

Rainer Frietsch, Peter Neuhäusler, Oliver Rothengatter

## **Strategische Forschung**

### **Eine Analyse zu den operativen Schwerpunkten der Baden- Württemberg Stiftung**

Karlsruhe, November 2013

Dieser Bericht wurde im Auftrag der Baden-Württemberg Stiftung erstellt. Die in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse und Interpretationen liegen in der alleinigen Verantwortung des durchführenden Instituts.

## Impressum

Herausgeberin:  
Baden-Württemberg Stiftung gGmbH  
Kriegsbergstraße 42  
70174 Stuttgart  
[www.bwstiftung.de](http://www.bwstiftung.de)

Verantwortlich:  
Rudi Beer

Autoren:  
Rainer Frietsch, Peter Neuhäusler, Oliver Rothengatter

unter Mitarbeit von:  
Nadine Bethke, Alexander Feidenheimer

Redaktion:  
Christina Schmedes

Konzeption und Gestaltung:  
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI  
spp. Werbeagentur GmbH, Umschlaggestaltung

© Baden-Württemberg Stiftung gGmbH, 2013  
Schriftenreihe der Baden-Württemberg Stiftung, Forschung Nr. 70

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.  
ISBN: 978-3-8396-0639-1

Druck und Weiterverarbeitung:  
IRB Mediendienstleistungen  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Stuttgart

Für den Druck des Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

FRAUNHOFER VERLAG, 2013  
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB  
Postfach 800469, 70504 Stuttgart  
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart  
Telefon 0711 970-2500  
Telefax 0711 970-2508  
E-Mail [verlag@fraunhofer.de](mailto:verlag@fraunhofer.de)  
URL <http://verlag.fraunhofer.de>

### Hinweis:

Bei allen Bezeichnungen, die auf Personen bezogen sind, meint die gewählte Formulierung beide Geschlechter, auch wenn aus Gründen der leichteren Lesbarkeit nur die männliche Form erwähnt wird.

### Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften. Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

## Inhalt

<b>Vorwort der Baden-Württemberg Stiftung</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Einleitung</b> .....	<b>11</b>
<b>Teil I: Gesamtergebnisse für Baden-Württemberg</b> .....	<b>15</b>
<b>3 Die wissenschaftliche und technologische Wettbewerbsfähigkeit Baden-Württembergs</b> .....	<b>17</b>
3.1 Publikationen .....	17
3.1.1 Die wissenschaftlichen Publikationen Baden-Württembergs im weltweiten Vergleich .....	18
3.1.2 Die fünf operativen Schwerpunktthemen.....	27
3.2 Patente.....	37
3.3 Zusammenfassende Schlussbemerkungen zur wissenschaftlichen und technologischen Leistungsfähigkeit Baden-Württembergs.....	47
<b>4 Die Regionen in Baden-Württemberg</b> .....	<b>49</b>
<b>5 Internationale Zusammenarbeit und internationale Märkte</b> .....	<b>67</b>
5.1 Internationale Kooperationsstrukturen der wissenschaftlichen Forschung – Ko-Publikationen .....	69
5.1.1 Trends internationaler Ko-Publikationen .....	69
5.1.2 Internationale Ko-Publikationen – Eine soziale Netzwerkanalyse .....	74
5.2 Internationale Kooperationsstrukturen in der anwendungsnahen Forschung und Entwicklung – Ko-Patente .....	88
5.2.1 Trends internationaler Ko-Patentierung.....	88
5.2.2 Ko-Patentierung – Eine soziale Netzwerkanalyse.....	92
5.3 Internationalisierung der Märkte .....	103
5.3.1 Internationalisierungsquote und Patentfamilien.....	103
5.3.2 Die patentspezifische Internationalisierung Baden-Württembergs – Eine multivariate Analyse.....	106
5.4 Zusammenfassung und Diskussion.....	108
<b>6 Frauen in Wissenschaft und Forschung</b> .....	<b>111</b>

