

**Die Leistungsfähigkeit des deutschen
Innovationssystems – Eine Bilanz der Patentaktivitäten
nach zehn Jahren Hightech-Strategie**

Stephanie Daimer, Miriam Hufnagl, Rainer Frietsch,
Ralf Lindner, Peter Neuhäusler, Oliver Rothengatter

Dieser Bericht wurde im Auftrag des BMBF erstellt. Die Aufgabenstellung vom BMBF vorgegeben. Das BMBF hat das Ergebnis dieses Berichts nicht beeinflusst; der Auftragnehmer trägt allein die Verantwortung.

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Die Herangehensweise und die Herausforderungen der Bewertung	3
3	Die Erklärungsansätze für die Stagnation der Patente deutscher Erfinder	6
3.1	Struktureller Wandel	6
3.2	Abhängigkeit von der Strategie einzelner Großunternehmen	11
3.3	Veränderung der Nutzung von Patenten	14
3.4	Rückgang der Wettbewerbsfähigkeit	19
4	Zusammenfassende Schlussfolgerungen	23
	Literatur	29

Abbildungen

Abbildung 1:	Entwicklung der FuE-Intensität in (West)Deutschland, 1985-2014.....	2
Abbildung 2:	Entwicklung der transnationalen Patentanmeldungen ausgewählter Länder.....	4
Abbildung 3:	Durchschnittliche Anzahl der Vorwärtszitationen.....	15
Abbildung 4:	Durchschnittliche Familiengröße der Patentanmeldungen.....	16
Abbildung 5:	Anteil der Patente am DPMA und einem anderen internationalen Patentamt an allen Anmeldungen am DPMA	17
Abbildung 6:	Entwicklung der Patentanmeldungen in den fünf Bedarfsfeldern der Hightech-Strategie	20
Abbildung 7:	Entwicklung der wissenschaftlichen Zeitschriftenveröffentlichungen in den fünf Bedarfsfeldern der Hightech-Strategie	22
Abbildung 8:	Entwicklung der Patentanmeldungen innerhalb des Bedarfsfelds Energie/Klima	26
Abbildung 9:	Entwicklung der Patentanmeldungen innerhalb des Bedarfsfelds Mobilität.....	27
Abbildung 10:	Entwicklung der Patentanmeldungen innerhalb des Bedarfsfelds Gesundheit.....	28

Tabellen

Tabelle 1:	Prozentuale Veränderung der Anzahl der Patente deutscher Erfinder	8
Tabelle 2:	Prozentuale Veränderung der Anzahl der Patente deutscher Erfinder in forschungsintensiven* Technologiefeldern	9
Tabelle 3:	Heatmap der Entwicklung zwischen 2005 und 2014 patentstarker und forschungsintensiver Felder im internationalen Vergleich	10
Tabelle 4:	Herfindahl-Hirschman-Index	12
Tabelle 5:	Anteile der zehn bzw. 25 größten deutschen Anmelder an allen deutschen Patentanmeldungen in vier Perioden	12
Tabelle 6:	Anzahl der Patentanmeldungen großer deutscher Anmelder in vier Perioden	13

1 Einleitung

Während der Phase seit der ersten Hightech-Strategie sind die Aufwendungen für Forschung und Entwicklung im öffentlichen wie auch im privaten Bereich angestiegen. Dieser Mittelaufwuchs kann ursächlich mit der Hightech-Strategie in Zusammenhang gebracht werden. Im Jahr 2012 wurde eine FuE-Intensität (FuE-Aufwendungen in Relation zum Bruttoinlandsprodukt) von knapp 3% erreicht, nachdem zwischen 2000 und 2006 die Quote bei etwa 2,4-2,5% lag. Ein Wert, der von der Bundesrepublik Deutschland zuletzt vor der Wiedervereinigung erreicht wurde.

Die nominalen FuE-Aufwendungen sind zwischen 1985 und 2006 jahresdurchschnittlich um 3,5% gewachsen. In der Zeit zwischen 2000 und 2006 waren es durchschnittlich lediglich 2,5%. Betrachtet man die realen Steigerungen, dann wurden Werte von 2,8% zwischen 1985 und 2006 bzw. 1,5% zwischen 2000 und 2006 erreicht. Zu Beginn des neuen Jahrtausends hatte sich das Wachstum also deutlich verlangsamt.

Mit der Hightech-Strategie und der unter anderem durch sie initiierten Effekte in der Wirtschaft, wurden zwischen den Jahren 2006 und 2013 Mittelzuwächse von nominal 4,5% und real von etwa 3% realisiert. In dieser Periode sind die öffentlichen FuE-Aufwendungen zudem stärker gestiegen als die privaten, während es in der Zeit vorher nahezu ausschließlich einen Mittelaufwuchs der privaten Aufwendungen gab. Hier waren die öffentlichen Aufwendungen real sogar rückläufig. Dieser Mittelzuwachs im Rahmen bzw. mit initiiert durch die Hightech-Strategie ermöglichte eine Zunahme des Forschungspersonals in Deutschland um über 90.000 Personen zwischen 2006 und 2009. In Deutschland wird somit insgesamt mehr Forschung und Entwicklung von mehr forschenden Einrichtungen und Personen betrieben. Die Inputseite des Innovationsprozesses ist zur Zeit der Hightech-Strategie demnach gewachsen. Um die Wirkung der Hightech-Strategie zu bewerten, müssen die Effekte auf der Outputseite dazu allerdings in Relation gesetzt werden.

Während der generelle Aufwuchs der Mittel leicht nachweisbar ist, lässt sich die Outputseite von FuE-Prozessen schwieriger belegen. Eine Evaluation der Hightech-Strategie war in den vergangenen zehn Jahren zu keinem Zeitpunkt vorgesehen, da dies aufgrund der Komplexität und der thematischen Breite auch nicht im Detail möglich ist. Daher wurden zwar einzelne Programme innerhalb der Hightech-Strategie evaluiert, nicht jedoch die Hightech-Strategie als Ganze.

Zur ersten Hightech Strategie existiert ein Fortschrittsbericht (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2007), der im Wesentlichen die Beschreibung des Umsetzungsstands der Maßnahmen und Programme beinhaltet. Im Rahmen der zweiten "Hightech-Strategie 2020" aus dem Jahr 2010 wurde eine ökonomische Begleitfor-

schung zur Bewertung der wissenschaftlichen und technologischen Wettbewerbsfähigkeit sowie des Zielerreichungsgrades auf der Ebene der Bedarfsfelder durchgeführt. Teile der damals durchgeführten Analyse wurden für dieses Papier erneut mit aktuellen Daten durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden an dieser Stelle berichtet. Dabei handelt es sich um Patentanalysen, mit deren Hilfe der Output von Innovationsleistungen gemessen werden kann. Das Ziel hierbei ist, die technologische Wettbewerbsfähigkeit und damit die auf Technologiemarkte abzielende Wirkung der Hightech-Strategie abzuschätzen. Es geht an dieser Stelle also nicht darum, eine ganzheitliche oder generelle Bewertung der Hightech-Strategie durchzuführen, sondern lediglich eine Analyse mit Bezug auf die technologische Leistungsfähigkeit – und dort noch enger sogar nur in Bezug auf den patentierbaren und patentierten Output. Um dieses Ziel erreichen zu können, sind zumindest Vergleiche vor und nach der Einführung der Hightech-Strategie notwendig¹.

Abbildung 1: Entwicklung der FuE-Intensität in (West)Deutschland, 1985-2014



Quelle: OECD – MSTI; Darstellung des Fraunhofer ISI

In den Zeitraum des Bestands der Hightech-Strategie(en) fällt jedoch auch die sogenannte Finanz- und Wirtschaftskrise der Jahre 2008 und 2009. Es gibt zahlreiche Analysen, die ein verändertes FuE- und Innovationsverhalten der Unternehmen in dieser Krise nachweisen (Neuhäusler et al. 2014a; Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft 2013). In der Analyse der ökonomischen Begleitforschung aus dem Jahr 2012/2013 zum Übergang von der zweiten auf die dritte Hightech-Strategie erwuchs

¹ Eine strikte Kausalanalyse ist auch damit nicht möglich, da kein isolierter Effekt der Hightech-Strategie messbar ist. Hierzu müsste man entweder Vergleichsgruppen oder eine Instrumentenschätzung heranziehen.

die Schwierigkeit, dass die quantitativ-empirische Betrachtung aufgrund der Datenlage unmittelbar am Ende der Krisenphase lag, sodass die Effekte der Hightech-Strategie durch die Effekte der Krise deutlich überlagert wurden. Statistisch befand man sich zum Zeitpunkt der Analyse noch in den Jahren 2009 bzw. 2010. Ein abschließendes Bild der Entwicklung der deutschen Volkswirtschaft bzw. des deutschen Innovations-systems mit Blick auf diese Krise war daher nur schwer möglich. Der internationale Vergleich hatte zwar gezeigt, dass Deutschland von der Krise weniger hart getroffen wurde als zahlreiche andere Länder (USA, Japan, Großbritannien aber auch Finnland oder Schweden). Dies wurde auch auf die nachhaltig hohen und steigenden öffentlichen FuE-Aufwendungen im Rahmen der Hightech-Strategie zurückgeführt (Neuhäusler et al. 2014b). Allerdings konnten diese Aussagen im Wesentlichen nur auf Basis von makroökonomischen Kennzahlen bzw. basierend auf mikroökonomischen Erkenntnissen (Umfragedaten) getroffen werden. Eine Zuordnung, was dies für die Themen der Hightech-Strategie und die Entwicklung der Leistungsfähigkeit des Deutschen Innovationssystems mit Blick auf die Bedarfssfelder bedeutete, war hingegen nicht oder nur schwer möglich.

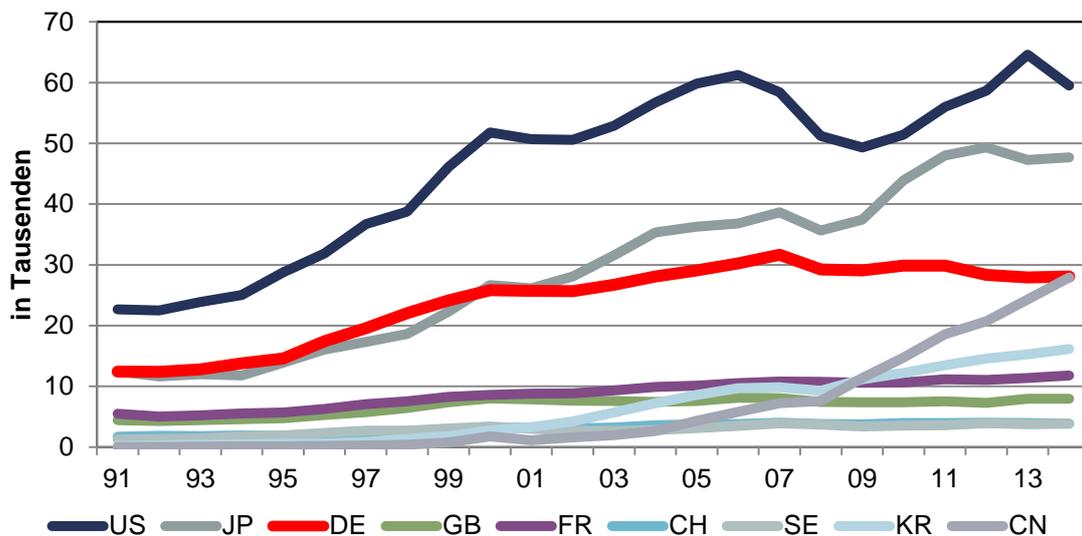
2 Die Herangehensweise und die Herausforderungen der Bewertung

Bereits sehr früh hat sich in der innovationsökonomischen Literatur ein enger und beständiger Zusammenhang zwischen FuE-Aufwendungen und Patenten nachweisen lassen (Griliches 1981; Neuhäusler et al. 2016a; Ophem et al. 2002), wengleich gezeigt werden konnte, dass die Intensität des Zusammenhangs (Korrelation) über die Zeit variiert (Blind et al. 2006; Blind et al. 2003; Cohen und Levinthal 1990; Janz et al. 2001). Patente bilden jedoch den nahezu² einzigen quantitativen Outputindikator zur Bewertung der Leistungsfähigkeit bezüglich der Themen der Hightech-Strategie. Zwar werden die Ausgaben anhand der Leistungsplansystematik erfasst und thematisch differenziert. Diese lassen sich aber ökonomischen Kenngrößen (bspw. Daten auf Ba-

² Auch wissenschaftliche Publikationen können für eine Bewertung der Entwicklung in den Bedarfssfeldern herangezogen werden. Marktnähere Indikatoren wie beispielsweise Produktion oder Außenhandel sind hingegen schwer nutzbar, da die Themen der Hightech-Strategie noch nicht in Produkte überführt werden können. Es sind ja eben gerade die zukünftigen und nicht die gegenwärtigen Produkte, die im Zentrum der Hightech-Strategie stehen. Daneben besteht das Problem, dass der Übergang zu neuen Technologien und Produkten sich innerhalb von bestehenden Wirtschaftszweigen und Unternehmen ergibt. Es dominieren in der Statistik aber die "klassischen" bzw. herkömmlichen Produkte, Prozesse und Dienstleistungen. Hinzu kommt, dass die neuen Themen häufig quer zu den Branchen liegen, sodass eine Erfassung in der (amtlichen) Statistik, die überwiegend der Branchenlogik folgt, nicht ohne weiteres möglich ist.

sis von Wirtschaftszweigen) und Abgrenzungen kaum gegenüberstellen, noch dazu, da die Leistungsplansystematik auch bezogen auf die Bedarfsfelder der Hightech-Strategie unklar und uneindeutig ist.³

Abbildung 2: Entwicklung der transnationalen* Patentanmeldungen ausgewählter Länder



* Unter transnationalen Patenten verstehen sich Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung am Europäischen Patentamt oder über das sogenannte PCT-Verfahren bei der WIPO (Frietsch und Schmoch 2010).

