

*Wirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien
- Impact of Renewable Energy Sources -*



Unterstützt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Dynamik des technologischen Wandels: Deutschland im internationalen Vergleich

Arbeitspapier im Rahmen des Projekts

Wirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien (ImpRES)

Autor:

Felix Groba

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Berlin

Berlin, Karlsruhe, März 2014



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Forschungs- und Entwicklungsausgaben	2
2.1	FuE-Ausgaben im internationalen Vergleich	3
2.2	Dynamik der FuE-Ausgaben in Deutschland	7
3	Patentanmeldungen	8
3.1	Weltweite Entwicklung	10
3.2	Innovationskraft im internationalen Vergleich	11
3.3	Marktattraktivität für Patente im internationalen Vergleich.....	15
3.4	Dynamik in Deutschland.....	17
4	Außenhandel	18
4.1	Außenhandelsdynamik und Weltmarktanteile	19
4.2	Exportspezialisierung und komparative Wettbewerbsposition	24
5	Fazit	26
6	Literatur	30
7	Anhang	32
7.1	Anhang Forschungs- und Entwicklungsausgaben	32
7.2	Anhang Patentanalyse.....	33
7.3	Anhang Außenhandel	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Öffentliche FuE-Ausgaben in OECD-Ländern von 1980 bis 2010	5
Abbildung 2-2:	Dynamik öffentlicher FuE-Ausgaben in ausgewählten OECD-Ländern (1990=100)	8
Abbildung 3-1:	Entwicklung globaler Patentanmeldungen (1990 – 2008)	10
Abbildung 3-2:	Regionale Verteilung der globalen Patentanmeldungen nach Zielregion	11
Abbildung 3-3:	Patentanmeldungen aus Deutschland, USA, Japan, China und EU27 (ohne Deutschland) bei USPTO und Euroraum (EPO und nationale EU27 Patentämter)	13
Abbildung 3-4:	Wesentliche Zielländer deutscher Patentanmeldungen (2000 - 2008)	16
Abbildung 3-5:	Entwicklung der Patentanmeldungen in Deutschland und deutscher Patentanmeldungen in der Welt (1990 – 2008)	17
Abbildung 4-1:	Exporte und Importe Deutschlands nach Regionen in Mrd. USD (nominal)	22
Abbildung 4-2:	Exporte und Importe Deutschlands in Mrd. USD (nominal)	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Anteile erneuerbarer Energien an gesamten FuE Ausgaben für Energie, Länderanteile an technologiespezifischen FuE-Ausgaben der IEA und Forschungsintensität ausgewählter Länder 1990 - 2011	6
Tabelle 3-1:	Relative Indikatoren zur Patentintensität basierend auf Patentanmeldungen für ausgewählte Länder (Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner und technologiespezifische Patentanmeldungen pro 1000 Gesamtpatentanmeldungen).....	15
Tabelle 4-1:	Export- und Importentwicklung ausgewählter Länder nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer Energie (2000=100)	20
Tabelle 4-2:	Anteile der technologiespezifischen Exporte und Importen am gesamtdeutschen Außenhandel	25
Tabelle 5-1:	Außenhandelsbezogene branchenspezifische Indikatoren der Wettbewerbsfähigkeit ausgewählter Länder nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer Energien	27

Anhang Tabellenverzeichnis

Anhang Tabelle 1:	Betrachtete staatliche FuE-Ausgaben nach OECD/IEA- Klassifizierung.....	32
Anhang Tabelle 2:	Internationale Patent Klassifizierung (IPC) für Photovoltaik, Wind, Biokraftstoffe und Biokraftstofftechnologie	33
Anhang Tabelle 3:	Anteile ausgewählter Länder an technologiespezifischen Patentanmeldungen in USPTO, EPO und nationalen EU27 Patentämtern	34
Anhang Tabelle 4:	Klassifizierung von Technologiegütern für Photovoltaik, Windenergie, Biokraftstoffen und Technologiegütern zur Herstellung von Biokraftstoffen in der internationalen Handelsstatistik der UNCTAD COMTRADE, Harmonized Commodity Description and Coding System (HS 1996).....	35
Anhang Tabelle 5:	Exporte und Importe ausgewählter Länder nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer	36

Anhang Tabelle 6: Anteile der Regionen und ausgewählter Länder an den Exporten und Importen Deutschlands nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer Energien 2005 (in Prozent)	37
Anhang Tabelle 7: Anteile der Regionen und ausgewählter Länder an den Exporten und Importen Deutschlands nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer Energien 2011 (in Prozent)	38
Anhang Tabelle 8: Außenhandelsbezogene Indikatoren der Wettbewerbsfähigkeit	39

Abkürzungsverzeichnis

BIP	Bruttoinlandsprodukt
EE	Erneuerbare Energien
FuE	Forschungs- und Entwicklungsausgaben
IEA	International Energy Agency (Internationale Energie Agentur)
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
USD	United States Dollar

1 Einleitung

In den kontroversen Auseinandersetzungen über Politikmaßnahmen zur Unterstützung des Ausbaus erneuerbarer Energien (EE) stehen die Kosten im Mittelpunkt der Diskussion, während die Nutzenwirkungen wie vermiedene Emissionen, Beitrag zur Energieversorgungssicherheit oder der Anstoß zu technologischem Wandel zwar als Nutzenaspekte aufgeführt, jedoch häufig nicht quantifiziert werden. In diesem Arbeitspapier sollen die Wirkungen des Ausbaus EE auf die Technologieentwicklung der EE genauer betrachtet werden. Hierbei wird mit Technologieentwicklung nicht nur Invention, also Forschung und Technologieentwicklung, sondern auch die erfolgreiche Einführung neuer Produkte am Markt (Innovation) sowie die Verbreitung (Diffusion) subsumiert. Die Arbeitshypothese lautet: Ein forcierter Ausbau der EE über die Marktförderung erhöht die Dynamik des technologischen Wandels bei EE-Technologien.

Eine Analyse der Dynamik des technologischen Wandels müsste im Grunde die technologische Entwicklung unter einer Energieversorgung ohne und mit EE vergleichen. Da dies jedoch empirisch nicht ohne Weiteres möglich ist, bietet sich eine deskriptive Zeitreihenbetrachtung an. Zunächst ist zu überlegen, welche Indikatoren sich zur Darstellung der Dynamik des technologischen Wandels anbieten. Die bestehende Literatur zur Messung von technologischen Wandel nutzt verschiedene Ansätze um Innovation bzw. technologischen Wandel sowohl auf Unternehmensebene als auch im Ländervergleich zu untersuchen (OECD, 2009). Dabei wird hauptsächlich zwischen Investitionsaufwendungen für Inventionen (Innovative-Input) und den Ergebnissen des Innovationsprozesses (Innovative-Output) unterschieden (Breitschopf et. al. 2005, Groba und Breitschopf 2013). Inventionsaufwendungen beziehen sich dabei auf Politikmaßnahmen zur Förderung von Forschung und Entwicklung. Neben der Analyse einzelner Politikinstrumente sind Angaben zu Forschungs- und Entwicklungsausgaben (FuE), zur Anzahl der Forscher und Universitäten oder zu Bildungsausgaben üblicherweise genutzte Indikatoren. Für die Erfassung der Ergebnisse bzw. Erfolge dieser Anstrengungen und des Innovationsprozesses stehen ebenfalls verschiedene Indikatoren – wie beispielsweise die Erfassungen von Patenten, die Preisentwicklung für Technologien, Angaben zur Einführung neuer Produkte und die Position der Unternehmen bzw. Länder im internationalen Wettbewerb - zur Verfügung.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Indikatorset zusammenzustellen, das die Inventions-, Innovations- und Diffusionsdynamik der vergangenen Jahre in den Bereichen Photovoltaik, Windenergie und Biokraftstoffe ausweist. So soll die Entwicklung der erneuerbaren Energietechnologien in Deutschland im internationalen Vergleich dargestellt werden. Daher werden sowohl Angaben für Investitionsaufwendungen für Inventionen als auch Daten zu den Ergebnissen des Innovationsprozesses genutzt. Während eine Analyse der FuE-Ausgaben die Anstrengungen der jeweiligen Regierungen im Hinblick auf In-

vestitionen in Technologieentwicklung abbildet (Innovative-Input), stellen die Betrachtungen der Patentanmeldungen und des Außenhandels Indikatoren über die Erfolge dieser Forschungspolitik dar (Innovative-Output). Unter Patenten sind hierbei die Erfindungen zu verstehen, für die eine erfolgreiche Markteinführung erwartet wird – Innovation –, während sich der Außenhandel als Maß für die Diffusion der Innovation anbietet.

Kapitel 2 stellt zunächst die Entwicklung der öffentlichen FuE-Ausgaben der OECD-Staaten seit 1990 dar. Um die politische Bedeutung dieser Ausgaben bestimmen zu können wird sowohl die relative Bedeutung der staatlichen Ausgaben im OECD-Kontext bestimmt als auch die Forschungsintensität Deutschlands und anderer Länder im Bereich erneuerbare Energien (EE) berücksichtigt. Mit der Analyse der Patentanmeldungen in Kapitel 3 werden weitere Indikatoren zur Bestimmung der Innovationsstärke einzelner Länder als auch deren Attraktivität als Markt für Innovationen vorgestellt. Kapitel 4 stellt die Außenhandelsdynamik der OECD und ausgewählter Schwellenländer in den genannten EE-Technologiebereichen dar und identifiziert die wesentlichen Export- und Importmärkte Deutschlands. Darüber hinaus werden spezifische außenhandelsbezogene Indikatoren berechnet um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen EE-Industrie im internationalen Vergleich bestimmen zu können.

2 Forschungs- und Entwicklungsausgaben

Innovationsaktivitäten, wie die Erfindung und Weiterentwicklung neuer Technologien, erfordern Investitionen in Personal und Anlagen, die zum einen aus unternehmenseigenen Mitteln aber auch aus öffentlicher Forschungs- und Entwicklungsförderung (FuE) finanziert werden. Die vorliegende Analyse basiert auf Daten der IEA/OECD¹ zu staatlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben (IEA, 2013). Angaben zu privaten FuE-Ausgaben liegen nur sehr begrenzt vor. Im Rahmen des Projektes „Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien (ImpRES)“ stehen daher nur die staatlichen FuE-Ausgaben Deutschlands und die entsprechenden Budgets ausgewählter OECD-Staaten in den Bereichen Photovoltaik, Windenergie und Biokraftstoffe im Fokus der Untersuchung (Anhang Tabelle 1).² Auf dieser Grundlage lassen sich Rückschlüsse

¹ Diese können von den nationalen Daten für Deutschland abweichen

² Die verwendeten Daten decken die staatlichen Budgetzuwendungen oder Ausgaben für Forschung und Entwicklung (GBAORD) in den Bereichen Grundlagenforschung, angewandte Forschung, experimentelle Entwicklung und Ausgaben für Demonstrationsprojekte ab (IEA 2011). Aufgrund der gewählten Datenbasis ist ein Vergleich mit FuE des „IEA Photovoltaic Power Systems Programme“ nicht möglich, da letztere auch Ausgaben für Marktanreizprogramme einschließen. Darüber hinaus stehen vergleichbare Quellen für andere EE-Technologien wie Windenergie und Biokraftstoffe nicht zur Verfügung. Die hier genutzten Daten/Quellen erlauben eben auch einen Vergleich über Technologiegrenzen hinweg. Die IEA-Daten sind bis einschließlich 2012 verfügbar (Stand: Juli 2013). Da für das Berichtsjahr 2012 einige IEA Mitgliedsstaaten keine FuE-Ausgaben ausweisen, ist ein robuster Vergleich nur bis zum Berichtsjahr 2011 möglich.

auf Dynamik der FuE-Aktivitäten sowie die Zielrichtung der Innovationspolitik von Einzelstaaten (IEA, 2011) ziehen. Allerdings ist bei Vergleichen mit anderen Ländern zu beachten, dass neben innovations- und energiepolitischen Zielsetzungen auch die Wirtschaftskraft, Industriestruktur, Konjunktur, Importabhängigkeit von fossilen Energieträgern etc. die Höhe der staatlichen FuE-Ausgaben prägen können.

Die öffentlichen FuE-Ausgaben in den OECD Ländern für Photovoltaik, Windenergie und Biokraftstoffe unterlagen, ähnlich den Gesamtausgaben für Energieforschung seit 1980 starken Schwankungen. Während die Ausgaben Anfang der 1980er Jahre in Folge der Ölkrise vergleichsweise hoch waren, sanken die Ausgaben kontinuierlich ab Mitte der 1980er Jahre und stiegen erst um die Jahrtausendwende wieder signifikant an (Abbildung 2-1).

2.1 FuE-Ausgaben im internationalen Vergleich

Im Bereich **Photovoltaik** blieben die realen FuE-Ausgaben³ Deutschlands von 81 Mio. USD (1980), 75 Mio. USD (1990) und schließlich 71 Mio. USD (2011) auf den ersten Blick relativ konstant. Dennoch ist festzuhalten, dass diese FuE-Ausgaben zwischen den Jahren 2001 und 2004 nur halb so groß waren (ca. 35 Mio. USD pro Jahr). Die Ausgaben im Jahr 2011 entsprachen etwa 12 Prozent der Gesamtausgaben der IEA-Mitgliedsstaaten, womit Deutschland bei den absoluten FuE-Ausgaben für PV Rang drei nach den Vereinigten Staaten (43 Prozent) und Japan (20 Prozent) belegt (Tabelle 2-1). Der Anteil an den Gesamtausgaben für Energieforschung in Deutschland betrug etwa 8 Prozent. Damit legt Deutschland neben den Niederlanden (19 Prozent) im Vergleich zu den übrigen IEA-Staaten einen relativen hohen Schwerpunkt auf Energieforschung im PV-Bereich. Auch die Betrachtung der Forschungsintensität, d.h. der Forschungsausgaben für Photovoltaik in Bezug auf das Bruttoinlandsprodukt zeigt, dass Deutschland mit 2,5 Cent pro einer Million USD erwirtschafteten Einkommen nach den Niederlanden, Dänemark und Japan in der Spitzengruppe liegt (Tabelle 2-1).

Die öffentlichen FuE-Ausgaben für **Windenergie** unterlagen in den IEA-Staaten insgesamt vergleichbaren Veränderungen. Während in Deutschland die Ausgaben 1990 rund 18 Mio. USD betragen und Deutschland damit Spitzenreiter war, stieg diese Summe bis 2011 auf 54 Mio. USD. Dies entspricht etwa 13 Prozent der Gesamtausgaben der IEA-Mitgliedsstaaten, womit Deutschland Rang drei nach den Vereinigten Staaten (20 Prozent) und Großbritannien (14 Prozent) belegt. Der Windenergieanteil an den Gesamtausgaben für Energieforschung in Deutschland betrug im Jahr 2011 etwa 6 Prozent womit Deutschland nach Spanien (17 Prozent) und Dänemark (12 Prozent) Platz 3 belegt (Tabelle 2-1). Zwar belegt Deutschland auch bei der Betrachtung

³ Preisbasis 2010=100

der Forschungsintensität den dritten Platz, dennoch ist festzuhalten, dass Dänemark auch aufgrund der großen wirtschaftlichen Bedeutung der heimischen Windindustrie substantiell mehr in die Forschung und Entwicklung der Windenergie pro erwirtschafteten Einkommen investiert (Tabelle 2-1).

Forschungs- und Entwicklungsausgaben für **Biokraftstoffe** stiegen im Betrachtungszeitraum im Vergleich zu Photovoltaik und Windenergie exponentiell, sowohl in Deutschland als auch in anderen IEA-Ländern wie den USA und Japan. Die Ausgaben Deutschlands stiegen in diesem Bereich von 2 Mio. USD im Jahr 1990 auf 50 Mio. USD im Jahr 2011. Damit blieb Deutschland bei der Höhe der FuE-Ausgaben für Biokraftstoffe im Mittelfeld. Deutschland trägt nur rund 4 Prozent der Gesamtausgaben der IEA-Mitgliedsstaaten und belegt damit Rang 6 nach den USA (34 Prozent), Australien und Frankreich (je 8 Prozent), Japan (7 Prozent) und Kanada (6 Prozent). Der Anteil der Ausgaben für Biokraftstoffforschung an den Gesamtausgaben für Energieforschung in Deutschland betrug im Jahr 2011 etwa 5 Prozent womit Deutschland ebenfalls im Mittelfeld steht. Andere Staaten wie beispielsweise Dänemark (25 Prozent), Schweden (24 Prozent), Australien (21 Prozent) und Spanien (13 Prozent) legen einen deutlicheren Schwerpunkt in diesem Bereich (Tabelle 2-1). Dieses wird auch durch einen Blick auf die Forschungsintensität bestätigt. Während Deutschland lediglich rund 2 Cent pro einer Mio USD BIP in Biokraftstoffforschung investiert, liegt diese Quote bei Ländern wie Dänemark (23 Cent), Australien und Schweden (je 11 Cent) wesentlich höher. Insgesamt liegt Deutschland damit deutlich unter dem IEA Durchschnitt.

