhebliche Effizienzvorteile generieren. Auch hier gilt wieder, dass deutsche Unternehmen, die aufbauend auf heimischen Erfahrungen nun international Produkte und Dienstleistungen anbieten, die die Umsetzung der ISO 50001 unterstützen, „First-Mover“-Vorteile erzielen können.

Deutschland spielt auch bei den Anreizsystemen für Klimatechnologien international eine Vorbildrolle. Besonders für die erfolgreiche Einführung der Einspeisevergütung für erneuerbare Energien durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) fanden sich in den letzten Jahren international vielfach Nachahmer. So haben weltweit fast 100 Staaten und Regionen in ihren nationalen Gesetzen Förderansätze übernommen, die dem EEG ähneln (AEE o.J.). Ab 2017 sollen zudem fünf Prozent der Leistung, die im Rahmen des EEG aus erneuerbaren Energien neu installiert werden, auch in anderen EU-Mitgliedstaaten gefördert werden. Man spricht dabei von einer „anteiligen Öffnung“ des EEG. Deutschland öffnet damit Förderungs Ausschreibungen für Länder, die im Gegenzug deutschen Unternehmen die Teilnahme an Ausschreibungen ermöglichen. Dieser Schritt soll dazu beitragen, die Fördermaßnahmen der EU-Mitgliedstaaten anzupassen und den Ausbau der erneuerbaren Energien in der EU voranzutreiben (BMWi 2016b). Die deutsche Klimapolitik trägt damit direkt dazu bei, auf internatio-

naler Ebene die Nachfrage nach klimafreundlicher Technologie zu erhöhen. Zugleich unterstützt sie deutsche Unternehmen, die davon profitieren können, wenn sie diese Nachfrage bedienen.

Ein weiteres Feld, auf dem Deutschland zu den internationalen Vorreitern gehört, sind politische Maßnahmen zur Förderung der Energieeffizienz im Gebäudebereich. Einer Studie des DIW zufolge hat nur Dänemark einen größeren Anteil der Empfehlungen der Internationalen Energieagentur zu Best-Practice-Maßnahmen umgesetzt (Neuhoff et al. 2014). Werden die Empfehlungen in Zukunft vermehrt auch in anderen Ländern umgesetzt, eröffnet dies deutschen Unternehmen in der Energieeffizienzbranche die Chance, von ihren vergleichsweise fortschrittlichen Produkten und Dienstleistungen zu profitieren.

Neben einer Nachfrageerhöhung führt die internationale Verbreitung von Anreizsystemen für erneuerbare Energien zu weiteren positiven Folgen. So sanken durch Skaleneffekte und technologische Innovationen – im Zuge des weltweiten PV-Ausbaus (Produktionskapazitäten und installierte Leistung) – die Technologiekosten extrem: Von 2006 bis 2014 verringerten sich die Investitionskosten von PV-Kraftwerken, die den dominierenden Kostenanteil ausmachen, um fast 75 Prozent (Fraunhofer ISE 2015).

5 Klimapolitik als Triebfeder für Innovationen

5.1 Innovation als Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit der Zukunft

Innovationen sind ein zentraler Treiber des technologischen Fortschritts einer Gesellschaft. Der technische Fortschritt gilt als ein wichtiger Faktor für das Wachstum des Pro-Kopf-Einkommens eines Landes (EEA 2014). Innovationen im Bereich Klimaschutz tragen damit positiv zur Entwicklung des Pro-Kopf-Einkommens bei.

Um die Innovationstätigkeit im Bereich Klimaschutz weiter voranzutreiben, wurden in den letzten Jahren auf EU-Ebene und in Deutschland zunehmend innovationsfördernde Instrumente eingesetzt. Dazu gehören beispielsweise die Forschungsförderung im Bereich Klimaschutz, ein Wettbewerb für Spitzencluster zwischen Forschung und Wirtschaft sowie das EEG (EEA 2014; Maier et al. 2014; BMBF 2015). Dabei werden auch soziale Innovationen gefördert, um Anstrengungen zum Klimaschutz fest in der Gesellschaft zu verankern. Insgesamt wurden in dem Bereich Energie in Deutschland in den Jahren 2007-2013 fast 3,8 Mrd. Euro öffentliche Forschungsgelder investiert, mehr als drei Mal so viel wie in jedem anderen Bereich der Umweltforschung (Gehrke et al. 2015).

Eine weitere Möglichkeit, technologische Innovationen anzustoßen, ist staatliche Regulierung. Ein Beispiel sind Vorschriften zur energetischen Effizienz von Gebäuden. Die Porter-Hypothese von 1991 bzw. 1995 besagt, dass sich Umweltregulierungen für Unternehmen auszahlen können, wenn dadurch Innovationen induziert werden, die die Wettbewerbsfähigkeit steigern, selbst wenn durch die Regulierung zunächst höhere Kosten entstehen.

5.2 Zentrale innovationsfördernde Instrumente beim Klimaschutz

Ein konsequenter Klimaschutz benötigt Fortentwicklungen und Innovationen in verschiedensten Wirtschaftsbereichen. Entsprechend vielfältig sind die Instrumente und Maßnahmen Deutschlands, die sich vor allem an Forschungsinstitute und Unternehmen richten. Ziel ist es, neue oder verbesserte Produkte und Dienstleistungen im Bereich Klimaschutz zu entwickeln (angebotsorientierte Innovationspolitik). Ein prominentes Beispiel dafür ist die Forschungsförderung. Zugleich geht es darum, die Nachfrage nach bestimmten klimafreundlicheren Produkten zu erhöhen (nachfrageorientierte Innovationspolitik). Ein Beispiel dafür ist die öffentliche Beschaffung.

Mit der Forschungsförderung verfolgt die Bundesregierung das Ziel, neue Technologien und Verfahren zu fördern, die nicht nur Nachhaltigkeit und Klimaschutz bezwecken, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands auf dem globalen Markt stärken (BMUB 2014a).

Im Bereich Energie wird die Forschung entlang der gesamten Wertschöpfungskette unterstützt: Diese umfasst u.a. die Erzeugung, den Transport und die Speicherung von Energie (BMUB 2014a). Bei der Erzeugung spielt der Bereich der erneuerbaren Energien eine zentrale Rolle: Im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ gingen allein im Jahr 2013 rund 298,1 Mio. Euro in die Forschung zu den erneuerbaren Energien. Der Großteil dieser Mittel floss dabei in die Photovoltaik. Des Weiteren wurde in Windenergie, Bioenergie und tiefe Geothermie investiert. Zusätzliche 296,6 Mio. Euro flossen in die Energieeffizienzforschung (Kahlenborn und Brüning 2015).

Dabei wird der Bereich Energie deutlich stärker mit öffentlichen Forschungsgeldern gefördert als alle anderen Bereiche der Umweltforschung. Laut der Umweltforschungsdatenbank des UBA entfielen auf den Bereich Energie 46 Prozent des Fördervolumens für Umweltforschung in den Jahren 2007-2013, mit großem Abstand gefolgt von Forschung im Bereich Schadstoffe mit 13 Prozent, Wasser- und Gewässerschutz mit 8,5 Prozent sowie allen weiteren Bereichen (Gehrke et al. 2015). Unter den forschenden Institutionen liegt im Bereich Energie die Wirtschaft mit 58,3 Prozent der Projektanteile klar vorne, gefolgt von den Hochschulen mit 24,8 Prozent und Fraunhofer Instituten mit 7,5 Prozent sowie

weiteren Forschungseinrichtungen (Gehrke et al. 2015). Insgesamt wurden in den Jahren 2007-2013 etwa 3,8 Mrd. Euro öffentliche Forschungsmittel in den Bereich Energie investiert (Gehrke et al. 2015).

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Transformationsforschung. Im Vordergrund stehen dabei Innovationen, die klimafreundliche Produktions- und Gebrauchstechnologien hervorbringen. Zugleich geht es um soziale Innovationen, die die gesellschaftliche Verbreitung dieser Technologien fördern (BMUB 2014a). Besonders das Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA) von 2014 fördert soziale Innovationen, die der Energiewende dienen (BMWi 2015a; vgl. auch Abschnitt 5.5). FONA unterstützt vor allem Projekte in den Bereichen „Zukunftsstadt“, „Green Economy“ (Wandel zu einer nachhaltigen Gesellschaft) und „Energiewende“ (BMBF 2016).

In der angewandten Forschungsförderung werden ferner Projekte im Städte- und Baubereich unterstützt. Forschungsinitiativen wie „Zukunft Bau“ sollen kleinen und mittleren Unternehmen helfen, die innovative Technologien und Produkte im Baubereich entwickeln und verbessern. „Effizienzhäuser Plus“, also Häuser, die mehr Energie produzieren als verbrauchen, sowie deren Einbindung in lokale Netze stehen hier besonders im Fokus (BMUB 2015). Insgesamt wurden im Rahmen der Forschungsinitiative in den Jahren 2006-2016 über 230 Mio. Euro investiert (BMUB o.J.).

Eine der neuesten Forschungsinitiativen der Bundesministerien für Wirtschaft und Energie sowie Bildung und Forschung ist die Initiative „Solares Bauen / Energieeffiziente Stadt“, die im April 2016 bekannt gegeben wurde. Sie soll Innovationen fördern, die die Energieeffizienz und die Integration von erneuerbaren Energien vorantreiben, um die Energiewende in Gebäuden und Städten anzukurbeln (BMWi/BMBF 2016). Insgesamt beträgt das Fördervolumen der Forschungsinitiative 150 Mio. Euro (Projektträger Jülich o.J.).

Dem Klimaschutz kommen auch die Ergebnisse anderer Forschungsbereiche, wie der Energieforschung und den Forschungsverbänden, zugute. So werden Deutsche Forschungseinrichtungen zudem durch das europäische Rahmenprogramm „Horizon 2020“ für nicht-nukleare Energieforschung unterstützt. Es richtet sich vor allem an Projekte, die zur Entwicklung Europas hin zu einer „Green Economy“ und „Green Society“ forschen (Europäische Kommission 2016). Insgesamt werden dazu zwischen 2014 und 2020 europaweit rund 5,9 Mrd. Euro investiert. Rund 82 Mio. Euro der Summe, die bislang für Projekte bewilligt wurde, erhalten deutsche Institute (BMWi 2015a).

Deutschland fördert auch Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft: So wurden – im Rahmen des Wettbewerbs für sogenannte „Spitzencluster“, den das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) erstmals 2007 ausschrieb – 15 Cluster ausgewählt, die Innovationen vorantreiben und die Wettbewerbsposition Deutschlands stärken. Seit 2008 wurden mehr als 360 Mio. Euro in den Wettbewerb investiert. Drei dieser Cluster arbeiten in den Bereichen Energie- und Ressourceneffizienz: So treibt das Cluster „Solar Valley Mitteldeutschland“ nachhaltige Energieversorgung durch Photovoltaikanlagen voran. Unterstützt durch Mittel des BMBF und der beteiligten Bundesländer wurden seit 2009 über 100 Projekte mit einem Gesamtfördervolumen von 120 Mio. Euro durchgeführt (SolarValley o.J.). Das „Forum Organic Electronics“ beschäftigt sich mit umweltfreundlicher Energiegewinnung sowie mit der ressourcenschonenden Herstellung elektronischer Komponenten. Das „Bio-Economy Cluster“ wiederum forscht an Innovationen im Bereich nachwachsender Rohstoffe. Öffentlich verfügbare Zahlen zu den Fördervolumina der beiden letztgenannten Spitzencluster liegen nicht vor. Die durch das BMBF zur Verfügung gestellten Forschungsgelder werden allerdings durch private Sponsoren und durch Mittel der Bundesländer ergänzt. Weitere Cluster beschäftigen sich mit energieeffizienter Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) und Elektromobilität.

Auch das Erneuerbare-Energien-Gesetz hat Innovationen im Stromsektor angestoßen. Ein Beleg für die positiven Innovationseffekte des EEG sind auch die zahlreichen neuen Erfindungen im Bereich der erneuerbaren Energien seit 2005. Die Zahl der Patentanmeldungen ist stark gestiegen, wobei die gesamte Bandbreite der erneuerbaren Energieträger von Bedeutung ist (vgl. AEE 2014; vgl. auch Ab-

schnitt 5.3). Innovationseffekte bestehen weiterhin in komplementären Bereichen wie Wechselrichter, Prognose-Software oder Netztechnologie (Fraunhofer ISE 2014).

Positive Impulse für klimaschutzbedingte Innovationen in der Industrie sowie speziell im Gebäudebereich gehen auch vom „Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz“ (NAPE) aus. Der NAPE fokussiert u.a. darauf, innovative Investitionen im Bereich der Energieeffizienz zu fördern. Im Rahmen des NAPE wurde etwa das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm erweitert. Weiterhin wurde ein kompetitives Ausschreibungsmodell für Stromeffizienz und ein Programm, das die Vermeidung und Nutzung von Abwärme zum Ziel hat, eingeführt (BMW 2016a).

Innovationen im Gebäudebereich wurden vor allem nachfrageseitig durch Regelungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) initiiert. Denn seit ihrem Inkrafttreten im Jahr 2002 sank hierzulande der flächenspezifische Endenergieverbrauch von neuen Wohngebäuden deutlich (Friedrich et al. 2007). In einer Analyse der Internationalen Energieagentur (IEA 2015) wird ein direkter Bezug zwischen der Energieeinsparverordnung 2009, dem Gesetz über Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzregelungen einerseits und Deutschlands führender Rolle mit Blick auf Energieeffizienz im Gebäudesektor andererseits gesehen.

Hinzu kommt die öffentliche Beschaffung. Auch sie fördert nachfrageorientiert Innovationen in Deutschland. Sie zielt darauf ab, die Vorbildwirkung des Bundes zu stärken und Nachahmung hervorzurufen. Denn anhand einzelner Beschaffungsmaßnahmen demonstriert die öffentliche Beschaffung die technische Machbarkeit neuer Produkte und Technologien. Zugleich entstehen auf diese Weise Lern- und möglicherweise Skaleneffekte, wodurch die Preise sinken. Da die öffentliche Nachfrage – im Vergleich zur privaten – weniger Risiken birgt, können sich die Märkte für die so geförderten neuen Produkte und Technologien schneller entwickeln und verbreiten (Knopf et al. 2011; BMUB 2015).

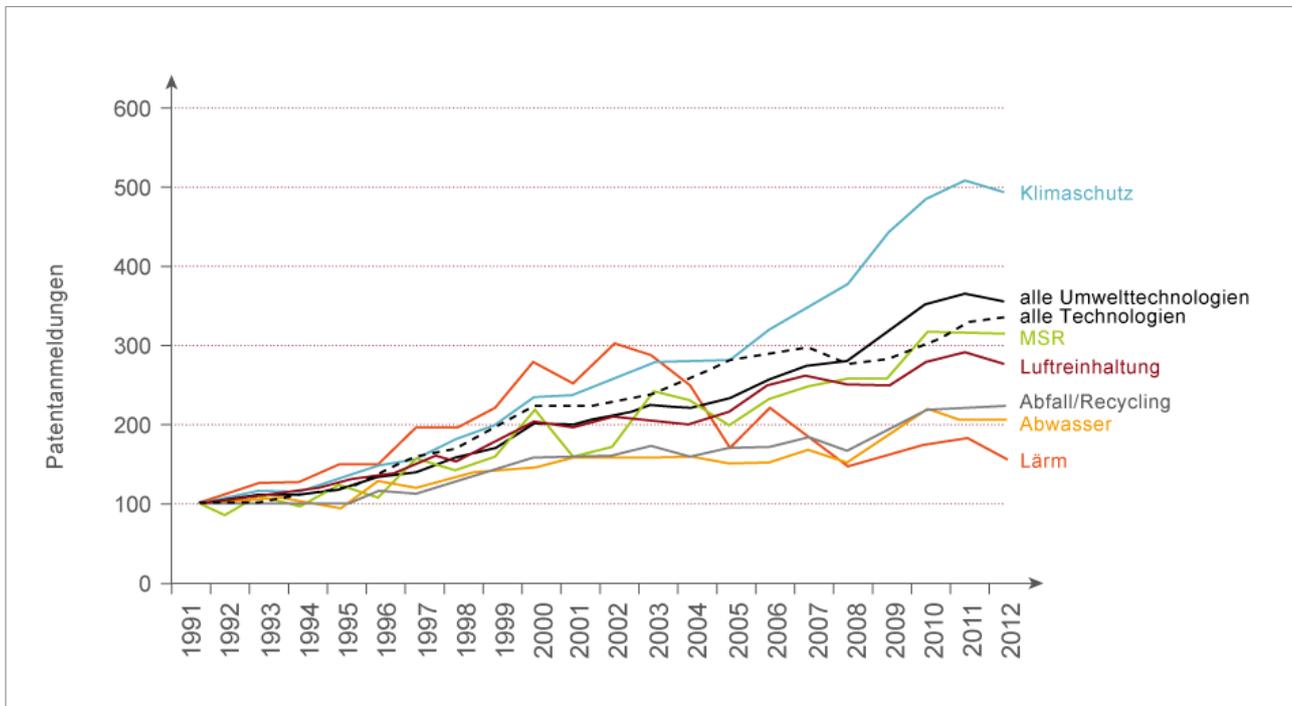
Im Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit von 2010 formulierte die Bundesregierung erstmals das Ziel, die Bundesverwaltung – auch in der öffentlichen Beschaffung – nachhaltiger auszurichten. Seit 2010 kooperieren Bund, Länder und Kommunen in der „Allianz für eine nachhaltige Beschaffung“. Gemäß dem Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 wird dabei die Vergabepaxis für die Beschaffung nachhaltiger Produkte und Dienstleistungen stärker bekannt gemacht. Auch werden Kooperationen mit relevanten Einrichtungen verstärkt (BMUB 2014a). Das Aktionsprogramm legt zudem fest, dass ein „Energetischer Sanierungsfahrplan Bundesliegenschaften“ (ESB) verfasst werden soll, der zivile und militärische Gebäude betrifft. Ziel ist es, bis 2050 einen „nahezu klimaneutralen Gebäudebestand“ zu erlangen (BIMA 2016). Auf diese Weise werden auch Innovationen im Baubereich gefördert. Um die Fortschritte hin zu einer „klimaneutralen Bundesverwaltung“ zu messen, werden bei den Bundesliegenschaften der Energieverbrauch, der Anteil erneuerbarer Energien und die CO₂-Emissionen „systematisch erhoben“ (Staatssekretärsausschuss 2015). Daneben werden Länder, Kommunen und andere öffentliche Einrichtungen darin unterstützt, eigene Sanierungsfahrpläne zu erstellen. Dies geschieht unter anderem im Rahmen der Energieeffizienzstrategie Gebäude (Staatssekretärsausschuss 2015). All dies trägt erheblich dazu bei, Innovationen im Baubereich (und anderswo) voranzubringen und damit die Wirtschaft besser aufzustellen – auch im internationalen Wettbewerb.

5.3 Entwicklung der Patentanmeldungen bei Klimaschutztechniken

Patentanmeldungen können ein guter Indikator für die Richtung der Entwicklung der Anwendungen und des Marktes neuer oder verbesserter Technologien sein. Sie geben Hinweise darauf, wie viel neues Wissen in welchen Ländern oder Technologiebereichen entstanden ist (Gehrke et al. 2015). Die weltweiten Patentanmeldungen für Klimaschutztechnologien haben sich in den vergangenen Jahren im Vergleich zum allgemeinen technologischen Fortschritt besonders dynamisch entwickelt (Abbildung 16). Im Zeitraum 1991-2012 stiegen die jährlichen Patentanmeldungen für Klimaschutztechnologien auf das etwa 5-fache, während die Patentanmeldungen für alle Technologien lediglich auf das 3,3-fache anwachsen. Auch aus der übergreifenden Kategorie der Umwelttechnologien stechen die Klimaschutztechnologien hervor (Abbildung 16). Insgesamt entfielen im Jahr 2012 über die Hälfte (etwa 60

Prozent) der weltweiten Anmeldungen für Patente im Bereich Umwelt auf Klimaschutztechnologien (Gehrke et al. 2015).