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Empirisch zeigt sich nun im Nachgang der Krise, dass Deutschland in Bezug auf den Innovationsoutput im Vergleich weniger stark betroffen war als andere Länder. Gleichzeitig wird jedoch auch deutlich, dass Deutschland weniger dynamisch aus der Krise herauskommt als die internationalen Wettbewerber. Das ist zwar weniger bei makroökonomischen Faktoren wie Beschäftigung, Außenhandel oder Wertschöpfung der Fall, es zeigt sich aber bei der Innovatorenquote eine Fortsetzung des Rückgangs, der letzten Endes bereits in den 1990er Jahren begonnen hat (Schubert und Rammer 2016). Außerdem scheinen auch die FuE-Aufwendungen der Wirtschaft zuletzt an Dynamik zu verlieren (Rammer et al. 2016; Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft 2015). Am deutlichsten aber zeigt es sich im Bereich der Patente, wo zwar etwa im Jahr 2009 bereits das Vorkrisen-Niveau wieder erreicht wurde, seitdem aber so gut wie kein Wachstum der absoluten Zahlen für Deutschland zu verzeichnen ist. Besonders

³ Auch die Zuordnung der Leistungsplansystematik zu den Themen der Bedarfsfelder wie sie beispielweise im Bundesbericht Forschung 2012 (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2012) vorgenommen wurde, löst dieses Problem nicht, zumal der empirische Zugang zu den Kategorien der Leistungsplansystematik außerhalb der Ministerialbürokratie weiterhin nicht besteht.

auffällig dabei ist, dass dieser Effekt im Wesentlichen nur für Deutschland auftritt – ähnlich noch für andere Länder in Europa⁴ wie Schweiz, Schweden oder die Niederlande –, während Länder wie die USA, Japan, Südkorea und erst recht China ihre Patentzahlen seit etwa 2010 deutlich steigern konnten (Abbildung 2).

Analysiert man nun also in einem ersten Schritt den generellen Mittelaufwuchs, also den Input, gemeinsam mit dem technologischen Output, also den Patenten, dann fällt ein Auseinanderdriften der beiden Kurven auf. Man könnte daher voreilig auf eine sinkende Effizienz schließen, da mit steigendem Input der nahezu gleiche Output generiert wird. Allerdings gibt es auf beiden Seiten der Gleichung weitere Faktoren, die zusätzlich eine Rolle spielen. Neben FuE-Aufwendungen sind weitere Inputgrößen wie beispielsweise Qualifikationen, Wissen oder auch die breitere Definition von Innovationsaufwendungen (Rammer 2008; Rammer et al. 2016; Rammer und Peters 2010) von Bedeutung, ebenso wie Marktentwicklungen, Regulierung und das Verhalten der Wettbewerber.

All diese verschiedenen Faktoren können an dieser Stelle nicht tiefergehend untersucht werden. Es geht zunächst vielmehr darum, welche Erklärungsansätze sich für die Stagnation der deutschen Patentanmeldungen finden lassen, um anschließend die Wirkung der Hightech-Strategie auf den technologischen Output jenseits dieser Kriseneffekte und anderer Faktoren abschätzen zu können. Hierzu werden verschiedene Erklärungsansätze benannt und anschließend empirische Indizien für oder gegen diese Erklärungsansätze erörtert. Allerdings können in dieser Studie nicht alle Fragen abschließend geklärt werden. Ziel ist vielmehr, Indizien für einzelne Erklärungsversuche zu finden, um so zumindest einige Begründungen ausschließen zu können bzw. andere als weiter verfolgenswert zu identifizieren. Letzten Endes soll herausgefunden werden, inwiefern Patente vor dem Hintergrund der in Deutschland stagnierenden Zahl der Patentanmeldungen als ein Indikator zur Bewertung der Wirkung der Hightech-Strategie genutzt werden können. Etwas weiterreichend formuliert ergibt sich hieraus jedoch auch die Frage, ob die Stagnation der Patente ein Problem für die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands jenseits der Wirkung der Hightech-Strategie darstellt oder ob die aktuelle Entwicklung der Patentanmeldungen Ergebnis eines Strukturwandels bzw. einer Verhaltensänderung innerhalb der deutschen Innovationslandschaft ist.

⁴ Es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, dass sich für diese anderen Länder andere Gründe für die Stagnation (bzw. den Rückgang) finden lassen als für Deutschland. Im Fall von Schweden hängt dies sicher auch mit der veränderten Wettbewerbsfähigkeit einiger weniger Unternehmen wie Ericsson zusammen.

3 Die Erklärungsansätze für die Stagnation der Patente deutscher Erfinder

Für die Stagnation der deutschen Patentanmeldungen der letzten Jahre bieten sich vier Erklärungsansätze an, von denen drei einen Strukturwandel oder eine Verhaltensänderung implizieren. Die erste mögliche Erklärung ist, dass die Stagnation durch einen Strukturwandel der deutschen Industrie zustande kommt, in dem patentstarke Technologien an Gewicht verlieren und (derzeit noch) patentschwache Felder zwar zulegen, den Rückgang innerhalb der patentstarken Felder aber gerade oder kaum kompensieren können. Zweitens, und dies ist eine grundsätzliche Weiterführung des ersten Arguments, könnten einige wenige Großunternehmen, die für eine substantielle Anzahl der deutschen Patentanmeldungen verantwortlich sind, einerseits ihren technologischen Fokus oder andererseits auch ihr Patentverhalten verändern. Drittens besteht die Möglichkeit, dass alle Unternehmen oder ein substantieller Teil, gegebenenfalls auch in einzelnen Branchen, das Patentverhalten ändert und Patente weniger exzessiv nutzt bzw. die Patentstrategien neu ausrichtet. Ein vierter Erklärungsansatz, nämlich ein Absinken der technologischen Wettbewerbsfähigkeit, würde unter anderem für die Hightech-Strategie bedeuten, dass sie nicht oder nicht hinreichend gewirkt hat und dass die deutsche Wirtschaft an (technologischer) Wettbewerbsfähigkeit einbüßt. Dies wäre also die am wenigsten wünschenswerte und am wenigsten vorteilhafte Erklärung unter den vier Ansätzen.

3.1 Struktureller Wandel

Die deutsche Wirtschaft – wie jede andere entwickelte Wirtschaft auch – ist durch beständigen Wandel und Anpassungen gekennzeichnet. Dies hängt in erster Linie mit der Veränderung der Märkte bzw. der Nachfrage zusammen. Die Konsumelektronik, die bis in die 1990er Jahre eine wichtige Rolle in Deutschland spielte, ist in einzelnen Bereichen nahezu vollständig aus Deutschland abgewandert – und wurde, bezogen auf die Beschäftigung oder Wertschöpfung, durch andere Bereiche ersetzt. Die Expertenkommission Forschung und Innovation fordert bereits seit Jahren einen stärkeren Strukturwandel hin zu mehr forschungsintensiven Sektoren (Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2012), insbesondere zu den sogenannten Spitzentechnologien (Gehrke et al. 2013; Grupp et al. 2000; Legler und Frietsch 2007) – dazu gehören bspw. Biotechnologie, Informations- und Kommunikationstechnologien oder auch Pharmazie, (Elektro-)Medizintechnik und einige Teile der Chemie. Hintergrund ist, vereinfacht dargestellt, die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch FuE-intensive Bereiche. Die Annahme dabei ist, dass aufgrund von mehr und komplexerem Wissen oder auch höherer Komplexität der Technologien und Prozesse, die mit höheren FuE-

Aufwendungen einhergehen, die Wahrscheinlichkeit von Substitution oder gar Kopie durch andere Unternehmen – und im Aggregat durch Volkswirtschaften – deutlich reduziert wird. Hinzu kommt, dass ein hohes Pro-Kopf-Einkommen aufgrund der sogenannten Innovationsrenten erwirtschaftet werden kann. Mit anderen Worten, hohe Wohlfahrt lässt sich auf Märkten mit Qualitäts- und Innovationswettbewerb besser realisieren als auf Märkten mit Preiswettbewerb. Da sich aber beispielsweise der Markt für Fernsehgeräte von einem Technologie- zu einem Preiswettbewerb entwickelt hat – die Geräte kosten real heute nur noch einen Bruchteil der Geräte vor 20 Jahren – kam es in Deutschland zu einer Abwanderung und einem damit verbundenen Strukturwandel.

Was auf der Ebene von Wirtschaftszweigen mithilfe der einschlägigen volkswirtschaftlichen Kenngrößen gut abbildbar ist und daher stets auf dieser Ebene diskutiert wird, ist auf der Ebene von Produkten und Technologien noch stärker vorhanden, aber deutlich schwerer erfassbar. Der Wandel der Technologiestruktur kann jedoch mit Patenten erfasst werden. In Tabelle 1 ist die Veränderung der gesamten transnationalen Patente deutscher Erfinder in 35 Technologiefeldern im Vergleich zweier Perioden jeweils zur Vorperiode dargestellt. Es zeigt sich, dass die Veränderung in der Krisenperiode (2008-2010) für Deutschland mit einem Rückgang von 2,6% gegenüber der Periode 2012-2014 mit einem Rückgang von 1,9% nur geringfügig stärker ausfiel. Die These, dass große Felder stark zurückgegangen sind, während kleinere dies nicht hinreichend kompensieren können, erweist sich nach den Ergebnissen in dieser Tabelle als nicht tragfähig. Die Patentierungszahlen innerhalb einiger großer Felder gehen zwar in beiden Perioden zurück – in erster Linie aber im Bereich Chemie/Pharma/Biotechnologie. Gleichzeitig steigen jedoch andere große Felder deutlich an, darunter in erster Linie sind "Elektrische Maschinen und Anlagen" sowie "Motoren, Pumpen, Turbinen". Auch unter den kleineren Feldern gibt es einige, deren Patentzahlen steigen, ebenso wie es einige gibt, deren Patentzahlen sinken. Ein eindeutiges Muster lässt sich hier jedoch nicht ableiten.