Abbildung 2-1: Öffentliche FuE-Ausgaben in OECD-Ländern von 1980 bis 2010

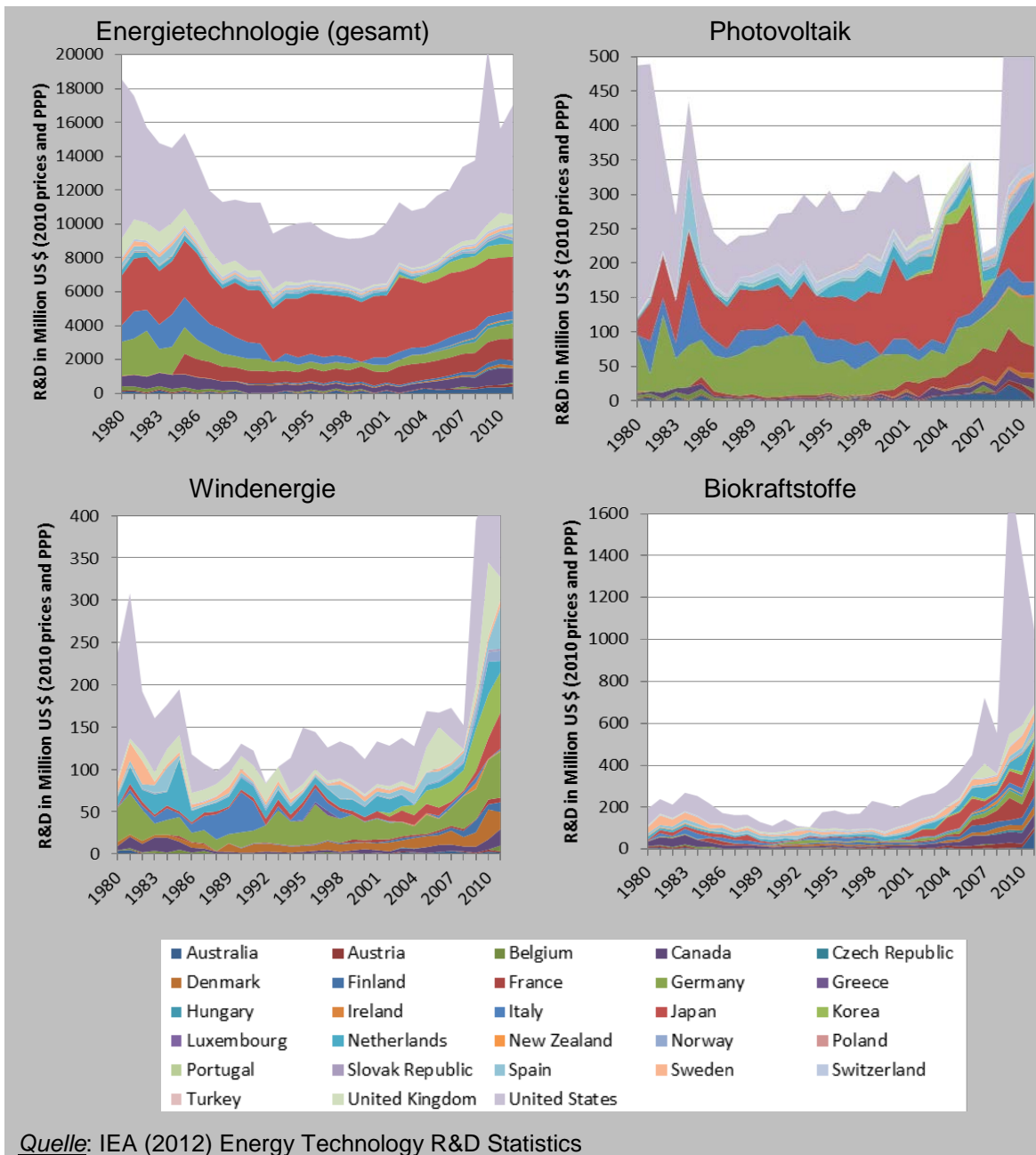


Tabelle 2-1: Anteile erneuerbarer Energien an gesamten FuE Ausgaben für Energie, Länderanteile an technologiespezifischen FuE-Ausgaben der IEA und Forschungsintensität ausgewählter Länder 1990 - 2011

	Australien	Kanada	Dänemark	Frankreich	Deutschland	Italien	Japan	Niederlande	Spanien	Schweden	Großbritannien	USA	IEA - Ø	FU - Ø
Photovoltaik FuE Anteil an Gesamtausgaben für Energieforschung (in Prozent) je Land														
1990	.	0,4	.	0,4	10,7	2,3	1,9	4,4	5,3	0,4	.	1,4	2,2	3,6
2000	.	0,9	4,0	1,2	13,8	5,1	3,3	9,4	6,3	1,4	2,7	2,8	3,6	5,4
2010	4,2	1,0	4,1	3,8	8,1	4,8	2,6	7,9	.	4,1	.	4,5	3,6	4,4
2011	.	1,8	5,2	2,9	7,9	3,8	3,7	19,2	.	3,9	.	4,0	3,6	4,4
Windenergie FuE Anteil an Gesamtausgaben für Energieforschung (in Prozent) je Land														
1990	.	0,4	11,6	0,0	2,6	4,9	0,1	5,4	3,3	4,8	3,3	0,4	1,2	3,3
2000	.	1,9	14,6	0,3	5,6	0,2	0,1	6,2	5,3	6,2	1,9	1,4	1,2	2,7
2010	0,8	1,2	20,6	0,5	5,9	.	0,7	8,9	10,1	2,7	11,3	1,8	2,8	5,5
2011	0,5	2,3	12,3	0,4	6,0	0,4	1,3	7,1	17,8	4,9	4,8	1,2	2,4	4,4
Biokraftstoffe FuE Anteil an Gesamtausgaben für Energieforschung (in Prozent) je Land														
1990	.	1,8	4,7	0,6	0,3	0,6	0,2	4,4	13,0	6,4	1,4	0,8	1,0	1,9
2000	.	4,0	9,6	0,5	2,5	0,8	.	8,4	7,5	23,1	3,5	3,1	2,1	3,4
2010	2,6	5,2	14,6	5,3	4,6	6,4	1,9	18,7	19,3	31,5	5,5	16,5	9,0	8,9
2011	21,7	7,1	25,6	6,6	5,6	5,4	2,3	5,0	13,3	24,2	5,9	5,4	6,1	9,7
Länderanteil am Gesamtbudget der IEA(OECD) für FuE in Photovoltaik (in Prozent)														
1990	.	0,8	.	1,1	30,8	9,1	23,9	4,7	2,0	0,2	.	22,8	100	48,3
2000	.	0,8	0,6	3,1	15,6	6,5	35,4	5,4	1,8	0,4	0,8	25,2	100	34,5
2010	2,6	1,8	1,3	8,0	11,4	3,5	15,6	6,1	.	1,3	.	40,1	100	34,4
2011	.	2,4	1,4	6,3	11,8	3,2	19,5	5,8	.	0,9	.	43,0	100	33,0
Länderanteil am Gesamtbudget der IEA(OECD) für FuE in Windenergie (in Prozent)														
1990	.	1,4	3,8	0,2	13,8	36,3	2,4	10,9	2,4	3,8	10,9	11,2	100	53,2
2000	.	4,7	7,0	2,0	18,9	0,7	4,6	10,6	4,5	4,9	1,6	36,9	100	76,3
2010	0,7	2,8	8,2	1,3	10,9	.	5,6	8,9	2,2	1,1	10,9	20,2	100	82,9
2011	0,5	4,8	4,9	1,3	13,4	0,5	10,6	3,2	12,5	1,8	14,2	19,4	100	77,8
Länderanteil am Gesamtbudget der IEA(OECD) für FuE in Biokraftstoffe (in Prozent)														
1990	.	7,6	1,8	4,0	2,1	4,8	5,9	10,4	11,1	6,0	5,3	29,2	100	55,5
2000	.	5,7	2,6	2,1	4,8	1,8	.	8,2	3,7	10,5	1,7	45,9	100	37,1
2010	0,6	3,7	1,8	4,4	2,6	1,9	4,5	5,8	1,3	3,9	3,1	58,1	100	27,9
2011	8,3	5,8	4,0	8,2	4,9	2,6	7,1	0,9	3,6	3,4	3,0	33,8	100	42,3
Forschungsintensität Energieforschung (cent/\$ GDP)														
1990	.	0,06	0,03	0,05	0,03	0,07	0,09	0,07	0,01	0,05	0,03	0,05	0,05	
2000	.	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03	0,10	0,04	0,01	0,03	0,01	0,03	0,03	
2010	0,05	0,08	0,10	0,06	0,03	0,02	0,08	0,07	0,01	0,05	0,04	0,04	0,06	
2011	0,05	0,07	0,09		0,03	0,03	0,08		0,02	0,04	0,03	0,05	0,04	
Forschungsintensität Photovoltaik (cent/Mio \$ GDP)														
1990	.	0,25	.	0,19	3,68	1,66	1,80	2,97	0,65	0,18	.	0,70	1,07	
2000	.	0,27	1,27	0,60	2,09	1,38	3,23	3,36	0,60	0,49	0,15	0,75	1,11	
2010	1,91	0,83	3,90	2,35	2,32	1,19	2,22	5,61	.	2,22	.	1,73	1,98	
2011	.	1,20	4,64		2,52	1,17	3,01	.	.	1,72	.	1,96	1,56	
Forschungsintensität Windenergie(cent/Mio \$ GDP)														
1990	.	0,24	3,77	0,02	0,88	3,53	0,09	3,61	0,41	2,36	1,06	0,18	0,57	
2000	.	0,53	4,67	0,13	0,85	0,05	0,14	2,21	0,50	2,14	0,10	0,37	0,37	
2010	0,37	0,99	19,67	0,30	1,71	.	0,61	6,28	0,78	1,49	4,31	0,67	1,12	
2011	0,24	1,59	10,96	0,28	1,93	0,12	1,10	2,11	4,07	2,19	1,24	0,59	1,21	
Forschungsintensität Biokraftstoffe (cent/Mio \$ GDP)														
1990	.	1,14	1,51	0,32	0,12	0,40	0,20	2,95	1,61	3,18	0,44	0,41	0,48	
2000	.	1,13	3,07	0,24	0,38	0,23	.	3,00	0,72	7,99	0,19	0,81	0,66	
2010	1,19	4,34	14,02	3,26	1,33	1,59	1,60	13,20	1,49	17,11	2,12	6,28	5,07	
2011	11,14	4,91	22,80	4,41	1,79	1,64	1,90	1,48	3,04	10,75	1,51	2,66	3,93	

Quelle: Berechnungen des DIW Berlin auf Basis IEA 2013

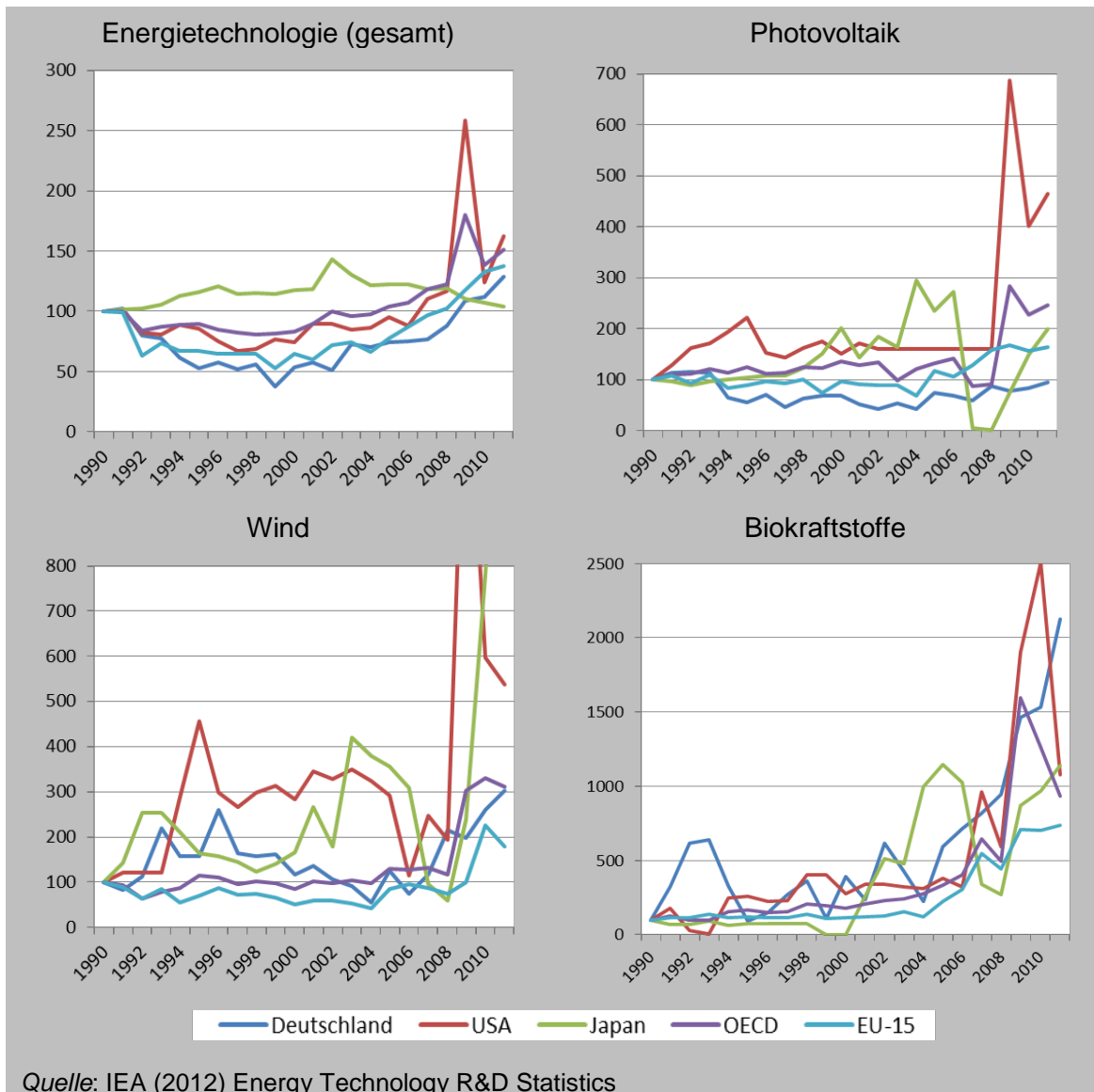
2.2 Dynamik der FuE-Ausgaben in Deutschland

Im Hinblick auf die Dynamik der FuE-Ausgaben im Bereich **Photovoltaik** gehört Deutschland zu den Schlusslichtern, da die Ausgaben im Jahr 2011 gegenüber 1990 um 6 Prozent auf rund 71 Mio. USD gesunken sind. Damit liegt Deutschland bei der Dynamik der FuE Ausgaben (negatives Wachstum) deutlich unter dem durchschnittlichen Ausgabenwachstum der betrachteten IEA und EU Staaten (Abbildung 2-2). Darüber ist festzustellen, dass der Anteil der FuE-Ausgaben für PV an den Gesamtausgaben für Energieforschung von rund 11 (1990) auf rund 8 Prozent (2011) abgenommen hat (Tabelle 2-1), wobei die Ausgaben für PV sanken, während die FuE-Ausgaben für Energieforschung insgesamt anstiegen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Deutschland schon 1990 die höchsten FuE-Photovoltaik-Ausgaben der IEA-Länder hatte. Der starke Zuwachs in den übrigen Ländern ist eher mit einem Nachholprozess dieser Länder zu erklären, als mit einer Abschwächung der staatlichen FuE-Investitionen in Deutschland.

Bei der Dynamik der FuE-Ausgaben für **Windenergie** liegt Deutschland im IEA-Durchschnitt und über dem Durchschnitt der betrachteten EU-Länder. Die Ausgaben haben sich in diesem Bereich substantiell von 18 Mio. USD auf 54 Mio. USD erhöht. Aber auch hier ist festzustellen, dass sich die große Ausgabensteigerung in einigen Ländern, beispielsweise in Großbritannien (510 Prozent), Dänemark (+610 Prozent), Japan (+680 Prozent) und den USA (+500 Prozent) durch einen Nachholprozess seit 1990 erklären lässt (Abbildung 2-2). Der Anteil der FuE-Ausgaben für Windenergie an den Gesamtausgaben für Energieforschung stieg seit 1990 von 3 Prozent auf 6 Prozent.

Bei der Dynamik der FuE-Ausgaben für **Biokraftstoffe** liegt Deutschland jedoch deutlich über dem IEA-Durchschnitt und über dem Durchschnitt der betrachteten EU Länder (Abbildung 2-2). Hier sind die Ausgaben deutlich von 0,5 Mio USD im Jahr 1990 auf über 50 Mio. USD im Jahr 2011 gestiegen. Insgesamt spiegelt sich diese Entwicklung auch im Anteil der FuE-Ausgaben für Biokraftstoffe an den Gesamtaufwendungen für Energieforschung wider. Dieser Anteil stieg von 0,3 Prozent (1990) auf rund 6 Prozent (2011). Anders als bei PV und Windenergie ist der starke Ausgabenzuwachs in diesem Bereich eher mit einem Aufholprozess Deutschlands zu begründen, da Deutschland 1990 im internationalen Vergleich mit die niedrigsten FuE-Ausgaben für Bioenergie hatte.