Abbildung 16: Weltweite Patentdynamik in Teilbereichen der Umwelttechnologien (Index, 1991 = 100)



Quelle: Gehrke et al. (2015) nach PATSTAT und Berechnungen des Fraunhofer ISI

Im Jahr 2012 ist die Zahl der jährlichen Patentanmeldungen allerdings wieder leicht zurückgegangen (Abbildung 16). Dies lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass die staatlichen Budgets für Forschung und Entwicklung auf OECD-Ebene auch auf Grund der internationalen Finanzkrise seit 2009 gesunken sind, was sich mit zeitlicher Verzögerung auf die Patentanmeldungen ausgewirkt haben könnte (Gehrke et al. 2015).¹²

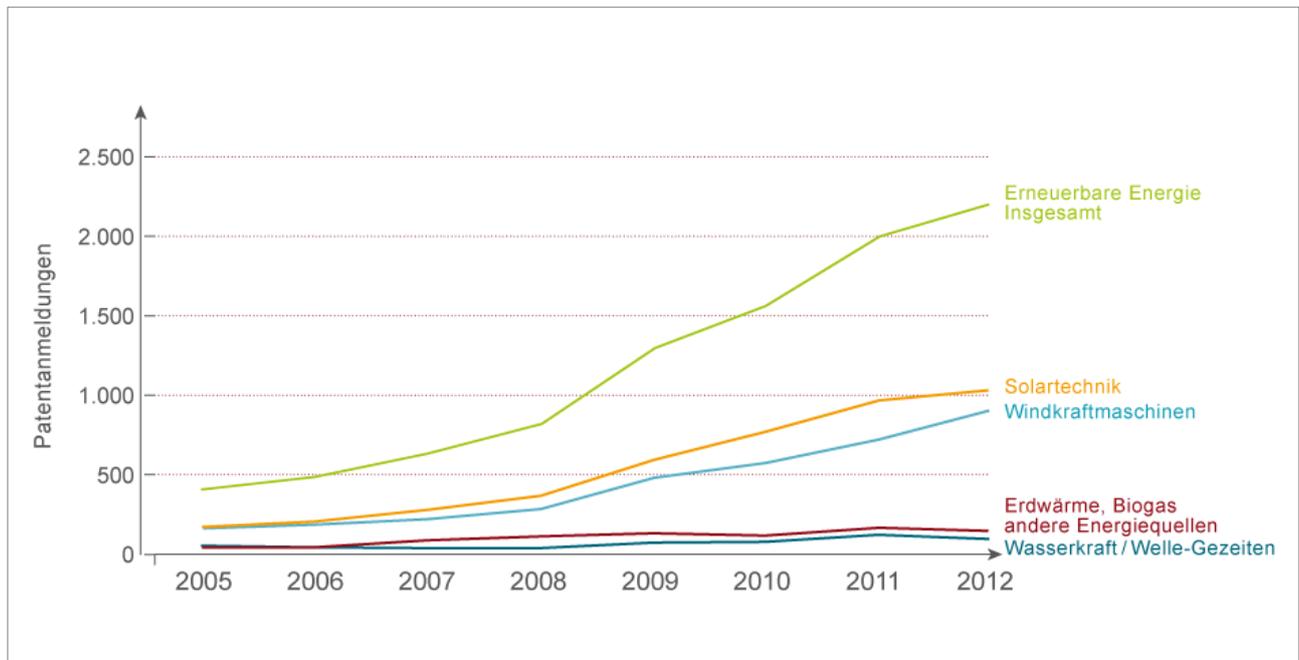
Eine ähnliche Struktur und Dynamik zeigen die Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz in Deutschland. Hier stieg die Zahl der Patentanmeldungen für Klimaschutztechnologien zwischen 1991 und 2012 auf das 3,5-fache, während die Gesamtzahl der Patentanmeldungen und die Zahl der Umweltpatentanmeldungen auf das jeweils etwa 2,3-fache anwuchs (Gehrke et al. 2015). Besonders dynamisch entwickelten sich Technologien der erneuerbaren Energien und der Energieumwandlung, deren Patentanmeldungen sich im gleichen Zeitraum jeweils etwa verzehnfacht haben (Gehrke et al. 2015).

Der starke Fokus auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz zeigt sich auch in der absoluten Zahl der Patentanmeldungen in Deutschland (Gehrke et al. 2015). Die starke Dynamik der Patentanmeldungen zeigt Abbildung 17. Speziell im Bereich der erneuerbaren Energien ist die Zahl der Patentanmeldungen in Deutschland in den letzten Jahren deutlich gewachsen. Entscheidenden Anteil daran hatten Solarkraft und Windenergie etwa zu gleichen Teilen. Insgesamt wurden im Jahr 2012 in

¹² In einem Großteil der OECD-Länder gingen die staatlichen Umweltforschungsausgaben zwischen 2009 und 2013 (teilweise stark) zurück. In Deutschland stieg die jahresdurchschnittliche Veränderung der realen FuE-Ausgaben im Zeitraum 2009 - 2011 um 2,9 Prozent und im Zeitraum 2011-2013 um 5,8 Prozent (UBA 2015).

Deutschland über 2000 Patente im Bereich Klimaschutz und Erneuerbare Energien angemeldet (Gehrke et al. 2015).

Abbildung 17: Anzahl der Patentanmeldungen am deutschen Patentamt im Bereich „Erneuerbare Energien“



Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien 2014

Im internationalen Vergleich nimmt Deutschland eine Vorreiterrolle bei Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz ein: So belegen zwei deutsche Unternehmen, Bosch und Siemens, unter den europäischen Erwerbern von Patentschutz im Sektor Klimaschutz die beiden ersten Plätze – mit jeweils 5.824 bzw. 4.733 Anmeldungen zwischen 1995 und 2011. Der Vorsprung ist dabei deutlich. So folgt an dritter Stelle Renault mit 1.698 Patente. Im weltweiten Vergleich belegen Bosch und Siemens den zweiten und fünften Platz; an erster Stelle steht die Toyota Motor Corporation aus Japan (Rudyk et al. 2015). Innerhalb des Bereichs Klimaschutz sind es vor allem Technologien der Erneuerbaren Energien und der Energieumwandlung, auf die jeweils etwa ein Drittel der Patentanmeldungen im Klimaschutz in Deutschland entfallen (Gehrke et al. 2015).

Insgesamt beträgt der Anteil der deutschen Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz fast 50 Prozent aller Anmeldungen in Europa. Dabei führt Deutschland in jedem Technologiebereich. In den beiden wichtigsten Sektoren, erneuerbare Energien und Mobilität, sind die Deutschen viermal bzw. mehr als viermal so innovationsfreudig wie die Franzosen, die an zweiter Stelle folgen. Frankreich, Italien, Großbritannien und Spanien verzeichnen jedoch in den letzten Jahren ebenfalls einen Anstieg der Patentanmeldungen (Rudyk et al. 2015).

Setzt man die Zahl der Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz in Relation zum Bruttoinlandsprodukt, so steht auch hier Deutschland an erster Stelle. Dies zeigt, dass die hohe Zahl der Patentanmeldungen unabhängig von der wirtschaftlichen Stärke Deutschlands ist. Weit nach Deutschland folgen nach dieser Betrachtungsweise Schweden und Frankreich (Rudyk et al. 2015).

Einige Klimaschutz-Patente werden von mehreren Ländern gemeinsam eingereicht. Deutschland ist auch hier das Land, das die meisten Patente zwischen 1995 und 2011 in Kooperation mit anderen Ländern anmeldete. So wurde ein Drittel aller entwickelten Patente durch mehr als ein Land gemeinsam mit einem deutschen Unternehmen erarbeitet. Dabei kooperieren deutsche Unternehmen haupt-

sächlich mit schweizerischen, französischen, niederländischen und österreichischen Partnern (Rudyk et al. 2015).

5.4 Innovationseffekte in wichtigen Wirtschaftssektoren

Bestimmte Megatrends können auch dem Klimaschutz dienen. So schreitet die intelligente Vernetzung durch smart grids im produzierenden Gewerbe im Zuge der Entwicklung zur sogenannten „Industrie 4.0“¹³ in Deutschland im Energiebereich voran: Um die fluktuierende und zunehmend dezentrale Stromerzeugung durch erneuerbare Energien erfolgreich in das Wärme- und Stromnetz zu integrieren, ist es erforderlich, Systeme zum Netzmonitoring sowie intelligente Regelungstechniken, die ein effizientes Lastmanagement gewährleisten, zu etablieren (BDI 2008). Sie verbinden das Verbrauchs- und das Einspeiseverhalten der verschiedenen im Netz verbundenen Akteure und ermöglichen so ein effizientes und nachhaltiges Versorgungssystem (Scholz et al. 2012). Hierfür werden derzeit die Datenübertragungskapazitäten ausgebaut, neue Netzsteuerungsmechanismen entwickelt sowie Sensornetzwerke („smart metering“) und optimierte Regelsysteme in Häusern („smart homes“) installiert. Dabei entstehen zahlreiche Innovationen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (NRW-Invest o.J.). Die Initiative EEBus beispielsweise, ursprünglich gefördert durch das Förderprogramm E-Energy des BMWi, hat einen offenen Normungsstandard entwickelt. Er gestattet die Interoperabilität und den Nachrichtenaustausch zwischen den unterschiedlichen Geräten. Diese Initiative ist heute im „Internet der Dinge“ (Initiative EEBus o.J.) europaweit führend.

Auch bei der Entwicklung von Elektromobilität gibt es Beispiele aus Deutschland. So ist etwa der Canter E-CELL des Daimler Konzerns der erste Leicht-Lastkraftwagen, der zu 100 Prozent elektrisch angetrieben wird. Ab Mitte 2014 testeten acht portugiesische Unternehmen eine erste Flotte ein Jahr lang. Der Lkw hat ein 230-Volt-Ladesystem, eine Reichweite von über 100 Kilometern und eine Nutzlast von über drei Tonnen. Dadurch lässt er sich vielerorts einsetzen. Die erste Studie zu E-CELL wurde 2010 auf der Internationalen Automobilausstellung (IAA) vorgestellt und in den darauffolgenden vier Jahren weiterentwickelt (FUSO 2016).

Im Bereich der energetischen Gebäudesanierung ist die Kälte- und Klimatechnik besonders hervorzuheben, da sie eine Querschnittstechnologie darstellt. Anhand dieser lässt sich beispielhaft zeigen, wie sich die aktuelle deutsche Klimaschutzpolitik in zahlreichen technologischen Innovationen niederschlägt. Energiebedarf zum Kühlen gibt es in Lebensmittelgeschäften, Industrieanlagen, Wohngebäuden, Rechenzentren, Krankenhäusern, im Hotel- und Gastgewerbe sowie in Produktions- und Logistikketten. Bereits heute beträgt der Anteil der Elektroenergie, der für Kühlung verwendet wird, am Gesamtverbrauch rund 15 Prozent – Tendenz weiter steigend (Schätzung VDMA 2011 in: Schwarz 2011). Bedeutende Einsparpotenziale bestehen zum einen beim effizienten Einsatz der verfügbaren Technik. Zum anderen entstehen sie durch Innovationen bei Kälteanlagen und Regelungstechnik. Die technologischen Innovationen (Weiterentwicklung von Technologien, die intelligente Kombination von Einzelkomponenten, Einsatz alternativer synthetischer oder natürlicher Kältemittel) reduzieren nicht nur direkt die Treibhausgasemissionen, sondern bieten auch Synergien mit anderen Bereichen, aus denen zusätzliche Emissionsminderungen entstehen können. Dazu gehören etwa: die Verbindung von Kälte- und Klimatechnik mit anderen Produktionsprozessen, innovative Abwärmekonzepte, innovative Steuerungs- und Regelungstechnik, die Einbindung in Gesamtkonzepte wie z.B. smart grids sowie der Einsatz von Kältetechnik als Speicher zur Netzintegration von erneuerbaren Energien (z.B. Arnemann 2015, co2online 2012).

¹³ Definition „Industrie 4.0“ gemäß dem Arbeitskreis Industrie 4.0: „eine Vernetzung von autonomen, sich situativ selbststeuernden, sich selbst konfigurierenden, wissensbasierten, sensorgestützten und räumlich verteilten Produktionsressourcen (Produktionsmaschinen, Roboter, Förder- und Lagersysteme, Betriebsmittel) inklusive deren Planungs- und Steuerungssysteme“ (Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0)

5.5 Soziale Innovationen

Soziale Innovationen leisten einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Sie sind notwendig, damit technische Innovationen akzeptiert werden und eine gesellschaftliche Nachfrage nach klimaschonenden Produkten und Dienstleistungen entsteht. Sie werden sichtbar in Form von „grünen“ Bürgerkommunen und Genossenschaften, durch Transition Towns, kooperative regionale Wertschöpfung sowie durch Co-Innovation, also der Integration von Nutzer/innen in die Produktentwicklung. Klimarelevante Beispiele sind etwa Car-Sharing, Energiekommunen, Mehrgenerationenhäuser, Repair Cafés, Gemeinschaftsgärten etc. (BMUB 2014).

Im Bereich Klimaschutz können soziale Innovationen durch „Bottom-up-Initiativen“ entstehen. Hierbei organisieren sich Bürger/innen, um durch gemeinschaftliches Arbeiten gemeinsame Ziele zu verfolgen. Dabei geht es oft nicht nur um einen Beitrag zum Klimaschutz, sondern auch um die Erprobung neuer Arten des Engagements, des Wirtschaftens und des Zusammenlebens in der Gemeinschaft (vgl. Rückert-John et al. 2014). Ein Beispiel für „Bottom-up-Initiativen“ sind Energiegenossenschaften oder Bioenergiedörfer.

Bioenergiedörfer sind Dörfer oder Gemeinden, die lokal Strom und/oder Wärme aus erneuerbaren Energien erzeugen und nachwachsende Rohstoffe anbauen. Sie sind normalerweise genossenschaftlich organisiert. Die Zahl der Bioenergiedörfer in Deutschland nimmt stetig zu und liegt derzeit bei 176 (registriert auf dem Vernetzungsportal [Wege zum Bioenergiedorf](#)).

Ein weiteres Beispiel für soziale Innovationen mit Klimaschutzwirkung ist Car-Sharing. Die ersten Car-Sharing-Initiativen entstanden Ende der 80er-Jahre. Sie wurden damals durch Vereine oder Genossenschaften initiiert, um einen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten. Durch die hohe Nachfrage bieten seit circa zehn Jahren zunehmend private Verkehrsdienstleister und Autohersteller Car-Sharing an. Insgesamt gibt es heute rund 150 Anbieter in Deutschland. Anfang 2016 waren in Deutschland 1.260.000 Menschen für Car-Sharing registriert; rund 16.100 Fahrzeuge standen zur Verfügung (BCS 2016).

Soziale Innovationen wie Car-Sharing haben – neben ihrem Beitrag zum Klimaschutz – auch volkswirtschaftliche Effekte. Um diese zu messen, betrachtete das Umweltbundesamt im Rahmen einer Studie zwei Szenarien: die Einführung eines flexiblen Car-Sharings sowie ein zunehmendes gemeinsames Wohnen in Deutschland. Hierfür wurden jeweils die makroökonomischen Auswirkungen untersucht (Berechnungsbasis 2008). Neben vermiedenen Umweltkosten ergaben sich insgesamt deutlich positive Beschäftigungseffekte. Zwar würde in einigen Sektoren, wie etwa im Automobilbau, die Zahl der Beschäftigten sinken. Jedoch würde dies durch einen Anstieg in anderen Sektoren, etwa im Bereich Dienstleistung, ausgeglichen. Das BIP würde sich in beiden Szenarien kaum ändern (sehr leichter Rückgang), sodass die Folgen inklaro :)sgesamt die Lebensqualität erhöhen könnten (Gsell et al. 2015).

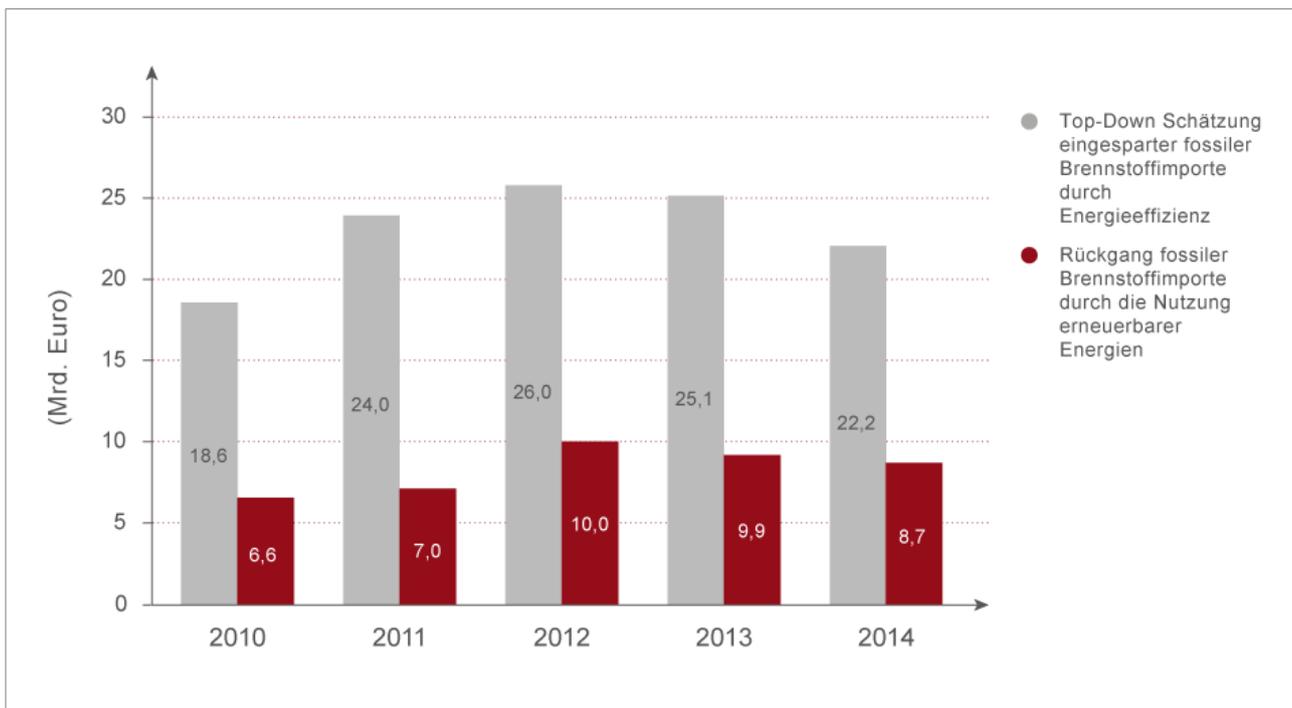
6 Beiträge des Klimaschutzes zur Erhöhung der Versorgungssicherheit

6.1 Verringerte Importe durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und die Steigerung der Energieeffizienz

Ein weiterer wirtschaftlicher Effekt des Klimaschutzes ist dessen Beitrag zur Erhöhung der Versorgungssicherheit. Im Folgenden wird die Versorgungssicherheit vor allem unter dem Abhängigkeitsaspekt von Lieferungen aus dem Ausland betrachtet. Deutschland muss als rohstoffarmes Land einen erheblichen Teil seines Ressourceneinsatzes mit Importen bestreiten. Im Jahr 2015 wurden bspw. rund 88,5 Prozent der zur Stromerzeugung benötigten Steinkohle importiert. Der Importanteil von Gas lag bei 88,9 Prozent und von Mineralöl bei fast 100 Prozent (99,5 Prozent) (BMW 2016c). Dabei steigt der Importanteil in den vergangenen zwei Jahrzehnten bei der Steinkohle durch den Ausstieg aus der heimischen Steinkohle an. Bei konstanter inländischer Erzeugung beim Erdgas steigt mit dem Verbrauch auch der Importanteil. Diese Importabhängigkeit beinhaltet die Risiken durch Ausfälle von Lieferanten, Naturkatastrophen, aber auch durch die Abhängigkeit von starken Importpreisschwankungen. Diesen Risiken kann, wie in diesem Kapitel beschrieben, durch die Senkung des Rohstoffeinsatzes – hier des Energieeinsatzes – ebenso begegnet werden wie durch eine stärkere Diversifizierung der Energieträger (siehe Abschnitt 6.2). Wenn mehr heimische Energieträger eingesetzt werden, mindert dies die Abhängigkeit von Dritten. Unter der Berücksichtigung von Klimaschutzaspekten kommt nur der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien in Frage. Daher wird im Folgenden zusammengefasst, zu welcher Importminderung der bisherige Ausbau erneuerbarer Energien und die gestiegene Energieeffizienz geführt haben.

Die Verringerung des Einsatzes importierter Energieträger (in Euro) berechnet sich aus dem energieträgerspezifischen Rückgang, multipliziert mit den Importanteilen des jeweiligen Energieträgers und dem entsprechenden Importpreis. Die Höhe der Importverringerung wird dabei von diesen beiden, in ihrer Richtung unabhängigen, Effekten bestimmt. Je mehr erneuerbare Energien fossile Brennstoffe ersetzen, desto größer ist der mengenmäßige Rückgang der Importe. Dieser Effekt wird in Zeiten hoher Importpreise für fossile Brennstoffe überzeichnet und in den letzten beiden Jahren, in denen die Preise deutlich gefallen sind, von der Preisentwicklung überlagert. Das Forschungsvorhaben *Impacts of Renewable Energy Sources (ImpRES)* (Breitschopf et al. 2015) stellt unter anderem die Importverringerung durch den Einsatz erneuerbarer Energien zusammen und liefert seit 2008 jährliche Abschätzungen (Abbildung 18, rechter Balken). Obwohl 2014 eine größere fossile Energiemenge durch den Erneuerbare Energien (EE)-Ausbau substituiert wurde, liegen die Importrückgänge mit 8,76 Mrd. Euro unter denen des Vorjahrs, da die Importpreise gefallen sind. Die in Abbildung 18 dargestellten Importverringerungen durch den Ausbau erneuerbarer Energien entfallen zu etwa gleichen Teilen auf die Bereiche Strom und Wärme (3,84 und 3,99 Mrd. Euro) sowie deutlich geringer auf den Verkehr. Stellt man der Verminderung der fossilen Brennstoffimporte die Zunahme der biogenen Brennstoffimporte (Pellets u.a.) gegenüber, beträgt der Nettowert der Einsparung im Jahr 2014 rund 8,08 Mrd. Euro (Breitschopf et al. 2015).