Tabelle 1: Prozentuale Veränderung der Anzahl der Patente deutscher Erfinder (sortiert nach der absoluten Anzahl der Felder)

	2008-2010 vs. 2005-2007	2012-2014 vs. 2008-2010	Abs. Zahl in 2012/2014
Gesamt	-2,6%	-1,9%	83.294
Elektrische Maschinen und Anlagen	12,9%	11,1%	7.845
Transport	-8,9%	5,6%	7.074
Motoren, Pumpen, Turbinen	15,6%	10,6%	5.631
Maschinenelemente	-8,8%	5,2%	5.605
Messtechnik	-3,7%	6,8%	4.796
Medizintechnik	16,1%	-6,2%	3.902
Bauwesen	2,9%	0,1%	3.618
Andere Spezialmaschinen	3,9%	4,4%	3.363
Werkzeugmaschinen	1,8%	-7,3%	3.281
Fördertechnik	3,1%	-3,1%	3.075
Computertechnik	-12,0%	8,6%	2.627
Chemische Verfahrenstechnik	0,4%	-8,8%	2.387
Grundstoffchemie	-5,9%	-9,4%	2.339
Organische Feinchemie	-11,2%	-21,1%	2.223
Andere Konsumgüter	10,5%	-9,7%	1.960
Thermische Prozesse und Apparate	31,8%	-23,7%	1.837
Halbleiter	17,4%	-7,2%	1.801
Steuer- und Regeltechnik	-3,8%	7,7%	1.787
Kunststoffe, makromolekulare Chemie	7,4%	-9,6%	1.730
Möbel, Spielzeug	8,3%	-17,3%	1.565
Materialien, Metallurgie	-2,6%	3,1%	1.561
Digitale Kommunikationstechnik	-42,3%	23,8%	1.514
Pharmazie	-21,2%	-25,1%	1.478
Oberflächen, Beschichtungen	-1,1%	1,2%	1.441
Optik	-12,4%	6,5%	1.315
Textil- und Papiermaschinen	-29,2%	-21,0%	1.307
Biotechnologie	-10,2%	-23,3%	1.282
Umwelttechnik	-3,0%	-10,6%	1.190
Audiovisuelle Technik	-32,4%	-9,4%	1.087
Telekommunikationstechnik	-28,2%	-21,2%	712
Analyse von biologischen Materialien	-7,3%	-9,9%	541
Datenverarbeitung	-10,7%	12,7%	482
Grundlegende Kommunikationstech.	-23,2%	1,4%	460
Nahrungsmittelchemie	-16,8%	-6,6%	357
Mikrostruktur- und Nanotechnologie	1,8%	10,5%	120

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Tabelle 2: Prozentuale Veränderung der Anzahl der Patente deutscher Erfinder in forschungsintensiven* Technologiefeldern

	2008-2010 vs. 2005-2007	2011-2013 vs. 2008-2010
Radioaktive Stoffe, Kernreaktoren	23,2%	-53,6%
Schädlingsbekämpfung, Pflanzenschutz, Saatzucht	-15,3%	-16,7%
Biotechnologie, Pharmawirkstoffe, Arzneimittel	-19,1%	-19,3%
Kriegsschiffe, Waffen, Munition	8,3%	-21,5%
Luft- u. Raumfahrzeuge	35,0%	20,5%
DV-Geräte, -Einrichtungen	-16,8%	-9,5%
Elektronik	18,0%	-15,6%
Nachrichtentechnik	-11,6%	-9,8%
Elektromedizintechnik	-6,0%	-36,9%
Spitzeninstrumente	-5,6%	-2,8%
Optik	-9,5%	21,9%
Elek. Ausrüstungen für Verbrennungsmotoren u. Fahrzeuge	-5,6%	3,9%
Anorganische Grundstoffe	11,0%	-9,3%
Organische Grundstoffe	-15,9%	-11,7%
Arzneimittel	-9,4%	-24,2%
Ätherische Öle, grenzflächenaktive Stoffe	-12,7%	-0,6%
Fotochemikalien	-26,9%	-76,5%
Übrige Spezialchemie	-11,9%	-13,3%
Gummiwaren	12,5%	23,6%
Motoren, Kraftmaschinen, Antriebstechnik	6,7%	3,7%
Heiz-, Filter-, Lufttechnik	14,4%	-2,7%
Landwirtschaftliche Maschinen, Zugmaschinen	-6,2%	9,0%
Werkzeugmaschinen	1,9%	-0,9%
Maschinen für bestimmte Wirtschaftszweige a.n.g.	-11,8%	-5,7%
Büromaschinen	-33,0%	-35,0%
GuE Stromerzeugung u. -verteilung	18,8%	10,9%
Beleuchtung, elektr. Ausrüstungen usw.	28,0%	-4,3%
Rundfunk-, Fernsehtechnik	-12,1%	-18,6%
Kraftwagen, -motoren u. -teile	-18,1%	2,2%
Schienerfahrzeuge	31,8%	23,2%
Medizintechnik	5,6%	0,8%
Hochwertige Instrumente	-9,1%	5,9%
Optische u. fotografische Geräte	3,5%	-26,6%
Pumpen und Kompressoren	0,9%	13,7%
Ein-/Ausgabehilfen von DV-Maschinen	-6,0%	24,0%
Elektrische Maschinen, Apparate und Einrichtungen	40,3%	6,0%
Elektrische Haushaltsgeräte	6,5%	-11,4%
Technisches Glas, Bauglas	0,0%	14,7%
Andere Konsumgüter (Low-Tech)	-1,4%	-4,7%

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

In Tabelle 2 sind daher die Veränderungen der forschungsintensiven Technologiefelder in den beiden Perioden dargestellt. Die besonders forschungsintensiven Felder, die sogenannte Spitzentechnologie, reicht dabei bis zum Feld 19 "Übrige Spezialchemie", während die übrigen Felder der hochwertigen Technologie zuzuordnen sind. Die weniger forschungsintensiven Bereiche werden als Gruppe ebenfalls ausgewiesen. Jedoch zeigt sich auch hier kein einheitliches Bild. Sowohl unter den Spitzentechnologien wie auch unter den hochwertigen Technologien gibt es solche, die stark wachsen und solche die stark schrumpfen – und zwar in beiden Perioden. Allerdings haben in der zweiten Periode – also im Vergleich zwischen 2012-2014 zu 2008-2010 – unter den Spitzentechnologien mehr Felder ein negatives Vorzeichen als dies im Bereich der hochwertigen Technologie der Fall ist. Dies ist vor dem Hintergrund steigender FuE-Ausgaben der vergangenen Jahre ein überraschendes Ergebnis und stützt eher die These, dass es ein verändertes Verhalten der Unternehmen bezüglich der Nutzung von Patenten gibt. Es spricht somit ebenfalls gegen die These eines Strukturwandels hin zu mehr forschungsintensiven Technologien. Im Gegenteil lässt sich daraus ableiten, dass die hochwertigen Technologien "aufgewertet" werden und der Zuwachs an FuE-Mitteln in erster Linie dort zu Buche schlägt – zumindest in Deutschland.

Tabelle 3: Heatmap der Entwicklung zwischen 2005 und 2014 patentstarker und forschungsintensiver Felder im internationalen Vergleich

	Total	DE	US	JP
Biotechnologie, Pharmawirkstoffe, Arzneimittel	-15%	-40%	-16%	-35%
DV-Geräte, -Einrichtungen	13%	-32%	8%	-34%
Nachrichtentechnik	37%	-20%	-2%	-1%
Spitzeninstrumente	50%	-3%	6%	37%
Motoren, Kraftmaschinen, Antriebstechnik	76%	31%	126%	61%
Maschinen für bestimmte Wirtschaftszweige a.n.g.	22%	-9%	28%	12%
GuE Stromerzeugung u. -verteilung	149%	43%	98%	226%
Rundfunk-, Fernsehtechnik	16%	-31%	19%	-8%
Kraftwagen, -motoren u. -teile	16%	-15%	-6%	53%
Medizintechnik	24%	12%	6%	76%
Ein-/Ausgabehilfen von DV-Maschinen	111%	24%	69%	68%

Um die internationale Dimension der Entwicklung zumindest ansatzweise in Betracht ziehen zu können, ist in Tabelle 3 eine Heatmap für eine Auswahl von Feldern, die in Deutschland ein großes Gewicht haben und bei denen sich deutlich andere Entwicklungen als in den Vergleichsländern Japan und USA ergeben, dargestellt. Grün bedeutet Wachstum und rot bedeutet Schrumpfen. Je dunkler die Farbe ist, desto intensiver ist der jeweilige Effekt. Helles Orange kennzeichnet Werte in der Nähe der Null. Insgesamt findet sich unter den elf dargestellten Feldern nur eines, nämlich die Biotechnolo-

gie, das weltweit zurückgeht. Alle anderen Felder wachsen mehr oder weniger deutlich. In Deutschland hingegen gehen die Patentierungszahlen in der Mehrheit der Felder über den gesamten Beobachtungszeitraum zurück und diejenigen die wachsen, wachsen deutlich weniger als der weltweite Durchschnitt und auch weniger als in den beiden Vergleichsländern – mit Ausnahme der Medizintechnik im Vergleich mit den USA.

Insgesamt lässt sich damit bis hierhin festhalten, dass es offensichtlich keinen massiven Strukturwandel zu geben scheint, jedenfalls nicht hin zu Spitzentechnologien. Es deutet sich ein verändertes Verhalten, insbesondere in einzelnen Feldern an, das im internationalen Vergleich von Nachholeffekten in den entwickelten Industrienationen überlagert wird, die in der Periode der Finanzkrise ihren Patentoutput stärker zurückgefahren hatten als die deutschen Unternehmen. Dieses veränderte Patentverhalten wird im übernächsten Abschnitt diskutiert. Zunächst wird untersucht, ob es sich bei den stagnierenden Patentzahlen um Effekte handelt, die durch das Verhalten weniger Großunternehmen bestimmt werden.

3.2 Abhängigkeit von der Strategie einzelner Großunternehmen

Der mit dem ersten Erklärungsansatz eng zusammenhängende zweite Erklärungsansatz bezieht sich auf die Abhängigkeit der statistischen Entwicklung vom Handeln weniger Großunternehmen. Die vergangenen 5-10 Jahre haben deutliche Veränderungen in den Konzernstrukturen und der thematischen Ausrichtung zahlreicher Großunternehmen in Deutschland mit sich gebracht. So fanden beispielsweise in der Pharmabranche in den letzten Jahren eine deutliche Veränderung und eine Schwerpunktsetzung statt. Geschäftsbereiche wurden an andere Unternehmen verkauft bzw. einige Geschäftsbereiche wurden durch Zukäufe verstärkt. In der Elektroindustrie bzw. dem Maschinenbau sind Unternehmen bzw. Geschäftsbereiche der Fotovoltaikproduktion ebenfalls veräußert oder geschlossen worden. Auch im Automobilbau gibt es Veränderungen. Die Ankündigung von Volkswagen nun stärker auf die Elektromobilität zu setzen und die Konzernstrategie entsprechend auszurichten, wird sich sicher auch in den Patentzahlen niederschlagen und gegebenenfalls dann auch auf die gesamtdeutschen Zahlen Einfluss nehmen.

Mit dem sogenannten strategischen Aufschwung, d.h. der verstärkten strategischen Nutzung von Patenten jenseits des klassischen Schutzmotivs (Blind et al. 2006; Janz et al. 2001; Neuhäusler 2012) zu Beginn des neuen Jahrtausends ging eine verstärkte Konzentration der Patentanmeldungen auf weniger Unternehmen einher. Nutzt man den sogenannten Herfindahl-Hirschman-Index (HHI), der die Konzentration einer Verteilung von null (keine Konzentration) bis eins (vollständige Konzentration) abbildet,

dann deutet sich in der Tat über die Jahre hinweg eine leichte Steigerung in der Konzentration der Patentanmeldungen an (Tabelle 4). Insgesamt zeigt sich aber in diesem Index keine allzu sehr ausgeprägte Konzentration, was insbesondere daran liegt, dass noch immer sehr viele Unternehmen Patente anmelden und sich auch im "Mittelfeld", bezogen auf die Anzahl der Patentanmeldungen, eine große Zahl an Unternehmen findet.

Wie Tabelle 5 belegt, ergibt sich jedoch eine enorme Schiefverteilung und eine hohe Konzentration gerade im oberen Bereich, das heißt bei den größten Patentanmeldern. In der Tabelle sind die Patentzahlen der zehn größten Anmelder (nicht 10%, sondern absolut zehn) sowie der 25 größten Anmelder abgetragen. Deren Anteile steigen und sind mit mehr als einem Viertel bzw. nahezu einem Drittel, gerade für ein Land der Größe wie Deutschland, auch im internationalen Vergleich als durchaus hoch einzustufen. Wenn nun also diese zehn bzw. 25 Unternehmen ihr Patentverhalten oder auch ihr technologisches Profil ändern, dann hat dies einen massiven Einfluss auf die Gesamtzahlen in Deutschland.