---

<b>Teil II: Die differenzierte Betrachtung der fünf Schwerpunktthemen</b> .....	<b>123</b>
<b>7 Lebenswissenschaften und Gesundheit</b> .....	<b>125</b>
7.1    Publikationen.....	125
7.2    Patente .....	129
7.3    Internationalisierung.....	133
7.4    Zusammenfassung.....	134
<b>8 Informations- und Kommunikationstechnologien</b> .....	<b>135</b>
8.1    Publikationen.....	135
8.2    Patente .....	141
8.3    Internationalisierung.....	144
8.4    Zusammenfassung.....	144
<b>9 Energie und Klimawandel</b> .....	<b>147</b>
9.1    Publikationen.....	147
9.2    Patente .....	151
9.3    Internationalisierung.....	155
9.4    Zusammenfassung.....	155
<b>10 Nachhaltige Mobilität</b> .....	<b>157</b>
10.1    Publikationen.....	157
10.2    Patente .....	161
10.3    Internationalisierung.....	167
10.4    Zusammenfassung.....	168
<b>11 Ressourcenschonung und Umweltschutz</b> .....	<b>169</b>
11.1    Publikationen.....	169
11.2    Patente .....	170
11.3    Internationalisierung.....	174
11.4    Zusammenfassung.....	175
<b>Literatur</b> .....	<b>177</b>
<b>Anhang Methoden</b> .....	<b>185</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Anzahl wissenschaftlicher Publikationen in Baden-Württemberg, Deutschland und der Welt .....	19
Abbildung 2:	Anteile wissenschaftlicher Publikationen Baden-Württembergs und Deutschlands an den weltweiten Publikationen .....	20
Abbildung 3:	Zitatraten baden-württembergischer, deutscher und weltweiter Publikationen .....	21
Abbildung 4:	Index der zeitschriftenspezifischen Beachtung baden-württembergischer und deutscher Publikationen .....	22
Abbildung 5:	Index der Internationalen Ausrichtung baden-württembergischer, deutscher Publikationen im weltweiten Vergleich .....	23
Abbildung 6:	Anteil Baden-Württembergs an den Publikationen Deutschlands nach Wissenschaftsfeldern .....	24
Abbildung 7:	Spezialisierungsprofil Baden-Württembergs und Deutschlands nach Wissenschaftsfeldern, 2009-2011 .....	26
Abbildung 8:	Anzahl wissenschaftlicher Publikationen in Baden-Württemberg nach Schwerpunktthemen .....	27
Abbildung 9:	Anteile der fünf Schwerpunktthemen an allen Publikationen in Baden-Württemberg, Deutschland und der Welt .....	28
Abbildung 10:	Anteile wissenschaftlicher Publikationen Baden-Württembergs an den deutschen Publikationen nach Schwerpunktthemen .....	29
Abbildung 11:	Anteile wissenschaftlicher Publikationen Baden-Württembergs an den weltweiten Publikationen nach Schwerpunktthemen .....	30
Abbildung 12:	Die wissenschaftlichen Profile von Baden-Württemberg und Deutschland unterhalb der fünf Schwerpunktthemen, 2008-2010 .....	32
Abbildung 13:	Anteile von Zeitschriften- und Konferenzbeiträgen in den Schwerpunktthemen für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt .....	33
Abbildung 14:	Anzahl der Konferenzbeiträge Baden-Württembergs und Deutschlands an den weltweiten Publikationen .....	34
Abbildung 15:	Anteile bei Konferenzbeiträgen Baden-Württembergs und Deutschlands an den weltweiten Publikationen .....	35

Abbildung 16: Anzahl von Konferenzbeiträgen in Baden-Württemberg nach Schwerpunktthemen .....	36
Abbildung 17: Anteile der Schwerpunktthemen an den gesamten Konferenzbeiträgen Baden-Württembergs .....	36
Abbildung 18: Patentanmeldungen in Deutschland aus Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt .....	39
Abbildung 19: Anteile Baden-Württembergs an den deutschen Patentanmeldungen in den fünf Schwerpunktthemen.....	40
Abbildung 20: Transnationale Patentanmeldungen aus Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt .....	40
Abbildung 21: Die Profile Baden-Württembergs und Deutschlands bei transnationalen Patentanmeldungen insgesamt, 2008-2010 .....	42
Abbildung 22: Anteile Baden-Württembergs an den deutschen Patentanmeldungen in den fünf Schwerpunktthemen.....	44
Abbildung 23: Spezialisierung Baden-Württembergs und Deutschlands bei Transnationalen Patenten in den fünf Schwerpunktthemen .....	45
Abbildung 24: Spezialisierung Baden-Württembergs und Deutschlands bei Transnationalen Patenten unterhalb der fünf Schwerpunktthemen .....	46
Abbildung 25: Standorte von Universitäten und Forschungseinrichtungen der Helmholtz-, Max-Planck- und Fraunhofer-Gesellschaft.....	50
Abbildung 26: Anzahl der Publikationen in Baden-Württemberg nach Regionen, 2000-2002 und 2009-2011 .....	51
Abbildung 27: Publikationsintensitäten in Baden-Württemberg, 2009-2011 .....	53
Abbildung 28: Anzahl und Anteile der fünf Schwerpunktthemen an den Publikationen in den Regionen Baden-Württembergs.....	54
Abbildung 29: Anteile der Regionen an allen Publikationen in den fünf Schwerpunktthemen, 2009-2011 .....	55
Abbildung 30: Anzahl der Patente in Baden-Württemberg nach Regionen, 2000-2002 und 2008-2010 .....	59
Abbildung 31: Patentintensitäten in Baden-Württemberg, 2008-2010 .....	61
Abbildung 32: Anzahl und Anteile der fünf Schwerpunktthemen an den Patenten in den Regionen Baden-Württembergs.....	62
Abbildung 33: Anteile der Regionen an allen Patenten in den fünf Schwerpunktthemen, 2008-2010.....	63