Abbildung 18: Verringerung fossiler Brennstoffimporte



Quelle: Breitschopf et al. (2015)

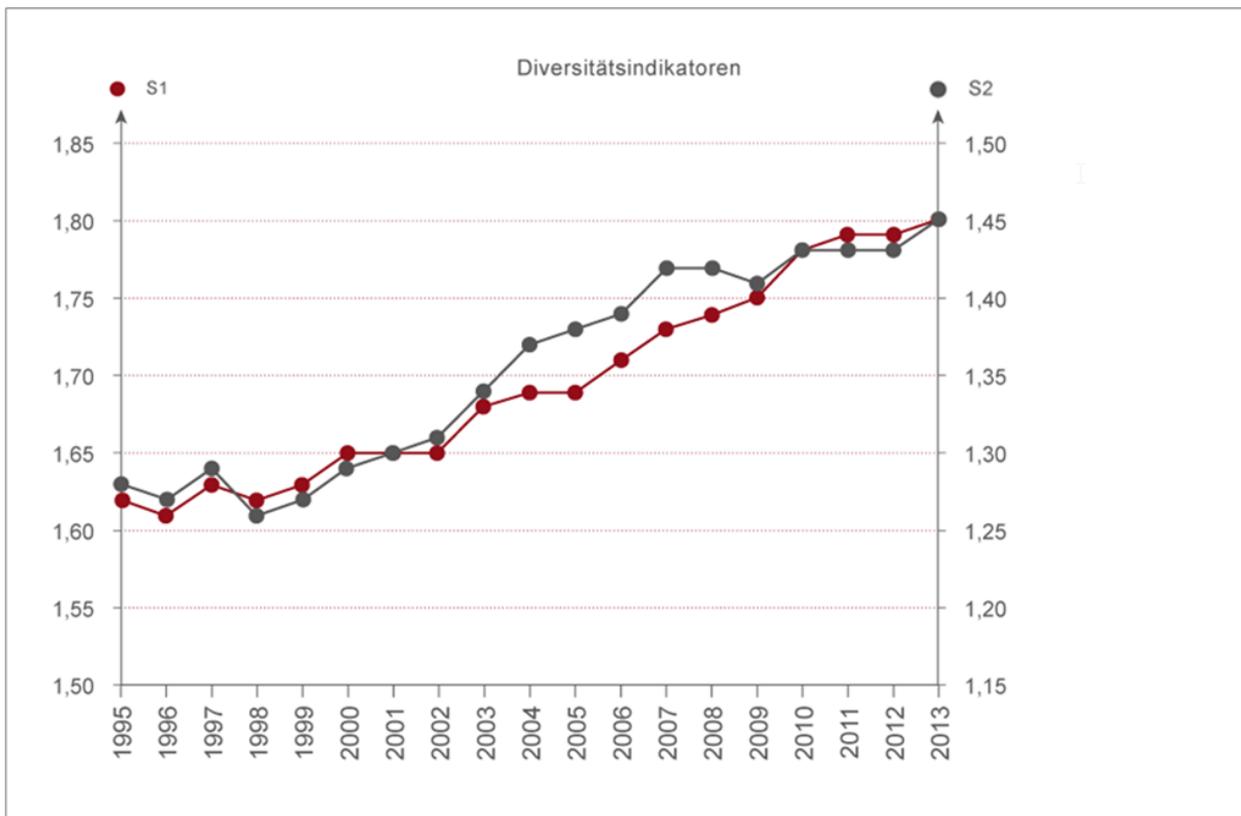
Die Schätzungen zum Einfluss von Effizienzverbesserungen auf den Import fossiler Brennstoffe, die in der Abbildung durch die grünen Säulen dargestellt sind, sind ein Ergebnis von Berechnungen mit Hilfe des gesamtwirtschaftlichen Simulationsmodells PANTA RHEI (. Die Importverringerung bei fossilen Brennstoffen durch Energieeffizienz lässt sich aus dem Vergleich eines IST-Szenarios, das die aktuelle Entwicklung beschreibt, mit einem Null-Effizienz-Szenario ohne diese Entwicklung ableiten. Die Einsparung fossiler Importe beläuft sich auf bis zu 26 Mrd. Euro im Jahr 2012. In den Folgejahren fällt sie aufgrund niedrigerer Importpreise ebenfalls geringer aus, wie weiter oben für die durch den Ausbau erneuerbarer Energien eingesparten Import beschrieben. t.

6.2 Wirkungen auf die Versorgungssicherheit

Die Steigerung der Diversität des Energieangebotes ist dazu geeignet, die Energiesicherheit eines Landes zu erhöhen. Denn je vielfältiger sich die Versorgung darstellt, desto eher lässt sich der Ausfall einer Quelle (z.B. eines Energieträgers) kompensieren. Dabei bezieht sich die Diversität nicht nur auf die zur Energieerzeugung genutzten Energieträger (z.B. den Strommix), sondern ebenfalls auf die Anzahl der Länder, aus denen die benötigten Ressourcen stammen. Darüber hinaus beeinflussen die politischen, sozialen und gesellschaftlichen Verhältnisse der exportierenden Länder die Energiesicherheit in den importierenden Ländern, da der Bezug von Ressourcen aus politisch instabilen Ländern die Unsicherheit erhöht.

Im Kontext der Energiesicherheit wird der Shannon-Wiener-Index gewählt, um die Diversität zu bestimmen und dadurch die Energiesicherheit zu quantifizieren. Hierbei handelt es sich um einen einfachen und robusten quantitativen Index (Lehr 2009), der sich aus der Summe über die mit den Anteilen der jeweiligen Energieträgers gewichteten Logarithmen dieser Anteile ergibt. Er misst die Vielfalt einer Verteilung, eine breite, gleichmäßige Streuung wird durch den Index positiver bewertet als eine Konzentration. Auf den Energiemix übertragen, wird der Index ein breites Portfolio höher bewerten. Wenn man den Shannon-Wiener-Index (S1) um zwei weitere Faktoren, „Importabhängigkeit“ und „langfristige Stabilität der Importländer“ erweitert, erhält man einen zweiten Index (S2), der die Versorgungssicherheit besser abbildet.

Abbildung 19: Entwicklung der Diversitätsindikatoren



Quelle: Berechnungen der GWS

Zu beiden Indikatoren lässt sich der Idealwert bei absoluter Gleichverteilung von Importanteilen und Risiken bei gegebenen Herkunftsländern berechnen und dann die Entwicklung des Indikators gegenüber diesem Idealwert nachzeichnen.

Der Indikator S1, der Aussagen über die Energiesicherheit in Deutschland auf Basis der Verteilung der Primärenergieträger zulässt, kann einen maximalen Wert von 2,2 erreichen (linke vertikale Achse, Abbildung 19). Er steigt durch den Ausbau der erneuerbaren Energien stark. Zum einen nähert sich der Energiemix einer gleichmäßigeren Verteilung. Zum anderen zählen die EE als heimisch erzeugt und mindern das Importrisiko.

Der Diversitätsindikator S2 berücksichtigt nicht nur die Anteile der Energieträger an der Energieversorgung. Hinzukommen die Abhängigkeit Deutschlands von den Energieträgerimporten einzelner Länder sowie die Länderrisiken der jeweiligen Herkunftsstaaten. S2 ist mit dem erreichbaren Maximalwert von 1,7 geringer (rechte Achse). Auch dieser Indikator belegt eine gestiegene Versorgungssicherheit durch Klimaschutzaktivitäten. Dabei beeinflusst das Länderrisiko die Entwicklung des Indikators. So enthält der Indikator zum Beispiel auch die Entwicklung der Lieferbeziehungen zu Russland.

Anhand der Diversitätsindizes lässt sich feststellen, dass die Versorgungssicherheit in Deutschland in den Jahren zwischen 2000 bis 2013 gestiegen ist. Da der Index u.a. auf der Verteilung der Primärenergieträger basiert, kann dies überwiegend durch den Ausbau der erneuerbaren Energien erklärt werden, der zu einer vielfältigeren und gleichmäßigeren Verteilung der Energiebezugsquellen führte und dazu beitrug, die Versorgungssicherheit in Deutschland zu erhöhen.

7 Vermiedene gesellschaftliche Folgekosten durch Klimaschutz

7.1 Kosten unterlassenen Klimaschutzes

Durch den Klimawandel entstehen in Deutschland jährlich volkswirtschaftlich relevante Umweltkosten, die bei den Unternehmen, dem Staat und den privaten Haushalten anfallen. Zu den Wirtschaftssektoren, die davon besonders betroffen sind, gehören unter anderem die Land- und Forstwirtschaft, der Tourismus, das Gesundheitswesen, die Energiewirtschaft, der Verkehrssektor und das Baugewerbe. Sollten in den nächsten Jahrzehnten keine Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden, beliefen sich die Kosten – so eine Schätzung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung – bis 2050 auf insgesamt knapp 800 Mrd. Euro. Bis 2050 könnten dadurch Wachstumseinbußen von bis zu 0,5 Prozentpunkten entstehen (Kemfert 2007).

Da sich die Kosten des Klimawandels durch entsprechende Maßnahmen vermeiden lassen, werden sie auch als Kosten eines unterlassenen Klimaschutzes bezeichnet. Für eine differenzierte Betrachtung lassen sich mehrere Arten von Umweltkosten unterscheiden. In Anlehnung an die Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten (UBA 2014a) kann man insbesondere zwischen zwei Kategorien von Umweltkosten differenzieren: Unter die erste fallen diejenigen geplanten oder bereits entstandenen Kosten, die dazu dienen, Schäden durch Klimawandel zu beheben oder zu vermeiden. Man kann sie somit als „Schadensvermeidungskosten“ bezeichnen (UBA 2014a). Ein Beispiel hierfür sind Kosten, die für die Reparatur von Schäden an Gebäuden anfallen, die durch klimabedingte meteorologische Extremereignisse entstanden. Auch Kosten von Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel, etwa für Bewässerungssysteme in landwirtschaftlichen Gebieten mit klimabedingtem Regenmangel, zählen hierzu. Des Weiteren fallen in diese Kategorie Kosten für Maßnahmen, die vor Eintritt eines Schadens getätigt werden, wie etwa der Bau von Schutzdämmen.

Unter der zweiten Kategorie versteht man Kosten „nicht vermiedener Umwelt- und Gesundheitsschäden“: Hierunter fallen gesellschaftliche Nutzenverluste durch die Folgen des Klimawandels. Beispiele für Kosten dieser Kategorie sind eine zunehmende Häufigkeit von chronischen Krankheiten und andere Einschränkungen der Lebensqualität.

Ein gesellschaftlicher Bereich, in dem Kosten beider Kategorien auftreten, ist die menschliche Gesundheit. In Deutschland wird sich ein fortschreitender Klimawandel unter anderem dadurch bemerkbar machen, dass die Anzahl extremer Hitzetage steigt. Mögliche Anpassungsmaßnahmen, um die damit einhergehenden gesundheitlichen Risiken zu verringern, sind etwa die Einrichtung eines Hitzefrühwarnsystems (Kosten: etwa fünf Mio. Euro) sowie die Kühlung von Krankenhäusern (Kosten: 150 bis 475 Mio. Euro) (Tröltzsch et al. 2012).

Diese und weitere Anpassungsmaßnahmen können die gesundheitlichen Schäden durch den Klimawandel zwar mindern, nicht jedoch vollständig vermeiden. Somit verbleiben Kosten der zweiten Kategorie. So schätzt eine Untersuchung von Tröltzsch et al. (2012) die Zahl der zusätzlichen Sterbefälle durch Hitze infolge des Klimawandels allein in Deutschland für den Zeitraum von 2071-2100 auf 12.500 pro Jahr. Unter der Annahme, dass ein Hitzefrühwarnsystem die Sterberate um 30 Prozent reduziert sowie unter der Annahme einer Monetarisierung der Zahl der verlorenen Lebensjahre mit gängigen Methoden, werden die verbleibenden Kosten der zweiten Kategorie auf etwa 4,2 Mrd. Euro pro Jahr geschätzt (Tröltzsch et al. 2012). Watkiss und Hunt (2012) ermittelten im Rahmen des PESETA Projektes zusätzliche hitzebedingte Sterbefälle in ganz Europa für den Zeitraum von 2011 bis 2040 von über 4.000 und für den Zeitraum von 2071 bis 2100 von etwa 17.000 pro Jahr. Da das südliche Europa hauptsächlich betroffen sein wird, kann davon ausgegangen werden, dass die Zahlen für Deutschland geringer ausfallen als in der Studie von Tröltzsch et al. (2012). Zugrunde lagen der Untersuchung dabei das SRES A2 Szenario und die Annahme, dass bereits Anpassungsmaßnahmen in Form von Klimatisierung ergriffen werden. Ohne Klimatisierung liegen die Zahlen deutlich höher. Die zu-

sätzlichen ökonomischen Kosten belaufen sich in dieser Untersuchung auf rund 1,8 Mrd. (2011-2040) bis 8 Mrd. (2071-2100) Euro für Gesamteuropa.

Umweltkosten beider Kategorien können durch Klimaschutzmaßnahmen reduziert werden. Die folgenden Kapitel beziffern die Umweltkosten, die durch Senkung der Treibhausgas- und Methan-Emissionen, durch Steigerung der Energieeffizienz sowie durch den Ausbau der erneuerbaren Energien bereits vermieden wurden.

7.2 Vermiedene Umweltkosten durch Senkung der Treibhausgasemissionen

Spiegelbildlich zu den vermiedenen Emissionen lassen sich die Wirkungen von Klimaschutzaktivitäten anhand vermiedener Umweltkosten ausweisen. Zur Monetarisierung von Emissionsreduktionen und zur Bewertung von vermiedenen Schäden liegt eine umfangreiche Literatur vor. Hier (vgl. Kasten 4) wird der Kostensatz angewendet, den die Methodenkonvention des UBA (UBA 2014a) vorschlägt. Bei der Verwendung des zentralen Kostensatzes von 80 Euro₂₀₁₀ / t CO₂ (UBA 2014a) belaufen sich die vermiedenen Umweltkosten durch den Rückgang der Treibhausgasemissionen von 1990 bis 2014 auf rund 18,7 Mrd. Euro. Für diese Rechnung wurden die echten Treibhausgasdifferenzen mit 80 Euro₂₀₁₀ / t CO₂ bewertet und letztere mit zwei Prozent pro Jahr deflationiert. UBA (2014a) schlägt diese Vorgehensweise in Anhang B2 vor. Andere Autoren ermitteln die Schadenskosten in realen Werten (vgl. Breitschopf et al. 2015).

In den folgenden Abschnitten werden die vermiedenen Umweltkosten durch Emissionsreduktionen den Anstrengungen der verschiedenen Sektoren zugeordnet, um die dort vermiedenen Kosten bewerten zu können.

Seit 1990 konnten die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) in Deutschland um rund 346 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente verringert werden. Dies entspricht insgesamt einem Rückgang um rund 28 Prozent, obwohl in den Jahren 2012 und 2013 ein Anstieg um fünf bzw. 23 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente zu beobachten war. Im Jahr 2014 verringerten sich – im Vergleich zu 2013 – die THG-Emissionen in Deutschland trotz einer positiven wirtschaftlichen Entwicklung von 945,2 auf 906 Mio. Tonnen und somit um 39,2 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente (UBA 2016, UBA 2017). Somit scheint sich die Entkopplung von Wirtschaftswachstum und THG-Emissionen fortzusetzen.

7.3 Vermiedene Umweltkosten in einzelnen Bereichen

7.3.1 Vermeidung von Umweltkosten durch den Ausbau der erneuerbaren Energien

Der Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland leistet einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz sowie zum Erreichen der deutschen Klimaschutzziele. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung sowie zur Kraftstoffbereitstellung reduzierte die THG-Emissionen bis zum Jahr 2014 um rund 148 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente. Damit lag ihr Anteil an der gesamten Emissionsreduktion bei rund 44 Prozent (BMWi 2015c).

Die vermiedenen Umweltkosten werden in jährlichen Monitoringberichten für die Bereiche Strom und Wärme sowie seit 2012 auch für den Verkehrsbereich (Bio-Kraftstoffe) ausgewiesen (z.B. Breitschopf et al. 2015).

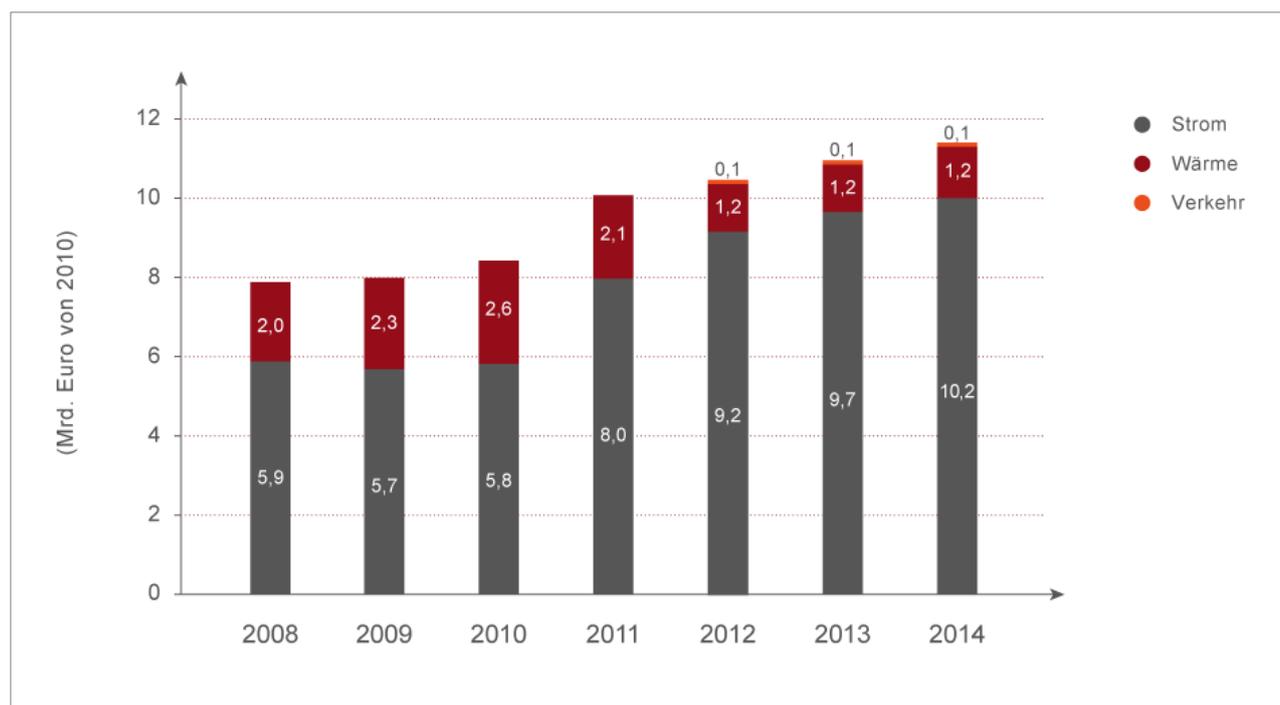
Kasten 4: Berechnung der vermiedenen Umweltkosten durch den Einsatz erneuerbarer Energien

Zur Berechnung der vermiedenen Umweltkosten werden zunächst die spezifischen vermiedenen Emissionen einer EE-Technologie ermittelt. Dazu greift man auf die Substitutionsfaktoren einer EE-Technologie zurück. Diese geben an, zu welchen Anteilen der Mix aus konventionellen Energiequellen durch den Einsatz von EE ersetzt wird und werden in % ausgedrückt. Diese werden aus aktuellen Untersuchungen und Forschungsarbeiten zu EE im Strom- und Wärmesektor abgeleitet. Detailliertere Informationen finden sich in Breitschopf (2012) sowie UBA (2014b).

Die Substitutionsfaktoren einer EE-Technologie werden mit den Emissionsfaktoren der verdrängten fossilen Technologie multipliziert. Hiervon wird schließlich der Emissionsfaktor der jeweiligen EE-Technologie subtrahiert. Multipliziert mit der jeweiligen Strom- und Wärmebereitstellung werden die gesamten vermiedenen Emissionen einer EE-Technologie ermittelt. Die Emissionsfaktoren fossiler wie erneuerbarer Energieträger für Treibhausgasen und Luftschadstoffen werden in g/kWh ausgewiesen. Abschließend werden die gesamten vermiedenen Emissionen einer Technologie mit den Schadenskostenansätzen multipliziert, die als € / THG (CO₂, CH₄, N₂O) ausgewiesen werden.

Im Jahr 2014 ließen sich Umweltschäden in Höhe von insgesamt rund 11,6 Mrd. Euro¹⁴ vermeiden, wobei der Verkehrsbereich mit 0,1 Mrd. Euro nur minimal zu der Gesamtvermeidung beitrug.

Abbildung 20: Vermiedene Umweltschäden durch verminderte Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen



Quelle: Breitschopf et al. (2015)

Im Verkehrsbereich verringert der Einsatz von Biokraftstoffen einerseits Emissionen, andererseits erhöht er jedoch die Schwefeldioxid (SO₂)-, Stickoxid (NO_x)- und Feinstaubemissionen, was Umweltkosten, zum Beispiel gesundheitliche Schäden, verursacht. Zudem steigen dadurch die Mengen der Treibhausgasen Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O). Insgesamt vermeidet die Verwendung von Biokraft-

¹⁴Alle Angaben in Euro 2010.

stoffen jedoch Umweltkosten in Höhe von rund 100 Mio. Euro. Dies geht in erster Linie auf den Einsatz von Biodiesel zurück sowie auf die daraus resultierende Einsparung von CO₂, wodurch allein 2014 Kosten in Höhe von 400 Mio. Euro eingespart wurden.