Tabelle 4: Herfindahl-Hirschman-Index*

2002-2004	2005-2007	2008-2010	2011-2013
0,012	0,011	0,012	0,014

* 0 = keine Konzentration, 1 = max. Konzentration;

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Tabelle 5: Anteile der zehn bzw. 25 größten deutschen Anmelder an allen deutschen Patentanmeldungen in vier Perioden

	2002-2004	2005-2007	2008-2010	2011-2013
Top 10	19.135	20.758	21.071	22.319
	25,5%	24,2%	25,3%	26,4%
Top25	26.076	28.435	29.590	30.485
	34,8%	33,1%	35,5%	36,0%

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

In Tabelle 5 und differenziert für einzelne Unternehmen Tabelle 6 ist abzulesen, dass auch für diese großen Unternehmen unter dem Strich noch ein Wachstum zu verzeichnen ist. Während einzelne Unternehmen ihre Patentzahlen absenken, können andere Unternehmen ihre Zahlen steigern, sodass im Aggregat ein positiver Effekt entsteht. Dieser Ansatz scheint sich also als Erklärung für die Stagnation und den Rückgang der Patentzahlen in Deutschland nicht anzubieten. Allerdings finden sich Indizien dafür, dass nicht die großen Patentanmelder, sondern eher das breite Mittelfeld etwas kleiner wird bzw. dort die Patentzahlen zurückgehen. Diese Erkenntnis passt auch zu den be-

reits genannten Ergebnissen auf Basis der Innovationserhebung, die einen Rückgang der Innovatorenquote in Deutschland nachweist (Schubert und Rammer 2016).

Aus diesen Erkenntnissen lässt sich die Hypothese ableiten, dass die Steigerung der FuE-Ausgaben im privaten Sektor im Wesentlichen auf Steigerungen der Unternehmen zurückgeführt werden kann, die wiederum zumindest in Bezug auf den Patentoutput sinkende Grenzerträge bzw. sinkende marginale Effekte zu verzeichnen haben. Anders formuliert, die Großunternehmen setzen die zusätzlichen FuE-Aufwendungen nicht in gleichem Umfang in Patente um, wie sie dies mit den etwas niedrigeren Aufwendungen vor etwa 5-10 Jahren getan haben.

Daraus ergibt sich ein unmittelbar innovationspolitisches Mandat zur Verbreiterung der technologischen Basis in Deutschland und eine weitere Unterstützung gerade des Mittelstands bzw. von kleinen und mittelgroßen Unternehmen (KMU).

Tabelle 6: Anzahl der Patentanmeldungen großer deutscher Anmelder in vier Perioden

	2002-2004	2005-2007	2008-2010	2011-2013	Veränderung*
SIEMENS	5.939	5.909	5.127	6.644	29,6%
ROBERT BOSCH	3.748	4.944	5.698	5.636	-1,1%
BASF	2.109	2.570	2.543	2.443	-3,9%
CONTINENTAL	601	1260	1.302	1.602	23,0%
INA-SCHAEFFLER	461	1.080	1.117	1.554	39,1%
BOSCH/SIEMENS HAUSGERÄTE	823	1.439	1985	1.545	-22,2%
BAYER	1.833	1.778	1.896	1.423	-24,9%
FRAUNHOFER	755	1.015	1.225	1.241	1,3%
AUDI	287	254	450	904	100,9%
HENKEL	595	980	829	893	7,7%
BMW	623	698	455	830	82,4%
ZF FRIEDRICHSHAFEN	484	938	753	660	-12,4%
VOLKSWAGEN	389	383	374	618	65,2%
DAIMLER (CHRYSLER)	1.758	978	694	591	-14,8%
ROCHE	454	782	798	506	-36,6%
BOEHRINGER INGELHEIM	952	973	503	333	-33,8%
SAP	835	409	198	169	-14,6%

* Dargestellt ist die Veränderung der letzten gegenüber der vorletzten Periode.

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

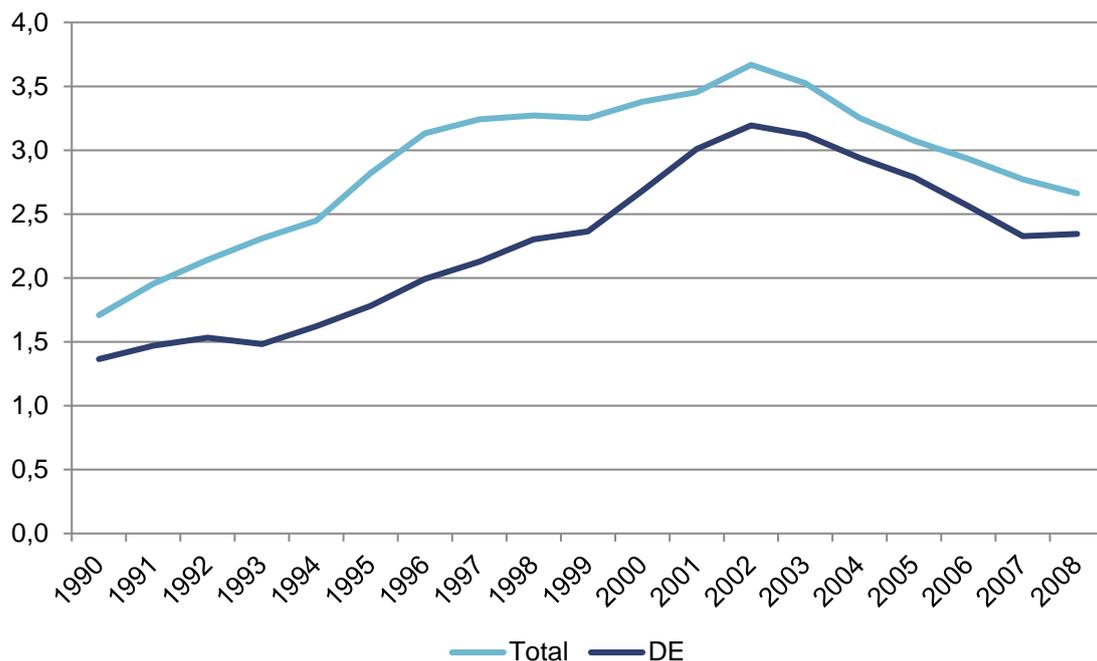
3.3 Veränderung der Nutzung von Patenten

In den USA, Japan und auch Europa hat es in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre einen deutlichen Zuwachs der Patentanmeldungen gegeben, der sich nicht mit dem damaligen Zuwachs an FuE-Aufwendungen erklären ließ. Es waren zu dieser Zeit also genau gegenläufige Trends im Vergleich zur jüngeren Vergangenheit zu erkennen, die hier im Fokus der Untersuchung steht. Eine der prominentesten Erklärungen des Anstiegs der Patentierung in den 90er Jahren war ein verändertes Patentverhalten der Unternehmen (Blind et al. 2006; Janz et al. 2001; Neuhäusler 2012). Neben dem traditionellen Motiv des Schutzes von Technologien hatten die Unternehmen weitere Nutzendimensionen von Patenten verstärkt adressiert. Dies reichte von der Nutzung der Patente zur Bewertung der eigenen FuE-Abteilung, als Verhandlungsmasse für (Kreuz-)Lizenzierungen bis hin zum aktiven Blockieren von Wettbewerbern. Es wurden also auch solche technologischen Lösungen zum Patent angemeldet, die die Unternehmen gar nicht hatten aktiv vermarkten wollen, die jedoch den eigenen Handlungsspielraum erweiterten und/oder den Handlungsspielraum von Wettbewerbern einschränkten. Daneben wurden Patente als "bargaining chips" in unterschiedlichen Verhandlungssituationen wichtiger, sei es bei Übernahmen, bei Lizenzverhandlungen oder auch als Signale gegenüber dem Kapitalmarkt. Insgesamt wurden Patente also exzessiver angemeldet, was als "strategisches Patentieren" bekannt wurde.

Damit einher gingen jedoch deutlich gesteigerte Kosten für Anmeldung und Aufrechterhaltung der Patente, besonders für deren "zusätzliche" Nutzung. Die Patentabteilungen in vielen Unternehmen sind in dieser Zeit deutlich gewachsen und Patentanwälte ebenso wie Vertragsanwälte hatten volle Auftragsbücher. Dies führte insgesamt zu dem, was in der Literatur als "Patentrennen" bezeichnet wird und vereinfacht beschrieben bedeutet, dass bei allen Beteiligten höhere Kosten zu verzeichnen waren, die dann wiederum höhere Erträge aus Patenten bzw. der Technologieverwertung erzwungen haben. Hinzu kommt, dass in einigen Feldern der Wettbewerb durch Technologien deutlich zugenommen hatte. Im Bereich der Telekommunikations- und insbesondere Mobilfunktechnologien ist dies ein auch öffentlich deutlich sichtbarer Kampf, der über Patente als "Waffen" ausgefochten wird und bisweilen einzelne Unternehmen auch in ihrer Existenz bedroht hat. Das Patentrennen führt nun dazu, dass alle Unternehmen mehr Patente zu hohen Kosten anmelden und einsetzen (sie müssen also sozusagen "schneller laufen"), wobei aber kaum ein Unternehmen technologisch von der Stelle kommt. Um mit den Wettbewerbern mithalten zu können, war bzw. ist es jedoch aus Sicht des einzelnen Unternehmens erforderlich das "Patentrennen" weiterzuführen, denn ein einseitiges Ausbrechen aus dem Rennen führt dazu, dass man unter Umständen einen noch höheren Preis durch den Verlust der Wettbewerbsfähigkeit bezahlt.

In der Finanzkrise waren viele Unternehmen jedoch gezwungen, ihre Kosten deutlich zu senken, darunter auch die Kosten für Patentanmeldungen. Dies führte also insgesamt für viele deutsche Unternehmen zu einem deutlichen Absenken der "strategischen" Ausgaben für Patentanmeldungen. Vor diesem Hintergrund könnte es sich nun ergeben, dass das "Patentrennen" nicht bzw. nicht in dem Maße wiederaufgenommen wird, sondern die exzessive strategische Nutzung von Patenten zumindest teilweise ein Ende gefunden hat.

Abbildung 3: Durchschnittliche Anzahl der Vorwärtszitationen



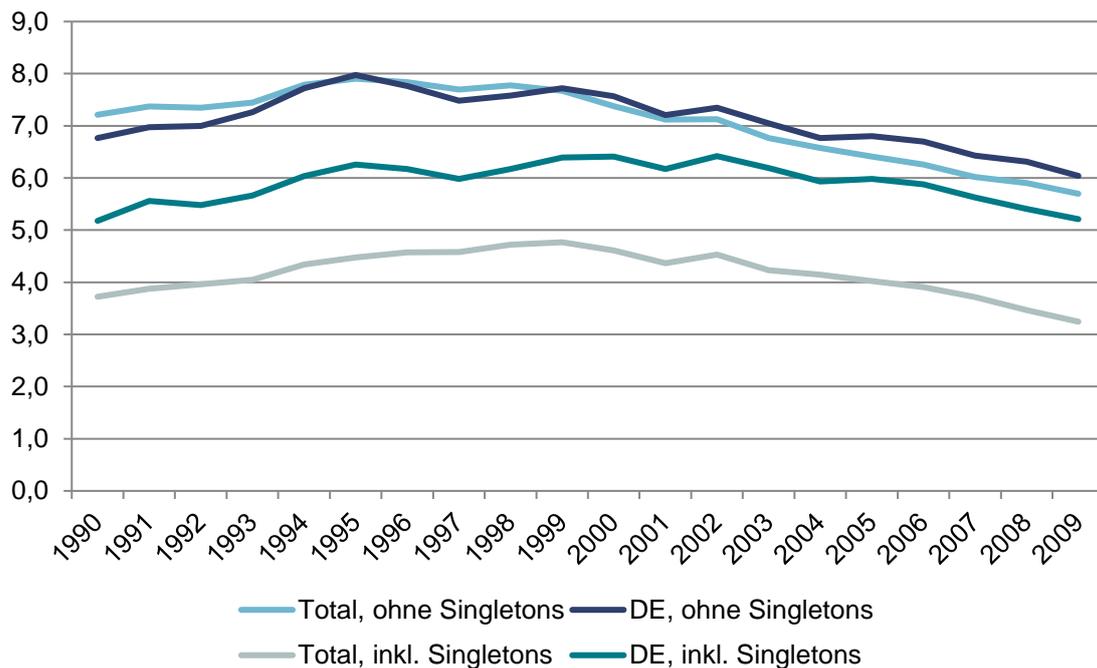
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Diese These kann mit den hier vorliegenden Daten nicht abschließend untersucht werden, denn hierzu wäre in erster Linie eine Unternehmensbefragung notwendig. Es gibt jedoch zumindest einige Indizien, die auf eine solche Entwicklung hindeuten. Beispielsweise kam es im Jahr 2008 vor allem für Patente deutscher Erfinder zu einem leichten Anstieg der durchschnittlichen Anzahl der Vorwärtszitationen, also der Zitationen, die ein Patent über die Jahre hinweg von späteren Patenten erhält (Abbildung 3).⁵ Dies hat sich in der Literatur als einer der prominentesten Indikatoren zur Bewertung der (technologischen) Qualität von Patenten etabliert (Hall et al. 2001; Harhoff et al. 1999; Harhoff et al. 2003; Neuhäusler et al. 2016b; Trajtenberg 1990). Die grund-

⁵ Hier wurde ein Zeitfenster von vier Jahren verwendet, da sonst "frühere" Anmeldungen bevorzugt würden, weil für sie mehr Zeit zur Verfügung stünde, um zitiert zu werden.

sätzliche Argumentation hierbei ist, dass ein Patent, das häufig von nachfolgenden Anmeldungen zitiert wird, zentral für die weitere Entwicklung einer Technologie ist. Eine im Durchschnitt steigende technologische Qualität von Patenten könnte durch ein verringertes Maß an "strategischen" Patentanmeldungen vermittelt sein, auch wenn der Beweis für diese Erklärung alleine auf Basis der Patentindikatoren an dieser Stelle nicht erbracht werden kann.