Abbildung 2-2: Dynamik öffentlicher FuE-Ausgaben in ausgewählten OECD-Ländern (1990=100)



3 Patentanmeldungen

Die Nutzung von Patentinformationen für wissenschaftliche Analysen hat sich in den letzten Jahren wesentlich verstärkt, da Qualität und Umfang der verfügbaren Daten stetig verbessert wurden. Griliches (1990) und Jaffe (1986) zeigen in frühen Arbeiten, dass Patentdaten wertvolle disaggregierte Informationen zu einzelnen Erfindungen bzw. Innovationen bereitstellen. So enthalten Patentanmeldung detaillierte Angaben zu Erfindern und Anmeldern, zu den Märkten, in denen Patentschutz beantragt wird und zum Technologiebereich, in den die Erfindung angesiedelt ist. Die Betrachtung von

Patentanmeldungen ermöglicht daher die Darstellung und Berechnung von Indikatoren des technologischen Wandels, die wiederum Analysen sowohl zur Innovationskraft von Ländern als auch über die Attraktivität einzelner Märkte für Innovationen erlauben. Festzuhalten ist, dass nicht alle Studien die gleichen Methoden, Daten und Definitionen zu Patentanalyse nutzen (Moed et. al. 2004). In diesem Kapitel wählen wir eine makroökonomische Perspektive um den technologischen Wandel einzelner Länder, insbesondere Deutschlands, im internationalen Vergleich beurteilen zu können.

Das internationale Patentklassifizierungssystem (IPC) und Arbeiten von Johnston et al. (2010) und Dechezlepretre (2010, 2011) erlauben eine Differenzierung von Patentanmeldungen nach EE-Technologiegruppen. Dementsprechend wurden hier Daten der Worldwide Patent Statistical Database (EPO, 2010)⁴ des Europäischen Patentamtes (EPO), nach Anmeldungen im Bereich Photovoltaik, Windenergie und Biokraftstofftechnologie, differenziert.⁵ Um die Innovationskraft einzelner Länder und ihre Attraktivität für Patentanmeldungen analysieren zu können, wurden sowohl die Nationalität der Erfinder als auch das Land, in dem Patentschutz beantragt wurde, erfasst. Um Doppelzählungen zu vermeiden wurden nur Patentfamilien berücksichtigt und der sogenannten Strukturzählansatz gewählt.⁶

Ein erster Schritt stellt die globale Entwicklung der Patentanmeldungen im Bereich der EE-Technologien dar. Im zweiten Abschnitt liegt der Schwerpunkt auf dem Vergleich der Innovationskraft ausgewählter Länder auf Basis von Patentanmeldung in den USA und Europa. Im nachfolgenden Abschnitt werden die wichtigsten Märkte für deutsche Patentanmeldungen identifiziert. Schließlich wird auch die Dynamik der Patentanmeldungen im Bereich PV, Wind und Biomasse im Zeitverlauf für Deutschland aufgezeigt.

4 Die Nutzung der Datenbank zum Stand vom Oktober 2010 bedingt, dass eine robuste Analyse nur bis 2008 durchgeführt werden kann, da durch verschiedene Patentanmeldesysteme und Prüfzeiten ein natürliche Verzögerung in der Datenbereitstellung entsteht. Eine aktuellere Datenbank stand zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts nicht zur Verfügung.

5 Eine spezifische Darstellung der verwendeten IPC-Codes ist in Appendix Tabelle 7 aufgeführt.

6 Dieser Bericht nutzt die Methode nach Dechezlepretre (2011, 2012) zur Erfassung von Innovation und Technologietransfer. Nationale Innovationen, beispielsweise in Deutschland, sind die Anzahl von Patentanmeldungen deutscher Erfinder in einem Technologiefeld und beantragt in Deutschland. Technologietransfer von Land i zu Land j wird in diesem Zusammenhang gemessen durch das Erfassen von Patentanmeldungen von Erfindern aus Land i die Patentschutz in Land j beantragen. Um Doppelzählungen zu vermeiden nutzen wir den Strukturzählansatz (fractional count). Dabei wird jede Patentanmeldung gleich auf die Erfinder und damit gegebenenfalls auf verschiedene Erfinderlande aufgeteilt. Siehe auch http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/govt/naics/explan_naics.htm für eine weitere Erläuterung Gesamtzählung (whole counts) und Strukturzählung (fractional counts) von Patenten. Insgesamt führt dieser Ansatz zu einer eher konservativen Erfassung der Innovationsleistung eines Landes.

3.1 Weltweite Entwicklung

Die globalen Patentanmeldungen in den drei untersuchten Technologien haben in den letzten 20 Jahren stark zugenommen. Während die Patentanmeldungen für alle Technologien um rund 30 Prozent zulegten, verzeichneten die erneuerbaren Energien einen deutlich stärkeren Zuwachs. Die globalen Patentanmeldungen für Photovoltaik haben sich im Zeitraum von 1990 bis 2008 ungefähr verdreifacht, während sich Patentanmeldungen für Windenergie versechsfacht haben. Patentanmeldungen für Biokraftstofftechnologien stiegen ungefähr um das Zweieinhalbfache (Abbildung 3-1).

Eine genauere Analyse zeigt jedoch, dass dieses Bild regional stark differenziert gesehen muss. Die Darstellung in Abbildung 3-2 macht deutlich, dass Patentschutz für erneuerbare Energien im Wesentlichen in den Märkten Nordamerikas, Westeuropas und Asiens (hauptsächlich Japan und Südkorea) gesucht wird. Darüber hinaus zeigen die Daten, dass dies auch die Regionen sind, in denen die meisten Patentanmeldungen und damit der Großteil der Innovationen ihren Ursprung haben. Die meisten Patentantragträge im Photovoltaik- und Windbereich in Lateinamerika, Afrika, Asien und Ozeanien stammen von nichtheimischen Erfindern. Auf Länderebene bedeutet das, dass die Länder mit den meisten Patentanmeldungen in diesen Technologiesegmenten und damit den meisten zu schützenden Erfindungen bzw. Innovationen die USA, Deutschland, Japan sowie einige andere Länder der EU sind.

Abbildung 3-1: Entwicklung globaler Patentanmeldungen (1990 – 2008)

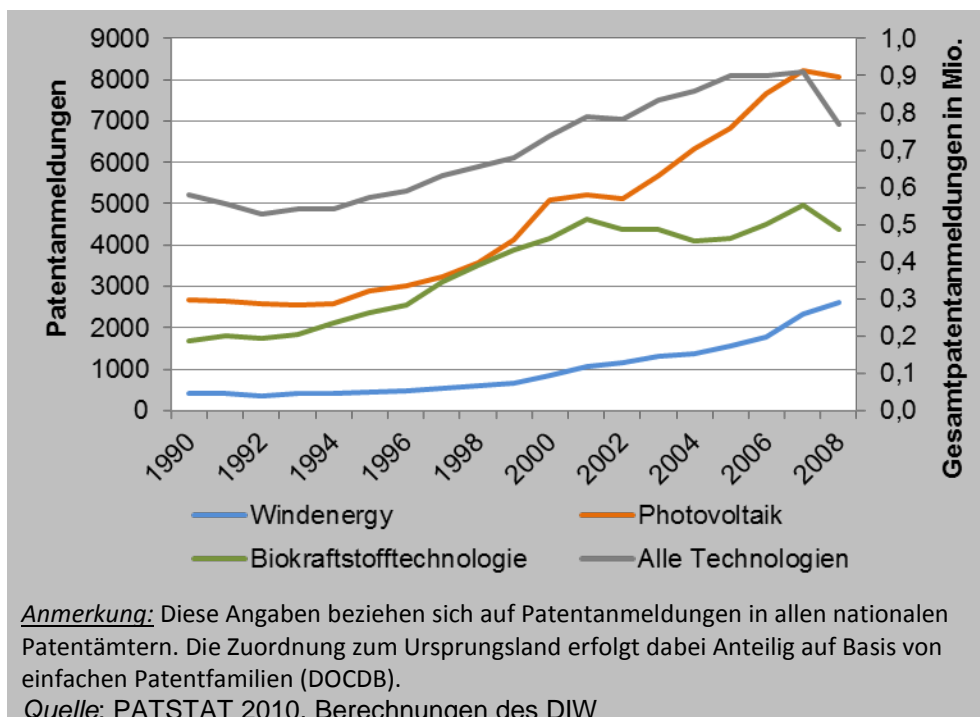
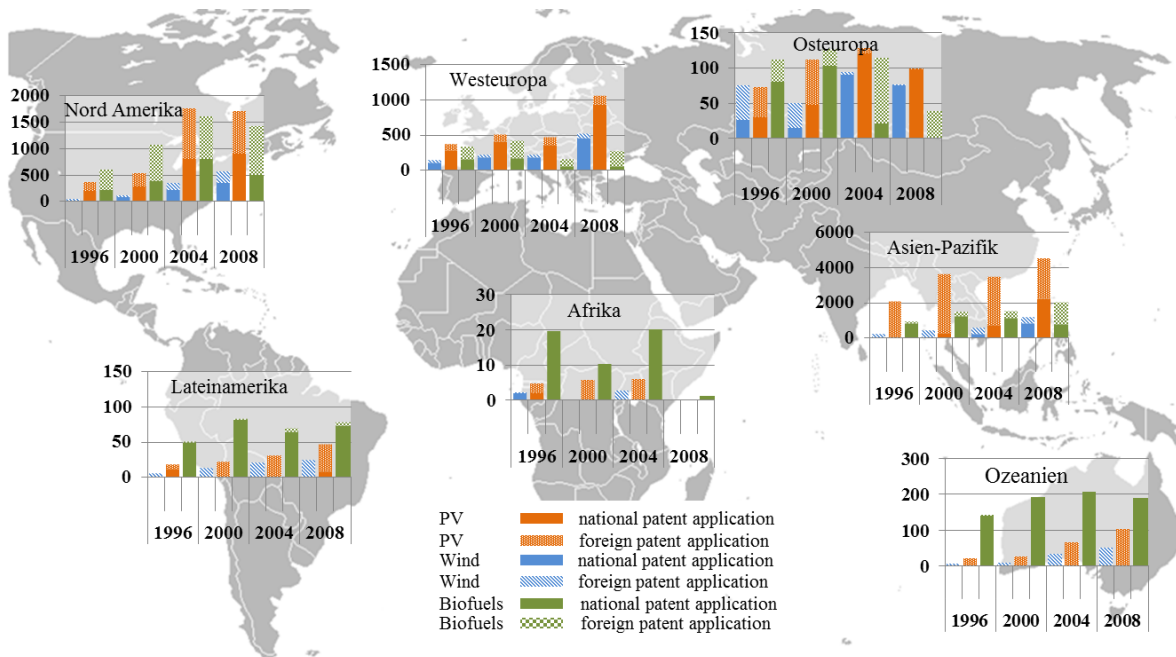


Abbildung 3-2: Regionale Verteilung der globalen Patentanmeldungen nach Zielregion



Quelle: PATSTAT 2010, Berechnungen des DIW.

3.2 Innovationskraft im internationalen Vergleich

Dieser Abschnitt betrachtet die Position der wesentlichen Länder, in denen Innovationen stattfinden, sowohl auf Basis absoluter Patentanmeldungen und deren Dynamik als auch mit Hilfe relativer Innovationsindikatoren. Aufgrund der Analyse im vorherigen Abschnitt und der Informationsqualität der Patentdaten von Entwicklungs- und Schwellenländern werden jedoch nur Patentanmeldungen beim United States Patent Office (USPTO) und im EU27-Raum, d.h. beim Europäischen Patentamt (EPO) und den nationalen Patentämtern berücksichtigt.⁷

Der Anteil deutscher Patentanmeldungen an den Gesamtanmeldungen aller erfassten Länder zwischen 1990 und 2008 war relativ konstant bei 17 Prozent womit Deutschland den zweiten Rang nach den USA (38 Prozent) und vor Japan (10 Prozent) belegt. Von den Ländern im EU-Raum ist Deutschland am innovativsten, da im Jahr 2008 rund 47 Prozent der Patentanmeldungen europäischer Staaten im Bereich Windenergie und 53 Prozent im Bereich Photovoltaik aus Deutschland kamen. Lediglich im Bereich Bio-kraftstofftechnologie kommen nur 37 Prozent der Anmeldungen europäischer Staaten von deutschen Erfindern. Deutschland ist nicht nur im europäischen Vergleich besonders innovativ in den Bereichen der erneuerbaren Energietechnologie sondern auch auf globaler Ebene. Bei den Patentanmeldungen im Bereich der Windenergie belegte

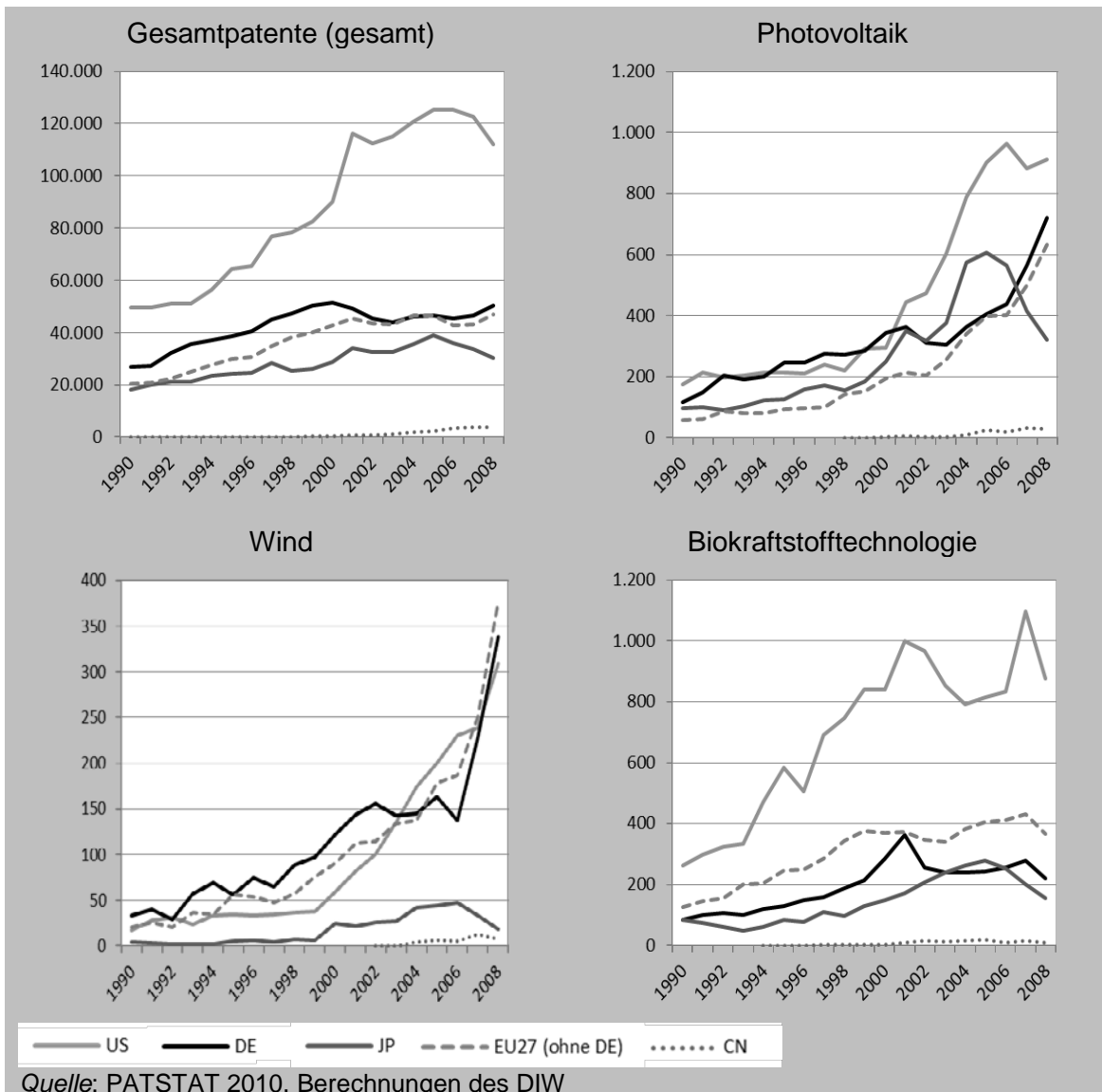
⁷ Diese Einschränkung schließt Anmeldungen beim Japanischen Patentamt (JPO) aus, da hier die Ursprungsländer der Patentanmeldungen zu 50 Prozent nicht zugeordnet werden können.