Tabelle 4: Monetäre Bewertung vermiedener Umweltkosten durch Biokraftstoffe (ohne Biome than) im Jahr 2014, in Mio. Euro

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	NO _x	NM VOC	PM ₁₀	Summe
Biodiesel	400	-12,7	-87,7	-38,8	-124	0,37	-25,7	110
Pflanzenöl	1,25	-0,009	-0,39	0,01	-0,18	0,003	-0,06	0,62
Bioethanol	136	-5,4	-31,6	-13,2	-81,9	0,19	-14,7	-10,8
Biokraftstoffe	537	-18	-120	-52	-206	0,56	-40,5	100

Quelle: Breitschopf et al. (2015)

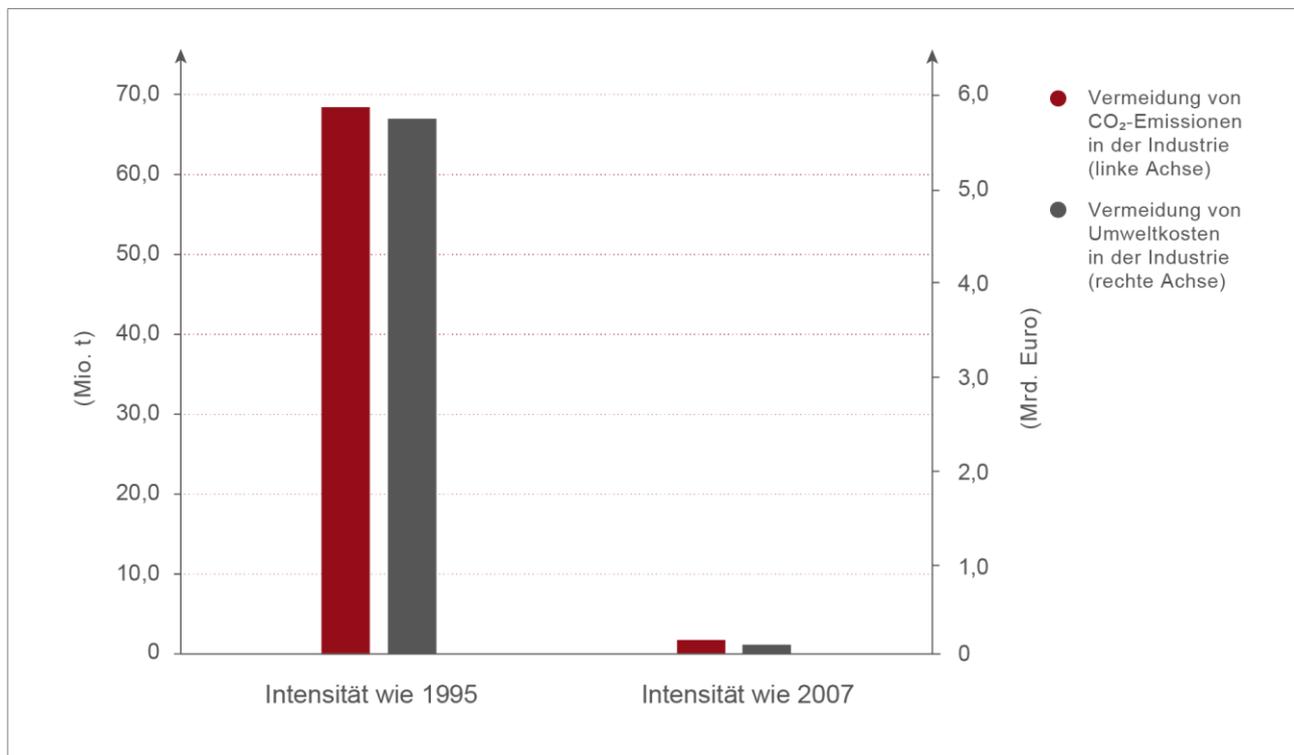
Der Einsatz von Bioethanol hingegen verursacht – im Vergleich zur Nutzung von Biodiesel – zusätzliche Umweltkosten in Höhe von rund 10,8 Mio. Euro, da die spezifischen CO₂-Emissionen bei der Herstellung von Bioethanol deutlich höher sind als bei der Produktion von Biodiesel.

7.3.2 Vermeidung von Umweltkosten durch gesteigerte Energieeffizienz

Um den Rückgang von Emissionen und Kosten durch eine höhere Effizienz zu messen, ist vorab festzulegen, im Vergleich zu welcher Größe die Effizienz als „höher“ charakterisiert werden kann. Im Folgenden werden die heutigen – bzw. die im letzten statistisch vorliegenden Jahr – erfassten Emissionen mit solchen früherer Jahre verglichen. Um eine Veränderung bewerten und einordnen zu können, ist zudem das jeweilige Aktivitätsniveau eines Energieverbrauchssektors zu berücksichtigen. Denn ein Rückgang des Energieverbrauchs in der Industrie ist bei konjunktureller Flaute anders zu bewerten als in einer Wachstumsperiode. Die Frage nach der richtigen Vergleichsgröße lautet somit: Wie groß wären der Energieverbrauch und die damit verbundenen Emissionen im Vergleichsjahr gewesen, wenn mit dem damaligen Energieträgermix und der damaligen Effizienz der heutige Industrieoutput, die heutige Verkehrsleistung oder der heutige Raumwärmebedarf gedeckt werden müsste? Im Folgenden werden zwei Bezugsjahre gewählt, um der Pfadabhängigkeit der Ergebnisse Rechnung zu tragen.

Für den Industriesektor, dessen Anteil am gesamtdeutschen Endenergieverbrauch knapp 30 Prozent beträgt, bedeutet dies, dass der Energieverbrauch, der 1995 bis 2013 um rund 4,5 Prozent von 2.400 Petajoule (PJ) auf 2.600 PJ gestiegen ist, in Relation zum Bruttoproduktionswert zu betrachten ist. Dieser wuchs im gleichen Zeitraum von rund 790 Mrd. Euro auf rund 1,1 Billionen Euro und somit um 30 Prozent.

Die Effizienzsteigerung im Industriesektor führte dazu, dass der hypothetische Endenergieverbrauch des Jahres 2013 auf Basis der Intensität des Jahres 1995 den tatsächlichen Energieverbrauch im Jahr 2013 um 735 PJ übersteigt (rund 22 Prozent). Diese 735 PJ wären zusätzlich nötig, um mit der Energieeffizienz von 1995 den heutigen Output herzustellen. Die Effizienzsteigerung zwischen den Jahren 2007 und 2013 führt zu einem Minderverbrauch von rund 18 PJ (rund 0,7 Prozent). Dies bedeutet, dass zwar insgesamt der Endenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen im Industriesektor in den vergangenen zwanzig Jahren stiegen, die Effizienzgewinne aber dennoch bewirkten, dass mehr als 68 Mio. Tonnen CO₂ (bei einem Niveau der Intensität von 1995) bzw. 1,7 Mio. Tonnen CO₂ (2007) vermieden wurden. Insgesamt sparte dies Umweltkosten in Höhe von 5,8 bzw. 0,1 Mrd. Euro (Abbildung 21).

Abbildung 21: Vermiedene CO₂-Emissionen und Umweltkosten durch Energieeffizienzsteigerungen in der Industrie

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von AGEb (2014), den Energiebilanzen, Prognos (2014b) und UBA (2014a)

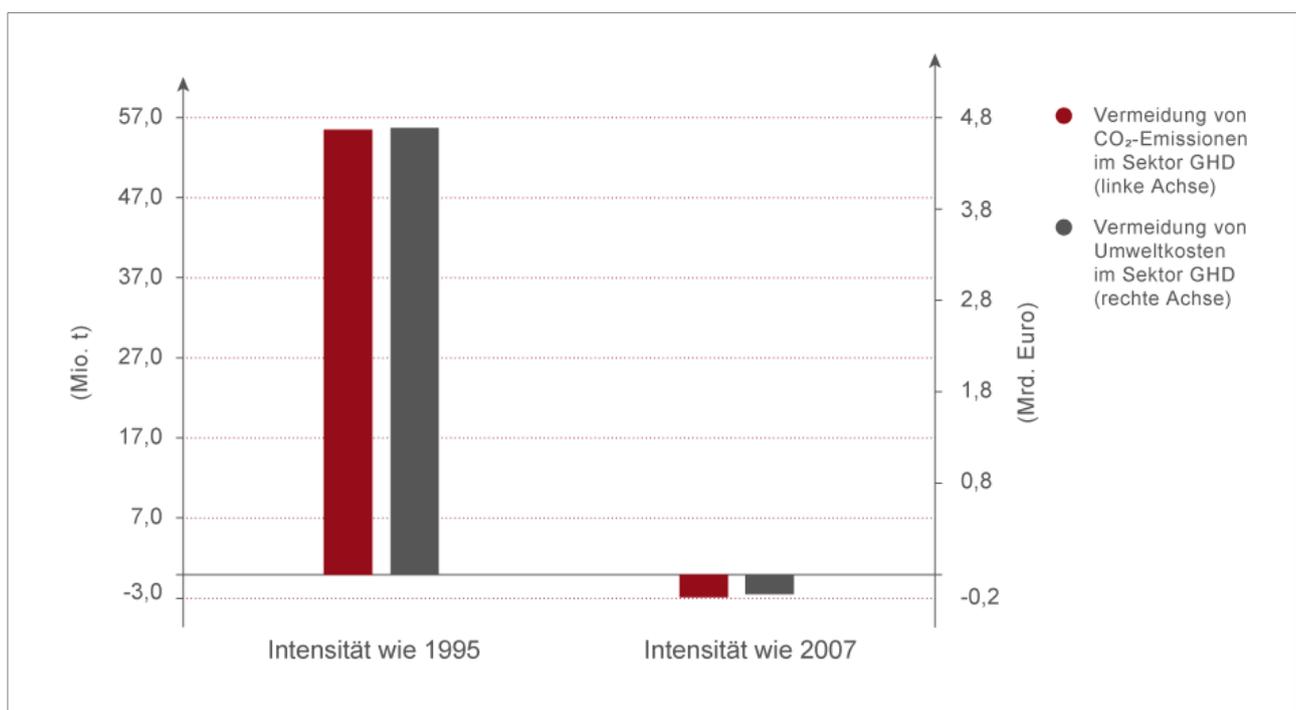
Anders als bei der Industrie ist die Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) weniger konjunktur-, dafür aber stark witterungsabhängig. Dies wiederum ist darauf zurückzuführen, dass dort mehr als 70 Prozent des Kraft- und Brennstoffverbrauchs der Raumheizung dienen (Schloman et al. 2014).¹⁵ Somit ist die Entwicklung des Energieverbrauchs weniger durch die Wirtschaftskrise geprägt als durch extreme Witterungsbedingungen in den Wintermonaten. Im GHD-Sektor sank der Energieverbrauch zwischen 1995 und 2013 von rund 1.560 PJ auf 1.300 PJ temperaturbereinigt um mehr als 15 Prozent. Die CO₂-Emissionen entwickelten sich zwar analog. Allerdings fielen sie nur um rund zehn Prozent von 143 Mio. Tonnen auf 130 Mio. Tonnen. Dies liegt daran, dass der Anteil des Stroms am Endenergieverbrauch im GHD-Sektor seit 2008 von 34 Prozent auf 43 Prozent deutlich zulasten anderer Energieträger anstieg. Die Emissionsfaktoren fallen dabei für Strom deutlich höher aus. Dadurch schrumpften die CO₂-Emissionen nicht in gleichem Umfang wie der Endenergieverbrauch.

Im GHD-Sektor führen die Effizienzsteigerungen dazu, dass der tatsächliche Energieverbrauch im Jahr 2013 rund 560 PJ niedriger ist als der hypothetische Verbrauch auf Basis der Energieintensität des Jahres 1995. Allerdings zeigen die Ergebnisse auch, dass der tatsächliche Verbrauch im Jahr 2013 den hypothetischen Verbrauch auf Basis der Intensität von 2007 um 28 PJ übersteigt. Dieser Aspekt ist darauf zurückzuführen, dass die Energieintensität im Jahr 2007 geringer ausfällt als im Jahr 2013. Nach den Jahren 2012 und 2011 weist das Jahr 2007 im Betrachtungszeitraum die geringste Energieintensität auf. Somit sind zwar in der Tendenz Effizienzsteigerungen zu beobachten, die allerdings im Jahr 2013 kurzzeitig zurückgehen. Insgesamt ließen sich im GHD-Sektor durch Effizienzsteigerungen rund 55 Mio. Tonnen CO₂ (Intensität von 1995) vermeiden. Dies bedeutet einen Rückgang um rund 30

¹⁵ In Schloman et al. (2014) werden die Bereiche Land- und Forstwirtschaft sowie militärische Dienststellen in die Berechnung mit einbezogen.

Prozent. Dies wiederum entspricht Umweltkosten in Höhe von rund 4,7 Mrd. Euro (Abbildung 22). Bei einem Vergleich des tatsächlichen und hypothetischen Energieverbrauchs des Jahres 2013 auf Basis der Energieintensität des Jahres 2007 wurden hingegen 2,8 Mio. Tonnen CO₂ mehr emittiert, was ebenfalls auf den leichten Anstieg der Energieintensität im Jahr 2013 im Vergleich zum Bezugsjahr 2007 zurückzuführen ist. Dies entspricht einem Anstieg um rund 2,2 Prozent. Dadurch wuchsen die Umweltkosten um 0,2 Mrd. Euro. Der Sektor GHD setzt sich aus vielen Wirtschaftsaktivitäten und Dienstleistungen zusammen, auch Hochschulen, Krankenhäuser öffentliche Gebäude und Kindergärten sind enthalten. Umweltkosten im GHD Sektor werden von vielen unterschiedlichen Treibern beeinflusst.

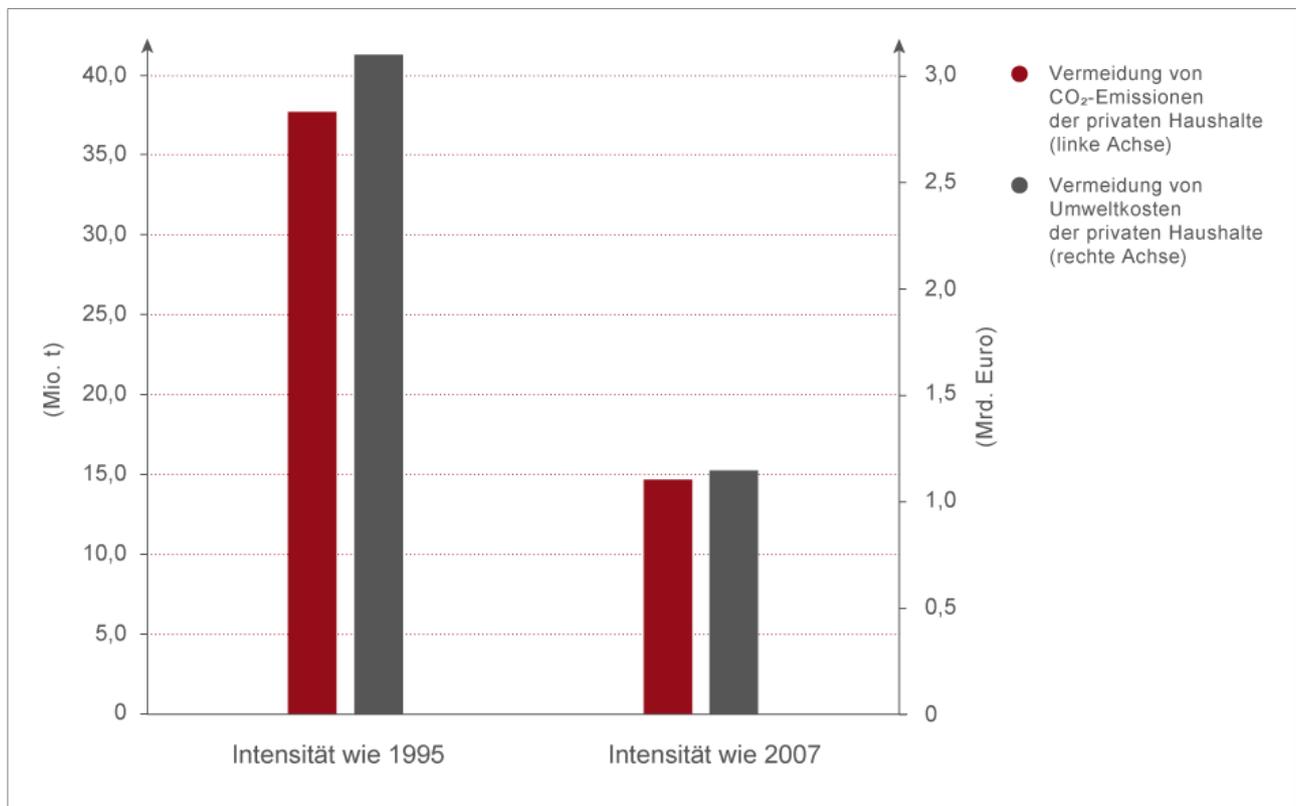
Abbildung 22: Vermiedene CO₂-Emissionen und Umweltkosten durch Energieeffizienzsteigerungen im GHD-Sektor



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von AGEb (2014), den Energiebilanzen, Prognos (2014b) und UBA (2014a)

Der Anteil der privaten Haushalte in Deutschland am Endenergieverbrauch beträgt rund 30 Prozent (ohne Verkehr). Ein Großteil davon – nämlich rund 70 Prozent – dient der Raumwärme (UBA 2015). Insgesamt besteht hier ein großes Energieeinsparpotenzial, insbesondere durch Wärmedämmmaßnahmen. Einen deutlichen Rückgang gab es im Beobachtungszeitraum beim Wärmebedarf (Terajoule (TJ) pro m²). So wurden 2013 rund 25 Prozent weniger Brennstoff pro Quadratmeter Wohnfläche benötigt als 1995. Diese Effizienzsteigerung führte dazu, dass 2013 der tatsächliche Brennstoffverbrauch um rund 700 PJ – unterhalb des hypothetischen Verbrauchs auf Basis der Brennstoffintensität des Jahres 1995 – liegt. Dies bedeutet eine Ersparnis von rund 26 Prozent. Im Vergleich zur Intensität des Jahres 2007 fällt der Verbrauch rund 270 PJ und somit rund zwölf Prozent geringer aus. Insgesamt konnten rund 38 Mio. t CO₂ bzw. Umweltkosten in Höhe von 3,2 Mrd. Euro vermieden werden bei einem Vergleich mit der Intensität des Jahres 1995. Die Berechnung auf Basis der 2007er Intensität weist vermiedene CO₂ Emissionen und Umweltkosten in Höhe von 15 Mio. t bzw. 1,3 Mrd. Euro aus (Abbildung 23).

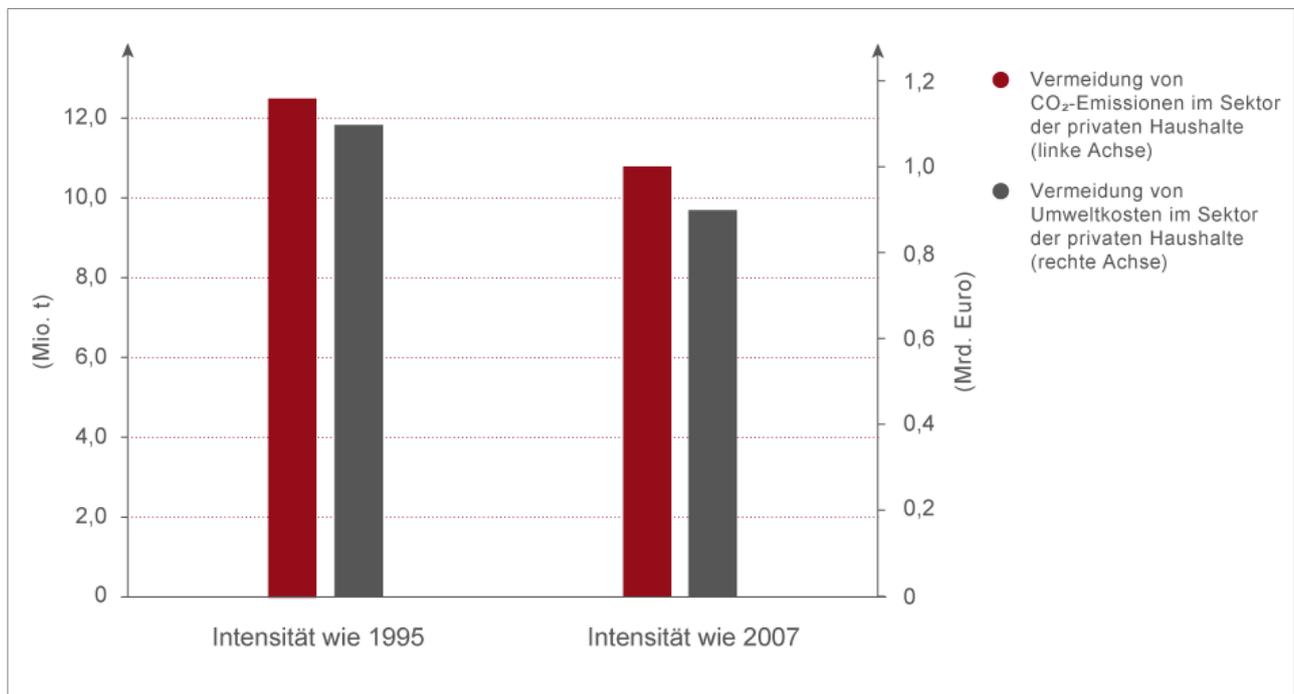
Abbildung 23: Vermiedene CO₂-Emissionen und Umweltkosten durch Brennstoffeffizienzsteigerungen im Sektor der privaten Haushalte



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von AGEB (2014), den Energiebilanzen, Prognos (2014b) und UBA (2014a)

Anders als bei den Brennstoffen wuchs – zwischen 1995 und 2013 – in den privaten Haushalten der Verbrauch von Strom. Ursache dafür ist u.a. die Zunahme von Ein- und Zweipersonenhaushalten. Hinzu kommt ein Anstieg bei den elektrischen Gebrauchsgütern in den privaten Haushalten (BDEW 2013). Die Steigerung der Stromeffizienz trug dazu bei, CO₂-Emissionen und Umweltkosten einzusparen. Denn bei beidem lägen die Zahlen im Jahr 2013 – ohne den Effizienzfortschritt – deutlich höher. Konkret wurden dadurch rund 12,5 bzw. elf Mio. Tonnen CO₂ vermieden. Dies wiederum sparte Umweltkosten in Höhe von 1,1 bzw. 0,9 Mrd. Euro.