Abbildung 4: Durchschnittliche Familiengröße der Patentanmeldungen



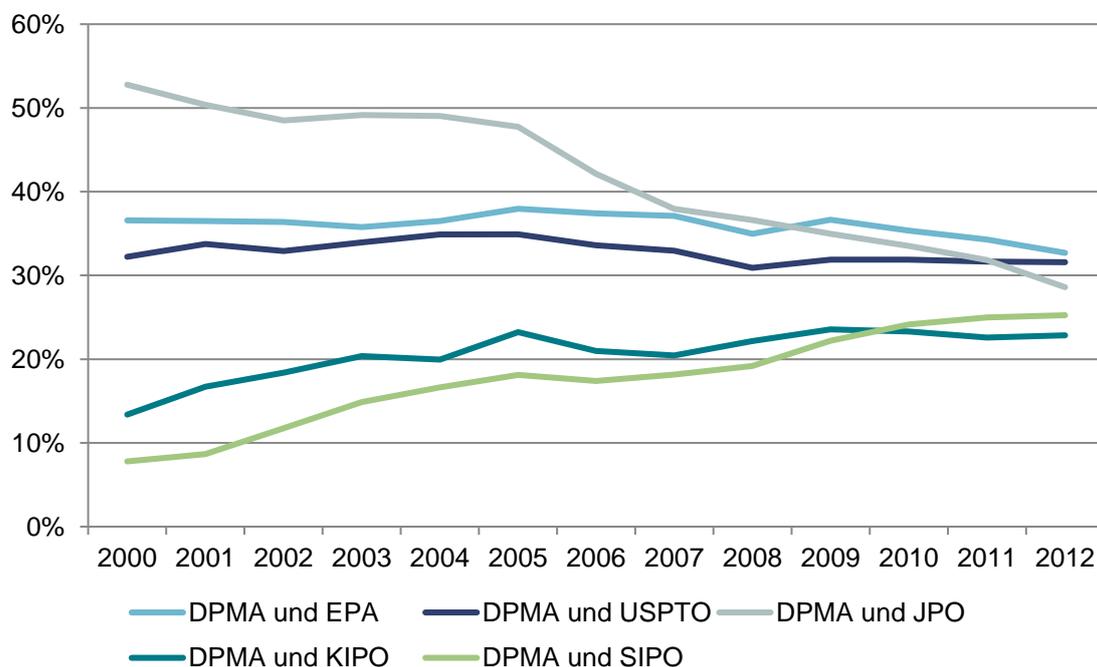
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Ein weiterer Indikator zur Beurteilung der Qualität von Patenten ist die durchschnittliche Familiengröße eines Patents, das heißt die Anzahl der (unterschiedlichen) Ämter, an denen ein Patent angemeldet wurde. Dieses Maß bezieht sich stärker auf den ökonomischen Wert eines Patents. Die grundsätzliche Argumentation hierbei ist, dass ein Patent nur dann an einem internationalen Amt angemeldet wird, wenn der Anmelder ein gewisses Marktpotenzial erwartet (Harhoff et al. 2003; Neuhäusler et al. 2016b; Neuhäusler und Frietsch 2012; Van Pottelsberghe De La Potterie und Van Zeebroeck 2008). Sonst würde er die zusätzlichen Kosten einer internationalen Patentanmeldung nicht tragen. Vereinfacht gesagt: Je mehr Märkte die Anmeldung adressiert, desto größer der erwartete Nutzen. In Abbildung 4 ist die Entwicklung der Patentfamiliengröße über die Zeit abgetragen. Insgesamt gesehen wird deutlich, dass deutsche Erfinder im Schnitt ihre Patente nur wenig breiter anmelden, als dies im Gesamtdurchschnitt der Fall ist. Interessant ist jedoch der Vergleich inklusive der "Singletons", also Patenten,

die nur an einem Patentamt angemeldet werden (Martinez 2009). Hier sind die Patentfamilien deutscher Erfinder deutlich größer als der Gesamtdurchschnitt. Dies wiederum deutet darauf hin, dass deutsche Patente nur sehr selten an einem oder wenigen Patentämtern angemeldet werden. Tatsächlich wird häufig eine "breite" Anmeldungsstrategie gewählt; es wird also ein vergleichsweise breiter, internationaler Markt anvisiert.

Weiter qualifizieren lassen sich diese Ergebnisse, wenn man die Anmeldungen auf internationalen Märkten genauer betrachtet. In Abbildung 5 sind daher die Anteile der Anmeldungen deutscher Erfinder dargestellt, die nicht nur am Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA), sondern auch einem weiteren zusätzlichen Amt (oder mehreren) angemeldet wurden. Hier ist deutlich erkennbar, dass Deutschland über die Jahre hinweg weniger Patente zusätzlich am Japanischen Patentamt anmeldet, der Anteil der zusätzlich in Korea und in China angemeldeten Patente jedoch erheblich gestiegen ist. Deutschland legt somit nicht nur Wert auf eine breite Marktabdeckung an sich, sondern es scheint auch eine klare Strategie hinsichtlich der Auswahl der internationalen Märkte zu existieren, die sich über die Zeit gewandelt hat.

Abbildung 5: Anteil der Patente am DPMA und einem anderen internationalen Patentamt an allen Anmeldungen am DPMA



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Im internationalen Vergleich zeigt sich jedoch auch, dass andere entwickelte Innovationsnationen wie Japan und die USA zwischen 2010 und 2012 ihre gesunkenen Patentanmeldezahlen aus der Finanzkrise nachgeholt zu haben scheinen (siehe Abbil-

dung 1). Es deuten sich am aktuellen Rand auch für die USA und Japan erneute Stagnationen bzw. zumindest ein Rückgang des starken Wachstums zwischen 2010 und 2012 an, was wiederum die Folgerung nahelegt, dass das Wachstum zwischen 2010 und 2012 in erster Linie Nachholeffekte waren, die es in Deutschland nicht gibt, weil es patentstatistisch kaum eine (Patent-)Krise gab. Insgesamt gesehen, muss jedoch beobachtet werden, ob und wie stark sich der hier beschriebene Effekt tatsächlich zeigt und ob er – besonders vor dem Hintergrund einer zunehmend globalisierten Wirtschaft – auch in anderen Ländern zu beobachten ist.

Ein zweiter Erklärungsansatz der deutlich gestiegenen Patentzahlen in den USA, aber auch in Japan, das traditionell mit seinem Patentverhalten stark auf den U.S.-amerikanischen Markt ausgerichtet ist, leitet sich aus der Änderung des Patentsystems in den USA ab. Mit dem Leahy-Smith America Invents Act (AIA) wurden einige wichtige Änderungen im U.S.-amerikanischen Patentsystem durchgeführt, die u.a. das System den europäischen (bzw. weltweit verbreiteten) Ausgestaltungen in Teilen nähergebracht hat. Die zwei in dem hier interessierenden Zusammenhang wichtigsten Veränderungen durch den AIA waren: (1) Übergang von einem first-to-invent zu einem first-to-file-Prinzip. First-to-file bedeutet, dass derjenige Patentanmelder das Patent erteilt bekommt, der zuerst die Patentanmeldung durchführt und nicht, wer (nachweislich) behauptet, als erster die Erfindung gemacht zu haben. Dies wird über den Datumstempel der Erstanmeldungen (ggf. sogar inklusive der Uhrzeit) bestimmt. (2) Es wurde ein Einspruchsverfahren nach Patenterteilung ähnlich dem am Europäischen Patentamt üblichen Verfahren eingeführt. Da Dritte nur schwer in den Prozess der Patenterteilung Einblick erhalten können und letztendlich erst mit der Erteilung und der Veröffentlichung des (erteilten) Patents die Patentansprüche und die Implikationen der Erfindung beurteilen können, ermöglicht das Einspruchsverfahren (Opposition) es Dritten, Bedenken anzumelden, ohne gleich einen aufwendigen und kostspieligen Rechtsstreit zur Löschung des Patents anstrengen zu müssen (für Implikationen der Einführung der "post-grant opposition" in den USA siehe bspw. (Graham und Harhoff 2014; Graham et al. 2003).

Insgesamt wurden diese Änderungen von einigen Patentanmeldern bzw. Unternehmen als weniger günstig als das bis dahin bestehende Patentsystem eingestuft, weshalb sie noch vor dem Inkrafttreten bzw. in der Übergangsphase eine Vielzahl an Patenten unter dem alten System angemeldet hatten. Dies hat zu statistischen Sondereffekten in den Jahren 2012 und 2013 geführt (siehe Abbildung 1). Die Werte für 2014 sind für die USA und auch Japan niedriger und erreichen eher ein Niveau wie im Jahr 2011, das in etwa dem Vorkrisenniveau entspricht. Sieht man also die Jahre 2012 und 2013 als Sondereffekte an, so kann man auch für die USA und Japan, ähnlich wie für Deutschland, von einer Stagnation der Patentanmeldezahlen sprechen. Mit dieser Perspektive

wird somit ebenfalls die These des reduzierten Patentrennens bzw. einem verhalteneren strategischen Patentieren im Nachgang der Finanzkrise gestützt. Der enorme Aufschwung in den genannten Ländern unmittelbar nach der Krise kann daher noch deutlicher als Nachholeffekt bezeichnet werden. Insgesamt lässt sich daraus schlussfolgern, dass die etablierten Innovationsnationen in einen stabilen, stationären Zustand übergegangen sind. Die deutsche Entwicklung ist vor diesem Hintergrund nicht als Sonderentwicklung zu bewerten.