---

Abbildung 34:	Absolute Anzahl der internationalen Ko-Publikationen baden-württembergischer und deutscher Autorinnen und Autoren .....	70
Abbildung 35:	Anteile der Ko-Publikationen Baden-Württembergs und Deutschlands an den jeweiligen Gesamtpublikationen.....	71
Abbildung 36:	Anteile Baden-Württembergs an den gesamten Publikationen und Ko-Publikationen Deutschlands.....	72
Abbildung 37:	Internationale Hauptkooperationspartner Baden-Württembergs und Deutschlands, Anteile der Ko-Publikationen nach Ländern, 2009-2011 .....	73
Abbildung 38:	Nationale Hauptkooperationspartner Baden-Württembergs, Anteile der Ko-Publikationen nach Ländern, 2009-2011.....	74
Abbildung 39:	Nationales und internationales Ko-Publikationsnetzwerk Baden Württembergs, gesamt und nach Schwerpunkten, 2008-2010 .....	76
Abbildung 40:	Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks, alle Felder, 2008-2010.....	81
Abbildung 41:	Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks Gesundheit, 2008-2010 .....	82
Abbildung 42:	Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks IuK, 2008-2010 .....	83
Abbildung 43:	Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks Klima, 2008-2010 .....	84
Abbildung 44:	Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks Mobilität, 2008-2010 .....	85
Abbildung 45:	Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks Umwelt, 2008-2010 .....	86
Abbildung 46:	Anteil internationaler Ko-Patente an allen transnationalen Patentanmeldungen, nach Ländern, 1990-2010.....	89
Abbildung 47:	Internationale Hauptkooperationspartner Baden-Württembergs und Deutschlands, Anteile der Ko-Patente nach Ländern, 2008-2010 .....	90
Abbildung 48:	Anteile internationaler Ko-Patente nach Schwerpunktthemen, 2008-2010.....	91
Abbildung 49:	Anteil internationaler Ko-Patente an allen transnationalen Patentanmeldungen, nach Bundesländern, 2008-2010.....	92

Abbildung 50: Nationales und internationales Ko-Patentierungsnetzwerk Baden-Württembergs, gesamt und nach Schwerpunkten, 2008-2010.....	93
Abbildung 51: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, alle Felder, 2008-2010 .....	96
Abbildung 52: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, Gesundheit, 2008-2010.....	97
Abbildung 53: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, IuK, 2008-2010.....	98
Abbildung 54: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, Klima, 2008-2010 .....	99
Abbildung 55: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, Mobilität, 2008-2010.....	100
Abbildung 56: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, Umwelt, 2008-2010 .....	101
Abbildung 57: Internationalisierungsquote, 2008-2010 .....	104
Abbildung 58: Durchschnittliche Patentfamiliengrößen Baden-Württembergs und Deutschlands .....	105
Abbildung 59: Anteile von Autorinnen an allen Autorinnen und Autoren von wissenschaftlichen Zeitschriftenbeiträgen in Baden-Württemberg und Deutschland .....	113
Abbildung 60: Anteile von Frauen unter den Autorinnen und Autoren in Baden-Württemberg nach Schwerpunktthemen.....	114
Abbildung 61: Anteile von Frauen unter den Autorinnen und Autoren nach Schwerpunktthemen, 2009-2011 .....	115
Abbildung 62: Anteile von Frauen an allen Erfindern .....	116
Abbildung 63: Anteile von Frauen an allen Erfindern in Baden-Württemberg nach Schwerpunktthemen .....	116
Abbildung 64: Anteile von Frauen an allen Erfindern in Baden-Württemberg und Deutschland nach Schwerpunktthemen, 2008-2010.....	117
Abbildung 65: Frauenanteil der Studierenden in ausgewählten technischen und naturwissenschaftlichen Studienbereichen an Hochschulen in Baden-Württemberg seit 1998 .....	118
Abbildung 66: Anteile von Absolventinnen an allen Absolventen in MINT-Bereichen von Hochschulen 2011 .....	120

---

Abbildung 67: Anteile von Frauen an Personen, die in einem wissenschaftlich-technischen Beruf tätig sind – nationaler Vergleich .....	120
Abbildung 68: Anteile von Frauen an Personen, die in einem wissenschaftlich-technischen Beruf tätig sind – internationaler Vergleich .....	121
Abbildung 69: Anzahl der Publikationen im Schwerpunkt Gesundheit, 1996-2011 .....	127
Abbildung 70: Anteile der Publikationen im Schwerpunkt Gesundheit, 1996-2011 .....	128
Abbildung 71: Durchschnittliche Zitatraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt Gesundheit .....	129
Abbildung 72: Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen im Schwerpunkt Lebenswissenschaften und Gesundheit, 1992-2010 .....	131
Abbildung 73: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Gesundheit, 1992-2010 .....	132
Abbildung 74: Internationalisierung der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Gesundheit, 2008-2010 .....	133
Abbildung 75: Anzahl der Publikationen im Schwerpunkt IuK, 1996-2011 .....	138
Abbildung 76: Anteile der Publikationen im Schwerpunkt IuK, 1996-2011 .....	139
Abbildung 77: Durchschnittliche Zitatraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt IuK .....	140
Abbildung 78: Anzahl der Patentanmeldungen im Schwerpunkt IuK, 1992-2010 .....	142
Abbildung 79: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt IuK, 1992-2010 .....	143
Abbildung 80: Internationalisierung der Patentanmeldungen im Schwerpunkt IuK, 2008-2010 .....	144
Abbildung 81: Anzahl der Publikationen im Schwerpunkt Klima, 1996-2011 .....	149
Abbildung 82: Anteile der Publikationen im Schwerpunkt Klima, 1996-2011 .....	150
Abbildung 83: Durchschnittliche Zitatraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt Energie und Klimawandel .....	151