Abbildung 24: Vermiedene CO₂-Emissionen und Umweltkosten durch Stromeffizienzsteigerungen im Sektor der privaten Haushalte



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von AGEb (2014), den Energiebilanzen, Prognos (2014b) und UBA (2014a)

Insgesamt (Strom und Raumwärme) beträgt die Einsparung von CO₂-Emissionen im Haushaltssektor – infolge der Energieeffizienzsteigerungen – rund 50 Mio. Tonnen (Intensität 1995) bzw. 26 Mio. Tonnen (Intensität 2007). Dies entspricht einem Rückgang um rund 22 Prozent bzw. 14 Prozent. Dadurch wurden Schäden in Höhe von 4,3 bzw. 2,2 Mrd. Euro vermieden.

Alle Angaben zu vermiedenen Schäden durch Energieeffizienz stellen gewissermaßen eine Untergrenze dar, da sie sich auf die Vermeidung von CO₂ konzentrieren. Weitere Umweltkosten, etwa durch Luftschadstoffe verursacht, werden ebenfalls vermieden und lassen sich somit zu den hier beschriebenen Werten addieren.

7.3.3 Verringerung der Umweltkosten durch Senkung der Methan-Emissionen

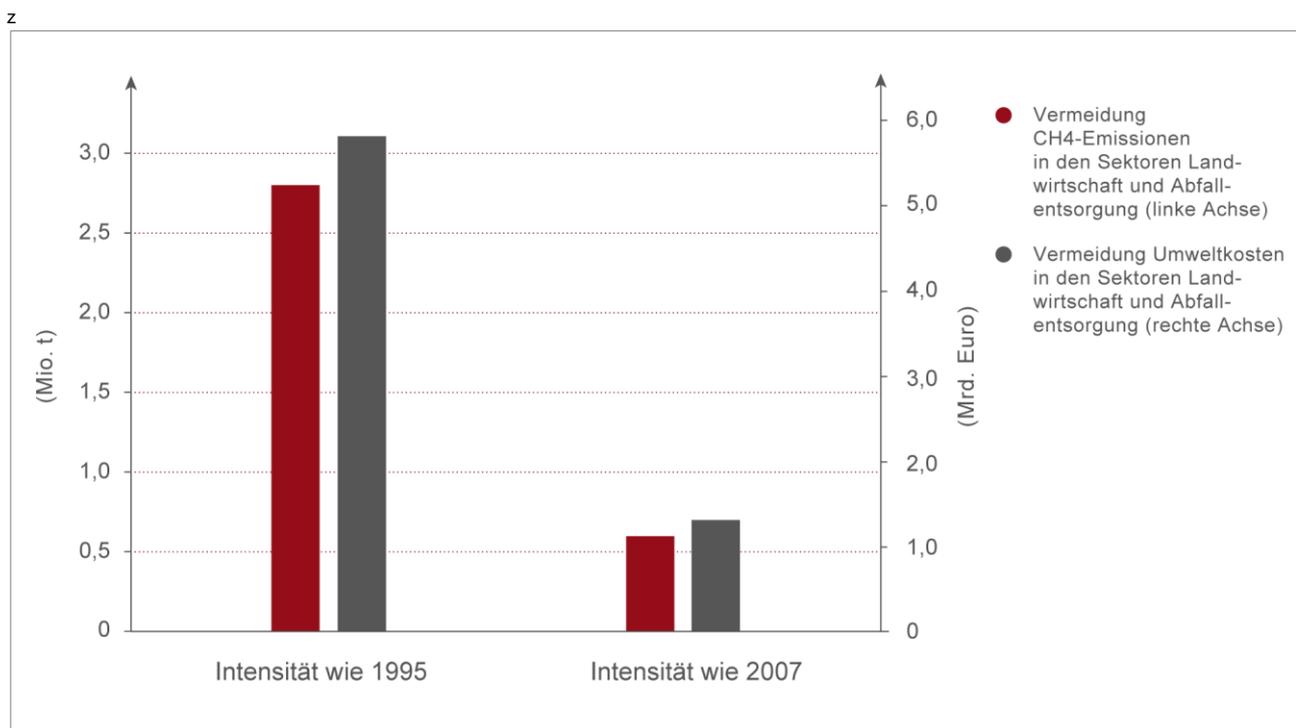
Neben Kohlendioxid ist Methan (CH₄) eines der bedeutendsten Klimagase. Methan wirkt 25-mal so stark wie CO₂. In den vergangenen zwanzig Jahren sanken die Methan-Emissionen aller Produktionsbereiche in Deutschland von rund 4,3 Mio. Tonnen (1995) auf rund 2,2 Mio. Tonnen (2012). Dies bedeutet einen Rückgang um rund 47 Prozent. Die Hauptemittenten in Deutschland sind die Sektoren Landwirtschaft und Abfallentsorgung, wobei hier unterschiedliche Entwicklungen zu beobachten sind: Über den gesamten Zeitraum betrachtet, wurden im Landwirtschaftssektor kumuliert rund 250.000 Tonnen CH₄ eingespart. Dagegen betrug der Rückgang bei der Abfallentsorgung bis 2012 sogar rund 1,2 Mio. Tonnen.

Verfolgt man einen ähnlichen Ansatz wie beim Energieeinsatz, so sind auch die Methan-Emissionen an der Aktivität von Landwirtschaft und Abfallwirtschaft zu spiegeln. Durch die Effizienzsteigerung in der Abfallentsorgung ließen sich zwischen 1995 und 2012 in erheblichem Umfang CH₄-Emissionen vermeiden. Läge die CH₄-Intensität bei der Bruttowertschöpfung des Jahres 2012 noch auf dem Niveau von 1995, würden rund 2,3 Mio. Tonnen CH₄ mehr emittiert werden, als 2012 tatsächlich freigesetzt wurden. Somit ersparten die Effizienzsteigerungen rund 82 Prozent der Methan-Emissionen. Im Landwirtschaftssektor wurden – obwohl die CH₄-Intensität auf einem relativ konstanten Niveau verlief – rund 500.000 Tonnen Methan-Emissionen vermieden. Dies entspricht einer Einsparung von rund

30 Prozent. Im Vergleich zu einer Situation, in der die Intensitäten auf dem Niveau von 2007 bleiben, betrug der Rückgang bei der Abfallentsorgung bis 2012 rund 435.000 Tonnen Methan – bzw. 46 Prozent. In der Landwirtschaft belief sich die Ersparnis auf rund 186.000 Tonnen und somit auf rund 13 Prozent. In beiden Sektoren zusammen wurden rund 2,8 (Intensität 1995) bzw. 0,6 (Intensität 2007) Mio. Tonnen CH₄ vermieden.

Aufgrund der 25-fachen Wirkung von CO₂, beträgt der Kostensatz pro Tonne CH₄ rund 2.000 Euro (UBA 2014a). Auf dieser Basis ließen sich bislang in beiden Sektoren durch Effizienzgewinne Umweltkosten in Höhe von 5,8 bzw. 1,3 Mrd. Euro vermeiden (Abbildung 25).

Abbildung 25: Vermiedene CH₄-Emissionen und Umweltkosten in den Sektoren Landwirtschaft und Abfallentsorgung



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Statistisches Bundesamt 2014 und UBA 2014a

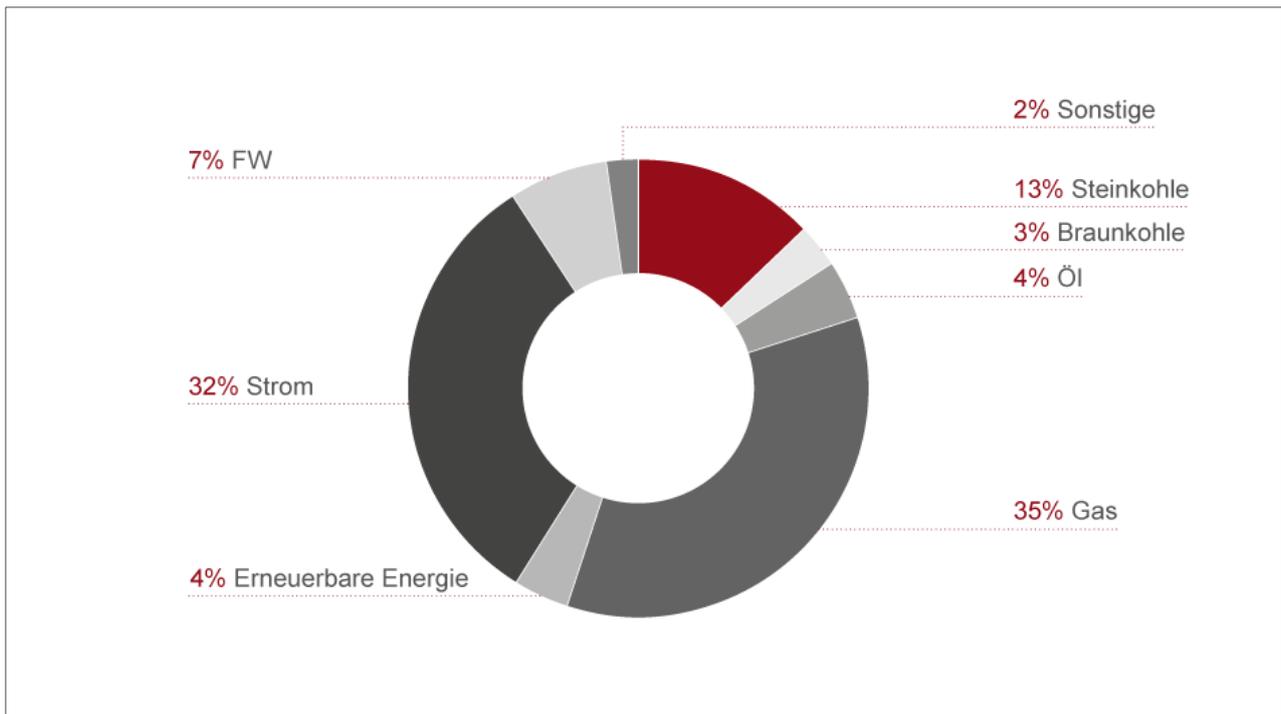
Alternativ können die vermiedenen THG Emissionen durch die Energiewende erhoben werden. Die Energiewende hat in Deutschland die Energieeffizienz gesteigert, entscheidend den Ausbau erneuerbarer Energien vorangetrieben und somit stark dazu beigetragen, die Umweltkosten zu verringern: Indem die Energieeffizienz wuchs, sank der Einsatz fossiler Energieträger deutlich. Zugleich schrumpften die Kosten, die durch die Emission von CO₂ und anderen Treibhausgasen entstehen. Addiert man die Werte der vorangegangenen Abschnitte, so kommt man auf vermiedene Schäden in Höhe von 30 bis 40 Mrd. Euro im Betrachtungsjahr. Die Berechnung basiert auf dem Vergleich der heutigen Energieintensität in den Sektoren „Industrie“, „Haushalte“ und „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ mit deren Effizienzlevel von 1995.

8 Kosteneinsparungen durch Klimaschutz

Um die Energieeinsparung zu bewerten, kann man – statt der sozialen – auch die individuellen Kosten betrachten. Dies geschieht im Folgenden anhand der Beispiele „Industrie“ und „Private Haushalte“.

Wie oben ermittelt, verbrauchte die Industrie – infolge besserer Energieeffizienz – im Jahr 2013 rund 735 PJ weniger Energie als mit Werten von 1995. Unterstellt man den Energieträgermix aus dem Jahr 2013 und bewertet diesen mit den entsprechenden Marktpreisen, so ergibt sich folgendes Ergebnis, das Abbildung 26 verdeutlicht:

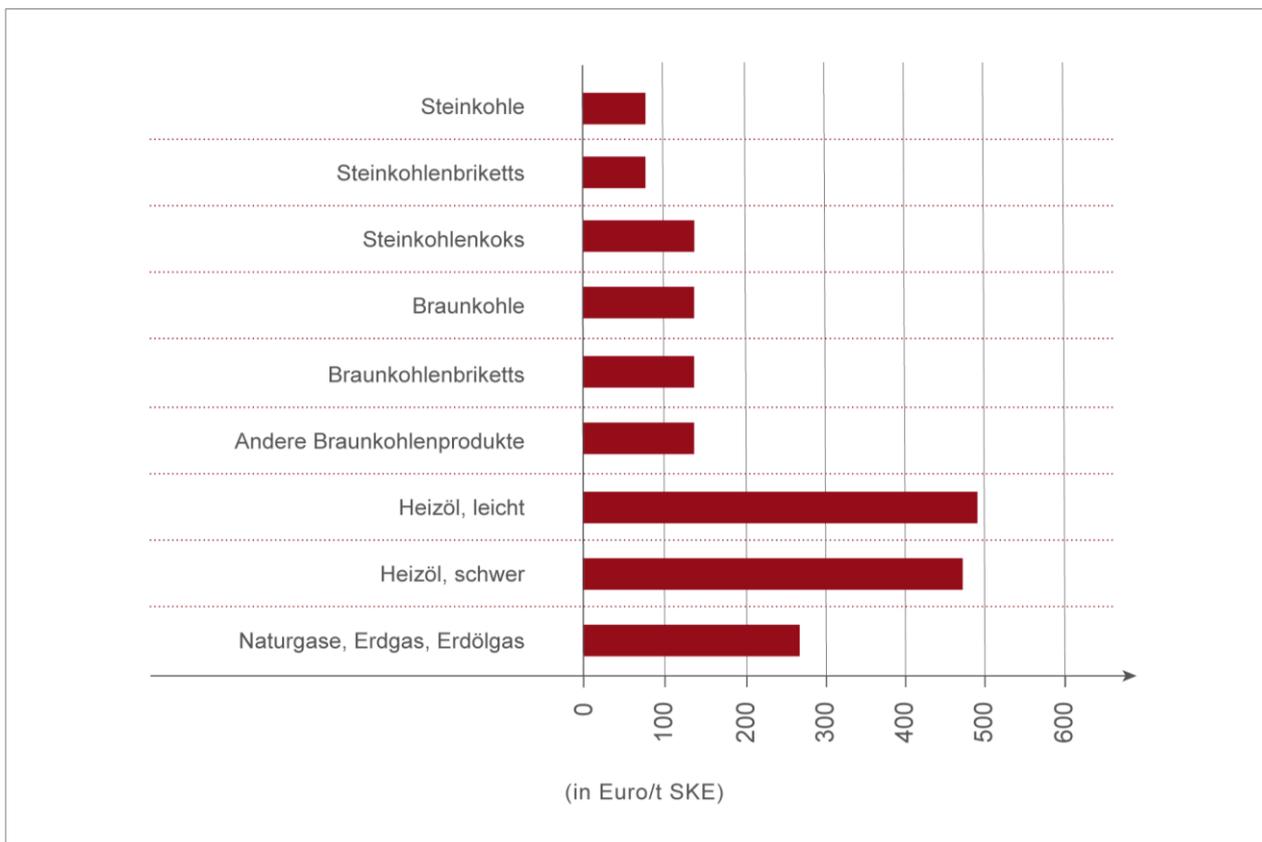
Abbildung 26: Endenergieverbrauchsstruktur der Industrie 2013



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, eigene Auswertung

Als Energieträger verwendet die Industrie vorwiegend Gas, Strom und Steinkohleprodukte. Über einen sehr langen Zeitraum stiegen die Preise hierfür sehr deutlich, auch wenn sie im letzten Jahr kurzfristig erheblich gefallen sind.

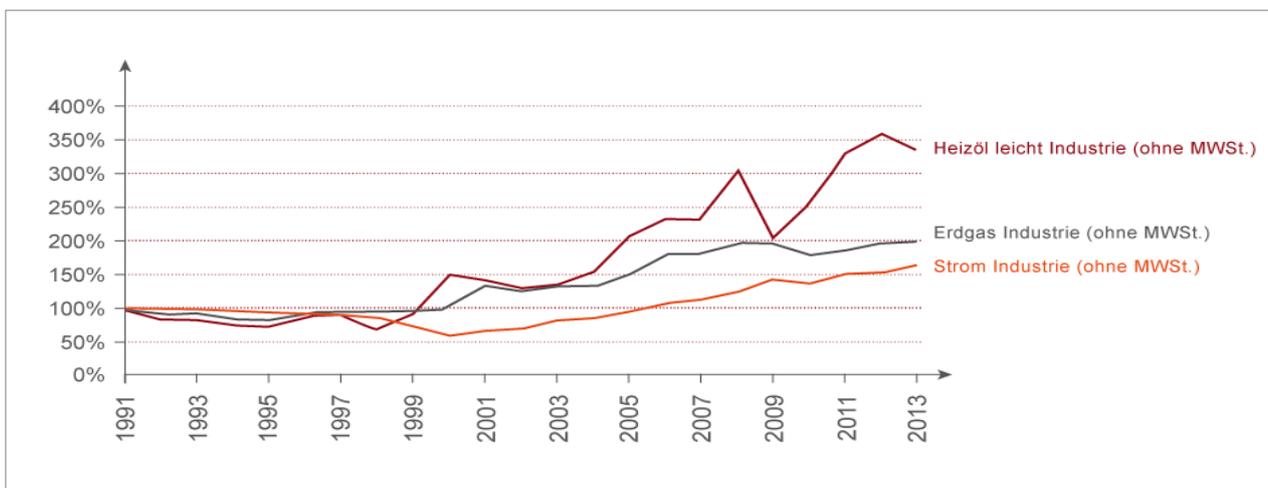
Abbildung 27: Übersicht über die Industriepreise für fossile Brennstoffe im Jahr 2013



Quelle: BMWi Energiedaten, eigene Auswertung

Um die Kostenersparnis einzuschätzen, die der Effizienzgewinn dem Bereich „Industrie“ erbrachte, folgt man in der Struktur des Energieverbrauchs – gemäß der Energiebilanz – der Energieeinsparung. Diese multipliziert man mit den entsprechenden Preisen für die Industrie ohne Steuern (Abbildung 28). Letzteres geschieht, um zu vermeiden, dass eventuelle Ausnahmeregelungen die Betrachtung verzerren.

Abbildung 28: Entwicklung von Verbrauchspreisen für Energie



Quelle: BMWi (2015b)

Das Ergebnis: Durch den Effizienzgewinn sparte der Bereich „Industrie“ bei der Jahresproduktion 2013 – im Vergleich zu einem Szenario, basierend auf dem Effizienz- / Energieverbrauchslevel von 1995 – mehr als zehn Mrd. Euro. Mit diesem Betrag lassen sich wiederum Investitionen zur Erhöhung der Energieeffizienz refinanzieren.

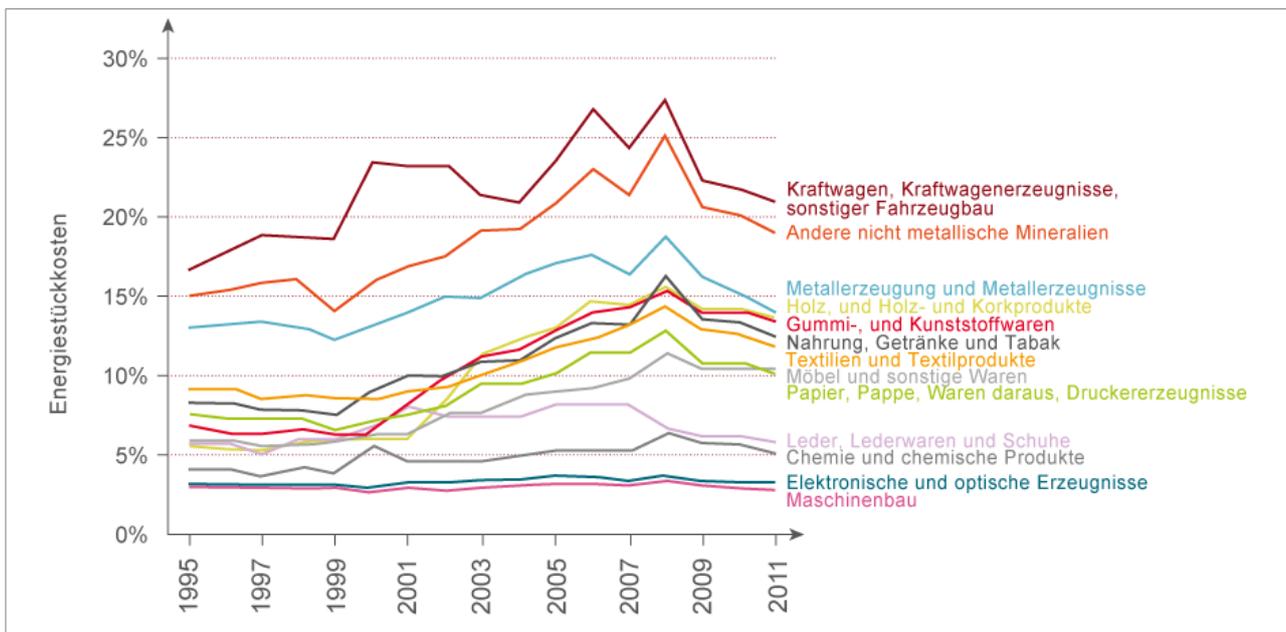
Im Bereich „Private Haushalte“ setzt sich die Kostenersparnis aus den Ausgaben für Strom und Wärme zusammen. Wie weiter oben berechnet (vgl. Abschnitt 7.3.2), beträgt die Energieeinsparung durch Effizienzgewinne – im Vergleich zu einem Szenario basierend auf dem Effizienz- / Energieverbrauchslevel von 1995 – bei Wärme rund 700 PJ und bei Strom rund 82 PJ. Gemäß dieser pauschalen Überlegung bedeutet dies für 2013 eine Ersparnis von mehr als 13 Mrd. Euro. Zum Vergleich: Pro Jahr geben die Haushalte für Energie mehr als 120 Mrd. Euro aus.