Deutschland sowohl 1990 als auch im Jahr 2008 Rang eins, da es über ein Viertel der Gesamtanmeldungen aller Staaten stellt. Ebenso im Bereich der Photovoltaik zählt Deutschland zu den innovativsten Ländern, da im Jahr 2008 rund 23 Prozent aller angemeldeten Patente aus Deutschland kamen (USA: 28 Prozent, Japan: 10 Prozent). Patentanmeldungen für Biokraftstofftechnologien hingegen werden bereits seit 1990 durch US-Anmelder dominiert, die im Jahr 2008 knapp die Hälfte aller Patentschutzanträge stellten. Deutschland hingegen kommt hier nur auf 12 Prozent (Anhang Tabelle 3).

Nicht nur bei den Anteilen an den Gesamtanmeldungen für erneuerbare Energien in den USA und Europa ist Deutschland führend. Auch die Dynamik unterstreicht die Innovationskraft Deutschlands in diesem Bereich. Während von 1990 bis 2008 bei den Patentanmeldungen für alle Technologien „nur“ ein Zuwachs von 87 Prozent zu verzeichnen war, sind diese Wachstumsraten im Bereich der erneuerbaren Energien deutlich höher. Patentanmeldungen aus Deutschland für Windenergie erfuhren mit einem Plus von 925 Prozent den größten Zuwachs. Damit liegt das Patentwachstum hier über dem Japans (+ 322 Prozent), aber deutlich unter dem Zuwachs durch Innovationen aus den USA (+ 1730 Prozent).⁸ Die USA und Deutschland sind jedoch bei der Anzahl der Patentanmeldungen für Windenergie nach wie vor ungefähr gleich auf. Während der Zuwachs bei Patentanmeldungen im Bereich der Photovoltaik in den USA bei rund 420 Prozent seit 1990 und bei Japan bei 230 Prozent, ist der Anstieg der Anmeldungen aus Deutschland mit 510 Prozent deutlich größer. Lediglich die übrigen Länder der EU verzeichnen hier zusammen einen noch höheren Zuwachs. Dies ist jedoch mit dem niedrigen Patentierungsniveau in einigen Ländern zu Beginn der 1990er Jahre und mit einem sehr starken Zuwachs aus einigen Ländern wie Spanien und Italien zu erklären. Bei Patentanmeldungen für Biokraftstofftechnologie hingegen ist Deutschland weniger innovationsstark im internationalen Vergleich, da hier seit 1990 nur ein Plus von 160 Prozent zu beobachten ist. Damit nimmt der Abstand zu den USA zu, die im gleichen Zeitraum ein Plus von 230 Prozent zu verzeichnen haben. Auch die übrigen EU-Staaten scheinen in diesem Bereich weniger innovativ zu sein.

8 Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass hier nur Patentanmeldungen in den USA und Europa berücksichtigt werden. Innovationen für die in Japan Patentschutz beantragt wurde werden nicht berücksichtigt da diesen zu 50 Prozent kein Ursprungsland zugewiesen werden kann. Dies führt dazu, dass sich in Europa und den USA der sogenannte Home-Bias ausgeglichen wird während dies für Japan nicht der Fall ist wodurch die tatsächliche Anzahl von Patentanmeldungen japanischer Erfinder unterschätzt wird.

Abbildung 3-3: Patentanmeldungen aus Deutschland, USA, Japan, China und EU27 (ohne Deutschland) bei USPTO und Euroraum (EPO und nationale EU27 Patentämter)



Der Anteil der Patente in einem Technologiebereich relativ zu den gesamten Patentanmeldungen wird üblicherweise als Indikator für die Patentspezialisierung eines Landes genutzt. Da die hier betrachteten Technologien sehr kleine Wirtschafts- und Forschungszweige repräsentieren und die Anteile daher, mit wenigen Ausnahmen, eher im Promillebereich liegen, wurde hier auf die Anzahl der technologiespezifischen Patente pro 1000 Gesamtpatentanmeldungen zurückgegriffen. Während rund 9 Prozent der dänischen Gesamtanmeldungen Patente für Windenergietechnik sind und das Land damit führend ist, sind es in Deutschland nur rund 7 von 1000 Gesamtanmeldungen (0,7 Prozent). Damit gehört Deutschland immer noch zum oberen Mittelfeld (Tabelle 3-1). Ein ähnliches Bild ergibt sich auch im Bereich der Photovoltaik. Während

in Dänemark und Spanien rund 3,5 Prozent der Anmeldungen auf Photovoltaik entfallen, sind es in Deutschland nur 1,4 Prozent und somit Rang 4. Bei den Biokraftstoff-erfindungen relativ zu den Gesamtpatentanmeldungen liegt Deutschland nur auf Platz 11 mit rund 4 Biokraftstoffpatenten von 1000 Gesamtpatenten. In diesem Technologie-segment führt wiederum Dänemark (3 Prozent) vor Brasilien (2 Prozent) und Spanien (1 Prozent). Jedoch ist festzuhalten, dass dieser Indikator möglicherweise ein verzerrtes Bild der Innovationstätigkeit in einem Land wiedergibt. Länder die generell mehr Erfindungen auch aus anderen Technologiebereichen patentieren, haben somit eine größere Anzahl von Gesamtpatentanmeldungen und können daher einen relativ kleinen Anteil an untersuchten technologiespezifischen Bereichen haben.

Die Betrachtung der Patentanmeldungen relativ zu den Einwohnern eines Landes kann daher als aussagekräftiger Indikator für die Forschungsintensität genutzt werden. Dabei zeigt sich, dass Deutschland bei den gesamten Patentanmeldungen im internationalen Vergleich das mit Abstand innovativste Land mit über 600 Patentanmeldungen pro einer Million Einwohner ist. Dies gilt auch im Bereich der Technologien für erneuerbare Energien. So kommen auf eine Million Einwohner rund 9 Patentanmeldungen im Bereich der Photovoltaik womit Deutschland vor Dänemark (rund 8 Anmeldungen) und deutlich vor den USA (rund 3 Anmeldungen) liegt (Tabelle 3-1).

Die Patentintensität im Bereich Windenergie ist in Dänemark am höchsten. Deutschland liegt hier mit deutlichem Abstand auf andere Staaten mit rund 4 Patentanmeldungen pro eine Million Einwohner auf Platz 2. Auch bei der Forschungsintensität im Hinblick auf Biokraftstofftechnologien liegt Deutschland zusammen mit Dänemark und den USA im internationalen Vergleich in der Spitzengruppe. Insgesamt kann daher festgehalten werden, dass Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern einen deutlichen Schwerpunkt in der Forschung von erneuerbaren Energietechnologien ausgebildet hat.

Tabelle 3-1: Relative Indikatoren zur Patentintensität basierend auf Patentanmeldungen für ausgewählte Länder (Patentanmeldungen pro Mio. Einwohner und technologiespezifische Patentanmeldungen pro 1000 Gesamtpatentanmeldungen)

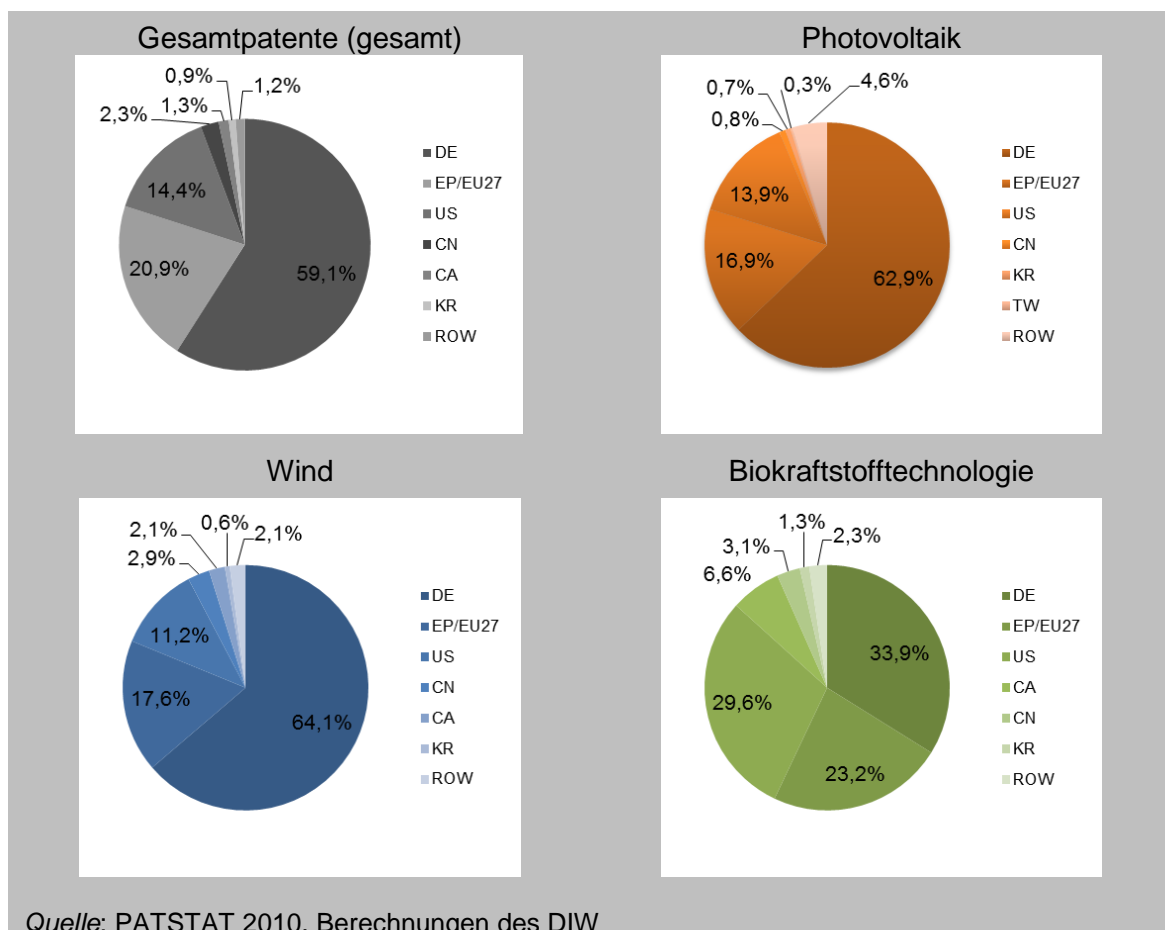
	Brasilien	China	Dänemark	Frankreich	Deutschland	Italien	Japan	Korea	Niederlande	Spanien	Großbritannien	Vereinigte Staaten
Patentanmeldungen per Mio. Einwohner												
<i>Gesamt</i>												
1990	0,24	0,03	54,6	59,7	340,0	42,7	147,5	8,0	88,8	28,2	51,8	197,9
1995	0,49	0,06	124,6	73,8	471,9	78,0	191,9	28,8	201,1	30,7	73,6	241,4
2000	0,71	0,32	213,4	91,1	624,2	92,7	227,4	54,4	288,4	52,2	175,6	319,5
2005	1,37	1,87	256,8	113,5	562,4	64,4	305,5	182,7	384,0	65,9	180,6	424,4
2008	1,56	2,98	235,7	215,3	614,5	55,0	237,9	179,6	223,3	53,3	158,8	368,7
<i>Windenergie</i>												
1990	0,00	0,00	0,00	0,02	0,42	0,00	0,04	0,00	0,22	0,00	0,07	0,07
1995	0,00	0,00	0,88	0,02	0,69	0,01	0,05	0,02	0,21	0,14	0,09	0,13
2000	0,00	0,00	2,99	0,02	1,48	0,03	0,19	0,01	0,89	0,37	0,34	0,21
2005	0,00	0,00	4,70	0,14	1,98	0,15	0,35	0,07	0,81	0,85	0,66	0,68
2008	0,02	0,01	20,66	0,67	4,12	0,15	0,15	0,07	1,44	0,89	1,29	1,02
<i>Photovoltaik</i>												
1990	0,00	0,00	0,06	0,19	1,48	0,05	0,80	0,05	0,34	0,10	0,22	0,71
1995	0,00	0,00	0,19	0,19	3,01	0,01	1,00	0,17	0,52	0,17	0,20	0,81
2000	0,00	0,00	2,01	0,23	4,20	0,18	1,98	0,38	1,83	0,55	0,59	1,05
2005	0,01	0,02	2,56	0,79	4,92	0,31	4,74	3,03	3,02	1,15	1,94	3,05
2008	0,01	0,02	7,89	2,41	8,77	0,63	2,52	3,57	2,86	1,85	1,94	3,00
<i>Biokraftstofftechnologie</i>												
1990	0,00	0,00	1,77	0,36	1,08	0,15	0,68	0,01	0,99	0,03	0,53	1,06
1995	0,00	0,00	5,39	0,68	1,59	0,24	0,67	0,08	2,52	0,20	0,95	2,19
2000	0,01	0,00	5,73	0,91	3,46	0,26	1,17	0,36	2,54	0,45	1,96	2,98
2005	0,02	0,01	10,68	1,02	2,95	0,43	2,18	1,12	3,34	0,60	1,36	2,76
2008	0,04	0,01	6,87	1,11	2,70	0,28	1,21	0,51	2,12	0,63	1,20	2,88
Patentanmeldungen per 1000 Gesamtpatentanmeldungen												
<i>Windenergie</i>												
1990	0,00	0,00	0,00	0,32	1,22	0,10	0,24	0,00	2,51	0,00	1,43	0,34
1995	0,00	0,00	7,08	0,28	1,47	0,11	0,24	0,61	1,05	4,41	1,29	0,54
2000	0,00	1,23	14,01	0,27	2,38	0,36	0,85	0,18	3,09	7,11	1,95	0,66
2005	1,97	2,46	18,31	1,22	3,53	2,37	1,14	0,41	2,11	12,95	3,67	1,60
2008	10,93	2,00	87,66	3,10	6,70	2,70	0,61	0,41	6,44	16,62	8,14	2,76
<i>Photovoltaik</i>												
1990	0,00	0,00	1,19	3,17	4,37	1,24	5,41	5,86	3,80	3,65	4,27	3,58
1995	0,00	0,00	1,53	2,63	6,38	0,17	5,21	6,02	2,56	5,61	2,68	3,34
2000	0,00	4,51	9,43	2,53	6,73	1,97	8,69	7,03	6,33	10,62	3,34	3,28
2005	6,45	10,29	9,99	6,93	8,75	4,88	15,52	16,59	7,87	17,48	10,73	7,19
2008	3,35	7,41	33,47	11,19	14,28	11,49	10,58	19,88	12,80	34,75	12,21	8,13
<i>Biokraftstofftechnologie</i>												
1990	6,80	8,89	32,43	6,03	3,17	3,52	4,64	0,85	11,11	1,22	10,30	5,34
1995	4,18	3,74	43,25	9,19	3,37	3,05	3,49	2,60	12,52	6,46	12,96	9,08
2000	13,59	7,80	26,85	9,99	5,54	2,76	5,14	6,54	8,81	8,62	11,16	9,32
2005	16,61	7,56	41,58	9,03	5,24	6,60	7,14	6,12	8,69	9,03	7,50	6,50
2008	22,99	2,12	29,13	5,15	4,39	5,05	5,09	2,85	9,50	11,88	7,55	7,81

Quelle: Berechnungen des DIW Berlin auf Basis Patstat

3.3 Marktattraktivität für Patente im internationalen Vergleich

Eine Innovationsanalyse auf Basis von Patentdaten erlaubt neben der dargestellten Untersuchung der Innovationskraft und Intensität einzelner Länder auch eine Prüfung der Marktattraktivität verschiedener Länder für Innovationen. Dabei ist vor allem von Interesse, in welchen Ländern oder Wirtschaftsräumen Erfinder einen Patentschutz anstreben und somit eine Vermarktung der entsprechenden Innovationen.⁹ Die Betrachtung deutscher Patentanmeldungen für alle Technologien über den Zeitraum von 2000 bis 2008 macht deutlich, dass der größte Teil der Patentschutzgesuche auf den deutschen und europäischen Markt abzielt. Danach folgen die USA, China, Kanada und Südkorea als die wichtigsten Länder, in denen deutsche Erfinder Patente anmelden (Abbildung 3-4).