Abbildung 84: Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen im Schwerpunkt Energie, 1992-2010 .....	153
Abbildung 85: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Klima, 1992-2010 .....	154
Abbildung 86: Internationalisierung der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Klima/Energie, 2008-2010 .....	155
Abbildung 87: Anzahl der Publikationen im Schwerpunkt Mobilität, 1996-2011 .....	159
Abbildung 88: Anteile der Publikationen im Schwerpunkt Mobilität, 1996-2011 .....	160
Abbildung 89: Durchschnittliche Zitatraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt Energie und Klimawandel.....	161
Abbildung 90: Anzahl der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Mobilität, 1992-2010 .....	165
Abbildung 91: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Mobilität, 1992-2010 .....	166
Abbildung 92: Internationalisierung der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Mobilität, 2008-2010 .....	167
Abbildung 93: Durchschnittliche Zitatraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt Ressourcenschonung und Umweltschutz.....	170
Abbildung 94: Anzahl der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Umwelt, 1992-2010 .....	172
Abbildung 95: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Umwelt, 1992-2010 .....	173
Abbildung 96: Internationalisierung der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Umwelt, 2008-2010.....	174
Abbildung A-1: Die technologieorientierten, operativen Schwerpunkte der Baden-Württemberg-Stiftung .....	186
Abbildung A-2: Detaillierte Operationalisierung der operativen Schwerpunkte der Baden-Württemberg-Stiftung .....	186

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Die 20 größten Patentanmelder aus Baden-Württemberg im Zeitraum 2008-2010 .....	60
Tabelle 2:	Für die SNA verwendete Abkürzungen der Bundesländer .....	75
Tabelle 3:	Grafische Darstellung der Koeffizienten des finalen Modells .....	107
Tabelle A-1:	Überblick über die verwendeten Variablen .....	198
Tabelle A-2:	Ergebnisse der Logit-Modelle, marginale Effekte .....	200



## Vorwort der Baden-Württemberg Stiftung

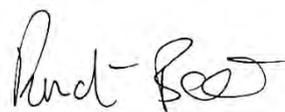
"Zukunft stiften" heißt für die Baden-Württemberg Stiftung, Forschung gezielt voran zu bringen. Dazu hat die Stiftung in den zurückliegenden zwölf Jahren rund 50 Forschungsprogramme auf den Weg gebracht. Wichtig war und ist uns dabei immer die wissenschaftliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung der von uns finanzierten Forschungsansätze. In diesem Kontext haben wir in der Vergangenheit immer wieder Studien in Auftrag gegeben, die der Frage nach Stärken und Schwächen der baden-württembergischen Forschungslandschaft nachgegangen sind – und dies im deutschen wie auch weltweiten Vergleich.

In dieser Reihe sehen wir auch die nun vorliegende Studie "Strategische Forschung", die sich nach der Festlegung neuer operativer Forschungsschwerpunkte im Frühjahr 2012 spezifisch mit diesen fünf neuen Schwerpunktthemen auseinandersetzt. Ihre Aufgabe ist es, die weltweiten Trends und Dynamiken in vorab definierten Themengebieten zu untersuchen und Baden-Württemberg darin zu positionieren.

Die Studie soll uns bei der Auswahl zukünftiger Forschungsthemen wichtige Anhaltspunkte liefern und uns dabei unterstützen, aktuelle Trends frühzeitig aufzugreifen. Dabei sind wir uns der Komplexität des gewählten Untersuchungsgegenstands bewusst; bei der Definition neuer Themen werden wir neben den Ergebnissen der Studie daher auch weiterhin das Gespräch mit den beteiligten Akteuren suchen.



Christoph Dahl  
Geschäftsführer



Rudi Beer  
Abteilungsleiter Forschung



## 1 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Die Baden-Württemberg-Stiftung hat ihre operativen Schwerpunkte im Bereich Forschung im Jahr 2013 thematisch neu ausgerichtet. Die Schwerpunkte sind nunmehr 1) Klimawandel und Energie, 2) Nachhaltige Mobilität, 3) Lebenswissenschaften und Gesundheit, 4) Informations- und Kommunikationstechnologien sowie 5) soziale und ökologische Modernisierung der Wirtschaft. Letzteres soll im Folgenden unter den Stichworten "Ressourcenschonung und Umweltschutz" aufgegriffen werden.