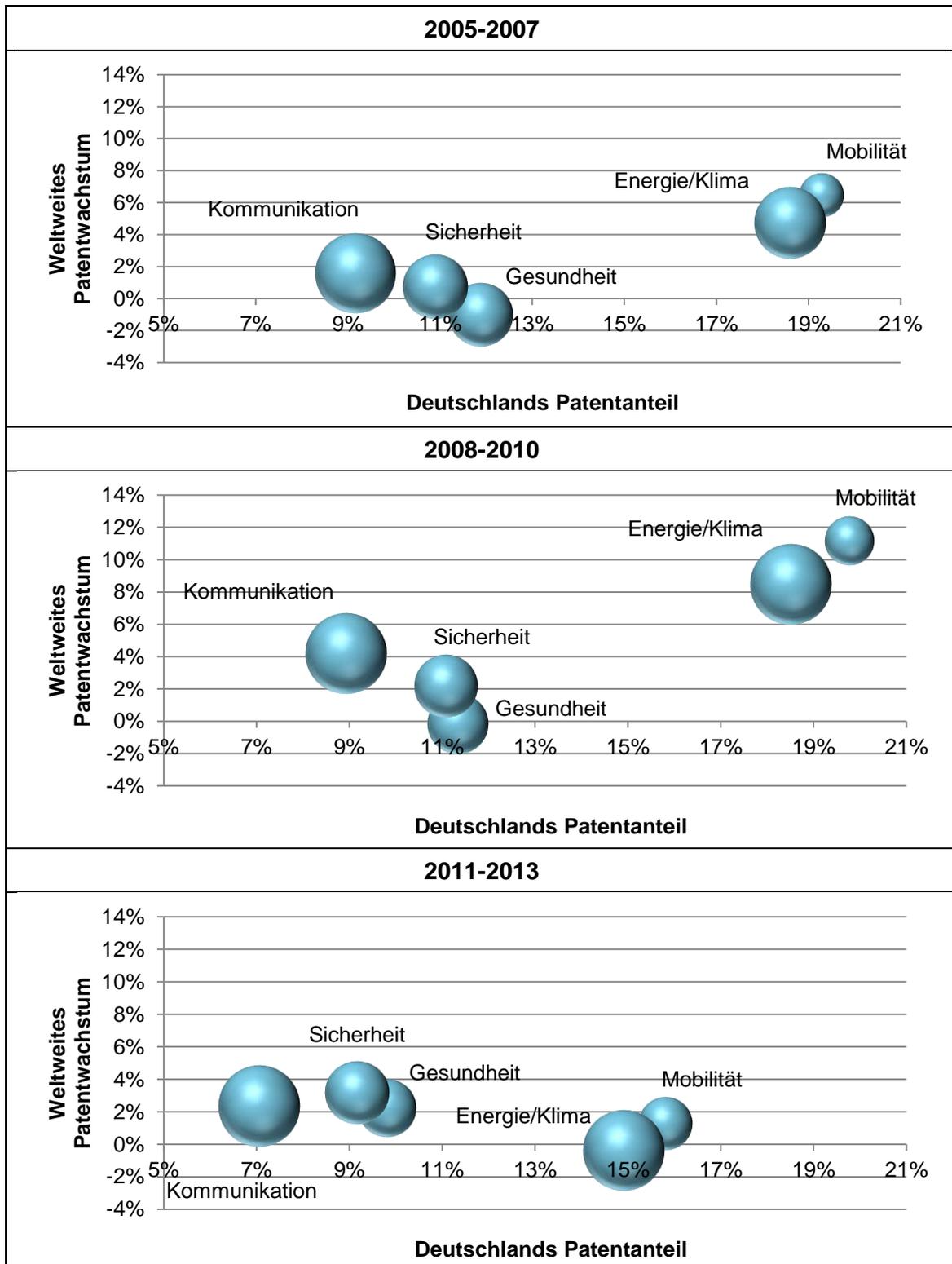
3.4 Rückgang der Wettbewerbsfähigkeit

Der vierte Erklärungsansatz zielt unmittelbar auf die Frage ab, ob die Hightech-Strategie die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands – wir werden auch empirische Belege für die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit liefern – hat positiv begünstigen können. Wenn also die Stagnation der Patentzahlen in Deutschland auf einen Verlust der Leistungsfähigkeit des deutschen Innovationssystems zurückzuführen ist, dann wirft dies kein gutes Licht auf die Hightech-Strategie.

Als Ausgangspunkt dient die Erhöhung der FuE-Aufwendungen öffentlicher und privater Akteure in der Zeit zwischen 2006 und 2014. Die Hightech-Strategie hat aber nicht nur bezüglich der Mittel, sondern auch bezüglich der Themen und Schwerpunkte neue Akzente gesetzt. So wurden insbesondere mit der Hightech-Strategie 2020 die Missionsorientierung und damit die Ausrichtung an fünf globalen Herausforderungen eingeführt.

Will man nun aber die Wirkung der Hightech-Strategie in Bezug auf die technologische Leistungsfähigkeit mithilfe von Patenten abschätzen, dann bietet der generelle Zugang über die Gesamtzahlen keine zufriedenstellenden Antworten. Man kann jedoch die Entwicklung der durch die Hightech-Strategie adressierten Themenfelder (Bedarfsfelder) bewerten. Da die Leistungsplansystematik, die zumindest den öffentlichen Input über die FuE-Ausgaben erfasst, mit ökonomischen Kenngrößen nicht kompatibel ist, ist dies lediglich auf Basis der Entwicklung des Outputs und nicht etwa der Relation von Output und Input möglich. Mit anderen Worten, man kann zwar innerhalb der Themen Effekte beim Output abbilden (Effektivität), es ist jedoch nicht möglich, sie den zugehörigen Aufwendungen gegenüberzustellen (Effizienz).

Abbildung 6: Entwicklung der Patentanmeldungen in den fünf Bedarfsfeldern der Hightech-Strategie



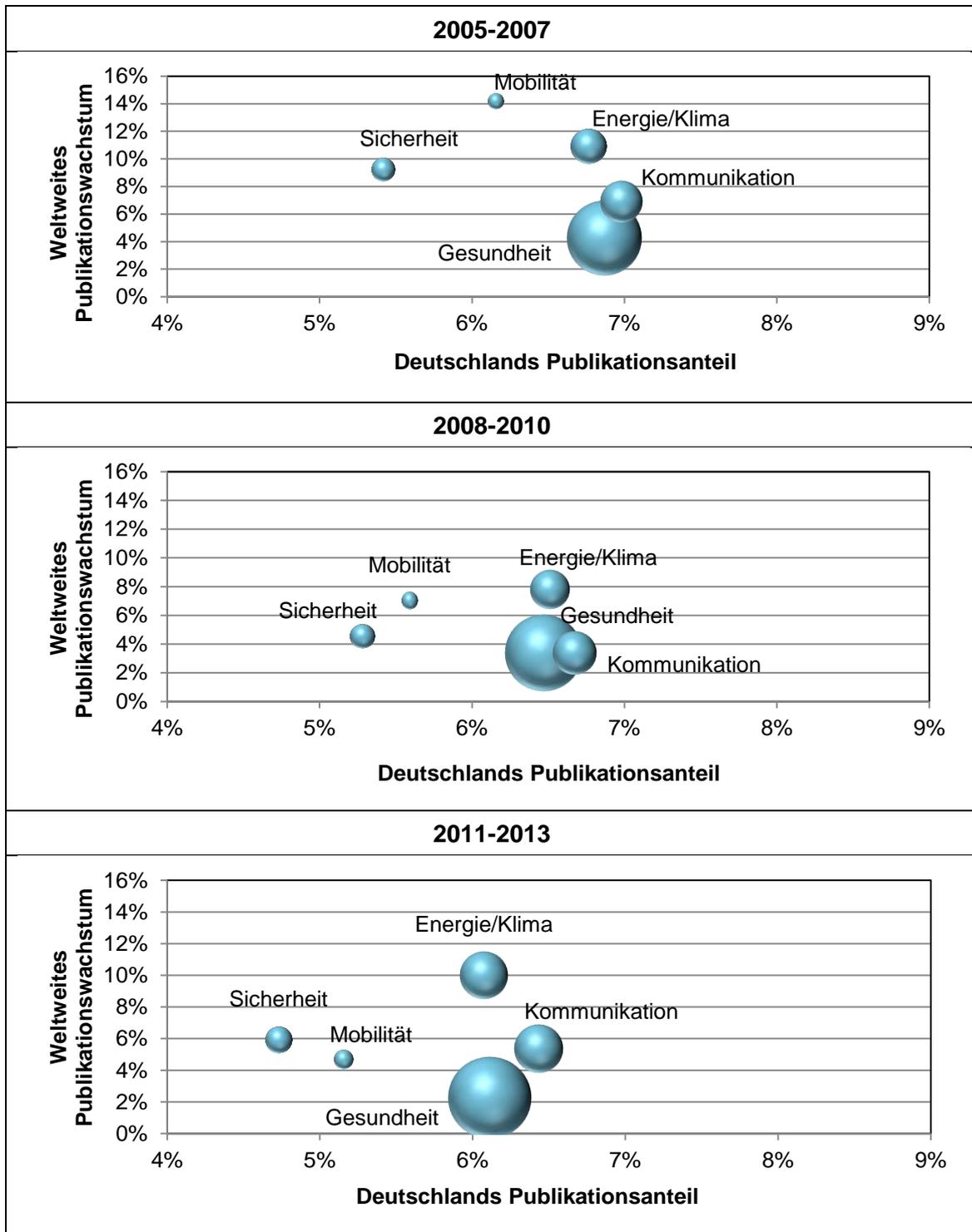
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

In Abbildung 6 ist zunächst die Entwicklung des deutschen Patentanteils (x-Achse) sowie des weltweiten Wachstums (y-Achse) und die absolute Größe der Bedarfsfelder der Hightech-Strategie aus dem Jahr 2010 dargestellt. Mit der neuen Hightech-Strategie aus dem Jahr 2014 wurden zwar die Bedarfsfelder anders abgegrenzt, die darunterliegenden Zukunftsprojekte wurden jedoch beibehalten, weshalb die ursprüngliche Abgrenzung für die Analyse weiterhin genutzt werden kann.

Aus Abbildung 6 wird ersichtlich, dass sich der deutsche Patentanteil in den Jahren 2008-2010 im Vergleich zur Periode 2005-2007 nur marginal verändert hat. Einzig im Bedarfsfeld Mobilität können leichte Steigerungen verzeichnet werden. Jedoch hat sich das weltweite Patentwachstum in diesen Jahren durchaus positiv verändert. Insgesamt lassen sich im Bedarfsfeld Mobilität sowie in den Bereich Energie/Klima und Kommunikation weltweit höhere Wachstumsraten als in der Vorperiode errechnen. In den Feldern Sicherheit und Gesundheit sind jedoch kaum Wachstumssteigerungen erkennbar. Wie bereits erwähnt, kann dies zumindest zum Teil auf die Finanzkrise zurückgeführt werden. In den Jahren 2011-2013 jedoch kommt es in allen Bedarfsfeldern der Hightech-Strategie zu einem Rückgang des deutschen Patentanteils. Dies kann durch eine Ausweitung der Patentanmeldungen anderer internationaler Wettbewerber erklärt werden, ist jedoch auch eine Folge der Stagnation der deutschen Anmeldungen insgesamt. Neben diesem Trend ist zudem ein Absinken des weltweiten Patentwachstums in diesen Feldern erkennbar. Einzig die Themen Sicherheit und Gesundheit konnten leicht an Wachstum zulegen, während vor allem die Bedarfsfelder Energie/Klima und Mobilität an Dynamik verlieren. Deutschland hat sich hier also früher als der weltweite Trend auf einen Rückgang bzw. ein Sinken der Wachstumsraten eingestellt.

Ähnliche Trends lassen sich auch in der Publikationsstatistik, also im Output der Wissenschaftseinrichtungen, erkennen. Hier bleibt der Publikationsanteil Deutschlands zwischen 2005-2007 und 2008-2010 in allen Feldern, mit Ausnahme der Mobilität, stabil. Gleichzeitig sinkt das weltweite Publikationswachstum in den Feldern Mobilität, Energie/Klima sowie in der Kommunikation. In der Periode 2011-2013 zeigt sich weltweit eine stärkere Dynamik in den Feldern Energie/Klima, Sicherheit und Kommunikation. Jedoch ist auch hier in allen Feldern ein leichter Rückgang des deutschen Publikationsanteils festzustellen. Es bietet sich einmal mehr die Erklärung der Ausweitung der Publikationsaktivitäten anderer Volkswirtschaften, allen voran Chinas, an, vor allem da die absoluten Publikationszahlen Deutschlands stetig ansteigen. Jedoch scheint das Wachstum des deutschen Forschungsoutputs nicht auszureichen, um entsprechende Anteile im internationalen Vergleich zu vergrößern.

Abbildung 7: Entwicklung der wissenschaftlichen Zeitschriftenveröffentlichungen in den fünf Bedarfsfeldern der Hightech-Strategie



Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Diese Zahlen legen also zumindest in Teilen nahe, dass Deutschland im internationalen Wettbewerb leicht an Boden verliert, trotz steigender FuE-Investitionen. Die Hightech-Strategie konnte zwar nicht erreichen, dass Deutschland das weltweite Wachstum mitgehen konnte. Es gab jedoch eine deutliche Orientierung auf Qualität und Kooperation, wo Deutschland sich erfolgreich entsprechend der Ziele entwickeln konnte (Exzellenzinitiative, Pakt für Forschung und Innovation).

4 Zusammenfassende Schlussfolgerungen

Das Ziel dieses Kapitels des Berichts ist es, die Entwicklung der Patentanmeldungen aus Deutschland anhand der weltweiten und in relevanten Vergleichsländern vorliegender Trends einzuordnen, um so die Frage zu beantworten, ob und wie Patente zur Untersuchung der Entwicklung des Innovationsoutputs im Rahmen der Hightech-Strategie herangezogen werden können.