Abbildung 3-4: Wesentliche Zielländer deutscher Patentanmeldungen (2000 - 2008)

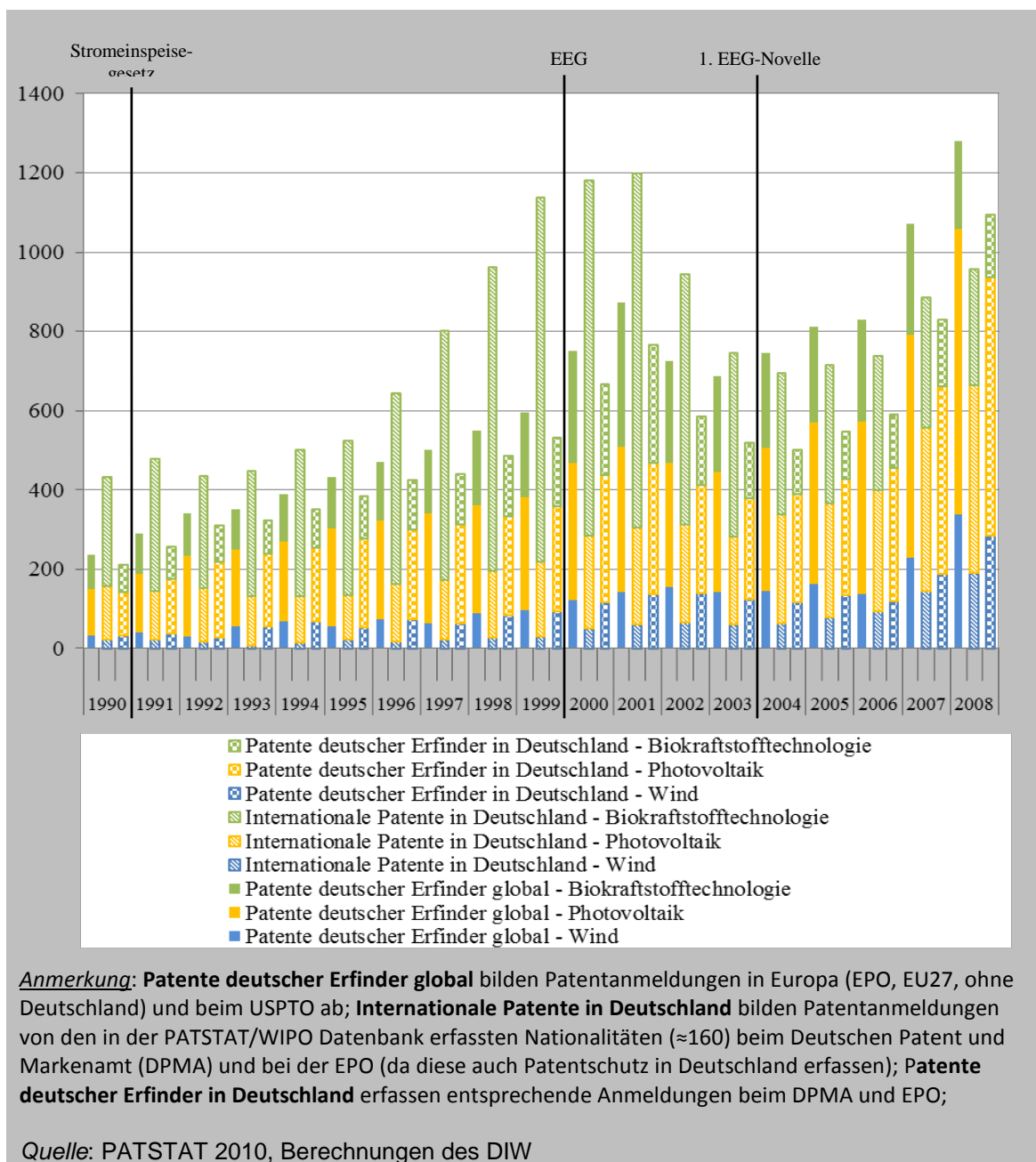


9 Die für diese Studie genutzte EPO (2010) PATSTAT Datenbank fasst Patentinformationen von 80 Staaten zusammen. Informationen zu den Nationalitäten der Patentanmelder für Anmeldungen bei Japanischen Patent Office (JPO) sind nur bedingt aufbereitet. Daher können differenzierte Analysen zu der Herkunft von Anmeldern in Japan nicht durchgeführt werden, bzw. Japan als Zielort für deutsche Patentanmeldungen hier nicht berücksichtigt werden.

3.4 Dynamik in Deutschland

Nach der Darstellung der globalen Entwicklung der Patentanmeldungen sowie dem Vergleich der Innovationskraft und der Marktattraktivität erfolgt die Analyse der Dynamik von Patentanmeldungen in Deutschland. Dabei sind drei Entwicklungen von Interesse: (1) globale Patentanmeldungen deutscher Erfinder, (2) Patentanmeldungen nicht-deutscher Erfinder in Deutschland sowie (3) Patentanmeldungen deutscher Erfinder in Deutschland (Abbildung 3-5).

Abbildung 3-5: Entwicklung der Patentanmeldungen in Deutschland und deutscher Patentanmeldungen in der Welt (1990 – 2008)



Die Dynamik globaler Patentanmeldungen deutscher Erfinder wurde bereits in Abschnitt 3.2 zur Innovationskraft im internationalen Vergleich weitestgehend deutlich gemacht. Ein ähnliches Bild ergibt sich mit Blick auf Patentanmeldungen deutscher Erfinder in Deutschland bzw. auf dem deutschen Markt. Gegenüber dem Jahr 1990 meldeten im Jahr 2008 deutsche Erfinder rund 780 Prozent mehr Patente für Photovoltaik und 490 Prozent mehr Patente für Windenergie an. Auch Patentanmeldungen nicht-deutscher Erfinder in Deutschland (internationale Patente in Abbildung 3-5) im Bereich der Photovoltaik (+740 Prozent) und der Windenergie (+260 Prozent) haben sich ähnlich stark entwickelt. Die niedrigere Dynamik für Patentanmeldungen für Biokraftstofftechnologien sowohl von deutschen (+130 Prozent) als auch von nicht-deutschen Erfindern (+ 8 Prozent) in Deutschland macht deutlich, dass der deutsche Markt in diesem Bereich möglicherweise weniger attraktiv ist als beispielsweise die USA.

Insgesamt liegt es nahe die starke Entwicklung, insbesondere im Bereich der Photovoltaik und Windenergie, mit der Einführung des Stromeinspeisegesetzes sowie des EEG und der damit verbundenen starken Markt- bzw. Kapazitätsentwicklung in Deutschland zu erklären. Dennoch sollten diesbezüglich vertiefende empirische Studien durchgeführt werden.

4 Außenhandel

Um die erfolgreiche Diffusion von Technologien der deutschen EE-Branche und somit deren Marktstellung im internationalen Wettbewerb zu ermitteln, wurden Exporte und Importe von entsprechenden Komponenten mit Hilfe der UN Comtrade Datenbank¹⁰ ausgewertet und bestimmte außenhandelsbezogene, branchenspezifische Indikatoren der Wettbewerbsfähigkeit ausgewählter Länder berechnet (Anhang Tabelle 8). Die Klassifikation (HS 1996)¹¹ erlaubt eine näherungsweise Differenzierung von Komponenten, die potentiell zur Nutzung erneuerbarer Energien eingesetzt werden, in vier Warengruppen: Photovoltaikkomponenten, Windenergietechnologien, Biokraftstoffe und Technologiegüter zur Bereitstellung von Biokraftstoffen (Anhang Tabelle 4).^{12, 13}

10 World Integrated Trade Solution: wits.worldbank.org/wits/

11 Das Harmonized Commodity Description and Coding System (HS) ist eine statistische Mehrzweckwarenomenklatur die als Grundlage für die Erfassung von Zolltarifen und internationalen Handelsflüssen genutzt wird.

12 Vgl. OECD, Eurostat: The Environmental Goods and Service Industry – Manual for Data Collection and Analysis. Paris 1999; Steenblik, R.: Liberalisation of Trade in Renewable Energy Products and Associated Goods: Charcoal, Solar Photovoltaik Systems, and Wind Pumps and Turbines. OECD Trade Directorate, Paris, OECD Trade and Environment Working Papers Nr. 2005/7; Steenblik, R.: Liberalisation of Trade in Renewable Energy and Associated Technologies: Biodiesel, Solar Thermal and Geothermal Energy. OECD Trade Directorate, Paris, OECD Trade and Environment Working Papers Nr. 2006/1; Wind, I.: HS Codes and the Renewable Energy Sector, ICTSD Programme on Trade and Environment. Genf 2008.

Eine exakte Abgrenzung ist jedoch insofern nicht möglich, als die konkrete Verwendung der gehandelten Technologiekomponenten in Erneuerbaren-Energien-Systemen nicht nachverfolgt werden kann (Dual-Use-Problematik). In diesem Sinne werden hier Komponenten erfasst, die potentiell der Nutzung erneuerbarer Energien dienen. Im Datenbestand der UN Comtrade sind Exporte eher untergewichtet.¹⁴ Darüber hinaus ist es auf dieser Datenbasis nicht möglich, eine Differenzierung zwischen Vor- und Endprodukten vorzunehmen, so dass es zu Doppelzählungen kommen kann. Da durch die Untersuchung nur der internationale Handel, nicht jedoch die nationale Produktion von Komponenten und Anlagen zur potentiellen Nutzung erneuerbarer Energien betrachtet wird, kann keine Aussage über die Export- oder Importquoten des entsprechenden Industriesektors getroffen werden. Dennoch erlaubt diese güterorientierte Analyse von Daten des internationalen Handels Bewertungen im Hinblick auf die Entwicklung des globalen Marktes und die Veränderung der Wettbewerbsfähigkeit der hier betrachteten, forschungsintensiven Branchen.

4.1 Außenhandelsdynamik und Weltmarktanteile

Generell hat der globale Handel mit Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien seit dem Jahr 2000 stark zugenommen (Tabelle 4-1). Dabei gehörte Deutschland bereits seit 1990 neben Japan und den USA zu den größten Exporteuren. Diese Stellung wurde bis 2011 relativ zu den OECD-Ländern weiter ausgebaut. Gleichzeitig haben sich einzelne Schwellenländer zu wesentlichen Exporteuren und Importmärkten entwickelt (Anhang Tabelle 5).

Deutschlands Exporte in der Produktgruppe der Technologiekomponenten für Photovoltaikanlagen haben sich im betrachteten Zeitraum von 2000 bis 2011 mehr als versiebenfacht, womit der Anteil an den globalen Exporten von rund 9 Prozent auf 12 Prozent ausgebaut wurde. Im gleichen Zeitraum stiegen die Importe um das Neunfache und der Anteil an den globalen Importen von rund 7 Prozent auf 14 Prozent. Eine ähnlich starke Handelsentwicklung lässt sich im Bereich der Technologiekomponenten für Windenergie ablesen. Die Exporte stiegen um das Neunfache, während die Importe im gleichen Zeitraum um das Siebenfache stiegen. Der Anteil am globalen Exportmarkt stieg von 7 Prozent auf 13 Prozent und der Anteil an den globalen Importen von 8 auf

13 Der erhobene Datensatz reflektiert über den Zeitraum von 1996 bis 2011 rund 95 Prozent des Deutschen Außenhandels mit diesen Technologiegütern und rund 85 Prozent der globalen Export- und Importflüsse.

14 Die Ursache dafür sind zum einen unterschiedliche Erhebungsmethoden in einzelnen Ländern und zum anderen die Tatsache, dass die Höhe der Importe im Sinne von „Kosten für Fracht und Versicherung“ (cif), die Höhe der Exporte jedoch im Sinne von „Frei an Bord“ (fob) erfasst werden, wodurch sich eine Differenz von 10 bis 20 Prozent ergeben kann. Außerdem werden Importe generell besser erfasst, da durch sie Zolleinnahmen generiert werden, durch Exporte jedoch nicht. Vgl. UNCTAD, WTO, UNSD, World Bank: WITS World Integrated Trade Solution – User's Manual. Genf 2011.

12 Prozent. Im Bereich der Biokraftstoffe und der entsprechenden Technologiegüter ist die Entwicklung weniger stark. Deutsche Exporte von Biokraftstoffen stiegen zwischen 2000 und 2011 um das Dreifache, während die Importe um den Faktor sechs zunahmen. Gleichzeitig reduzierte sich der Anteil Deutschlands an den globalen Exporten von knapp 15 Prozent auf 11 Prozent im Jahr 2011 und der Anteil an den globalen Importen in diesem Bereich stieg von 7 Prozent auf 11 Prozent. Sowohl die Exporte als auch die Importe von Technologiegütern zur Herstellung von Biokraftstoffen stiegen um das Dreifache, womit der Anteil Deutschlands an den globalen Exporten nur leicht von 13 auf 14 Prozent und der Anteil an den globalen Importen ebenfalls nur leicht von 6 auf 7 Prozent stieg.

Eine Betrachtung der wesentlichen Export- und Importmärkte Deutschlands erlaubt einen Blick sowohl darauf, inwieweit Deutschland als Ursprungsland für handelbare Technologiegüter agiert, als auch darauf, woher diese Güter auf dem deutschen Markt kommen. Im Bereich der Photovoltaik waren die wesentlichen Handelspartner Deutschlands im Zeitraum von 2000 bis 2011 andere EU- und OECD-Staaten (Abbildung 4-1).

Tabelle 4-1: Export- und Importentwicklung ausgewählter Länder nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer Energie (2000=100)

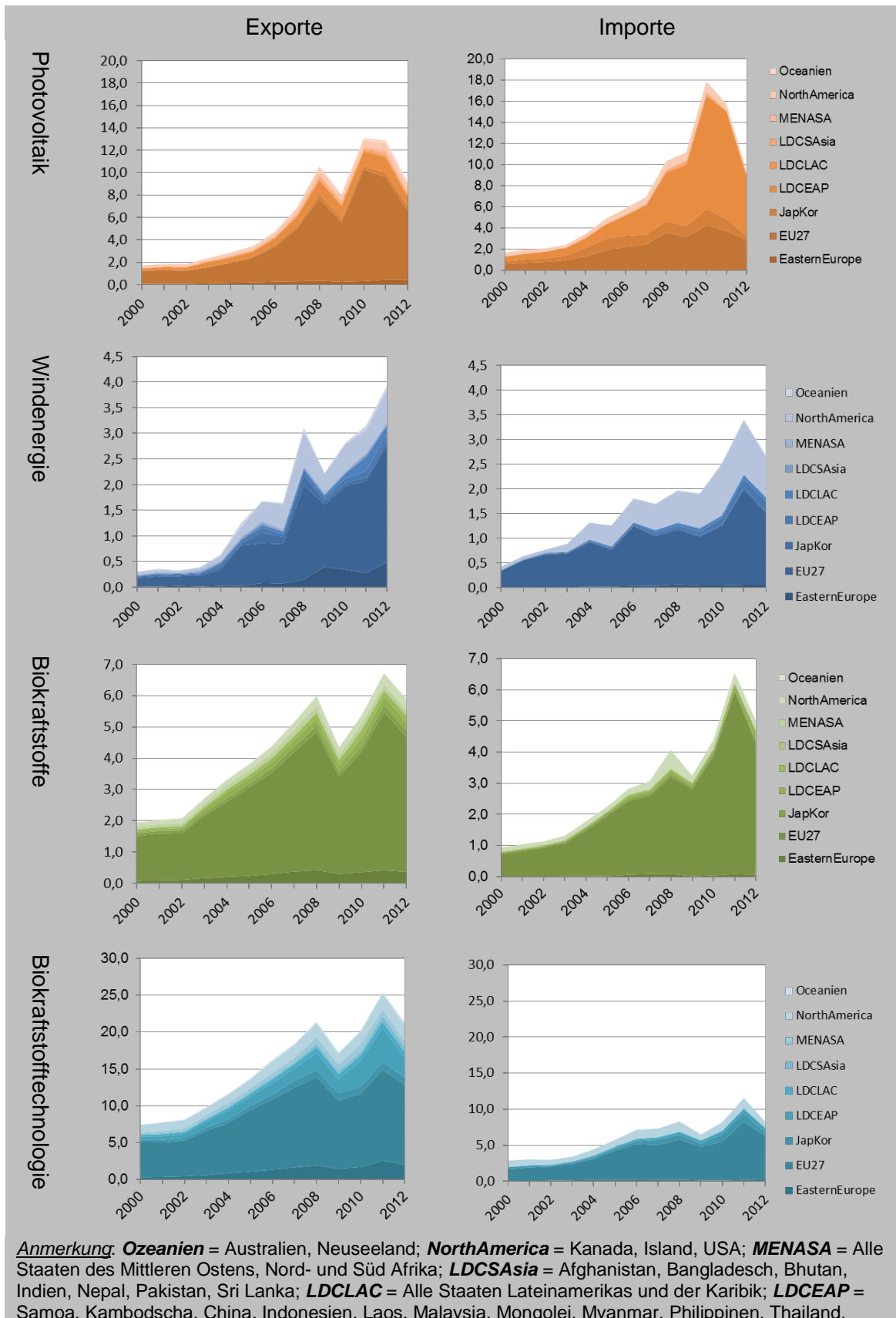
		PV			Wind			Biokraftstoffe			Technologie für Biokraftstoffe		
i		2000	2005	2011	2000	2005	2011	2000	2005	2011	2000	2005	2011
Index Export Entwicklung (2000=100)													
OECD	Dänemark	100	122	371	100	262	806	100	209	554	100	199	338
	Frankreich	100	165	260	100	122	152	100	160	322	100	155	238
	Deutschland	100	195	704	100	422	962	100	191	327	100	181	336
	Italien	100	168	404	100	162	244	100	171	233	100	150	251
	Japan	100	170	252	100	138	286	100	173	341	100	121	237
	Korea	100	231	1509	100	208	518	100	253	591	100	195	518
	Niederlande	100	126	562	100	135	234	100	203	522	100	185	764
	Spanien	100	416	1535	100	238	1247	100	193	465	100	157	277
	Großbritannien	100	103	137	100	129	146	100	153	152	100	139	184
	USA	100	104	187	100	207	516	100	140	344	100	100	170
nicht-OECD	Brasilien	100	169	526	100	184	675	100	951	1900	100	255	704
	China	100	391	2401	100	470	1445	100	344	1460	100	395	2128
	Indien	100	792	2642	100	237	690	100	386	2059	100	427	1197
	Welt insgesamt ¹	100	167	524	100	209	508	100	188	424	100	145	308
Index Import Entwicklung (2000=100)													
OECD	Dänemark	100	127	314	100	284	433	100	200	286	100	183	252
	Frankreich	100	114	523	100	114	169	100	157	362	100	120	231
	Deutschland	100	279	915	100	267	764	100	246	657	100	197	387
	Italien	100	167	1903	100	164	460	100	161	358	100	141	274
	Japan	100	135	226	100	182	425	100	139	318	100	150	303
	Korea	100	277	637	100	184	305	100	190	348	100	149	384
	Niederlande	100	155	518	100	207	817	100	223	651	100	166	444
	Spanien	100	252	794	100	164	221	100	209	655	100	212	328
	Großbritannien	100	81	220	100	252	724	100	161	274	100	144	202
	USA	100	98	225	100	173	534	100	198	339	100	101	238
nicht-OECD	Brasilien	100	112	326	100	50	785	100	191	518	100	114	306
	China	100	421	1654	100	332	314	100	371	1111	100	264	741
	Indien	100	491	3719	100	256	718	100	456	1585	100	400	1611
	Welt insgesamt ¹	100	161	497	100	205	485	100	199	450	100	156	333
Globaler Exportanteil (in Prozent)													
OECD	Dänemark	1,0	0,7	0,7	9,4	11,8	14,9	0,5	0,6	0,7	0,6	0,9	0,7
	Frankreich	2,8	2,8	1,4	4,9	2,8	1,5	5,7	4,8	4,3	4,1	4,4	3,2
	Deutschland	8,5	9,9	11,5	6,9	14,0	13,1	14,8	15,0	11,4	12,8	16,1	14,0