Die Themen sind von hoher Relevanz in Bezug auf zahlreiche bestehende gesellschaftliche und technologische Herausforderungen. Es findet sich sowohl national und insbesondere international in Wissenschaft und Wirtschaft eine ausgeprägte Dynamik in diesen Feldern, was einerseits die Auswahl bestätigt, andererseits aber umfassende Anstrengungen erfordert, um auch mittel- bis langfristig sowohl wissenschaftlich wie auch wirtschaftlich zur Weltspitze gehören zu können.

### **Wissenschaft**

Generell gilt festzuhalten, dass das Wissenschaftssystem in Baden-Württemberg quantitativ als auch qualitativ hochwertige Ergebnisse hervorbringt und sowohl im nationalen wie auch im internationalen Vergleich eine gute bis sehr gute Position einnimmt.

Das Wissenschaftssystem in Baden-Württemberg bringt derzeit jährlich mehr als 22.000 international sichtbare Publikationen hervor. Diese Zahl ist im Zeitraum seit 2000 um jährlich durchschnittlich 4,2% gewachsen. Baden-Württemberg erreicht nunmehr einen Anteil an allen deutschen Publikationen von 20,6% und an den weltweiten Publikationen von 1,3%.

Das baden-württembergische Wissenschaftsprofil ist gekennzeichnet durch Schwerpunkte in den Lebenswissenschaften aber auch der Physik, während das relative Gewicht im Wissenschaftssystem der Bereiche Ingenieurwesen, Energie, Umweltwissenschaften sowie Informatik in der Breite im internationalen Vergleich weniger ausgeprägt ist. Interessanterweise spiegeln sich die industriellen Schwerpunkte in Baden-Württemberg oft nicht in den wissenschaftlichen Schwerpunkten im Land und umgekehrt.

Aus Sicht der wissenschaftlichen und technologischen Wettbewerbsfähigkeit ist die Position Baden-Württembergs in den fünf Schwerpunktfeldern der Baden-Württemberg Stiftung unterschiedlich. Das hohe Niveau und der damit einhergehende hohe

Anspruch geraten auf Grund der Ausweitung der Forschungsaktivitäten in anderen Ländern zusehends unter Druck – auch und gerade im Bereich der fünf operativen Schwerpunktfelder.

Eine Vielzahl an Themen – insbesondere in den Bereichen Klima und Energie sowie Umweltschutz und Ressourcenschonung – wird mit einem im Wesentlichen der internationalen Schwerpunktsetzung entsprechenden Engagement in der öffentlichen Forschung betrieben. Die Nutzung von Konferenzbeiträgen zur Verbreitung des neuen Wissens wird von baden-württembergischen Forschern und Ingenieuren in einigen Bereichen wie Nachhaltige Mobilität und Energie jedoch etwas seltener genutzt als dies der weltweite Durchschnitt erwarten ließe.

Besonders im Bereich Energie und Klima sowie bei Nachhaltiger Mobilität bestehen in Baden-Württembergs Wissenschaftssystem relative Schwerpunkte, die auf bestehenden Stärken aufgebaut werden konnten. Hingegen stehen wissenschaftlichen Stärken im Bereich der Lebenswissenschaften keine ausgeprägten industriellen Strukturen im Land gegenüber. Die internationale Reputation und die internationale Sichtbarkeit der öffentlichen Forschung in den Lebenswissenschaften in Baden-Württemberg sind allerdings sehr ausgeprägt.

Was die wissenschaftliche Forschung betrifft, zeigt sich Baden-Württemberg über alle Felder hinweg gut international vernetzt.

## **Wirtschaft**

Die industrielle Forschung in Baden-Württemberg hat eine hervorgehobene Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Nahezu ein Drittel aller deutschen Patentanmeldungen stammen von einem Anmelder aus Baden-Württemberg. Dabei zeigen sich die fünf Schwerpunktthemen auch hinsichtlich der Patente von unterschiedlichem Gewicht.

Bezogen auf die operativen Schwerpunktthemen kann Baden-Württemberg nur im Bereich der nachhaltigen Mobilität eine ausgeprägt starke Position im internationalen Technologiewettbewerb attestiert werden sowie eine gute Position bei Klimawandel und Energie, während Ressourcenschonung, Lebenswissenschaften und Informations- und Kommunikationstechnologien demgegenüber weniger deutlich zu Tage treten. In der anwendungsnahen Forschung und Entwicklung nimmt Baden-Württemberg vor allem im Bereich Mobilität eine zentrale Rolle als internationaler Kooperationspartner ein, während dies in den Feldern IuK, Umweltschutz und Ressourcenschonung und Klimawandel- und Energie weniger stark der Fall ist.