Die Patentzahlen in Deutschland waren zwar während der Finanzkrise weniger stark gesunken als in den meisten anderen Ländern, hatten sich jedoch im Nachgang der Krise weniger dynamisch entwickelt und stagnieren in den letzten Beobachtungsjahren sogar. Demgegenüber haben Länder wie die USA und Japan während der Krise die Anmeldezahlen deutlicher zurückgefahren, allerdings im Nachgang der Krise auch dynamischer zugelegt. Beide Länder hatten erst am aktuellen Rand eine Verlangsamung der Zahlen zu verzeichnen. Es stellte sich somit einerseits die Frage, ob Deutschland in den letzten Jahren an technologischer Wettbewerbsfähigkeit eingebüßt hat. Andererseits stellt sich die Frage, ob sich die Patente am aktuellen Rand für eine Bewertung der Entwicklung der technologischen Leistungsfähigkeit und damit auch der Effekte der Hightech-Strategie ohne Weiteres eignen.

Vier Erklärungen für den Rückgang bzw. die Stagnation der deutschen Patentanmeldungen wurden untersucht. Erstens wurde überprüft, ob sich ein genereller Strukturwandel weg von weniger patent- oder weniger forschungsintensiven Technologien in den Patentanmeldungen deutscher Unternehmen zeigt. Mit Ausnahme der Branchen Chemie/Pharma, die mit Umstrukturierungen und Veränderungen innerhalb der Branche an sich erklärt werden konnte, ließ sich kein eindeutiges Muster ableiten. Es ist keinesfalls so, dass sich ein genereller Trend hin zu forschungsintensiven Technologien zeigt.

Als zweiter Erklärungsansatz wurde der Frage nachgegangen, ob einige wenige Großunternehmen ihr Patentportfolio bzw. ihr Patentierungsverhalten geändert haben und diese Veränderung dann aufgrund der Bedeutung für die Gesamtzahlen entsprechend für Deutschland insgesamt durchschlägt. Auch hierfür konnten keine Indizien gefunden

werden. Im Gegenteil haben die großen FuE-Betreiber und Patentanmelder die Anteile an den gesamten deutschen Patentanmeldungen im Beobachtungszeitraum sogar ausgeweitet. Es wurde daher geschlussfolgert, dass gerade kleine und mittelgroße Unternehmen bzw. mittelgroße Patentanmelder ihr Engagement reduziert und fokussiert haben, was mit dem Ergebnis eines Rückgangs der Innovatorenquote, wie er in der Innovationserhebung nachgewiesen wurde, konform geht.

Drittens wurde untersucht, ob sich ein verändertes Patentierverhalten zeigt, insbesondere eine Verlangsamung des Patentrennens und ein Rückzug aus dem sogenannten "strategischen Patentieren" hin zu einer zielgerichteteren Patentierung zeigt. Hierfür wurden starke Indizien gefunden, die jedoch anhand der vorliegenden Daten nicht abschließend geprüft werden konnten. Hierzu wären Interviews oder eine Primärerhebung bei Unternehmen notwendig.

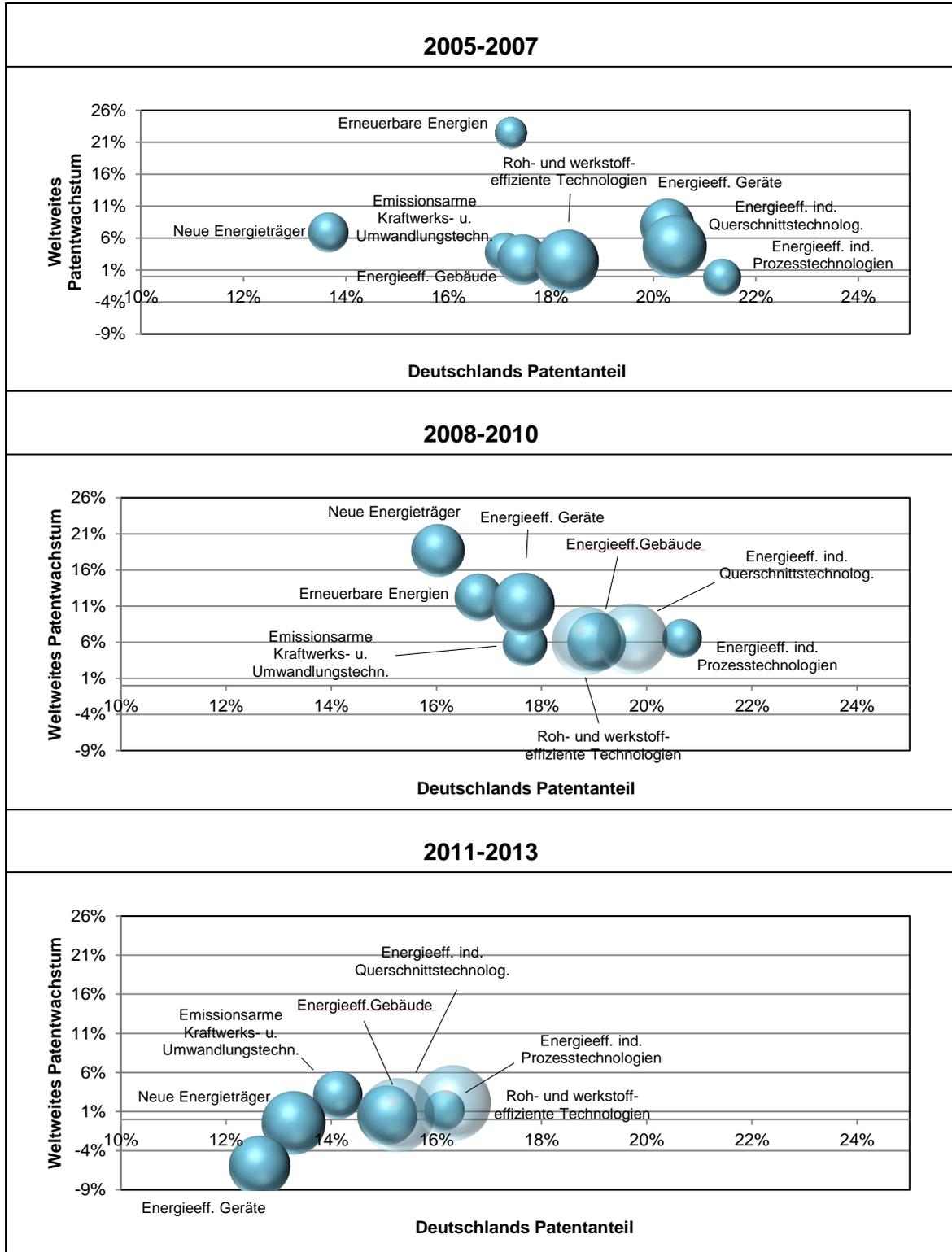
Viertens schließlich wurde untersucht, ob sich die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands negativ entwickelt hat. Würde man die drei anderen Erklärungsansätze außer Acht lassen, dann müsste man sicher zu diesem Schluss kommen. Da aber Verschiebungen innerhalb des Patentsystems vorliegen, lässt sich dieser Schluss nicht ziehen. Sicherlich verändert sich die relative Position Deutschlands im Vergleich zu aufholenden Volkswirtschaften wie China, Südkorea oder auch Indien. Ein genereller Verlust der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber traditionellen Wettbewerbern wie bspw. Frankreich, Großbritannien oder auch der Schweiz zeigt sich jedoch keinesfalls. Auch die zwischenzeitlich größere Dynamik in den USA und Japan lässt sich mit Nachholeffekten aus der Finanzkrise und Sondereffekten aus der Umstellung des Patentsystems in den USA erklären.

Was nun aber die Kernfrage nach der Bewertung des Outputs der Hightech-Strategie anhand von Patenten angeht, so lässt sich auch hier keine eindeutige Aussage treffen. Eine strikte kausale Bewertung der Hightech-Strategie ist anhand der vorliegenden Daten nicht möglich. Es gibt jedoch deutliche Hinweise in den Daten, dass die Hightech-Strategie – und damit die Innovationspolitik der Bundesregierung – in ihrer ersten Phase zur Stärkung der technologischen Basis deutlich beigetragen hat. Die Positionierung der deutschen Volkswirtschaft in den Bedarfsfeldern und Themen der Hightech-Strategie hat sich bis in die Finanzkrise hinein sehr positiv entwickelt. Auch finden sich Indizien, dass die deutsche Innovationspolitik wesentlich dazu beigetragen hat, dass die deutsche Volkswirtschaft auch während der Krise deutlich geringere negative Trends verzeichnen musste als beispielsweise die USA, Japan oder selbst China und Südkorea, wenn man in dieser Phase das Abweichen von den generellen Trends betrachtet. Deutschland konnte sowohl bei FuE- wie auch bei Patentanmeldungen auch in Zeiten der Krise noch ein hohes Niveau beibehalten.

In der zweiten (und auch dritten) Phase, also ab dem Jahr 2010, hat die Hightech-Strategie einen Strukturwandel gestützt bzw. befördert. Insbesondere zeigt sich eine Aufwertung/Erweiterung der bestehenden Stärken beispielsweise in den Bereichen Maschinen-, Fahrzeugbau und Elektrotechnik sowie in einzelnen Themenbereichen wie beispielsweise neue Materialien oder auch Elektromobilität. Auch hat es den Anschein, als würden deutsche Unternehmen in der Zeit seit dem Ende der Finanzkrise nicht nur zielgerichteter und fokussierter Patente anmelden, sondern dabei die internationale Orientierung und die Stärkung der Präsenz auf internationalen Märkten noch deutlicher im Blick behalten. Die Anzahl der Patente stagniert zwar bzw. geht leicht zurück. Gleichzeitig steigen die durchschnittliche Patentfamiliengröße und damit die Abdeckung internationaler Märkte an. Bezogen auf die Entwicklung des Publikationsoutputs der Wissenschaft konnte die Hightech-Strategie zwar nicht erreichen, dass Deutschland das weltweite Wachstum mitgehen konnte. Es gab aber auch diesbezüglich eine deutliche Orientierung auf Qualität und Kooperation/Austausch, wo Deutschland sich erfolgreich entsprechend der Ziele – bspw. Exzellenzinitiative, PFI – entwickeln konnte (Schmoch et al. 2016).

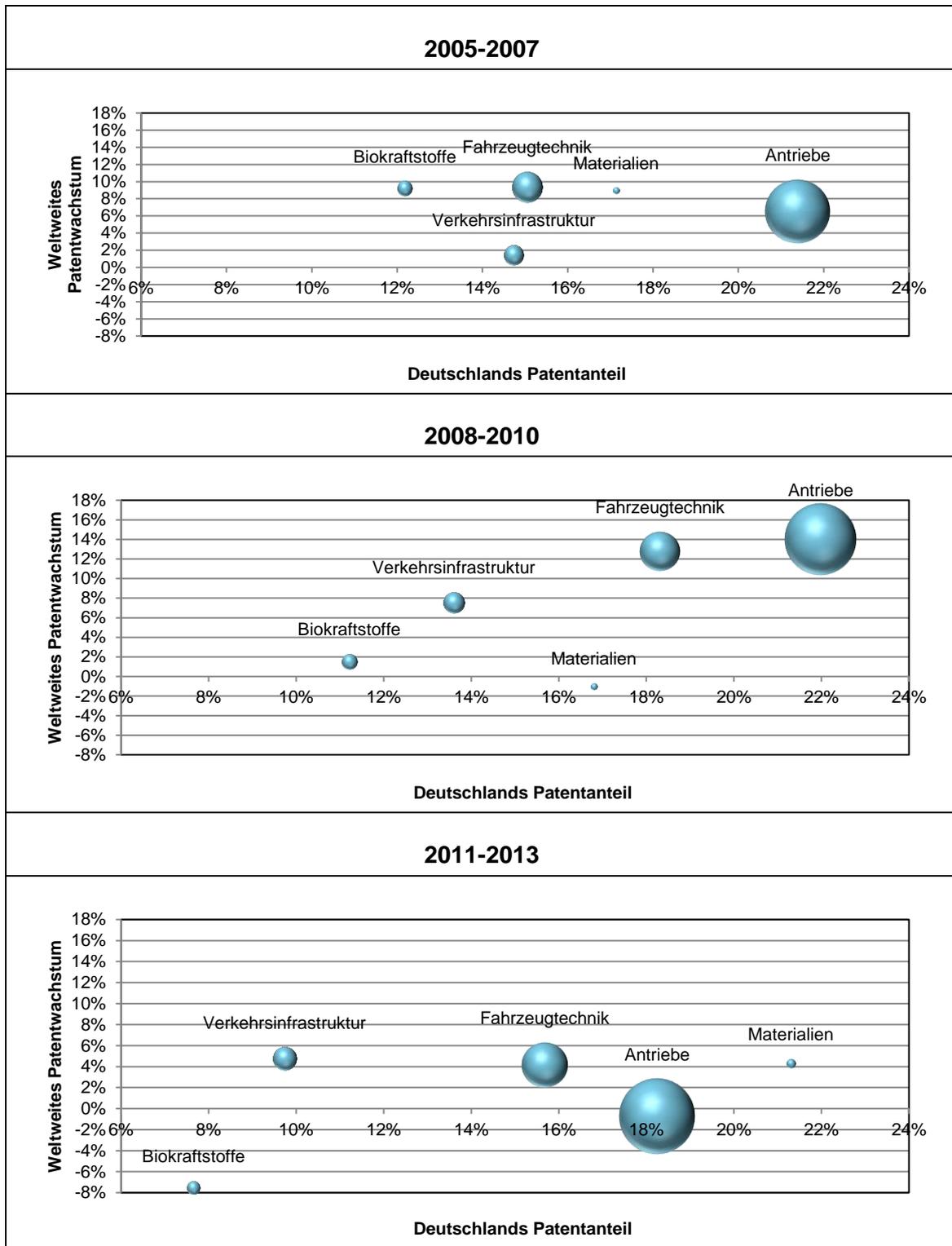
Summa summarum: Die technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands bleibt hoch. Hierzu hat die Hightech-Strategie sicherlich einen wesentlichen Beitrag geleistet. Gleichzeitig setzte wohl ein verändertes Patentverhalten bzw. eine veränderte Nutzung von Patenten im Nachgang zur Finanzkrise ein, das in den traditionellen Industrienationen zu einer Stagnation der Patente – von Sondereffekten abgesehen – führte. Eine Bewertung der Hightech-Strategie anhand von Patenten wird dadurch überlagert und ist nicht abschließend möglich.