		PV			Wind			Biokraftstoffe			Technologie für Biokraftstoffe		
i		2000	2005	2011	2000	2005	2011	2000	2005	2011	2000	2005	2011
	Italien	1,7	1,7	1,3	14,2	11,0	6,8	3,1	2,8	1,7	6,4	6,7	5,2
	Japan	15,2	15,5	7,3	5,3	3,5	3,0	10,2	9,3	8,2	22,0	18,4	16,9
	Korea	1,4	1,9	4,0	0,8	0,8	0,8	1,3	1,7	1,8	2,8	3,7	4,6
	Niederlande	3,2	2,4	3,4	3,4	2,2	1,6	7,7	8,3	9,5	2,8	3,6	7,0
	Spanien	0,5	1,2	1,4	3,1	3,5	7,6	1,4	1,4	1,5	1,0	1,1	0,9
	Großbritannien	5,2	3,2	1,4	5,2	3,2	1,5	5,7	4,6	2,0	4,2	4,1	2,5
	USA	15,6	9,7	5,6	13,6	13,4	13,8	10,3	7,7	8,4	21,2	14,6	11,6
nicht-OECD	Brasilien	0,1	0,1	0,1	0,4	0,3	0,5	0,6	2,9	2,6	0,2	0,4	0,5
	China	8,1	19,0	37,2	2,5	5,6	7,1	1,4	2,5	4,8	1,0	2,6	6,6
	Indien	0,1	0,7	0,7	1,0	1,2	1,4	0,1	0,2	0,4	0,2	0,5	0,7
Globaler Importanteil (in Prozent)													
OECD	Dänemark	0,5	0,4	0,3	0,7	0,9	0,6	0,8	0,8	0,5	0,6	0,7	0,4
	Frankreich	3,9	2,7	4,1	5,1	2,8	1,8	5,2	4,1	4,2	4,3	3,3	3,0
	Deutschland	7,4	12,7	13,5	7,9	10,3	12,4	7,2	8,9	10,5	5,8	7,4	6,8
	Italien	2,3	2,4	8,8	2,2	1,8	2,1	6,3	5,1	5,0	3,4	3,1	2,8
	Japan	7,8	6,5	3,5	1,9	1,7	1,6	7,7	5,4	5,4	3,9	3,8	3,6
	Korea	2,6	4,4	3,3	2,7	2,4	1,7	6,6	6,3	5,1	7,2	6,9	8,3
	Niederlande	3,1	3,0	3,2	1,6	1,6	2,6	4,8	5,3	6,9	2,0	2,1	2,6
	Spanien	1,0	1,5	1,5	2,5	2,0	1,1	2,9	3,0	4,2	2,1	2,9	2,1
	Großbritannien	5,6	2,8	2,5	3,8	4,6	5,6	5,3	4,3	3,3	4,7	4,4	2,9
	USA	26,9	16,4	12,2	13,0	10,9	14,3	10,1	10,1	7,7	12,4	8,0	8,8
nicht-OECD	Brasilien	1,1	0,8	0,7	1,2	0,3	2,0	1,0	1,0	1,2	1,3	1,0	1,2
	China	3,7	9,7	12,4	4,8	7,7	3,1	5,4	10,0	13,3	8,1	13,7	18,1
	Indien	0,2	0,7	1,8	0,9	1,1	1,3	0,3	0,8	1,2	0,4	1,0	1,9

¹ Aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden in verschiedenen Ländern kann eine Übereinstimmung von globalen Exporten und globalen Importen nur bedingt gewährleistet werden. Im Datenbestand der UN Comtrade sind Exporte eher untergewichtet.

Quellen: UN Comtrade; Berechnungen des DIW Berlin.

Abbildung 4-1: Exporte und Importe Deutschlands nach Regionen in Mrd. USD (nominal)



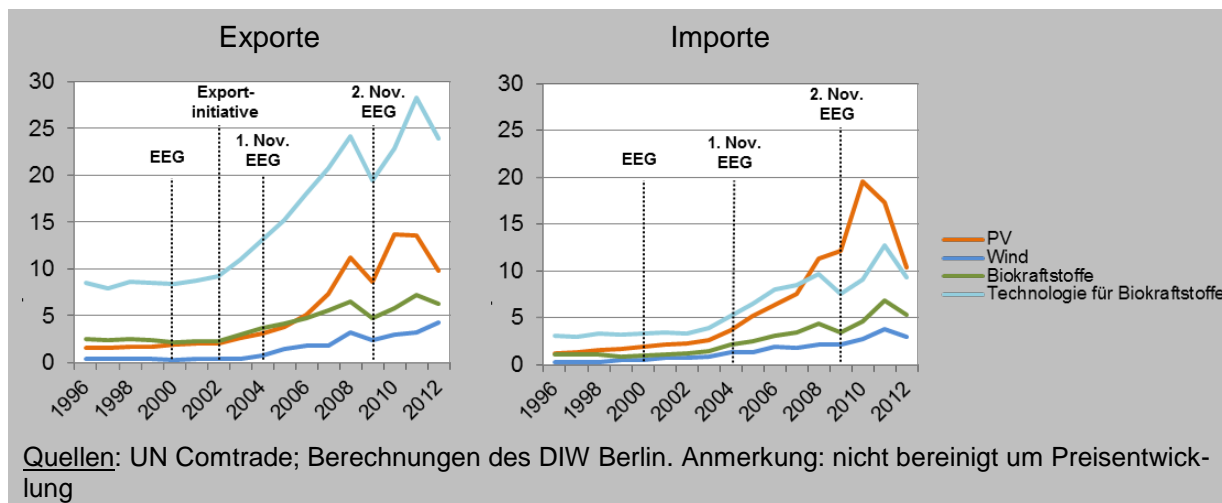
Vietnam; **EasternEurope** = Albanien, Armenien, Azerbaijan, Weißrussland, Bosnien, Georgien, Kasachstan, Kirgisistan, Mazedonien, Russland, Tajikistan, Türkei, Turkmenistan; **EU27** = ohne Deutschland; *Quellen: UN Comtrade; Berechnungen des DIW Berlin.*

Dabei sind die EU- und OECD-Staaten vor allem Absatzmärkte für deutsche Exporte. Gleichzeitig kamen aus diesen Staaten bis 2005 auch die meisten Importe. Seit 2005 hat der Importanteil aus China jedoch stark zugenommen, sodass China der bedeutendste Ursprungsmarkt von Technologiekomponenten für Photovoltaikanlagen in Deutschland geworden ist (Abbildung 4-1). Der chinesische Anteil am deutschen Import stieg von rund 18 Prozent im Jahr 2005 auf 49 Prozent im Jahr 2011 (Anhang Tabelle 6 und 7). Im Bereich der Windtechnologie wurden deutsche Exporte vorrangig in andere EU-Staaten und die USA geliefert, aber die Bedeutung von Schwellenländern wie Brasilien und China als Abnehmer hat zugenommen. Die bedeutendsten Lieferanten von Technologiegütern für Windenergie nach Deutschland in diesem Zeitraum waren Dänemark und die USA, die im Jahr 2011 zusammen über die Hälfte der Komponenten lieferten. Im Handel mit Biokraftstoffen sind die wichtigsten Handelspartner Deutschlands andere EU-Staaten, wobei der Handel mit anderen Weltregionen nur marginal ausgeprägt ist. Beim Export von Technologiegütern zur Herstellung von Biokraftstoffen haben deutsche Unternehmen in den letzten Jahren zunehmend neue Absatzmärkte, beispielsweise in China und Osteuropa, geöffnet. Dennoch sind die wesentlichen Abnehmer deutscher Güter in diesem Bereich die OECD-Staaten, die auch die wichtigsten Lieferanten entsprechender Komponenten sind.

Insgesamt gehört Deutschland zu den größten Exporteuren und Importeuren dieser Waren. Die Betrachtung der Handelsentwicklung seit 1996¹⁵ legt die Vermutung nahe, dass die Förderung durch das EEG sowie die Exportinitiative der Bundesregierung positive Auswirkungen sowohl auf die Exporte als auch auf die Importe der betrachteten Technologiegüter (Abbildung 4-2) hatten. Dennoch bedarf es hier für eine endgültige Schlussfolgerung zur Wirkung dieser Instrumente weiterer, empirischer Untersuchungen. Die Handelsentwicklung macht darüber hinaus deutlich, dass sich die Handelsbilanz im Bereich Photovoltaik seit 2000 deutlich umgekehrt hat und Deutschland zum Nettoimporteureur geworden ist. Ein anderes Bild ergibt sich in den Bereichen Windenergie, Biokraftstoffen und Technologiegüter zur Herstellung von Biokraftstoffen. Beim Handel mit Windenergietechnologien blieb die Handelsbilanz ungefähr ausgeglichen und bei den Biokraftstoffen leicht positiv. Da die Exporte der Technologiegüter zur Herstellung von Biokraftstoffen stärker anstiegen als die entsprechenden Importe wurde in diesem Bereich eine bereits positive Handelsbilanz weiter verbessert. Eine Ursache dafür ist u.a., dass in diesem Bereich neue Märkte erschlossen wurden.

15 Für einen früheren Zeitraum liegen wie ausgeführt keine Daten vor.

Abbildung 4-2: Exporte und Importe Deutschlands in Mrd. USD (nominal)



4.2 Exportspezialisierung und komparative Wettbewerbsposition

In der Regel werden hohe Ausfuhren bzw. Einfuhren bestimmter Waren als Indikator für einen Wettbewerbsvorteil bzw. -nachteil betrachtet. Außerdem werden regelmäßig verschiedene handelsbasierte Indikatoren herangezogen, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit bestimmter Sektoren in einem Land zu beschreiben und im internationalen Kontext zu vergleichen (Anhang Tabelle 8).

Der Anteil der hier betrachteten Technologiekomponenten an den Gesamtexporten Deutschlands von Industriegütern ist von 2,6 Prozent im Jahr 2000 auf fast 4 Prozent im Jahr 2011 gestiegen (Tabelle 4-2). Darüber hinaus zeigen die Indikatoren der relativen Welthandelsanteile (RWA) eine zunehmende Exportspezialisierung Deutschlands in den einzelnen Technologiesegmenten. Der Anteil dieser Warengruppen an den Gesamtausfuhren in Deutschland ist generell größer als der globale Durchschnitt und nimmt bei Photovoltaik und Wind auch weiterhin zu (Tabelle 5-1). Der RWA für Photovoltaik ist im Vergleich zu anderen OECD-Ländern relativ stark ausgeprägt. Gleichzeitig hat sich der RWA für einige Schwellenländer, insbesondere für China, stark erhöht womit diese eine zunehmende Exportspezialisierung in diesem Bereich entwickelt haben. Im Handel mit Technologiegütern für Windenergie ist dies jedoch nicht der Fall. Hier haben vor allem OECD-Staaten große relative Welthandelsanteile – insbesondere Dänemark. Eine hohe relative Bedeutung der Ausfuhren von Biokraftstoffen haben neben Brasilien und Malaysia u.a. auch Deutschland, die Niederlande und Frankreich. Bei den Technologiegütern zur Herstellung von Biokraftstoffen hingegen hat keines der Schwellenländer eine Exportspezialisierung ausbilden können. Die OECD-Staaten, mit Ausnahme von Spanien und Großbritannien, haben Exportspezialisierungen in diesem Bereich.

Die Betrachtung der relativen Außenhandelsposition (RAP) zeigt, dass es Herstellern in Deutschland in den Bereichen Photovoltaik und Windenergie bisher nicht gelingt, stärker auf ausländische Märkte vorzudringen, als dies ausländischen Konkurrenten in Deutschland möglich ist. Wie bereits zuvor deutlich gemacht, wird vor allem im Handel mit Photovoltaikkomponenten deutlich mehr importiert als exportiert. Diese Entwicklung kann dadurch begründet werden, dass der deutsche Markt aufgrund der Vorreiterrolle Deutschlands beim Ausbau erneuerbarer Energien überproportional gewachsen ist,¹⁶ und daher ein besonders attraktiver Absatzmarkt auch für ausländische Konkurrenten. Von diesem attraktiven Absatzmarkt profitieren Länder wie Dänemark und China. Dänischen Produzenten ist es gelungen beim Handel mit Technologiekomponenten für Windenergie eine positive relative Außenhandelsposition zu entwickeln und chinesische Technologieproduzenten haben eine positive relative Außenhandelsposition im Handel mit Photovoltaikkomponenten entwickelt. Ein anderes Bild ergibt bei den Technologiekomponenten zur Herstellung von Biokraftstoffen. Hier gelang es der deutschen Branche, die relative Außenhandelsposition konstant positiv zu halten. Es wird mehr exportiert als importiert.

Tabelle 4-2: **Anteile der technologiespezifischen Exporte und Importen am gesamtdeutschen Außenhandel**

	PV	Wind	Biokraft- stoffe	Biokraftstoff- technologie	Summe
Anteil an Exporten in Prozent					
2000	0,4	0,1	0,4	1,7	2,6
2005	0,4	0,2	0,5	1,7	2,8
2011	1,0	0,3	0,5	2,1	3,9
Anteil an Importen in Prozent					
2000	0,4	0,1	0,2	0,7	1,4
2005	0,6	0,2	0,3	0,7	1,8
2011	1,3	0,3	0,5	1,0	3,1

Quelle: Berechnungen des DIW Berlin

Die mit dem RWA aufgezeigte Exportspezialisierung dieser Branchen in Deutschland zeigt zwar eine positive Entwicklung, trotzdem lässt sich daraus nicht ohne Weiteres ein komparativer Vorteil im Außenhandel ableiten. Betrachtet man die Ausfuhr-Einfuhr-Relation der Technologiekomponenten für Anlagen zur Nutzung erneuerbaren Energien im Verhältnis zur gesamten Ausfuhr-Einfuhr-Relation Deutschlands (das heißt den RCA-Indikator), lässt sich in den Bereichen Photovoltaik, Windenergie und Biokraftstoffe ein zunehmender leichter komparativer Nachteil beobachten. Das heißt, dass es der

16 Vgl. REN21: Renewables 2011 Global Status Report. Paris 2011.

deutschen Industrie weniger gelingt, sich auf dem Inlandsmarkt gegen ausländische Konkurrenz durchzusetzen als dies im Durchschnitt aller Industriegüter der Fall ist. Komparative Vorteile hingegen haben Hersteller für Windenergiekomponenten aus Dänemark und Photovoltaikproduzenten in China und Spanien. Im Bereich der Technologiesgüter zur Herstellung von Biokraftstoffen zeigt sich neben komparativen Vorteilen für Produzenten aus den USA, Japan und den Niederlanden jedoch auch ein konstanter komparativer Vorteil für deutsche Technologieproduzenten.

5 Fazit

Die vorgelegte Analyse stellt die Entwicklung des technologischen Wandels Deutschlands im Bereich erneuerbarer Energien seit 1990 im internationalen Vergleich anhand verschiedener Indikatoren dar. Während eine Analyse der FuE-Ausgaben die Anstrengungen im Hinblick auf Investitionen in den Innovationsprozess abbildet (Innovative-Input), stellen die Betrachtungen der Patentanmeldungen und des Außenhandels Indikatoren über die Erfolge dieser Politik dar (Innovative-Output).

Insgesamt zeigt die Analyse, dass Deutschland im internationalen Vergleich zu den führenden Ländern beim technologischen Wandel im Bereich erneuerbare Energien gehört.