## **Regionen**

Die öffentliche Forschung findet in erster Linie in Regionen statt, wo Universitäten und weitere Forschungseinrichtungen beheimatet sind. Die industrielle Forschung hingegen streut deutlich weiter über die Regionen Baden-Württembergs. Die Region Stuttgart steht dabei in absoluter Perspektive an der Spitze. Gemessen an der Bevölkerungszahl treten auch die Regionen Ostwürttemberg, Bodensee-Oberschwaben, Rhein-Neckar und Mittlerer Oberrhein hinzu, wo jeweils eine größere Zahl an forschenden Unternehmen ihren Hauptsitz hat. Insgesamt können im Land Clusterstrukturen identifiziert werden, das heißt eine regionale Nähe von thematisch ähnlich ausgerichteten Akteuren, was weitere regionale Ausstrahlungseffekte bzw. Spill-Over-Effekte erwarten lässt.

## **Internationalisierung**

Die Internationalisierung sowohl zur Erarbeitung von neuem Wissen als auch zur Entwicklung von Absatzmärkten spielt eine zunehmende Rolle nicht nur in der weltweit verflochtenen Wirtschaftslandschaft, sondern zusehends auch in der Wissenschaftslandschaft. Die Antworten auf die entscheidenden Herausforderungen unserer Zeit und eine hohe Komplexität von neuen Technologien machen eine Zusammenarbeit mit internationalen Partnern unumgänglich. Dabei ist es nicht nur wesentlich effektiver, wenn andernorts erarbeitetes Wissen aufgenommen werden kann, sondern es ist auch äußerst effizient, wenn auf andere Wissensbestände zugegriffen wird. Der wissenschaftliche und technologische Fortschritt kann so schneller und zielgerichteter erfolgen. Hinsichtlich der Internationalisierung der Märkte ist es einerseits so, dass dadurch Skaleneffekte erzielt werden, die einen Wettbewerbsvorteil darstellen können. Andererseits können sich Unternehmen – gerade auch einzelne kleine und mittelständische Unternehmen – unabhängiger vom nationalen Markt oder gar von einzelnen Abnehmern machen. In vielen Bereichen sind die Prozess- und auch die Innovationsketten bereits international, so dass die eigene Internationalisierung meist nur einen kleinen Schritt erfordert.

Für die internationalen Kooperationsstrukturen Baden-Württembergs lassen sich deutlich unterschiedliche Trends erkennen. Während sich die Forschungseinrichtungen im Vergleich zu Deutschland insgesamt etwas stärker internationalisiert zeigen – fast die Hälfte der baden-württembergischen Publikationen wird in Zusammenarbeit mit einem ausländischen Autor oder einer ausländischen Autorin verfasst –, kooperieren baden-württembergische Unternehmen gemessen an internationalen Ko-Patenten im deutschen Vergleich seltener mit internationalen Partnern bzw. sie tätigen seltener Erfindungen gemeinsam mit ausländischen Partnern (Erfindern).

Auch marktseitig, das heißt in der Breite der Marktabdeckung, zeigt sich Baden-Württemberg weniger stark internationalisiert als das restliche Deutschland, was vor allem ein durch ansässige Großunternehmen hervorgerufener Effekt ist, die Teile ihrer (Grundlagen-)Technologien aus strategischen Gründen überwiegend nur national anmelden.

### **Klimawandel und Energie**

Baden-Württemberg nimmt im weltweiten Vergleich der Wissenschaftssysteme im Schwerpunktfeld Energie und Klimawandel eine gute Position ein, die besonders bei Energieeffizienz und Energiespeichern jüngst noch ausgebaut werden konnte. Bei Erneuerbaren ist der Vorsprung ein wenig erodiert, da viele andere Länder mittlerweile ebenfalls auf dieses Thema setzen und aufgeholt haben. Neben der Wissenschaft kann auch die Industrie ihre Stärken unter Beweis stellen. Es bestehen – interessanterweise nahezu nur in diesem der fünf Schwerpunktthemen – sowohl wissenschaftliche als auch industrielle Stärken. Allerdings sind die Patentanmeldungen bei Photovoltaik/Solar und noch ausgeprägter bei den übrigen Erneuerbaren Energien weniger stark ausgeprägt. In diesen Bereichen zeigen sich jedenfalls keine komparativen Vorteile für die baden-württembergische Industrie. Hingegen ist Baden-Württemberg bei Energiespeichern und bei der Verteilung von Energie technologisch gut aufgestellt, was auch für das Wissenschaftssystem nachweisbar ist.

### **Nachhaltige Mobilität**

Im Bereich der Nachhaltigen Mobilität hat Baden-Württemberg auf Grund der industriestrukturellen Schwerpunkte eine gute Ausgangsbasis und ist sowohl wissenschaftlich als auch technologisch in einigen Teilbereichen führend. Besonders hervorzuheben sind hier die Brennstoffzelle sowie Batterietechnologien für die Mobilität. In anderen Bereichen der Nachhaltigen Mobilität besteht ein Rückstand im Vergleich zu den internationalen Trends, so zum Beispiel bei Elektromobilen insgesamt, sowie insbesondere bei Biokraftstoffen, wo Deutschland im internationalen Vergleich kaum eine Rolle spielt.