Für den Bereich „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen“ (GHD) ist die Abschätzung unbestimmter, da die Energiestatistik hier keine spezifischen Preise nennt. Zudem ist der Bereich sehr heterogen. Er besteht aus kleinen Einzelhandelsgeschäften, großen Versandhäusern, dem öffentlichen Bereich, Schulen, Krankenhäusern, Militärstellen und anderen Betrieben, sofern sie nicht der Industrie zugerechnet werden. Insgesamt sparten die Akteure im Bereich „GHD“ im Jahr 2013 – im Vergleich zu einem Szenario basierend auf dem Effizienz- / spezifischen Energieverbrauchslevel von 1995 – durch Effizienzgewinne rund 560 PJ. Bewertet man diese Zahl anhand der Preise für die Industrie, ergibt sich eine Kostenersparnis von neun Mrd. Euro. Geschieht dies anhand der Preise, die Haushalte zahlen, errechnet sich ein deutlich höherer Betrag von fast 20 Mrd. Euro.

Die – hier rein theoretisch abgeleiteten – Kostensparpotenziale zeigen sich auch, wenn man die einzelnen Bereiche, Anwendungsfelder und Unternehmen betrachtet. Je nach Branche unterscheidet sich die Höhe des Kostenfaktors Energie in Bezug auf die Gesamtkosten. Um die Wettbewerbsfähigkeit einer Branche – in Abhängigkeit von den Energiekosten – zu messen, erscheint das Konzept der Energiestückkosten als geeigneter Indikator. Es beschreibt den physischen Energieeinsatz pro Einheit realer Bruttowertschöpfung multipliziert mit dem realen Energiepreis. Energiestückkosten beschreiben also nicht absolute, sondern zur Wertschöpfung relative Kosteneinsparungen. Sie können daher Veränderungen der Energieeffizienz einer Branche erfassen (Germeshausen und Löschel 2015).

Abbildung 29 zeigt, dass sich die Energiestückkosten in den einzelnen Sektoren des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland stark unterscheiden. Über alle Sektoren hinweg folgen sie jedoch seit 2008 einem negativen Trend. Zuvor blieben sie über lange Zeit hinweg im Wesentlichen konstant bzw. sind sie moderat gestiegen. Dies gilt, obwohl die Energiekosten im Zeitverlauf stark zunahmten: zwischen 1991 und 2013 stieg der Verbraucherpreis für Strom um etwa 50 Prozent, für Erdgas um etwa 100 Prozent und für Heizöl um über 200 Prozent (Abbildung 28).

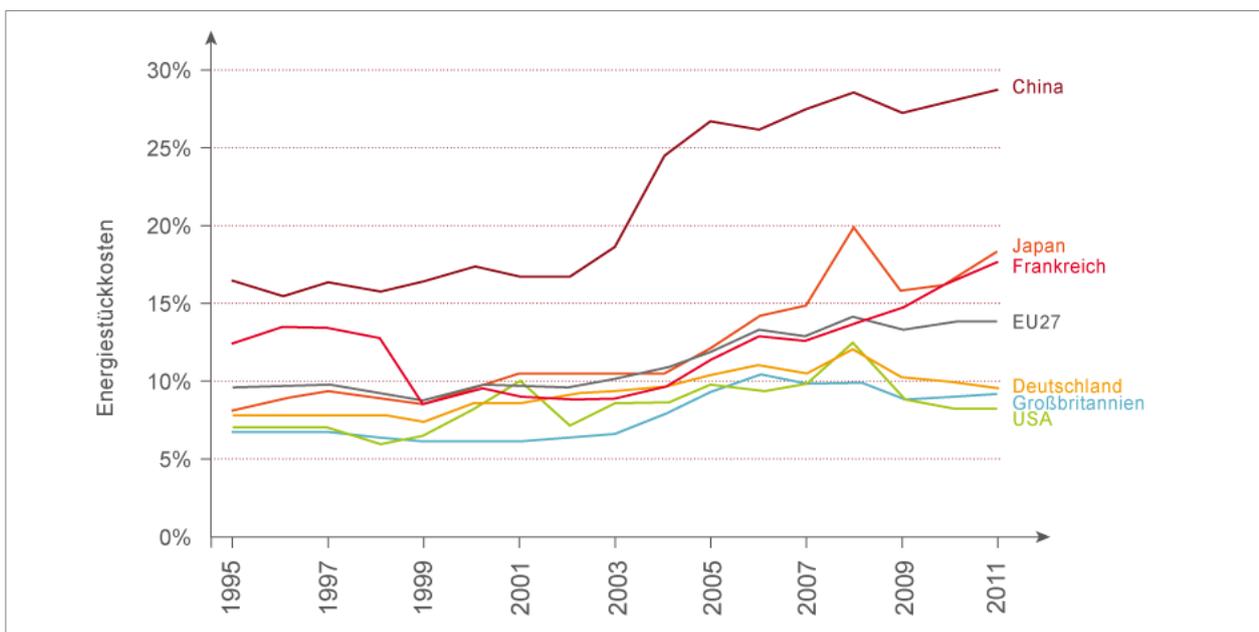
Abbildung 29: Energiestückkosten in den Sektoren des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland



Quelle: Germeshausen und Löschel (2015) mit Verweis auf WIOD-Daten

Abbildung 30 zeigt, dass die Energiestückkosten im Verarbeitenden Gewerbe, das in Deutschland einen überdurchschnittlich großen Anteil an der gesamten Bruttowertschöpfung hat, zwischen 1995 und 2011 etwa konstant blieben. Damit wurde Deutschland gegenüber den meisten internationalen Wettbewerbern, deren Energiestückkosten gestiegen sind, konkurrenzfähiger. Sowohl China als auch Japan, Frankreich und die EU 27 weisen höhere Energiestückkosten auf. Einschränkend ist hier allerdings auf strukturelle Unterschiede zwischen den Volkswirtschaften hinzuweisen, die die vergleichsweise niedrigen Energiestückkosten mit ermöglichen. Da das verarbeitende Gewerbe in Deutschland auf hochwertige und wertschaffende Produkte spezialisiert ist, haben sich die steigenden Energiepreise in relativ geringem Maße auf die Energiestückkosten ausgewirkt (vgl. SRU 2016).

Abbildung 30: Energiestückkosten im Verarbeitenden Gewerbe



Quelle: Germeshausen und Löschel (2015)

Insgesamt gesehen bringt der Anstieg der Energieeffizienz also, wie gezeigt, nicht nur gesamtwirtschaftlich positive Effekte durch eine Vermeidung von Umweltkosten mit sich. Auch einzelne Wirtschaftsakteure profitieren von der Entwicklung. In der Vergangenheit vermieden die privaten Haushalte, wie oben berechnet, Kosten für Strom und Wärme im Umfang von mehr als 10% (rund 13 Mrd. Euro) der Gesamtausgaben für diesen Bereich. Dies ist theoretisch zusätzliches Einkommen, das den privaten Haushalten für den Konsum zur Verfügung steht und potenziell zu einer Nachfragesteigerung führt, die die Produktion anregt. Auch die Industrie und der GHD Sektor sparen Kosten ein, was die Investitionsmöglichkeiten an anderer Stelle erhöht. Der Anstieg der Energieeffizienz wird durch Forschung und Entwicklung (Unternehmen und Forschungseinrichtungen), Investitionen in Effizienzmaßnahmen (Unternehmen und Haushalte) und finanzielle Unterstützung (Staat) forciert, um trotz einer positiven wirtschaftlichen Entwicklung die gesamtwirtschaftlichen Emissionen zu verringern. Entwicklungen wie im Verarbeitenden Gewerbe, in dem die Energiestückkosten seit einigen Jahren – trotz steigender Verbrauchspreise für Energie in der Industrie – sinken und die Konkurrenzfähigkeit für deutsche Unternehmen erhöhen, stellen einen Anreiz für Unternehmen dar, weiter in Effizienzmaßnahmen zu investieren.

Auf Unternehmensebene lassen sich ebenfalls Erfolg und wirtschaftliche Potenziale, die durch sinkende Energiekosten entstehen, nachzeichnen. Eine gute Übersicht zu erfolgreichen unternehmerischen Maßnahmen bietet die Initiative „Best-Practice Energieeffizienz“ der Deutschen Energieagentur (dena). Die Initiative honoriert herausragende Projekte im Bereich Energieeffizienz und veröffentlicht diese in einer Online-Datenbank.

Ein weiteres Handlungsfeld, dessen Relevanz zunimmt, ist die Energieeffizienz von Rechenzentren. Mit der fortschreitenden Digitalisierung der Gesellschaft – und künftig wohl auch der verarbeitenden Branchen (Stichwort Industrie 4.0) – wird die IT-Infrastruktur immer relevanter. Zugleich wächst der Stromverbrauch dieses Sektors, sodass die Energiekosten hier ebenfalls eine besondere Rolle spielen. So stieg der Anteil der Stromkosten in der IT-Branche während der letzten Jahre teils von fünf auf über 20 Prozent der laufenden Kosten (Seidel et al. 2012). Die wachsende Zahl von Servern sowie steigende Energiepreise lassen eine weitere Zunahme wahrscheinlich erscheinen. Teils wird davon ausgegangen, dass der Anteil der Energiekosten bei den IT-Aufwendungen auf 50 Prozent anwachsen könnte (vgl. Seidel et al. 2012). Dieser Entwicklung stehen Einsparungspotenziale durch eine effiziente Datenhaltung, durch die Konsolidierung und Virtualisierung von Servern sowie durch eine Effizienzsteigerung bei der IT-Hardware (Seidel et al. 2012) gegenüber.

Der Kontext Digitalisierung und Energieeffizienz geht jedoch über die direkten Einsparpotenziale in Rechenzentren weit hinaus. Denn die verstärkte Digitalisierung, die in allen Branchen stattfindet, bietet große Einsparpotenziale, etwa durch bessere Steuerungsprozesse und effizientere Energienutzung.

9 Ökonomische Chancen durch die Verzahnung von Klimaschutz und Ressourceneffizienz

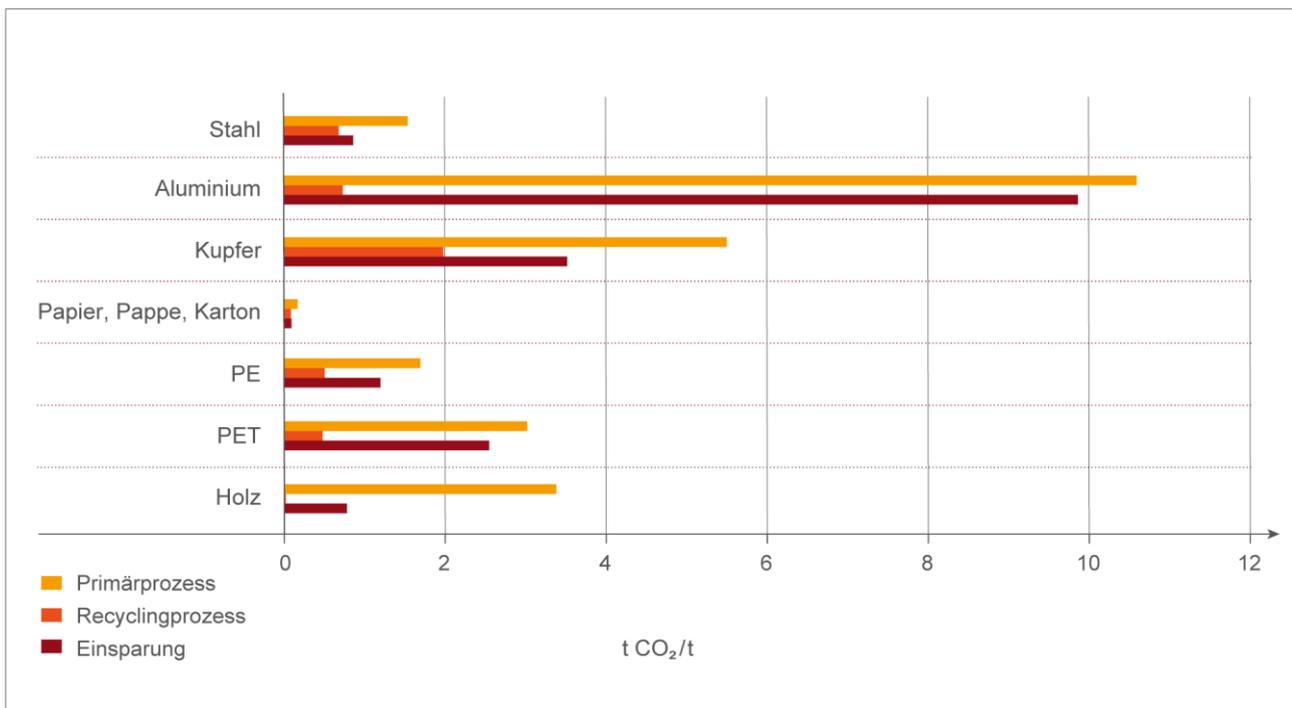
Ein wichtiger Beitrag, um Treibhausgase einzusparen und zugleich ein wirtschaftlicher Vorteil ist die Erschließung der Potenziale von Material-/ Rohstoffeffizienz. Zwischen dieser und der Energieeffizienz bestehen speziell im produzierenden Gewerbe Synergieeffekte, da es hier eine besonders starke Korrelation zwischen Material- und Energieverbrauch gibt. Bisher existieren jedoch nur Studien zu einzelnen Maßnahmen. Gleichwohl wird geschätzt, dass – unter den heutigen Rahmenbedingungen – alle Sektoren durch Materialeffizienzmaßnahmen rund 20 bis 30 Prozent ihres Endenergiebedarfs einsparen könnten. Dies wiederum würde die Treibhausgas-Emissionen bedeutend senken (Bauernhansl et al. 2013; VDI 2014).

Zur Steigerung der Ressourceneffizienz und Verringerung von Treibhausgas-Emissionen ist ein ganzheitliches Vorgehen über die gesamte Wertschöpfungskette notwendig. In den meisten Fällen bieten sich dabei neben den ökologischen Vorteilen auch ökonomische Chancen. An erster Stelle steht dabei die Verringerung der Rohstoffinanspruchnahme, wobei dabei das entsprechende Produktdesign als erster Schritt entscheidend ist, was Langlebigkeit, Aufrüstbarkeit und Reparierbarkeit angeht. In der Produktion selbst kann oft auch bei unverändertem Produkt Material durch Prozessoptimierung und effiziente Kopplung von Verarbeitungsschritten eingespart werden, z.B. durch Minimierung des Verschnitts. Ein weiterer Schritt ist die direkte Nutzung von Abfällen und Nebenprodukten in demselben oder anderen Produktionsprozessen bis hin zu integrierten Lösungen industrieller Symbiose. Schließlich kommt dem Recycling die entscheidende Rolle dabei zu, Stoffkreisläufe am Ende des Produktlebens zu schließen und Sekundärrohstoffe zu gewinnen, die erneut als Ausgangsmaterialien genutzt werden können. Dieser Schritt ist jedoch immer mit Aufwand und Verlusten behaftet.

Besonders deutlich zeigen sich die Chancen im Bereich der Grundstoffindustrie. So verursacht die Herstellung von Stahl und Zement etwa 15 Prozent der globalen CO₂-Emissionen (BMU und UBA 2011). Diese sinken jedoch deutlich, wenn sich – durch den Einsatz von Sekundärrohstoffen oder neuen technischen Verfahren – die Material- und Rohstoffeffizienz erhöht. Wird zum Beispiel bei der Stahlproduktion Stahlschrott als Inputmaterial verwendet, werden pro Tonne Stahlschrott rund 1,5 Tonnen Erz gespart. Zugleich sinken die CO₂ Emissionen pro Tonne Inputmaterial um 0,97 Tonnen. Dies entspricht etwa 60 Prozent der Gesamtemissionen der Stahlproduktion (Fraunhofer IUSE 2008).

Aktuell werden in Deutschland rund 22 Mio. Tonnen Stahl pro Jahr recycelt (Wirtschaftsvereinigung Stahl 2016). Das entspricht etwa 42 Prozent der Rohstahlerzeugung (Wirtschaftsvereinigung Stahl 2015). Die dadurch vermiedenen Treibhausgasemissionen werden auf etwa 20 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr geschätzt (Wirtschaftsvereinigung Stahl 2017). Dies entspricht vermiedenen Umweltkosten von etwa 1,6 Mrd. Euro jährlich (UBA 2014a).

Auch bei anderen Grundstoffen gibt es erhebliche CO₂-Einsparpotenziale durch die Verwendung von Sekundärmaterialien. So werden bei Verwendung von Sekundärmaterialien in der Aluminiumproduktion fast neun Tonnen CO₂ pro Tonne Inputmaterial eingespart. Bei Kupfer beträgt das Einsparpotenzial immerhin noch etwa 3,5 Tonnen, bei PET 2,5 Tonnen CO₂ pro Tonne Inputmaterial (vgl. Abbildung 31).

Abbildung 31: Recycling spart CO₂-Emissionen

Quelle: Fraunhofer IUSE 2008

Eine Branche, in der Ressourceneffizienz durch Materialrecycling und Klimaschutz ebenfalls eng miteinander verzahnt sind, ist der Tiefbau. Dies gilt insbesondere für den Ausbau und die Instandhaltung der Straßen- und Schieneninfrastruktur in Deutschland. Berechnungen zeigen, dass im Zeitraum bis 2030 bei vollständiger Umsetzung der bereits heute technisch möglichen Recyclingmaßnahmen der kumulierte Ressourcenverbrauch um 24 Prozent und die Treibhausgasemissionen um elf Prozent gegenüber einem Referenzszenario reduziert werden können. Schon heute werden bei Instandhaltungsmaßnahmen der Infrastruktur viele der Effizienzmaßnahmen umgesetzt (Bergmann et al. 2015).

Neben dem Recycling bieten vor allem alternative Herstellungsverfahren große Chancen, um in der Grundstoffindustrie die Treibhausgasemissionen zu mindern. Ein gutes Beispiel hierfür ist Zement (Riecke und Teipel 2012). Global werden jährlich fast drei Mrd. Tonnen Zement produziert. Dies entspricht rund fünf Prozent der weltweit ausgestoßenen anthropogenen CO₂-Emissionen. Damit ist der CO₂-Ausstoß der Zementindustrie drei- bis viermal größer als der des globalen Flugverkehrs (Riecke und Teipel 2012). Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) hat ein neuartiges Herstellungsverfahren entwickelt. Dieses besitzt das Potenzial, die zementbedingten CO₂-Emissionen zu halbieren. Käme dieses sogenannte Celitement-Verfahren weltweit zum Einsatz, ließen sich jährlich eine halbe Milliarde Tonnen CO₂ vermeiden. Die ökonomischen Chancen dieses materialeffizienteren Verfahrens bestehen zum einen in dem geringeren Energiebedarf, da es – anders als bei der herkömmlichen Herstellung (1.450°C) – eine sehr viel niedrigere Temperatur (200°C) erfordert. Zum anderen benötigt dieser neuartige Zement um bis zu zwei Drittel weniger Kalkstein (Riecke und Teipel 2012).

In der Industrie gibt es immer mehr Beispiele für Prozessinnovationen. Dazu gehören etwa Formungsverfahren, die zu endkonturnahen Fertigungsteilen führen und damit weniger Materialabfall verursachen („near net shape“-Verfahren). Relevant sind auch Kombiverfahren, wie etwa das Schmalband-Umform-Laserschweißen. Bei diesem wird das Stanzen durch eine Kombination von Umformen und Schweißen ersetzt. Dadurch verringert sich der CO₂-Ausstoß in diesem Bereich um etwa 2.700 t/Jahr. Zugleich reduziert sich der Materialeinsatz um bis zu 85 Prozent (Bauernhansl 2013). Ein anderes praktisches Beispiel ist die magnetische Blockerwärmung: Die Supraleitertechnologie halbiert den

Energieverbrauch. Daneben verringert sie die Nachbearbeitung und die Ausschussraten. Dies wiederum senkt den Materialverbrauch (BMU und UBA 2011).

Zunehmend bedeutend sind auch Leichtbautechniken. Sie verringern das Gewicht, indem sie unterschiedliche Werkstoffe und Werkstoffqualitäten miteinander verbinden. Ein Beispiel hierfür sind „Tailored Components“, die etwa in der Automobiltechnik zum Einsatz kommen. Sie sind genau auf die benötigte Festigkeit abgestimmt. Dadurch ist es möglich, Bauteile aus unterschiedlichen Werkstoffen sowie mit unterschiedlichen Eigenschaften zu kombinieren und Gewichtseinsparungen zu erreichen, die dann den Energiebedarf senken (BMU und UBA 2011).

Aktuelle Innovations- und Transformationsprozesse in der Industrie garantieren jedoch nicht automatisch, dass sie zugleich Ressourceneffizienz und Klimaschutz fördern. Um solche Prozesse zu bewerten, müssen jeweils die gesamte Wertschöpfungskette und der gesamte Lebenszyklus eines Produkts betrachtet werden (Klinglmair et al. 2014). Nur so kann sichergestellt werden, dass ressourceneffiziente Innovationen die entlang der Wertschöpfungskette eines Produkts insgesamt freigesetzten Treibhausgase reduzieren bzw. klimafreundliche Innovationen den Ressourcenverbrauch hinsichtlich des gesamten Lebenszyklus eines Produkts senken.

Mögliche Zielkonflikte zwischen Klimaschutz und Ressourceneffizienz treten zum Beispiel beim Ausbau von Wind- und Solarenergieanlagen auf. Während erneuerbare Energien dabei helfen, Energierohstoffe einzusparen, erhöhen sie gleichzeitig den Bedarf an Baumaterialien wie Eisen, Zement, Kupfer und Aluminium (Hertwich et al. 2015). Um Synergiepotenziale des Ausbaus von erneuerbaren Energien zu nutzen, rücken im Rahmen von Lebenszyklusbetrachtungen daher Fragen der stofflichen Verwertung von ausgedienten Anlagen stärker in den Fokus. Zielkonflikte können unter anderem dadurch minimiert werden, wenn schon in der Konzeptionsphase Aspekte der Energiewirtschaft und der Ressourceneffizienz gemeinsam betrachtet werden.