Im Vergleich zu anderen Ländern legt Deutschland einen deutlichen Forschungsschwerpunkt auf erneuerbare Energien und reiht sich hinsichtlich der Höhe der Ausgaben als auch der Forschungsintensität in den Bereichen Photovoltaik und Windenergie in die Spitzengruppe ein. Lediglich bei der Höhe und Forschungsintensität im Bereich Biokraftstoffe und beim Ausgabenzuwachs liegt es in allen drei untersuchten Technologiebereichen im Mittelfeld.

Tabelle 5-1: Außenhandelsbezogene branchenspezifische Indikatoren der Wettbewerbsfähigkeit ausgewählter Länder nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer Energien

	PV			Wind			Biotkraftstoffe			Technologie für Biotkraftstoffe		
	2000	2005	2011	2000	2005	2011	2000	2005	2011	2000	2005	2011
Relativer Welthandelsanteil (RWA)¹												
OECD												
Dänemark	1,4	1,0	1,2	13,3	15,9	26,3	0,7	0,8	1,2	0,9	1,2	1,2
Frankreich	0,6	0,6	0,4	1,0	0,7	0,4	1,2	1,1	1,3	0,9	1,0	1,0
Deutschland	0,9	1,0	1,3	0,8	1,4	1,5	1,6	1,5	1,3	1,4	1,6	1,6
Italien	0,4	0,4	0,4	3,4	2,9	2,2	0,7	0,7	0,5	1,6	1,8	1,7
Japan	1,8	2,4	1,4	0,6	0,5	0,6	1,2	1,5	1,6	2,6	2,9	3,2
Korea	0,4	0,6	1,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,5	0,9	1,2	1,3
Niederlande	1,2	0,9	1,2	1,2	0,8	0,5	2,8	3,0	3,3	1,0	1,3	2,4
Spanien	0,3	0,6	0,8	1,7	1,9	4,6	0,8	0,8	0,9	0,6	0,6	0,5
Großbritannien	1,1	0,8	0,5	1,1	0,8	0,5	1,2	1,2	0,7	0,9	1,0	0,9
USA	1,2	1,1	0,7	1,1	1,5	1,8	0,8	0,9	1,1	1,6	1,6	1,5
non-OECD												
Brasilien	0,1	0,1	0,1	0,5	0,3	0,4	0,8	3,1	2,3	0,3	0,4	0,5
China	1,8	2,3	3,0	0,6	0,7	0,6	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,5
Indien	0,2	0,7	0,4	1,5	1,1	0,8	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,4
Relative Außenhandelsposition (RAP)²												
OECD												
Dänemark	0,3	0,3	0,4	0,8	0,8	0,9	-0,2	-0,2	0,2	0,1	0,2	0,3
Frankreich	-0,2	0,0	-0,5	-0,1	-0,1	-0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1
Deutschland	0,0	-0,2	-0,1	-0,2	0,0	-0,1	0,4	0,2	0,0	0,4	0,4	0,4
Italien	-0,2	-0,2	-0,8	0,7	0,7	0,4	-0,3	-0,3	-0,5	0,4	0,4	0,3
Japan	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,7	0,7	0,7
Korea	-0,4	-0,4	0,1	-0,6	-0,6	-0,4	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2
Niederlande	-0,1	-0,2	0,0	0,3	0,0	-0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,5
Spanien	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	0,2	0,7	-0,3	-0,4	-0,5	-0,3	-0,4	-0,4
Großbritannien	-0,1	0,0	-0,3	0,0	-0,3	-0,6	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,0	0,0
USA	-0,3	-0,3	-0,4	-0,1	0,0	-0,1	0,0	-0,2	0,0	0,3	0,3	0,2
non-OECD												
Brasilien	-0,8	-0,8	-0,8	-0,6	-0,1	-0,7	-0,3	0,5	0,4	-0,7	-0,4	-0,4
China	0,3	0,3	0,5	-0,4	-0,3	0,3	-0,6	-0,6	-0,5	-0,8	-0,7	-0,4
Indien	-0,3	-0,1	-0,5	-0,1	-0,1	-0,1	-0,6	-0,7	-0,5	-0,3	-0,3	-0,4
Relative Comparative Advantage (RCA)³												
OECD												
Dänemark	1,9	1,7	2,1	11,5	10,2	20,2	0,7	0,7	1,3	1,3	1,4	1,7
Frankreich	0,7	1,1	0,4	0,8	0,9	0,9	1,2	1,3	1,3	1,2	1,7	1,5
Deutschland	0,9	0,6	0,7	0,6	0,8	0,7	1,8	1,3	0,9	2,1	1,8	1,8
Italien	0,6	0,6	0,1	4,6	4,8	2,8	0,5	0,5	0,4	2,1	2,3	2,1
Japan	1,3	1,8	1,9	1,6	1,4	1,5	1,0	1,4	1,5	4,8	4,3	5,1
Korea	0,4	0,4	1,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5
Niederlande	1,0	0,7	1,0	1,8	1,1	0,5	1,8	1,5	1,3	1,8	1,8	2,8
Spanien	0,6	1,2	1,1	1,4	2,3	7,2	0,7	0,8	0,5	0,8	0,7	0,6
Großbritannien	1,0	1,3	0,7	1,2	0,7	0,3	1,3	1,3	0,8	1,2	1,3	1,3
USA	0,9	1,1	0,8	1,4	2,0	1,4	1,8	1,5	1,9	3,4	4,0	2,6
non-OECD												
Brasilien	0,1	0,1	0,2	0,3	0,7	0,3	0,7	2,4	2,6	0,3	0,4	0,6
China	1,7	1,5	2,4	0,4	0,5	1,6	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
Indien	0,7	1,3	0,6	1,2	1,2	1,4	0,3	0,3	0,5	0,7	0,9	0,7

1 Ein RWA-Wert > 1 zeigt an, dass die Ausfuhren des Landes bei der betrachteten Warengruppe einen größeren Anteil an den gesamten Ausfuhren des Landes haben als im globalen Durchschnitt.

2 Ein RAP-Wert > 0 zeigt an, dass es heimischen Industriezweigen besser gelingt auf Auslandsmärkten vorzudringen als ausländischen Konkurrenten im Inland.

3 Ein RCA-Wert > 1 deutet auf einen komparativen Vorteil bei der betreffenden Warengruppe in einem Land hin.

Quellen: UN Comtrade; Berechnungen des DIW Berlin.

Gleichzeitig zeigt sich, dass die Investitionen in FuE und Wissen auch durch Erfolge begleitet werden. Deutschland gehört bereits seit 1990 zu den größten Exporteuren

von Technologiegütern zur Nutzung erneuerbarer Energien. Diese Position wurde relativ zu anderen OECD Staaten bis 2011 weiter ausgebaut. Dabei erfuhren alle untersuchten Technologiebereiche ein starkes Ausfuhrwachstum, wobei dies in den Bereichen Photovoltaik und Windenergie stärker ausgeprägt war als bei Biokraftstoffen und entsprechenden Technologiegütern. Insgesamt ist daher eine zunehmende Außenhandelsspezialisierung Deutschlands auf den Handel mit erneuerbaren Energietechnologiekomponenten zu beobachten. Deutschlands Ausfuhren in diesem Bereich sind größer als im globalen Durchschnitt. Insgesamt liegt es nahe, dass die Förderung des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland wesentlich zu diesen Erfolgen beigetragen hat. Dennoch ist festzuhalten, dass es deutschen Produzenten von Photovoltaik- und Windenergiekomponenten nicht gelingt, stärker auf ausländische Märkte vorzudringen als dies ausländischen Konkurrenten im Deutschland möglich ist. Die Ursache hierfür ist, dass die Importe in diesen Bereichen in den letzten Jahren stärker stiegen als die Exporte. Darüber hinaus hat die Analyse aufgezeigt, dass sich aus der Exportspezialisierung nicht unbedingt ein komparativer Vorteil ableiten lässt. In den Bereichen Photovoltaik, Windenergie und Biokraftstoffe ist ein leichter komparativer Nachteil zu beobachten, womit es der deutschen Industrie weniger gelingt, sich auf dem Inlandsmarkt gegen ausländische Konkurrenz durchzusetzen als dies im Durchschnitt aller Industriegüter der Fall ist. Lediglich beim Handel mit Technologiegütern zur Bereitstellung von Biokraftstoffen ist ein komparativer Vorteil zu erkennen.

Die Betrachtung der Innovationsindikatoren auf Basis von Patentanmeldungen unterstreicht die gute Position Deutschlands beim technologischen Wandel im Bereich erneuerbarer Energien. Im Hinblick auf die Anzahl der jährlichen Patentanmeldungen und deren Dynamik war Deutschland im Zeitraum von 1990 bis 2008 das innovativste Land in den Bereichen Photovoltaik und Windenergie. Lediglich bei der Biokraftstofftechnologie ist im internationalen Vergleich Deutschland weniger innovationsstark. Dieses Bild bestätigt sich auch bei der Analyse der Patentspezialisierung, d.h. des Anteils der erneuerbaren Energiepatente an den Gesamtpatenten, und vor allem bei einem Blick auf die Forschungsintensität gemessen als erneuerbare Energiepatente pro Einwohner. Auch hier liegt der Schluss nahe, dass die Ausbauförderung durch das EEG ein wichtiger Treiber der Patentanmeldungen – Förderer der Innovationskraft - ist.

Zusammenfassend kann damit festgehalten werden, dass Deutschland beim internationalen Vergleich des technologischen Wandels – gemessen an den ausgewählten Indikatoren - im Bereich erneuerbare Energien insgesamt gut abschneidet.

Ein kausaler Zusammenhang zwischen der Forschungsförderung sowie der Marktförderung EE bzw. zwischen Ausbau EE und den innovativen Outputs Deutschlands kann im Rahmen dieser deskriptiven Analyse nicht aufgezeigt werden. Es lassen sich jedoch anhand dieser Analyse einige Handlungsbereiche identifizieren, um die internationale

Position in Zukunft auszubauen. So kann unter anderem ein stärkerer Fokus auf FuE im Bereich erneuerbarer Energie gelegt werden, um beispielsweise im Bereich der Windenergie mit Dänemark konkurrenzfähig zu bleiben. Darüber hinaus stehen die Hersteller vor der Herausforderung zunehmend auch Absatzmärkte außerhalb der OECD-Länder zu erschließen.

6 Literatur

- DECHEZLEPRETRE, A., GLACHANT, M., HASCIC, I., JOHNSTONE, N. & MENIERE, Y. 2011, Invention and Transfer of Climate Change-Mitigation Technologies: A Global Analysis, *Review of Environmental Economics and Policy* 5(1): 109-130.
- DECHEZLEPRÊTRE, A., GLACHANT, M. & MÉNIÈRE, Y. 2010, What Drives the International Transfer of Climate Change Mitigation Technologies? Empirical Evidence from Patent Data, *Fondazione Eni Enrico Mattei Working Papers No. 2010-12*.
- EPO 2010, World Patent Statistical Database (PATSTAT), European Patent Office, Munich.
- GRILICHES, Z. 1990, Patents as Economic Indicators: A Survey, *Journal of Economic Literature* 28(4): 1661-1707.
- IEA, 2013, *RD&D Budget*, IEA Energy Technology R&D Statistics (database), Paris.
- IEA, 2011, *IEA Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics*, Paris.
- JAFFE, A. B. 1986, Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms Patents, Profits, and Market Value, *American Economic Review* 76(5): 984 - 1001.
- JOHNSTONE, N., HASCIC, I. & POPP, D. 2010, Renewable energy policies and technological innovation: Evidence based on patent counts, *Environmental and Resource Economics* 45(1): 133-155.
- MOED, H. F., GLÄNZEL, W., SCHMOCH, U. (eds.) 2004, *Handbook of Quantitative Science and Technology Research: The Use of Publications and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*, Kluwer, Academic Publisher, Dordrecht.
- OECD & EUROSTAT 1999, *The Environmental Goods and Service Industry - Manual for Data Collection and Analysis*, Paris.
- REN21 2011, *Renewables 2011: Global Status Report*, Secretariat Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Paris.
- REN21 2012, *Renewables 2012: Global Status Report*, Secretariat Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Paris.
- STEENBLIK, R. 2005a, Environmental Goods: A Comparison of the APEC and the OECD list, *OECD Trade and Environment Working Paper No. 2005-04*.

STEENBLIK, R. 2005b, Liberalisation of Trade in Renewable-Energy Products and Associated Technologies: Charcoal, Photovoltaic Systems, and Wind Pumps and Turbines, *OECD Trade and Environment Working Paper No. 2005-07*.

STEENBLIK, R. 2006, Liberalisation of Trade in Renewable Energy and Associated Technologies: Biodiesel, Solar Thermal and Geothermal Energy, *OECD Trade and Environment Working Papers No. 2006-01*.

WIND, I. 2008, *HS Codes and the Renewable Energy Sector*, ICTSD Programme on Trade and Environment, Geneva.

UNCTAD, WTO, UNSD, World Bank, 2011, WITS World Integrated Trade Solution – User's Manual, Genf.

7 Anhang

7.1 Anhang Forschungs- und Entwicklungsausgaben

Anhang Tabelle 1: Betrachtete staatliche FuE-Ausgaben nach OECD/IEA-Klassifizierung

ID Nummer	Technologiebeschreibung	Berücksichtigt	Berücksichtigung der Untergruppen
1	GROUP 1: ENERGY EFFICIENCY		
2	GROUP 2: FOSSIL FUELS		
3	GROUP 3: RENEWABLE ENERGY SOURCES	ja	
31	Solar energy		
311	Solar heating and cooling		
312	Photovoltaics	ja	
313	Solar thermal power and high-temp. applications		
319	Unallocated solar energy		
32	Wind energy	ja	↘
321	Onshore wind technologies		ja
322	Offshore wind techs (excl. low wind speed)		ja
323	Wind energy systems and other technologies		ja
329	Unallocated wind energy		ja
33	Ocean energy		ja
34	Biofuels (incl. liquids, solids and biogases)	ja	↘
341	Production of liquid biofuels		ja
3411	Gasoline substitutes (incl. ethanol)		ja
3412	Diesel, kerosene and jet fuel substitutes		ja
3413	Algal biofuels		ja
3414	Other liquid fuel substitutes		ja
3419	Unallocated production of liquid biofuels		ja
342	Production of solid biofuels		ja
343	Production of biogases		ja
3431	Thermochemical		ja
3432	Biochemical (incl. anaerobic digestion)		ja
3433	Other biogases		ja
3439	Unallocated production of biogases		ja
344	Applications for heat and electricity		ja
345	Other biofuels		ja
349	Unallocated biofuels		ja
35	Geothermal energy		
36	Hydroelectricity		
37	Other renewable energy sources		
39	Unallocated renewable energy sources		
4	GROUP 4: NUCLEAR		
5	GROUP 5: HYDROGEN AND FUEL CELLS		
6	GROUP 6: OTHER POWER AND STORAGE TECHNOLOGIES		
7	GROUP 7: OTHER CROSS-CUTTING TECHS/RESEARCH		
	TOTAL BUDGET		

Quelle: IEA (2013) Energy Technology R&D Statistics/RDD Budget und IEA (2011) Guide to Reporting Energy RD&D Budget/Expenditure Statistics, 2011 edition.