Beim Wandel hin zur "elektromobilen Gesellschaft" ist es dabei keineswegs garantiert, dass der Standort Baden-Württemberg auch in Zukunft weltweit die gleiche Bedeutung einnimmt wie bei der fossilen Mobilität. Einerseits setzen zahlreiche Nationen auf diesen strukturellen Wandel und erhoffen sich für ihre Volkswirtschaften ein grundlegendes Aufholen. Andererseits bedeutet der Übergang zur Elektromobilität eine deutliche Neuausrichtung der Strukturen bzw. eine Veränderung der

Akteure. Dies betrifft zuallererst die kleinen und mittelgroßen Zulieferer und weniger die Automobilhersteller selbst.

Für das baden-württembergische Wissenschaftssystem konnte im Schwerpunktfeld Nachhaltige Mobilität keine ausgeprägte und starke Position festgestellt werden, wenngleich auch hier die Qualität, mit der die Wissenschaft betrieben wird, oberhalb des Weltdurchschnitts liegt. Wird die industrielle Forschung mit Hilfe von Patenten betrachtet, kehrt sich das Bild jedoch um. Baden-Württemberg hat eine ausgesprochen gute und starke Position sowohl im nationalen wie im internationalen Vergleich. Diese Position ist aber offensichtlich nicht durch umfassende und weltweit führende öffentliche Forschung in diesem Bereich unterfüttert. Dies mag an verschiedenen Einflussfaktoren liegen, insbesondere daran, dass das Thema der Nachhaltigen Mobilität bzw. der Elektromobilität derzeit noch recht jung ist, aber sehr schnell nach vorne gebracht wurde. Über viele Jahre hinweg wurde die Elektrochemie an den deutschen Hochschulen nicht hinreichend auf den jetzt erfolgten Bedarf hin gepflegt. Außerdem ist die Elektromobilität von der Anwendungsseite her entwickelt und befördert worden und weniger aus den wissenschaftlichen Erkenntnissen heraus auf die Anforderungen und Bedarfe ausgerichtet worden. Umso wichtiger erscheint es jetzt, die notwendigen wissenschaftlichen Kompetenzen und im weiteren Verlauf die wissenschaftliche Ausbildung auf die neuen Themen auszurichten.

### **Lebenswissenschaften und Gesundheit**

Die wissenschaftliche Forschung in Baden-Württemberg im Schwerpunktthema Lebenswissenschaften und Gesundheit gehört mit zur Weltspitze und hat eine starke Position sowohl im internationalen wie im nationalen Vergleich. Dies gilt auch für die Medizintechnik, wenngleich hier durch deutliche Ausweitungen der Forschungsaktivitäten in anderen Ländern die relative Position ein wenig unter Druck geraten ist. Hinsichtlich der industriellen Forschung zeigt sich allerdings ein umgekehrtes bzw. davon abweichendes Bild. Zwar konnte eine deutliche Positionsverbesserung auf Grund der Schwäche der lebenswissenschaftlichen bzw. Gesundheitsforschung in anderen Ländern erreicht werden. Baden-Württemberg hat sozusagen stärker Kurs gehalten als dass dies Unternehmen anderswo möglich war. Insgesamt bleibt die Position Baden-Württembergs in den Lebenswissenschaften bei Patentanmeldungen jedoch wenig ausgeprägt, da es faktisch keine multinationalen Pharmaunternehmen mit Hauptsitz im Land gibt und die Hochschulen und Forschungseinrichtungen zwar ebenfalls patentieren, dies aber auf Grund der geringen Zahl kaum ins Gewicht fällt. Diejenigen Unternehmen im Land, die dem Pharma- und dem Medizintechnik-Sektor zugeordnet werden können, machen

dann im Vergleich zu den zahlreichen multinationalen Patentanmeldern weltweit bzw. auch in Deutschland nur einen kleinen Teil aus. Dies bedeutet, dass die ausgeprägten Kompetenzen und die erarbeiteten wissenschaftlichen Ergebnisse nicht in Baden-Württemberg in entsprechendem Maß umgesetzt werden (können). Es kann von gegenläufigen wissenschaftlichen und industriellen Profilen gesprochen werden. Dies bedeutet nicht, dass Baden-Württemberg nicht von der wissenschaftlichen Forschung und deren Translation profitiert. Die Industriestruktur in Baden-Württemberg ist jedenfalls nicht in der Lage, die wissenschaftlichen Ergebnisse in großer Zahl zu absorbieren und zu kommerzialisieren.