Eine Steigerung der Ressourceneffizienz kann bei der Verzahnung mit dem Klimaschutz also in doppelter Hinsicht vorteilhaft sein. Werden Ressourcen eingespart, zum Beispiel durch Stahlrecycling, profitieren die daran beteiligten Unternehmen und deren Kunden von niedrigeren Produktionskosten. Gleichzeitig werden Treibhausgasemissionen vermieden, wodurch die Umweltkosten des Klimawandels sinken, und ein gesellschaftlicher Mehrwert geschaffen wird.

10 Der Beitrag der Klimaschutzpolitik zur Vermeidung von Fehlinvestitionen

Ein weiterer Aspekt, der mit Blick auf die wirtschaftlichen Chancen durch Klimaschutzpolitik Deutschlands nicht übersehen werden sollte, sind die Auswirkungen auf langfristige Investitionen. Infrastrukturinvestitionen in die Energiewirtschaft haben meist eine hohe Lebensdauer. Sie beruhen daher auf einem weit in die Zukunft gerichteten Finanzierungshorizont. Dies gilt sowohl für die Erkundung und Erschließung fossiler Lagerstätten als auch für die Energieerzeugung und den (Aus-)Bau der Energienetze. All dies benötigt ein stabiles Investitionsumfeld sowie langfristig sichere Rahmenbedingungen (Fulton und Weber 2012; UNEP 2012). Dies ist jedoch derzeit nur bedingt gegeben (MERCER 2015). Zudem ist auch der künftige Energiebedarf ungewiss, und steigende Treibhausgasemissionen und die Bemühungen, diese zu limitieren, verursachen einen weiteren – bis jetzt kaum quantifizierbaren – Anpassungsdruck bei Investitionsentscheidungen (Fulton und Weber 2012; EIB und Bruegel 2012; MERCER 2015).

Große Aufmerksamkeit erfuhr hierbei das Thema „Fehlinvestition“ im Kontext der *carbon bubble* (Rohrbeck 2014). Der Begriff bezeichnet eine Spekulationsblase, die sich daraus ergibt, dass das 2°-Klimaziel nicht vereinbar ist mit der momentan betriebenen Extrahierung und Nutzung weiter Teile bereits bekannter Erdöl-, Kohle- und Erdgaslagerstätten. Soll vermieden werden, dass die Erderwärmung um mehr als 2° steigt, müssen etwa zwei Drittel der bekannten Reserven fossiler Energieträger ungenutzt bleiben (McGlade und Ekins 2015). Die internationale Energieagentur warnt, dass durch die lange Lebensdauer der Kapitalinvestitionen schon bald der Zeitpunkt erreicht sein könnte, an dem die bestehende Energieinfrastruktur so viele CO₂-Emissionen für die Zukunft festlegt, dass unter diesen Voraussetzungen keine neuen CO₂-emittierenden Kraftwerke mehr errichtet werden können (IEA und OECD 2013; WBGU 2014). Sie empfiehlt daher schon für die Zeit bis 2020 Nutzung und Bau ineffizienter Kohlekraftwerke einzuschränken. Dies bedeutet, dass die Gefahr besteht, dass sich zahlreiche getätigte Investitionen nicht mehr amortisieren. Davon besonders betroffen sind Unternehmen der fossilen Energiewirtschaft, wie etwa RWE, ExxonMobile, Shell und Glencore. Sie alle haben einen Großteil der bekannten Reserven erworben und in ihren Bilanzen als Vermögenswert verbucht (Deutscher Bundestag 2015).

Alle Öl-, Gas- und Kohlekonzerne haben zusammen einen Börsenwert von fast fünf Billionen US-Dollar (Weyzig et al. 2014). Der Anteil gehandelter Papiere von Unternehmen, die Öl, Gas und Kohle extrahieren, wird an der Londoner Stock Exchange auf mehr als 20 Prozent geschätzt sowie auf elf Prozent im US-amerikanischen S&P 500 Index. An der Pariser Börse wird die Marktkapitalisierung von Unternehmen aus dem Bereich fossiler Brennstoffe auf etwa zehn Prozent taxiert (Carbon Tracker und The Grantham Research Institute 2013). In Deutschland bezeichnet das Bundesministerium für Finanzen (BMF) knapp die Hälfte der Unternehmen des DAX30 als emissionsintensive Unternehmen (BMF 2016). Insgesamt wird das Wagnis zwar mittelfristig (also in den kommenden zwei Dekaden) noch für relativ gering gehalten. Als deutlich höher wird jedoch das Langfristrisiko gesehen (u.a. Spedding et al. 2013; Skancke et al. 2014; Lewis 2014).

Neben den Öl-, Gas- und Kohlekonzernen sind aber auch die Investoren dieser Unternehmen betroffen. Dies gilt zum Beispiel für Banken, Versicherungen und Pensionsfonds. So haben – innerhalb der Europäischen Union (EU) – Aktien, Anleihen und Kredite der Finanzinstitute an Unternehmen, die über fossile Brennstoffreserven und fossile Rohstoffe verfügen, einen Umfang von insgesamt mehr als einer Billion Euro. Es wird davon ausgegangen, dass dies fünf Prozent der Bilanzsumme der Pensionsfonds, vier Prozent der Versicherer und 1,5 Prozent der Bilanzsumme der Banken ausmacht (Weyzig et al. 2014).

Nach einem vom BMF in Auftrag gegebenen Gutachten werden die physischen Risiken des Klimawandels kurz- und mittelfristig eher einen geringen Einfluss auf die Stabilität der Finanzmärkte in Europa und Deutschland haben. Die physischen Risiken ergeben sich zum Beispiel aus versicherten und nicht

versicherten Schäden durch häufigere oder stärkere Extremwetterereignisse. Neben den physischen Risiken des Klimawandels gibt es die sogenannten Transitionsrisiken, die sich aus der unerwarteten Abwertung einer Anlage ergeben. Ein Beispiel ist eine Anlage in ein Kohlekraftwerk, die durch eine verschärfte Klimaschutzpolitik plötzlich an Wert verliert. Den Transitionsrisiken liegen somit Fehlinvestitionen zu Grunde. Der Monatsbericht des BMF misst den Transitionsrisiken des Klimawandels eine größere Bedeutung als den physischen Risiken zu. In dem Gutachten wird außerdem eingeräumt, dass sich manche Risiken des Klimawandels auf die Finanzmarktstabilität, insbesondere die Folgen einer kurzfristig erweiterten Einpreisung von CO₂-Emissionen einschließlich möglicher Zweit- und Drittrundeneffekte, mit dem heutigen Stand des Wissens nicht umfassend bewerten lassen. Angesichts der Risiken wird einem transparenten und geordneten Vorgehen bei der Einpreisung eine hohe Bedeutung beigemessen (BMF 2016).

Einige Studien und Daten liefern weitere Hinweise auf Fehlinvestitionen deutscher Finanzinstitute. Betrachtet man etwa Investitionen in die weltweite Kohleindustrie, so befindet sich ein deutsches Bankinstitut unter den 20 Hauptinvestoren. So steht – laut Recherchen der Nichtregierungsorganisation BankTrack – die Deutsche Bank mit einer Beteiligung von etwa 15,5 Mrd. Euro auf Platz zehn der Top-20-Kohleinvestoren der Jahre 2004 bis 2014. Die Finanzierung der Kohleindustrie unter Beteiligung aller deutschen Banken in den Jahren 2011 bis 2013 wird mit insgesamt 9,9 Mrd. Euro angegeben (BankTrack 2014). Im europäischen Vergleich – und gemessen am Anteil der Bilanzsumme – hatten CO₂-intensive Kredite bei deutschen Banken 2012 nur einen geringeren Anteil (Weyzig et al. 2014). Die Commerzbank und die DZ-Bank verfügen jedoch über sehr große Anteile an CO₂-intensiven Kreditportfolios mit sehr langen Laufzeiten. Sie stechen damit im europäischen Vergleich deutlich heraus. Im Jahr 2012 entfielen bei der Commerzbank rund 24 Prozent ihres gesamten CO₂-intensiven Kreditportfolios auf Kreditlinien mit Laufzeiten von mehr als neun Jahren. Bei der DZ-Bank waren es 14 Prozent.

Insgesamt kann Deutschland also von einer glaubwürdigen und konsequenten Klimaschutzpolitik auch durch vermiedene Fehlinvestitionen wirtschaftlich profitieren.

11 Fazit

Im öffentlichen Diskurs werden die wirtschaftlichen Vorteile eines konsequenten Klimaschutzes häufig nach wie vor verkannt. Die vorliegende Studie gibt daher einen Überblick über die positiven ökonomischen Effekte, die der Klimaschutz in Deutschland bewirkt hat.

Entwicklung der Umsätze

Die Umsätze mit Core-Klimaschutzgütern, die direkt im Zusammenhang mit der Umwandlung und Verwendung von Energie stehen, betragen 2014 knapp 33 Mrd. Euro. Davon entfielen auf die Gütergruppe „Rationelle Energieverwendung“ rund 18 Mrd. Euro. Hinzu kamen knapp 13 Mrd. Euro, die in der Gütergruppe „Erneuerbare-Energien-Anlagen“ umgesetzt wurden. Im Vergleich zu 2009 bedeutet dies bei den Core-Produkten einen Umsatzanstieg um rund drei Mrd. Euro. Dies entspricht – über den Zeitraum 2009 bis 2014 – einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von zwei Prozent. Gemessen an der Produktion aller Industriegüter in Deutschland betrug der Anteil der Klimaschutzgüter (Core und Non-core) 2014 rund 3,6 Prozent.

Beschäftigungseffekte

Verwendet man einen nachfragebasierten Schätzansatz so lässt sich die Beschäftigung durch die Erbringung von Klimaschutzdienstleistungen für das Jahr 2012 mit rund 480.000 Personen grob angeben, davon etwa 40 Prozent im Sektor Unternehmensdienstleistungen. Bei Einbeziehung von Klimaschutzdienstleistungen und indirekten Beschäftigungseffekten liegen die Beschäftigungswirkungen des Klimaschutzes bei rund einer Million Personen.

Bedeutung für den Export

Die vorliegenden statistischen Quellen zu den Umsätzen und den Exporten von Klimaschutzgütern sind nicht aufeinander abgestimmt, sodass die Zahlenangaben nicht direkt miteinander vergleichbar sind. So haben die ausgewiesenen Exportdaten – entsprechend einer kombinierten NIW/destatis- und OECD-Liste – in größerem Umfang Potenzialcharakter (vgl. Abschnitte 2.2 und 4.1). Die Exporte dieser Klimaschutztechnologieüter betragen 2013 gut 100 Mrd. Euro. Dies bedeutet einen Anteil von 9,4 Prozent am deutschen Warenexport. Am bedeutendsten sind dabei Güter in den Bereichen „Erneuerbare-Energien-Anlagen“ sowie „Mess-, Steuer- und Regeltechnik“. Zwischen 2009 und 2013 stiegen die Exporte um 36,5 Prozent. Die wichtigsten Absatzmärkte sind dabei die EU-Staaten, die Nicht-EU-OECD- sowie die BRICS-Länder.

Positive Effekte durch Innovationen

Innovationen bringen den Klimaschutz voran. Spezifische Maßnahmen, wie die Forschungsförderung oder Gesetze wie das EEG, das auch als Anreizinstrument für Innovationen im Bereich Klimaschutz fungiert, schufen einen Rahmen, in dem der technische Fortschritt erleichtert wurde: So stammen fast 50 Prozent aller Patentanmeldungen im Bereich Klimaschutz in Europa aus Deutschland. Auch in Relation zum Bruttoinlandsprodukt verzeichnet Deutschland mehr Patentanmeldungen für Klimaschutztechnologien als jedes andere Land in Europa (Rudyk et al. 2015).

Stärkung der Versorgungssicherheit

Durch die Reduktion des Energieverbrauchs sowie durch den vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien stieg in Deutschland die Versorgungssicherheit deutlich, da weniger Rohstoffe aus dem Ausland importiert werden müssen, und die Energieversorgung insgesamt auf vielfältigeren, preisstabileren und sichereren Quellen beruht. Wie stark dieser Anstieg ist, wurde anhand eines Diversitätsindikators, der die Importabhängigkeit und die Länderstabilität einbezieht, berechnet. Die Entwicklung des Indikators weist darauf hin, dass sich die Versorgungssicherheit in Deutschland im Zuge des Ausbaus der erneuerbaren Energien zwischen den Jahren 2000 und 2013 erhöhte.

Einsparungen durch Effizienzgewinne

Die Klimaschutzpolitik in Deutschland führte dazu, dass in den verschiedensten Bereichen die Kosten erheblich sanken. Hierbei lässt sich jedoch nicht exakt beziffern, wie stark die Kosten – etwa durch eine höhere Effizienz – gesunken sind bzw. sinken. In einer Abschätzung wurde berechnet, was es kosten würde, unsere heutigen Waren und Dienstleistungen (beides bezogen auf die erbrachte Menge des Jahres 2013) mit der Energieeffizienz des Jahres 1995 herzustellen. Dies wiederum wurde mit den heutigen Energiekosten verglichen. Das Ergebnis: Die Industrie sparte insgesamt gut zehn Mrd. Euro. Bei den privaten Haushalten lag der Betrag bei mehr als 13 Mrd. Euro.

Vermeidung von Umweltkosten

Klimaschutz hilft, Umweltkosten zu vermeiden. So wurden durch den Ausbau der erneuerbaren Energien im Jahr 2014 Umweltschäden in Höhe von insgesamt rund 11,6 Mrd. Euro vermieden. Diese Zahl bezieht sich nur auf die Schäden, die ansonsten durch den zusätzlichen Ausstoß von Treibhausgasen entstanden wären. Die Steigerung der Energieeffizienz wiederum führte im Jahr 2013 dazu, dass treibhausgasbedingte Umweltkosten von etwa 15 Mrd. Euro eingespart wurden.

Synergien mit Material- und Rohstoffeffizienz

Aktiver Klimaschutz kann Hand in Hand mit der Material- und Rohstoffproduktivität gehen. So reduziert die Nutzung sekundärer statt primärer Rohstoffe den Ressourcenverbrauch und birgt obendrein noch erhebliches CO₂-Einsparpotenzial. Bei der Stahlproduktion können durch Recycling zum Beispiel etwa 60 Prozent der Treibhausgasemissionen eingespart werden. Im Jahr 2016 wurden durch die Verwendung von Stahlschrott etwa 20 Mio. Tonnen CO₂ vermieden. Dies entspricht Umweltkosten von etwa 1,6 Mrd. Euro, die durch gesteigerte Ressourceneffizienz alleine in der Stahlproduktion jedes Jahr eingespart werden.

Vermeidung von Fehlinvestitionen

Deutschland kann von einer glaubwürdigen und konsequenten Klimaschutzpolitik auch durch die Vermeidung von Fehlinvestitionen wirtschaftlich profitieren. Bisher sind deutsche Finanzinstitute beispielsweise noch in erheblichem Maße in die weltweite Kohleindustrie investiert. Soll vermieden werden, dass die Erderwärmung um mehr als 2° steigt, müssen jedoch etwa zwei Drittel der bekannten Reserven fossiler Energieträger ungenutzt bleiben (McGlade und Ekins 2015). Eine glaubwürdige Klimapolitik sendet die entsprechenden Signale an Investoren.

12 Quellenverzeichnis

AG Energiebilanzen (AGEB) 2014: Energieintensität in Deutschland - Ausgewählte Kennziffern als Zeitreihe von 1990 bis 2013. Stand: September 2014. Berlin: AGEB

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) 2014: EEG ist Innovationstreiber. <https://www.unendlich-viel-energie.de/eeg-ist-innovationstreiber> (Abgerufen am 22.09.2016)

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) o.J.: Erfolgsgeschichte EEG das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Abgerufen von: <https://www.unendlich-viel-energie.de/themen/politik/erneuerbare-energien-gesetz-eeg/erfolgsgeschichte-eeg-das-erneuerbare-energien-gesetz>. (Abgerufen am 16.05.2016)

Andor, A.; Frondel, M.; Sendler, S. 2015: Photovoltaik-Anlagen in Deutschland – Ausgestattet mit der Lizenz zum Gelddrucken? Diskussionspapier. RWI Materialien. Heft 94. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung

Armaroli, N.; Balzani, V. 2011: Towards an electricity-powered world. *Energy and Environmental Science* 4, 3193–3222

Arnemann, M. 2015: Potenziale der Kälte-, Klima-, und Wärmepumpentechnik für die (Ab)Wärmeerzeugung. BMUB Fachtagung. Klimaschutz durch Abwärmenutzung – Potenziale, Hemmnisse, Strategien. Abgerufen von: http://www.izes.de/sites/default/files/publikationen/Veranstaltungen/BMUB_Abwaermenutzung_Arnemann.pdf (Abgerufen am: 23.09.2016)

B4B-Wirtschaftsleben-Schwaben 2011: MAN erhält großen Auftrag. Abgerufen von: http://www.b4bschwaben.de/nachrichten/augsburg_artikel,-MAN-erhaelt-grossen-Auftrag-_arid,106090.html. (Abgerufen am 16.05.2016)

BankTrack 2014: Banking on Coal 2014. Abgerufen von: http://www.banktrack.org/download/banking_on_coal_2014_pdf/banking_on_coal_2014.pdf (Abgerufen am 20.04.2016)

Bauernhansl, T.; Mandel, J.; Wahren, S.; Kasprovicz, R.; Miehe, R. 2013: Energieeffizienz in Deutschland: Ausgewählte Ergebnisse einer Analyse von mehr als 250 Veröffentlichungen. Stuttgart: Institut für Energieeffizienz in der Produktion

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie; ifo Institut 2010: Umweltwirtschaft in Bayern. München: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, ifo Institut

Bergmann, T.; Bleher, D.; Jenseit, W. 2015: Ressourceneffizienzpotenziale im Tiefbau. Materialaufwendungen und technische Lösungen. Berlin: VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH.

BCS Bundesverband Carsharing 2016: Abgerufen von: <http://www.carsharing.de/alles-ueber-carsharing/carsharing-zahlen>. (Abgerufen am: 10.06.2016)

Bioenergieort o.J.: Bioenergieort Jühnde. Dezentrale erneuerbare Energie mit Bürgerbeteiligung. Abgerufen von: <http://www.bioenergieort.de/home.html>

Blazejczak, J.; Edler, D. 2015a: Estimating Gross Employment Effects of Environmental Protection - A Combined Demand-Supply Side Approach. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung des Umweltbundesamtes, 01/2015, Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt

Blazejczak, J.; Edler, D. 2015b: Analyse der wirtschaftlichen Bedeutung der Klimaschutzwirtschaft. Zwischenbericht des DIW Berlin zum UFOPLAN-Vorhaben 3715 14 1060. Berlin Oktober 2015 (als Manuskript vervielfältigt).