Abbildung 8: Entwicklung der Patentanmeldungen innerhalb des Bedarfsfelds Energie/Klima



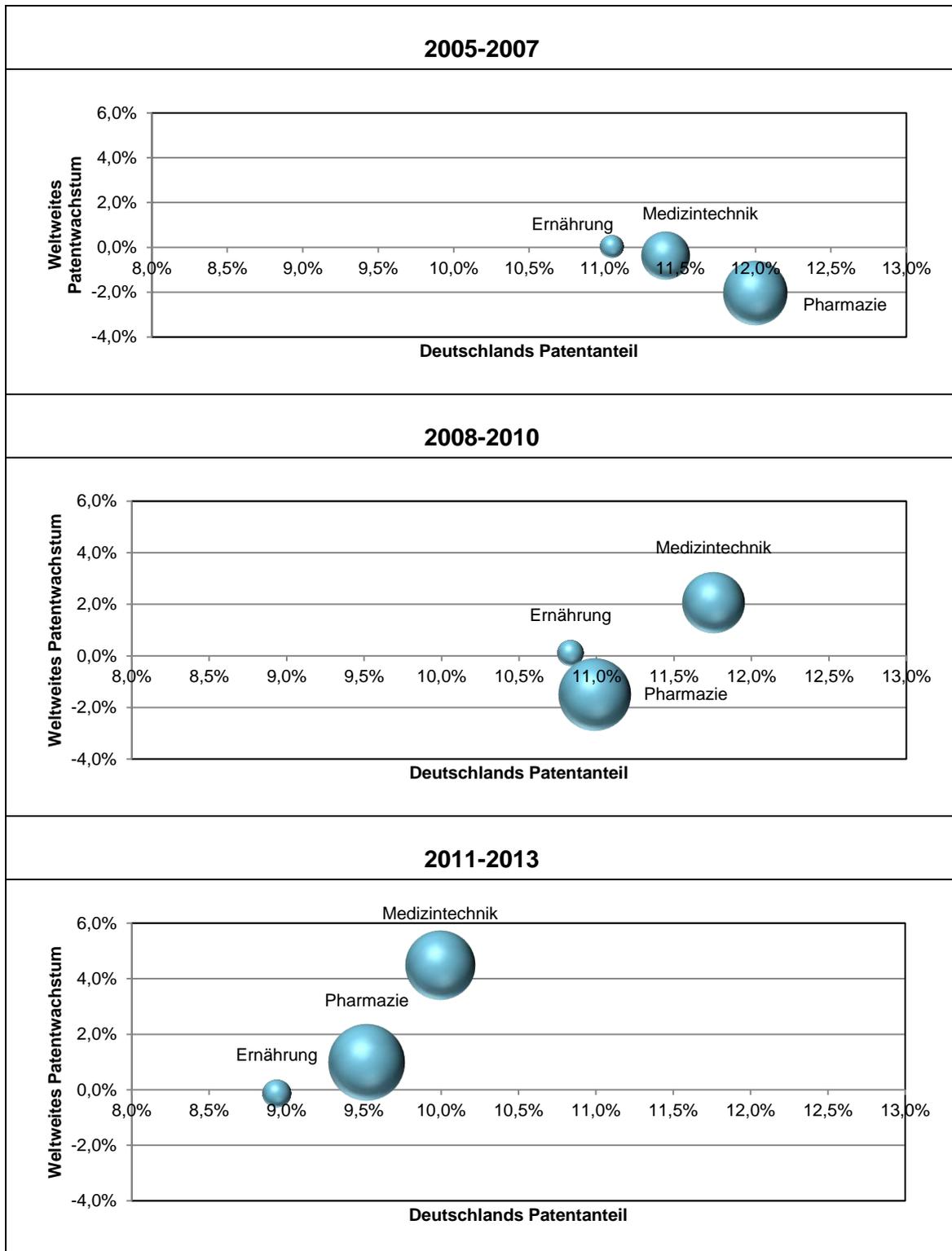
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 9: Entwicklung der Patentanmeldungen innerhalb des Bedarfsfelds Mobilität



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 10: Entwicklung der Patentanmeldungen innerhalb des Bedarfsfelds Gesundheit



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Literatur

- Blind, K.; Edler, J.; Frietsch, R.; Schmoch, U. (2006): Motives to patent: Empirical evidence from Germany. *Research Policy*, 35, 655-672.
- Blind, K.; Edler, J.; Frietsch, R.; Schmoch, U. (2003): *Erfindungen kontra Patente. Schwerpunktstudie "Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands"*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Ed.) (2007): *Die Hightech-Strategie für Deutschland – Erster Fortschrittsbericht*. Bonn, Berlin: BMBF.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Ed.) (2012): *Bundesbericht Forschung und Innovation 2012*. Berlin: BMBF.
- Cohen, W.M.; Levinthal, D.A. (1990): Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35, 128-152.
- Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Ed.) (2012): *Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit 2012*. Berlin: EFI.
- Frietsch, R.; Schmoch, U. (2010): Transnational Patents and International Markets. *Scientometrics*, 82, 185-200.
- Gehrke, B.; Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Rammer, C. (2013): *Neuabgrenzung forschungsintensiver Industrien und Güter - NIW/ISI/ZEW-Listen 2012* (Studien zum deutschen Innovationssystem No. 8-2013), Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.). Berlin.
- Graham, S.J.H.; Harhoff, D. (2014): Separating patent wheat from chaff: Would the US benefit from adopting patent post-grant review? *Research Policy*, 43, 1649-1659.
- Graham, S.G.H.; Hall, B.H.; Harhoff, D.; Mowery, D.C. (2003): Post-Issue Patent Quality Control: A Comparative Study of US Patent Re-Examinations and European Patent Oppositions. In: Cohen, W.M.; Merrill, S.A. (Eds.): *Patents in the Knowledge-Based Economy*. Washington: The National Academies Press, 74-119.
- Griliches, Z. (1981): Market Value, R&D and Patents. *Economics Letters*, 7, 187.
- Grupp, H.; Legler, H.; Jungmittag, A.; Schmoch, U. (2000): *Hochtechnologie 2000. Neudefinition der Hochtechnologie für die Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands*. Karlsruhe/Hannover: Fraunhofer ISI, NIW.

- Hall, B.H.; Jaffe, A.; Trajtenberg, M. (2001): *Market Value and Patent Citations: A First Look* (NBER Working Paper No. 7741). Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Harhoff, D.; Narin, F.; Scherer, F.M.; Vopel, K. (1999): Citation frequency and the value of patented inventions. *Review of Economics and Statistics*, 81, 511-515.
- Harhoff, D.; Scherer, F.M.; Vopel, K. (2003): Citations, Family Size, Opposition and the Value of Patent Rights. *Research Policy*, 32, 1343-1363.
- Janz, N.; Licht, G.; Doherr, T. (2001): Innovation Activities and European Patenting for German Firms, Proceedings of the Annual Conference of the European Association of Research of Industrial Economics (EARIE), 30.8.- 2.9. Dublin: EARIE.
- Legler, H.; Frietsch, R. (2007): *Neuabgrenzung der Wissenswirtschaft - forschungsin- intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen (NIW/ISI-Listen 2006)* (Studien zum deutschen Innovationssystem No. 22-2007). Hannover, Karlsruhe: NIW, Fraunhofer ISI.
- Martinez, C. (2009): *Insight into different types of patent families*. Madrid: CSIC- Institute of Public Goods and Policies.
- Neuhäusler, P.; Frietsch, R.; Mund, C.; Eckl, V. (2016a): Identifying the technology profiles of R&D performing firms - A matching of R&D and patent data. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S021987701740003X>.
- Neuhäusler, P.; Schubert, T.; Frietsch, R.; Blind, K. (2016b): Managing portfolio risk in strategic technology management: evidence from a panel data-set of the world's largest R&D performers. *Economics of Innovation and New Technology*, 25, 651-667.
- Neuhäusler, P.; Frietsch, R.; Rothengatter, O. (2014a): *Patent Applications - Structures, Trends and Recent Developments 2013* (Studien zum deutschen Innovationssystem No. 4-2014), Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.). Berlin.
- Neuhäusler, P.; Rothengatter, O.; Frietsch, R. (2014b): *Patent Applications - Structures, Trends and Recent Developments 2013* (Studien zum deutschen Innovationssystem No. 4-2014), Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.). Berlin.
- Neuhäusler, P. (2012): The Use of Patents and Informal Appropriation Mechanisms - Differences Between Sectors and Among Companies. *Technovation*, 681-193.

- Neuhäusler, P.; Frietsch, R. (2012): Patent Families as Macro Level Patent Value Indicators - Applying Weights to Account for Market Differences. *Scientometrics*, 96, 27-49.
- Ophem, H.v.; Brouwer, E.; Kleinknecht, A.; Mohnen, P. (2002): The Mutual Relation between Patents and R&D. In: Kleinknecht, A. and Mohnen, P. (Eds.): *Innovation and Firm Performance*. New York: Palgrave, 56-72.
- Rammer, C. (2008): *Unternehmensdynamik den forschungs- und wissensintensiven Wirtschaftszweigen in Deutschland* (Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 5-2008) Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.). Berlin.
- Rammer, C.; Berger, M.; Doherr, T.; Hud, M.; Hünermund, P.; Iferd, Y.; Peters, B.; Schubert, T. (2016): *Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft - Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2015*. Mannheim: ZEW.
- Rammer, C.; Peters, B. (2010): *Innovationsverhalten der Unternehmen in Deutschland 2008* (Studien zum deutschen Innovationssystem No. 15-2010), Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.). Berlin.
- Schmoch, U.; Gruber, S.; Frietsch, R. (2016): *5. Indikatorbericht Bibliometrische Indikatoren für den PFI Monitoring Bericht 2015. Hintergrundbericht für das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)*. Karlsruhe, Berlin, Bielefeld.
- Schubert, T.; Rammer, C. (2016): *Concentration on the Few? R&D and Innovation in German Firms 2001 to 2013* (Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis). Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2013): *FuE-Datenreport 2013 - Analysen und Vergleiche*. Essen: SV Wissenschaftsstatistik GmbH.
- Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2015): *Arendi - Forschung und Entwicklung in der Wirtschaft 2013*. Essen: SV Wissenschaftsstatistik GmbH.
- Trajtenberg, M. (1990): A penny for your quotes: patent citations and the value of innovation. *Rand Journal of Economics*, 21, 172-187.
- Van Pottelsberghe De La Potterie, B.; Van Zeebroeck, N. (2008): A brief history of space and time: The scope-year index as a patent value indicator based on families and renewals. *Scientometrics*, 75, 319-338.