7.2 Anhang Patentanalyse

Anhang Tabelle 2: Internationale Patent Klassifizierung (IPC) für Photovoltaik, Wind, Biokraftstoffe und Biokraftstofftechnologie

IPC Code	Description
Photovoltaic (PV)	
H01L 27/142, 31/00-31/078 H01G 9/20 H02N 6/00	Devices adapted for the conversion of radiation energy into electrical energy
H01L 27/30, 51/42-51/48	Using organic materials as the active part
H01L 25/00, 25/03, 25/16, 25/18, 31/042	Assemblies of a plurality of solar cells
C01B 33/02, C23C 14/14, 16/24, C30B 29/06	Silicon; single-crystal growth
G05F 1/67	Regulating to the maximum power available from solar cells
F21L 4/00 F21S 9/03	Electric lighting devices with, or rechargeable with, solar cells
H02J 7/35	Charging batteries
H01G 9/20 H01M 14/00	Dye-sensitised solar cells (DSSC)
Wind Energy	
F03D	Wind energy
H02K 7/18	Structural association of electric generator with mechanical driving motor
B63B 35/00 E04H 12/00 F03D 11/04	Structural aspects of wind turbines
B60K 16/00	Propulsion of vehicles using wind power
B60L 8/00	Electric propulsion of vehicles using wind power
B63H 13/00	Propulsion of marine vessels by wind-powered motors
Biofuels	
C10L 5/00, 5/40-5/48	Biofuels from solid fuels
C10B 53/02 C10L 5/40, 9/00	Biofuels from torrefaction of biomass
C10L 1/00, 1/02, 1/14	Liquid biofuels
C10L 1/02, 1/19	Biofuels from vegetable oils
C07C 67/00, 69/00 C10L 1/02, 1/19	Biodiesel
C11C 3/10 C12P 7/64	
C10L 1/02, 1/182 C12N 9/24	Bioethanol
C12P 7/06-7/14	
C02F 3/28, 11/04 C10L 3/00 C12M 1/107 C12P 5/02	Biogas
C12N 1/13-21, 5/10, 15/00	Biofuels from genetically engineered organisms

Quelle: WIPO (2012) - IPC Green Inventory (<http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/est/>)

Anhang Tabelle 3: Anteile ausgewählter Länder an technologiespezifischen Patentanmeldungen in USPTO, EPO und nationalen EU27 Patentämtern

	China	Deutschland	Japan	USA	EU27	EU27 (ohne Deutschland)
Anteil an Gesamtpatentanmeldungen aller Staaten						
1990	0,0%	17,8%	12,0%	32,5%	31,3%	13,5%
1995	0,0%	20,8%	13,0%	34,7%	37,0%	16,3%
2000	0,2%	20,7%	11,6%	36,3%	37,9%	17,2%
2005	0,8%	14,6%	12,3%	39,4%	29,2%	14,6%
2008	1,3%	17,2%	10,3%	38,1%	33,2%	16,0%
Anteil an Patentanmeldungen aller Staaten für Windenergie						
1990	0,0%	26,9%	3,6%	13,8%	43,7%	16,80%
1995	0,0%	30,8%	3,1%	18,8%	61,2%	30,42%
2000	0,1%	34,6%	7,0%	17,0%	60,5%	25,85%
2005	0,9%	23,8%	6,5%	29,1%	49,7%	25,92%
2008	0,7%	28,4%	1,6%	25,9%	60,0%	31,62%
Anteil an Patentanmeldungen aller Staaten für Photovoltaik						
1990	0,0%	20,2%	16,9%	30,3%	29,9%	9,7%
1995	0,0%	31,7%	16,2%	27,7%	43,9%	12,2%
2000	0,2%	28,3%	20,5%	24,2%	44,2%	15,9%
2005	0,9%	14,4%	21,5%	32,0%	28,5%	14,1%
2008	0,9%	22,8%	10,2%	28,8%	42,8%	20,0%
Anteil an Patentanmeldungen aller Staaten für Biokraftstoffe						
1990	0,1%	12,6%	12,4%	38,8%	31,2%	18,6%
1995	0,1%	11,3%	7,3%	50,8%	32,8%	21,5%
2000	0,2%	15,7%	8,2%	46,4%	36,0%	20,3%
2005	0,9%	11,9%	13,7%	40,1%	31,9%	12,0%
2008	0,5%	12,0%	8,4%	47,4%	31,8%	19,8%

7.3 Anhang Außenhandel

Anhang Tabelle 4: Klassifizierung von Technologiegütern für Photovoltaik, Windenergie, Bio-
kraftstoffen und Technologiegütern zur Herstellung von Biokraftstoffen in
der internationalen Handelsstatistik der UNCTAD COMTRADE,
Harmonized Commodity Description and Coding System (HS 1996)

HS Code	Explanation
Photovoltaic (PV) components	
850440	Static converters [Inverters for converting DC power to AC power] - change solar energy into electricity.
850720	Other lead-acid accumulators [solar batteries], i.e batteries for energy storage in off-grid photovoltaic systems.
854140	Photosensitive semiconductor devices, including photovoltaic cells whether or not assembled in modules or made up into panels; light emitting diodes.
Wind energy components	
841280	Other [Steam engines, windmill, without pumps
841290	Parts for Steam engines and windmills.]
841381	Pumps for liquids, whether or not fitted with a measuring device, other pumps
850231	Generating sets, electric, wind-powered
850239	Other generating sets
850240	Electric generating set and rotary converters [set combining an electric generator and either a hydraulic turbine or a sterling engine]
730820	Wind Turbine Towers
Biofuels	
382490	Biodiesel
440110	Fuel Wood
440200	Wood Charcoal
290511	Methanol
220710	undenatured Ethanol
Biomass-Technology components	
732113	Cooking appls. & plate warmers, for solid fuel
732183	Non-elec. dom. appls., & parts thereof , of iron/steel (sim. to but excl. those of 7321.11-7321.13), for solid fuel
840211	Watertube boilers with a steam production >45t per hour (excl. central heating hot water boilers capable also of producing low pressure steam)
840212	Watertube boilers with a steam production not >45 t per hour (excl. central heating hot water boilers capable also of producing low pressure steam)
840219	Vapour generating boilers, incl. hybrid boilers (excl. of 8402.11 & 8402.12; excl. central heating hot water boilers capable also of producing low pressure steam)
840220	Super-heated water boilers
840290	Parts of the boilers of 8402.11-8402.20
840310	Central heating boilers (excl. of 84.02)
840390	Parts of the boilers of 8403.10
840410	Auxiliary plant for use with boilers of 84.02/84.03 (e.g., economisers, super-heaters, soot removers, gas recoverers)
840420	Condensers for steam/oth. vapour power units
840490	Parts of the auxiliary plant of 8404.10 & 8404.20
840681	Steam turbines & oth. vapour turbines (excl. for marine propulsion), of an output >40MW
840682	Steam turbines & oth. vapour turbines (excl. for marine propulsion), of an output not >40MW
840690	Parts of the steam turbines & oth. vapour turbines of 8406.10-8406.82
841620	Furnace burners other than those for liquid fuel, incl. combination burners
841630	Mechanical stokers (incl. their mech. grates), mech. ash dischargers & sim. appls.
841690	Parts of the furnace burners, mech. stokers & mech. ash dischargers & sim. appls. of 8416.10-8416.30
841931	Dryers for agricultural prods., whether or not electrically heated
841932	Dryers for wood, paper pulp, paper/paperboard, whether or not electrically heated
846510	Machines which can carry out diff.types of machining operations without tool change between such operations for working wood/cork/bone/hard rubber/hard plastics/sim.hard mats.

Quellen: Klassifizierung basierend auf OECD, Eurostat (1999) Steenblik (2005, 2006) und Wind (2008)

Anhang Tabelle 5: Exporte und Importe ausgewählter Länder nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer

i	Photovoltaik			Wind			Biokraftstoffe			Technologie für Biokraftstoffe		
	2000	2005	2011	2000	2005	2011	2000	2005	2011	2000	2005	2011
Exporte in Mio. USD ('000)												
OECD												
Dänemark	222	271	822	461	1211	3718	77	161	426	421	837	1424
Frankreich	636	1049	1653	240	293	365	839	1346	2704	2717	4212	6457
Deutschland	1930	3769	13599	341	1437	3278	2192	4178	7168	8419	15254	28259
Italien	379	636	1530	698	1127	1699	458	783	1068	4233	6356	10623
Japan	3440	5861	8672	259	359	743	1509	2606	5144	14483	17514	34255
Korea	315	726	4750	39	81	201	192	484	1133	1816	3551	9414
Niederlande	724	913	4068	168	227	395	1148	2332	5998	1859	3433	14200
Spanien	108	449	1657	152	363	1899	208	403	969	664	1044	1841
Großbritannien	1186	1225	1622	253	327	370	845	1290	1283	2777	3854	5097
USA	3538	3682	6615	669	1383	3455	1527	2138	5258	13896	13877	23582
non-OECD												
Brazilien	24	40	124	18	33	122	86	815	1628	151	384	1063
China	1840	7200	44176	123	579	1780	205	705	2992	624	2467	13289
Indien	33	257	859	51	120	350	12	46	243	119	507	1422
Malaysia	916	1057	3001	36	47	109	211	396	1131	365	676	1574
Südafrika	9	125	178	42	102	142	84	192	218	94	140	283
Imports in Mio. USD ('000)												
OECD												
Dänemark	122	155	383	42	118	180	109	218	312	328	599	826
Frankreich	997	1132	5213	323	370	545	756	1190	2736	2415	2908	5587
Deutschland	1892	5272	17306	500	1338	3822	1039	2556	6832	3309	6529	12810
Italien	588	981	11198	141	230	647	906	1463	3243	1930	2726	5289
Japan	1995	2699	4518	119	217	506	1109	1546	3527	2226	3344	6741
Korea	662	1830	4218	173	319	529	946	1801	3296	4074	6069	15633
Niederlande	801	1242	4147	100	207	814	687	1532	4473	1121	1864	4979
Spanien	246	620	1951	157	258	347	412	860	2700	1198	2533	3922
Großbritannien	1444	1167	3178	240	603	1735	770	1238	2110	2686	3855	5417
USA	6906	6789	15574	827	1428	4410	1465	2898	4972	6999	7095	16663
non-OECD												
Brazilien	289	323	943	78	39	612	151	288	782	738	844	2259
China	957	4025	15832	304	1009	955	775	2877	8616	4608	12176	34164
Indien	61	299	2265	58	148	414	49	223	775	220	879	3539
Malaysia	379	639	1247	45	121	171	117	271	385	1687	1231	2183
Südafrika	99	219	406	26	66	137	70	122	191	199	483	1733

Anhang Tabelle 6: Anteile der Regionen und ausgewählter Länder an den Exporten und Importen Deutschlands nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer Energien 2005 (in Prozent)

		PV		Wind		Biokraftstoffe		Technologie für Biokraftstoffe	
		Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import
Osteuropa		3,8	0,3	1,2	0,3	3,0	0,5	4,5	0,2
	Russland	2,4	0,2	0,9	0,2	2,2	0,3	3,1	2,4
	Ukraine	0,7	0,1	0,1	0,1	0,5	0,2	0,5	0,7
LDCEAP		11,2	24,7	4,1	2,3	4,3	2,1	8,1	2,9
	China	5,4	17,9	2,0	1,8	3,0	0,5	6,1	5,4
	Indonesien	0,2	0,2	0,1	0,0	0,3	0,5	0,3	0,2
	Malaysia	4,4	4,6	1,2	0,2	0,3	1,1	0,6	4,4
LDCLAC		1,3	0,1	0,8	1,4	1,7	0,4	1,7	1,6
	Argentinien	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,2
	Brasilien	0,8	0,1	0,3	1,3	1,1	0,0	1,1	0,8
LDCSAsia		1,2	1,8	2,0	0,3	0,9	0,1	1,5	0,3
	Indien	0,9	1,8	0,9	0,3	0,8	0,1	1,3	0,9
	Pakistan	0,1	0,0	0,9		0,1	0,0	0,1	0,1
MENASA		3,2	0,2	2,0	0,2	2,7	0,8	3,3	0,4
	Israel	0,4	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4	0,4
	Südafrika	1,6	0,0	0,4	0,0	0,8	0,2	0,6	1,6
OECD		75,4	67,5	79,5	94,2	81,4	94,8	73,8	93,4
	Österreich	7,0	5,3	8,6	1,9	5,5	3,5	4,8	7,0
	Dänemark	1,2	2,8	2,0	27,3	2,4	1,4	1,7	1,2
	Frankreich	6,4	3,1	12,4	8,6	8,6	11,0	7,9	6,4
	Italien	8,4	2,3	4,3	5,9	7,8	5,6	5,9	8,4
	Japan	1,6	20,9	2,0	0,8	1,4	1,9	2,0	1,6
	Korea	1,7	0,4	0,7	0,3	1,4	0,2	1,5	1,7
	Niederlande	5,6	2,4	2,9	3,1	13,5	19,3	6,5	5,6
	Portugal	1,3	1,6	4,4	0,3	0,4	0,1	0,7	1,3
	Spanien	5,9	2,3	1,8	0,4	3,6	1,8	3,4	5,9
	Schweiz	5,1	2,2	2,2	5,3	3,4	9,7	3,5	5,1
	Grossbritannien	4,6	5,3	9,2	2,9	6,9	6,3	6,5	4,6
	USA	5,6	8,2	12,8	30,4	4,0	5,3	7,2	5,6
Gesamtergebnis		96,0	94,5	89,6	98,7	94,1	98,8	92,9	98,7

Anhang Tabelle 7: Anteile der Regionen und ausgewählter Länder an den Exporten und Importen Deutschlands nach Komponenten zur potentiellen Nutzung erneuerbarer Energien 2011 (in Prozent)

		PV		Wind		Biokraftstoffe		Technologie für Biokraftstoffe	
		Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import
Osteuropa		2,7	0,0	2,0	0,4	3,6	1,1	6,7	0,4
	Russland	1,6	0,0	1,3	0,2	2,8	0,8	5,4	0,2
	Ukraine	0,8	0,0	0,1	0,2	0,4	0,2	0,5	0,0
LDCEAP		10,2	58,7	3,8	4,4	3,7	2,5	16,4	4,6
	China	7,2	48,5	3,4	1,2	2,7	0,9	14,6	3,0
	Indonesien	0,1	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2	0,4	0,3
	Malaysia	2,2	7,6	0,1	2,5	0,2	1,2	0,7	0,9
LDCLAC		0,9	0,0	7,5	2,1	1,8	0,6	2,1	0,6
	Argentinien	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0
	Brasilien	0,6	0,0	6,3	2,0	1,2	0,0	1,2	0,6
LDCSAsia		2,0	0,5	1,5	0,3	1,2	0,3	2,7	0,4
	Indien	2,0	0,5	1,4	0,3	1,1	0,3	2,4	0,4
	Pakistan	0,0	0,0	0,1		0,0	0,0	0,1	0,0
MENASA		1,7	0,1	1,0	0,2	2,0	0,3	3,1	0,3
	Israel	0,5	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,4	0,1
	Südafrika	0,3	0,0	0,1	0,0	0,6	0,1	0,5	0,1
OECD		79,1	32,9	78,7	86,0	83,3	93,8	61,0	90,8
	Österreich	2,9	1,5	1,5	0,7	4,8	3,1	3,6	4,8
	Dänemark	0,6	1,0	0,6	25,8	1,7	0,4	1,1	0,7
	Frankreich	10,3	1,0	7,7	6,0	8,4	4,6	6,3	4,9
	Italien	19,6	1,2	5,0	2,4	5,5	1,2	3,9	4,4
	Japan	1,4	3,8	1,7	1,0	1,0	1,0	1,2	8,3
	Korea	1,1	2,8	0,4	0,2	1,9	0,1	2,6	0,6
	Niederlande	3,5	2,7	2,0	0,8	12,9	40,9	5,4	19,9
	Portugal	0,8	0,2	0,7	1,6	0,3	0,0	0,4	0,1
	Spanien	3,1	1,0	3,1	1,4	2,7	1,0	2,1	1,0
	Schweiz	2,9	2,1	0,7	4,4	2,4	2,4	2,9	7,3
	Grossbritannien	5,2	2,7	16,9	2,3	5,9	5,5	4,0	4,6
	USA	4,6	3,3	10,1	28,1	3,9	3,8	6,8	10,1
Gesamtergebnis		96,6	92,4	94,5	93,4	95,7	98,7	92,0	97,1

 Anhang Tabelle 8: Außenhandelsbezogene Indikatoren der Wettbewerbsfähigkeit

Relativer Weltmarktanteil (RWA): Der RWA ist ein Indikator für die Spezialisierung eines Sektors, der zeigt, wie stark der Außenhandel eines Landes auf die betrachtete Warengruppe konzentriert ist. Der Indikator betrachtet das Verhältnis des Anteils einer bestimmten Warengruppe an den gesamten Ausfuhren eines Landes relativ zum Anteil der Weltausfuhr in dieser Warengruppe an den gesamten Weltexporten. Ein RWA Wert > 1 zeigt daher an, dass die Ausfuhren des Landes bei der betrachteten Warengruppe einen größeren Anteil an den gesamten Ausfuhren des Landes haben als im globalen Durchschnitt. Dabei wird also nur die relative Bedeutung der Ausfuhren nicht aber die der Einfuhren gemessen.

$$RWA_{ij} = \frac{\frac{X_{ij}}{\sum_j X_{ij}}}{\frac{\sum_i X_{ij}}{\sum_j \sum_i X_{ij}}}$$

Relative Außenhandels Position (RAP): Dieser Indikator zeigt an, in welchem Umfang es bestimmten Industriezweigen gelingt auf Auslandsmärkten stärker vorzudringen als ausländische Konkurrenten im Inland. Dies wird durch das Verhältnis von Außenhandelssaldo zum gesamten Außenhandel mit einer bestimmten Warengruppe innerhalb eines Landes bestimmt. Ein positiver Wert weist daher darauf hin, dass es heimischen Industriezweigen besser gelingt auf Auslandsmärkten vorzudringen als ausländischen Konkurrenten im Inland.

$$RAP_{ij} = \frac{X_{ij} - M_{ij}}{X_{ij} + M_{ij}}$$

Revealed Comparative Advantage (RCA): Ermittelt wird die Export-Import-Relation eines Landes in einer bestimmten Warengruppe im Verhältnis zur gesamten Export-Import Relation dieses Landes. Daher berücksichtigt der Indikator auch, in welchem Umfang es der heimischen Industrie gelingt sich auf dem Inlandmarkt gegen die ausländische Konkurrenz durchzusetzen. Ein RCA Wert > 1 deutet auf einen komparativen Vorteil bei der betreffenden Warengruppe in einem Land hin.

$$RCA_{ij} = \frac{\frac{X_{ij}}{M_{ij}}}{\frac{\sum_j X_{ij}}{\sum_j M_{ij}}}$$

mit: X = Exporte M = Importe

i = Länderindex j = Gütergruppenindex