Breitschopf, B.; Klobasa, M.; Sievers, L.; Steinbach, J.; Sensfuß, F.; Diekmann, J.; Lehr, U.; Horst, J. 2015: Monitoring der Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien im Jahr 2014. Untersuchung im Rahmen des Projekts „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ImpRES)“, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Karlsruhe: Fraunhofer ISI; Berlin: DIW; Osnabrück: GWS; Saarbrücken: IZES

Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BIMA) 2016: Energetische Sanierung/Energetisches Bauen. Abgerufen von: https://www.bundesimmobilien.de/7397157/energetische_sanierung. (Abgerufen am 31.08.2016)

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2013: nano.DE-Report 2013. Status quo der Nanotechnologie in Deutschland: BMBF

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2015: Deutschlands Spitzencluster. Berlin: BMBF

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2016: Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA). Themen. Abgerufen von: <https://www.fona.de/de/themen-20769.html> (Abgerufen am 28.08.2016)

Bundesministerium für Finanzen (BMF) 2016: Monatsbericht des BMF im August 2016. Berlin: Bundesministerium für Finanzen

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und Umweltbundesamt (UBA) 2011: Umweltwirtschaftsbericht 2011. Daten und Fakten für Deutschland. Berlin: Bundesministerium für Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit ; Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2011: Innovation durch Forschung. Jahresbericht 2010 zur Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien. Berlin: BMU
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) 2012: GreenTech made in Germany 3.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. Berlin: BMUB
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2014a: Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 - Kabinettsbeschluss vom 3. Dezember 2014. Berlin: BMUB
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2014b: GreenTech made in Germany 4.0. Umwelttechnologie-Atlas für Deutschland. Berlin: BMUB
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2015: Klimaschutzbericht 2015. Zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung. Berlin: BMUB
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) o.J.: Säulen der Forschungsinitiative Zukunft Bau. Abgerufen von: <http://www.forschungsinitiative.de/forschung/programm/> (abgerufen am 03.01.2017).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2014a : 3. Nationaler Energieeffizienz-Allokationsplan (NEEAP) 2014 der Bundesrepublik Deutschland. Berlin: BMWi
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2014b: Zahlen und Fakten Energiedaten, Nationale und Internationale Entwicklung. Berlin: BMWi
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2015a: Die Energie der Zukunft. Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende. Berlin: BMWi
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2015b: Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand 16.03.2015. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2015c: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energie-Statistik (AGEE-Stat). Stand: Februar 2015. Berlin: BMWi
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016a: Der Nationale Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE): Mehr aus Energie machen. Abgerufen von: <http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieeffizienz/nape,did=672148.html>. (Abgerufen am 31.08.2016)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016b: Öffnung des EEG für Strom aus anderen EU-Mitgliedsstaaten im Rahmen der Pilot-Ausschreibung für Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Eckpunktepapier. Berlin: BMWi
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2016c: Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand 01.12.2016. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2016: Bekanntmachung - Förderinitiative „Solares Bauen / Energieeffiziente Stadt“. Bonn: BMWi, BMBF
- Bundesverband der deutschen Industrie (BDI) und Deutsche Telekom Stiftung 2008: Innovationsindikator Deutschland 2008. Berlin: BDI; Bonn: Deutsche Telekom Stiftung
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) 2013: Stromverbrauch im Haushalt. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.
- Bundesverband Erdgas, Erdöl und Geoenergie e.V. (BVEG) o.J.: Reserven. Abgerufen von: <http://www.bveg.de/Themen/Zahlen-und-Fakten/Reserven> (Abgerufen am 20.04.2016)
- Carbon Tracker Initiative und The Grantham Research Institute, LSE 2013: Unburnable Carbon 2013: Wasted capital and stranded assets. London: Carbon Tracker; The Grantham Research Institute, LSE. 1–40
- co2online 2012: 4. Deutscher Kältepreis. Wettbewerb der Kälte- und Klimatechnik 2012. Abgerufen von: <http://www.co2online.de/fileadmin/co2/Kaeltepreis/booklet-kaeltepreis-4.pdf> (Abgerufen am 23.09.2016)
- Deutsche Energieagentur (dena) 2014: Die Bedeutung von Stromspeichern im Energiesystem. Standpunkte der Deutschen Energie-Agentur (dena) zur aktuellen Speicherdiskussion: dena

- Deutsche Energieagentur (dena) 2015a: dena vergibt Best-Practice-Label für Energieeffizienz. Abgerufen von: <http://www.dena.de/presse-medien/pressemitteilungen/dena-vergibt-best-practice-label-fuer-energieeffizienz.html> (Abgerufen am 27.07.2016)
- Deutsche Energieagentur (dena) 2015b: Initiative EnergieEffizienz - Herausragende Beispiele für effiziente Energienutzung. Abgerufen von: https://industrie-energieeffizienz.de/fileadmin/referenzDB/files/SRC_Volkswagen_Conpower.pdf (Abgerufen am 0.09.2016)
- Deutsche Energieagentur (dena) 2015c: Referenzprojekte und Best Practice Energieeffizienz. Abgerufen von: <https://industrie-energieeffizienz.de/energiekosten-senken/referenzprojekte-best-practice/> (Abgerufen am 27.07.2016)
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) o.J.a: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz (ProFree). Abgerufen von: <https://www.giz.de/de/weltweit/12565.html>, (Abgerufen am 16.05.2016)
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) o.J.b: Luftreinhaltung für malaysische Städte: Verkehr und Industrie. Abgerufen von: <https://www.giz.de/de/weltweit/17653.html>, (Abgerufen am 16.05.2016)
- Deutscher Bundestag 2015: Drucksache 18/5056. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage – Drucksache 18/4877: Risiko der sogenannten Carbon Bubble. Berlin: Deutscher Bundestag
- Edler, D.; Blazejczak, J. 2016: Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes in Deutschland im Jahr 2012. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung des Umweltbundesamtes, 01/2016, Dessau-Rosslau: Umweltbundesamt
- EuraCoal 2015: Zahlen über Kohlenstoffreserven in Deutschland. Abgerufen von: <http://www.euracoal.be/pages/layout1sp.php?idpage=72> (Abgerufen am 15.03.2016)
- Europäische Kommission o.J.: Eco-innovation. When business meets the environment. Abgerufen von: <http://ec.europa.eu/environment/eco-innovation/> (Abgerufen am 20.09.2016)
- Europäische Kommission 2011: Energiefahrplan 2050. KOM(2011) 885: KOM
- Europäische Kommission 2014: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum www.ec.europa.eu/transport/strategies/facts-and-figures/putting-sustainability-at-the-heart-of-transport/index_de.htm (Abgerufen am 26. April 2014)
- Europäische Kommission 2016: Horizon 2020. Environment & Climate Action. Abgerufen von: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/environment-climate-action>. (Abgerufen am 06.09.2016)
- European Environment Agency (EEA) 2014: Resource efficient green economy and EU policies. EEA Report (2/2014). Luxemburg: EEA
- European Investment Bank (EIB) und Bruegel 2012: Investment and Growth in the Time of Climate Change. Luxemburg: EIB; Brüssel: Bruegel
- Ferroukhi, R.; Kahlid, A.; Lopez-Peña, A.; Renner, M. 2015: Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2015. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA)
- Fraunhofer ISE 2014: Expertenstatement: Wirkung des EEG – was ist empirische Evidenz? Abgerufen von: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/service/presseinfos/2014/pri-04-2014-EFI-Expertenstatement.php>. (Abgerufen am 16.06.2016)
- Fraunhofer ISE 2015: Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Abgerufen von <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/aktuelle-fakten-zur-photovoltaik-in-deutschland.pdf> (Abgerufen am 29.05.2016)
- Fraunhofer IUSE 2008: Recycling für den Klimaschutz. Köln: Interseroh AG
- Friedrich, M.; Becker, D.; Grondey, A.; Laskowski, F.; Erhorn, H.; Erhorn-Kluttig, H.; Hauser, G.; Sager, C.; Weber, H 2007: CO₂ Gebäudereport 2007. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)
- Fritzsche, K.; Kahlenborn, W. 2009: Investieren in den Klimaschutz? Anforderungen an Politik in Finanzwirtschaft. In: Gotlin Ulshöfer/Gesine Bonnet (Hrsg.): Corporate Social Responsibility auf dem Finanzmarkt. Wiesbaden: VS-Verlag
- Fulton, M.; Weber, C. 2012: Carbon Asset Risk. Discussion Framework. Washington, D.C.: World Resources Institute. Nairobi: UNEP Finance Initiative
- FUSO 2016: Der Canter. Made for business. Abgerufen von: <http://fuso-trucks.de/>
- Gehrke, B.; Schasse, U. 2013: Umweltschutzgüter – wie abgrenzen? Methodik und Liste der Umweltschutzgüter 2013. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung des Umweltbundesamtes 01/2013. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

- Gehrke, B.; Schasse, U. 2015: Die Umweltschutzwirtschaft in Deutschland. Produktion, Umsatz und Außenhandel. Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung des Umweltbundesamtes 04/2015. Dessau-Roßlau.
- Gehrke, B.; Schasse, U.; Ostertag, K. 2014: Wirtschaftsfaktor Umweltschutz. Produktion, Außenhandel, Forschung, Patente. Die Leistungen der Umweltschutzwirtschaft in Deutschland. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- Gehrke, B.; Schasse, U.; Ostertag, K.; Marscheider-Weidemann, F. 2015: Innovationsmotor Umweltschutz. Forschung und Patente in Deutschland und im internationalen Vergleich. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- Germeshausen, R.; Löschel, A. 2015: Energiestückkosten als Indikator für Wettbewerbsfähigkeit. Hamburg: Wirtschaftsdienst 2015
- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz – KrWG) 2012: Teil 2, Abschnitt 1, §6 Abs. 1
- Görlach, B.; Porsch, L.; Marcellino, D.; Pearso, A. 2014: How crisis-resistant and competitive are Europe's Eco-Industries? Berlin: Ecologic Institute
- Gsell, M.; Dehoust, G.; Hülsmann, F.; Brommer, E.; Cheung, E.; Förster, H.; Kasten, P.; Möck, A.; Mollnor Putzke, H.; Quack, D.; Peter, M.; Schwegler, R.; Bertschmann, D.; Zandonella, R. 2015: Nutzen statt Besitzen: Neue Ansätze für eine Collaborative Economy. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- Handelsblatt 2013: Mehr Power für Solar. Abgerufen von: http://tool.handelsblatt.com/specials/erfinderpreis-2013/11_detail_horzel.html (Abgerufen am 16.06.2016)
- Hertwich, E. G.; Gibon, T.; Bouman, E. a.; Arvesen, A.; Suh, S.; Heath, G. & Shi, L.; 2015: Integrated life-cycle assessment of electricity-supply scenarios confirms global environmental benefit of low-carbon technologies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(20), 201312753.
- Initiative EEBus o.J.: Über uns. Non-Profit Organization for Interoperability. Abgerufen von: <https://www.eebus.org/ueber-uns/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2014a: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genf: IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2014b: Climate Change: 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Genf: IPCC
- International Energy Agency (IEA) 2013: CO2 Emissions from Fuel Combustion Highlights (2013 Edition). Paris
- International Energy Agency (IEA) 2015: Energy Efficiency Market Report 2015. Paris: IEA
- International Energy Agency (IEA) und Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) 2013: Redrawing the Energy-Climate Map. World Energy Outlook Special Report. Paris: International Energy Agency; OECD
- IWR Online 2015: Studie: Photovoltaik-Anlagenkosten sinken bis 2020 um 40 Prozent, Abgerufen von: <http://www.iwr.de/news.php?id=29682>, (Abgerufen am 29.05.2016)
- Jacob, K; Bär, H. 2014: Exportförderung innovativer Umwelttechnologien durch den Transfer von Umweltpolitik. FFU-Report 02-2014. Berlin: Forschungszentrum für Umweltpolitik, Freie Universität Berlin.
- Kahlenborn, W; Brüning, L. 2015: Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
- Karpenstein-Machan, Marianne; André Wüste; Peter Schmuck 2013: Erfolgreiche Umsetzung von Bioenergie-dörfern in Deutschland - Was sind die Erfolgsfaktoren? *Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft* 91(2).
- Kemfert, C. 2007: Klimawandel kostet die deutsche Volkswirtschaft Milliarden. *Wochenbericht* 11/2007. Berlin: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
- Kim, J A. 2011: Facilitating Trade in Services Complementary to Climate-friendly Technologies; *Environmental Goods and Services Series; Issue Paper 16*, International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva, Switzerland.
- Klinglmair, M.; Sala, S.; Brandão, M. 2014: Assessing resource depletion in LCA: A review of methods and methodological issues. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19(3).
- Knopf, J.; Kahlenborn, W.; Weiß, D.; Pechan, A.; Khuchua, N.; Jacob, K.; Bär, H.; Grubbe, M.; Münch, L. 2011: Innovationspotentiale der umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- Lehr, U. 2009: More baskets? Renewable Energy and Energy Security. GWS Discussion Paper 2009/8. Osnabrück: GWS

- Lehr, U.; Edler, D.; O'Sullivan, M.; Peter, F.; Bickel, P.; Ulrich, P.; Lutz, C.; Thobe, I.; Simon, S.; Naegler, T.; Pfenning, U.; Sakowski, F. 2015: Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Osnabrück: GWS; Berlin: DIW, DLR, Prognos; Stuttgart: ZSW
- Lehr, U.; Kratzat, M., Nitsch, J.; Lutz, C., Edler, D. 2007: Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte 2006. Abschlussbericht des Vorhabens „Wirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt – Follow up“. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin
- Lehr, U.; Lutz, C.; Edler, D.; O'Sullivan, M.; Nienhaus, K.; Nitsch, J.; Breitschopf, B.; Bickel, P.; Ottmüller, M. 2011: Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Osnabrück, Stuttgart, Berlin
- Lehr, U.; Lutz, C; Ulrich, P. 2012: Gesamtwirtschaftliche Effekte energie- und klimapolitischer Maßnahmen der Jahre 1995 bis 2011. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, Climate Change 15/2012. Osnabrück: GWS
- Lehr, U.; Lutz, C.; Ulrich, P. 2013: Gesamtwirtschaftliche Effekte energie- und klimapolitischer Maßnahmen der Jahre 1995 bis 2012. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Osnabrück: GWS
- Lewis, C. 2014: Stranded assets, fossilised revenues. Kepler Cheuvreux
- Maier, M.; Schmidt, J. 2014: Erneuerbare Energien – Ein Gewinn für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Berlin: Agentur für Erneuerbare Energien
- McGlade, Christophe und Paul Ekins 2015: The geographical distribution of fossil fuels unused when limiting global warming to 2°. Nature 517.
- MERCER 2015: Investing in a Time of Climate Change. Abgerufen von: <http://www.mercer.com/services/investments/investment-opportunities/responsible-investment/investing-in-a-time-of-climate-change-report-2015.html> (Abgerufen am 16.06.2016)
- Neuhoff, K.; Acworth, W.; Dechezleprêtre, A.; Dröge, S.; Sartor, O.; Sato, M.; Schleicher, S.; Schopp, A. 2014: Staying with the leaders. Europe's path to a successful low-carbon economy. Vereinigtes Königreich: Climate Strategies; Berlin: DIW.
- New Climate Economy 2014: Better Growth, Better Climate. The New Climate Economy Report. Abgerufen von: <http://newclimateeconomy.report/misc/downloads/> (Abgerufen am 27.03.2015)
- NRW-Invest o.J.: IKT in NRW. Abgerufen von: <https://www.nrwinvest.com/de/branchen-nrw/ikt/> (abgerufen am 23.09.2016)
- O'Sullivan, M., Lehr, U., Edler, D. 2015: Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland und verringerte fossile Brennstoffimporte durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz – Zulieferung für den Monitoringbericht 2015. Teilstudie zu einem Forschungsvorhaben des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin
- Porter, M.; van der Linde C. 1995: Green and Competitive: Ending the Stalemate. Harvard Business Review. September – October 1995. Abgerufen von: http://www.uvm.edu/~gflomenh/ENRG-POL-PA395/readings/Porter_Linde.pdf
- Prognos 2014a: Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie: Prognos
- Prognos 2014b: Ermittlung der Förderwirkungen des KfW-Energieeffizienzprogramms für den Förderjahrgang 2012. Endbericht. Förderung durch die KfW Bankengruppe. Berlin: Prognos
- Projekträger Jülich o.J.: Solares Bauen/Energieeffiziente Stadt. Abgerufen von: <https://www.ptj.de/solares-bauen-energieeffiziente-stadt> (abgerufen am 03.01.2017).
- Rexhäuser, S.; Rammer, C. 2011: Unmasking the Porter Hypothesis: Environmental Innovations and Firm-Profitability. Discussion Paper No. 11-036. Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung
- Riecke, M.; Teipel, F. 2012: Herausforderung Ressourceneffizienz – Meinungen, Beispiele und Management-Instrumente. Berlin: econsense – Forum. Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft e.V
- Rohrbeck, F. 2014: Bohren bis die Blase platzt. Die Zeit Nr. 8/2014. Hamburg: Die Zeit
- Roland Berger Strategy Consultants 2013: Solar PV could be similar to the shale gas disruption for the utilities industry. Paris: Roland Berger Strategy Consultants.
- Rückert-John, J.; Jaeger-Erben, M.; Schäfer, M. 2014: Soziale Innovationen im Aufwind. Ein Leitfaden zur Förderung sozialer Innovationen für nachhaltigen Konsum. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- Rudyk, I.; Owens, G; Volpe, A.; Ondhowe, R.; Dechezleprêtre, A. 2015: Climate change mitigation technologies in Europe – evidence from patent and economic data. München und Nairobi: Europäisches Patentamt (EPA) und United Nations Environment Programme (UNEP)

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2016: Umweltgutachten 2016. Impulse für eine integrative Umweltpolitik. Berlin: Sachverständigenrat für Umweltfragen

Sauvage, J. 2014: The Stringency of Environmental Regulations and Trade in Environmental Goods, OECD Trade and Environment Working Papers, 2014/03. Abgerufen von: <http://dx.doi.org/10.1787/5jxrn7xsnmq-en> Paris:OECD Publishing

Schlomann, B.; Gruber, E.; Geiger, B.; Kleeberger, H. 2014: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2006 bis 2011. ISI-Schriftenreihe „Innovationspotenziale“. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Scholz, B.; Rißland, V.; Sauer, M. 2012: Smart Grids in Deutschland. Berlin: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW); Frankfurt am Main: Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie (ZVEI)

Schwarz, J. 2011: Energieeffizienz in der Kältetechnik und das Förderprogramm des BMU. Fachtagung Nationale Klimaschutzinitiative. Abgerufen von: https://www.ifeu.de/energie/pdf/nki%20Tagung_Vortraege/09_Schwarz_NKI_Berlin_20_Okt2011.pdf (Abgerufen am: 23.09.2016)

Seidel, H.; Noster, R.; Blank, S. 2012: Leistung steigern – Kosten senken: Energieeffizienz im Rechenzentrum. Berlin: Deutsche Energie Agentur

Skancke, M.; Dimson, E.; Hoel, M.; Kettis, M.; Nystuen, G.; Starks, L. 2014: Fossil-fuel investments in the Norwegian Government Pension Fund Global: Addressing Climate Issues through Exclusion and Active Ownership. A Report by the Expert Group Appointed by the Norwegian Ministry of Finance. Abgerufen von: https://www.regjeringen.no/contentassets/d1d5b995b88e4b3281b4cc027b80f64b/expertgroup_report.pdf (Abgerufen am: 07.09.2016)

Solar Valley o.J.: Mission: Strom, erneuerbar & dezentral. Abgerufen von: <http://www.solarvalley.org/mission> (abgerufen am 03.01.2017).

Spedding, P.; Mehta, K.; Robins, N. 2013: Oil & carbon revisited. Value at risk from “unburnable” reserves. London: HSBC Global Research

Staatssekretärsausschuss für nachhaltige Entwicklung 2015: Nachhaltigkeit konkret im Verwaltungshandeln umsetzen – Maßnahmenprogramm Nachhaltigkeit. Beschluss vom 30. März 2015. Maßnahmenprogramm „Nachhaltigkeit“ der Bundesregierung. Berlin: Bundesregierung

Staiß, J.; Lehr, U.; Kratzat, M.; Nitsch, J.; Lutz, C., Edler, D. 2006: Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin

Statistisches Bundesamt (destatis) (versch. Jg.): Fachserie 4 Produzierendes Gewerbe, Reihe 3.1 Produktion des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt

Statistisches Bundesamt (destatis) 2012: Umsatz mit Umweltschutzgütern und Umweltschutzleistungen. Fachserie 19, Reihe 3.3. Abgerufen von: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Umweltoekonomie/UmsatzWarenBauDienstleistungUmweltschutz.html> (Abgerufen am 27.03.2015)

Statistisches Bundesamt (destatis) 2014: Umweltnutzung und Wirtschaft. Tabellen zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Teil 3: Anthropogene Luftemissionen. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt

Statistisches Bundesamt (destatis) 2015: Umwelt. Umsatz mit Umweltschutzgütern und -leistungen 2013. Fachserie 19, Reihe 3.3. Artikelnummer: 2190330137004. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt

Steenblik, R., Geloso Grosso, M. 2011: Trade in Services Related to Climate Change: An Exploratory Analysis, OECD Trade and Environment Working Papers, 2011/03, OECD Publishing. Abgerufen von <http://dx.doi.org/10.1787/5kgc5wtd9rzw-en>. Zuletzt geprüft am 02.05.2019.

Stern, N. 2006: Stern Review: The Economics of Climate Change. London: HM Treasury

Tröltzsch, J.; B. Görlach, H.; Lückge, M.; Peter, C. Sartorius 2012: Kosten und Nutzen von Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel. Berlin: Ecologic Institute

Umweltbundesamt (UBA) 2012: Schwerpunkte 2012. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

Umweltbundesamt (UBA) 2013a: Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2013. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2011. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

Umweltbundesamt (UBA) 2013b: Energiemanagementsysteme in der Praxis – ISO 50001: Leitfaden für Unternehmen und Organisationen. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

Umweltbundesamt (UBA) 2013c: Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

Umweltbundesamt (UBA) 2014a: Best-Practice Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung. Anhang B der „Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten“. Stand: aktualisierte Fassung Februar 2014. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

Umweltbundesamt (UBA) 2014b: Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2013. Climate Chance 29/2014. Dessau-Roßlau, sowie Emissionsbilanzen vorhergehender Jahre ab 2009.

Umweltbundesamt (UBA) 2015: Umwelttrends in Deutschland. Daten zur Umwelt 2015. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

Umweltbundesamt (UBA) 2016: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990-2014. Arbeitsstand 25.11.2015. Version Januar 2016

Van Mathiesen, B.; Henrik L.; Kenneth K. 2011: 100 Percent renewable energy systems, climate mitigation and economic growth. In: Applied Energy 88, 488-501

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH 2014: Wettbewerbsvorteil Ressourceneffizienz – Definitionen, Grundlagen, Fakten und Beispiele. Berlin: VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH

Walter, A.; Rommel, S.; Geiger, R; Schneider, R. 2012: Leichtbau in Mobilität und Fertigung. Ökologische Aspekte. Stuttgart: e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg; Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP; Hannover: Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin

Watkiss, P.; Hunt, A. 2012: Projection of economic impacts of climate change in sectors of Europe based on bottom up analysis: human health. In: Climatic Change 112, 101-126

Werland, S.; Graaf, L., Jacob, K.; Bringezu, S.; Bahn-Walkowiak, B.; Hirschnitz-Garbers, M.; Schulze, F., Mayer, M. 2014: Nexus Ressourceneffizienz und Energiewende. Eine Analyse der Wechselwirkungen. Berlin: FFU; Wuppertal Institut; ecologic; Öko-Institut; Osnabrück: GWS

Weyzig, F., Kuepper, B., van Gelder, J. W., & van Tilburg, R. 2014: The Price of Doing Too Little Too Late: The impact of the carbon bubble on the EU financial system. Green New Deal Series Vol. 11, 69. Brüssel: Green European Foundation for the Greens/EFA Group (Europäisches Parlament)

Wirtschaftsvereinigung Stahl 2015: Stahl und Nachhaltigkeit. Eine Bestandsaufnahme in Deutschland. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Stahl.

Wirtschaftsvereinigung Stahl 2016: Stahl: Der Nachhaltigkeit verpflichtet. Düsseldorf: Wirtschaftsvereinigung Stahl.

Wirtschaftsvereinigung Stahl 2017: Stahlrecycling: Aus Alt wird Neu. Abgerufen von: <http://www.stahl-online.de/index.php/themen/energie-und-umwelt/recycling/>. Zuletzt geprüft am 26.01.2017.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2014: Klimaschutz als Weltbürgerbewegung. Sondergutachten. Berlin: WBGU.