### **Informations- und Kommunikationstechnologien**

Das Wissenschaftssystem in Baden-Württemberg hat in jenen Teilen im Schwerpunktfeld IuK relative Stärken bzw. im internationalen Vergleich eine nennenswerte Position, wo auch die generellen industriellen Stärken liegen, nämlich bei Steuerungen und Sensorik sowie bei IuK-Elektronik, die sowohl im Maschinen- und Anlagenbau wie im Fahrzeugbau eine große Rolle spielen. In den breiten und eher auf Konsumentenmärkte ausgerichteten Bereichen Telekommunikations- und Informationstechnologie bestehen in Baden-Württemberg hingegen im internationalen Vergleich keine komparativen Vorteile, was jedoch nicht bedeutet, dass nicht auch hier jene Kompetenzen, die zur Stärkung der bestehenden industriellen Stärken gebraucht werden können, erarbeitet werden. Es bleibt aber die Frage offen, die an dieser Stelle nicht näher untersucht werden konnte, ob das wissenschaftliche und das industrielle Profil wirklich so gut ineinander greifen und dann auch die Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in marktfähige Produkte gelingt. Ein Beispiel, wo Wissenschaft und Wirtschaft offensichtlich weniger gut aufeinander abgestimmt sind, ist RFID. Dieses Thema mag die erste Phase der Euphorie hinter sich gebracht haben, es wird aber – unter Umständen unter einer anderen Bezeichnung – auch in Zukunft eine Rolle spielen. Die gute industrielle Position, die zwar ebenfalls erodiert ist, wird nicht von einer nennenswerten Rolle im wissenschaftlichen Profil reflektiert.

### **Ressourcenschonung und Umweltschutz**

Hinsichtlich Umweltschutz und Ressourcenschonung nimmt Baden-Württemberg von der Technologieseite her betrachtet eine gute Position ein. Auf Grund der anstehenden Herausforderungen sowie der Abhängigkeiten von politischen Entscheidungen kann diese Position keineswegs als zukünftig garantiert angesehen werden.

Der Bereich Ressourcenschonung und Umweltschutz ist aus publikationsstatistischer Perspektive ein recht kleines Feld, in dem Baden-Württemberg zwar eine relativ solide Position vorweisen kann, wo aber nur wenige wissenschaftliche Ergebnisse in wissenschaftlichen Zeitschriftenbeiträgen dokumentiert vorliegen. Bezogen auf die technisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzen in der Wissenschaft, die für die weitere Entwicklung der Ressourcenschonung und des Umweltschutzes nach wie vor eine hohe Bedeutung haben, würde eine Ausweitung der Forschungskapazitäten zu einer deutlichen Erhöhung auch des wissenschaftlichen Outputs führen, was angesichts der politischen Ziele und der ökonomischen Chancen angeraten wäre.

Die Industrieforschung hat in diesem Schwerpunktthema in den letzten Jahren immer weniger Patente angemeldet, was in erster Linie an den klassischen Umweltschutztechnologien liegt, während das Feld der roh- und werkstoffeffizienten Technologien, die einen Teilbereich der neuerdings unter der Überschrift der Bioökonomie diskutierten Technologien darstellen, eine nennenswerte Dynamik erreichen konnte. Weltweit wird gerade dieses Thema weiter an Gewicht gewinnen, ohne dass die klassischen Umweltschutztechnologien völlig an Bedeutung verlieren werden. Sie spielen in der industriellen Forschung in zahlreichen Sektoren aber mittlerweile eine deutlich untergeordnete Rolle, nicht weil der Umweltschutz an Bedeutung verloren hat, sondern weil andere Technologien die Umweltschutzkomponenten direkt beinhalten und daher weniger end-of-pipe Technologien notwendig sind. Offensichtlich bedarf es aber weiterer Anstrengungen, am Beginn der Prozessketten mit effizienteren und ressourcenschonenderen Werkstoffen arbeiten zu können. Hier ist noch viel Forschung sowohl in öffentlichen Einrichtungen wie in privaten Forschungslaboren notwendig.

### **Handlungsempfehlungen**

Baden-Württemberg muss sich an der nationalen und internationalen Spitze und nicht am weltweiten Durchschnitt ausrichten.

Die Ausweitung der Forschungskapazitäten in anderen Ländern sollte dabei ein Ansporn sein, auch weiterhin die Investitionen in das Innovationssystem gezielt einzusetzen, um die eigene Position zu halten oder gar auszubauen und im internationalen Wettbewerb nicht zurückzufallen. Da die Schwerpunkte des baden-württembergischen Wissenschaftssystems jedoch überwiegend in der Grundlagenforschung liegen, scheint zusätzlich ein etwas stärkerer Fokus auf die anwendungsnahe Forschung sinnvoll. Denn die Anwendung ist auf die Grundlagenfor-

schung angewiesen und umgekehrt braucht auch die Grundlagenforschung die anwendungsorientierte Forschung, wenn aus Ideen Innovationen werden sollen.

Die internationale Ausrichtung der baden-württembergischen Wissenschaft ist ein essentieller Bestandteil des Erfolgs und sollte daher weiter unterstützt und ausgebaut werden. Klare Ziele und thematische Schwerpunkte helfen dabei der Wissenschaft, internationale Kooperationen bezüglich der politisch relevanten und erwünschten Themen aufzubauen und zu pflegen.

Der Austausch und die Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und Hochschulen untereinander sowie zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, werden über den langfristigen Erfolg mitentscheiden. Die Möglichkeiten, Wissen zu teilen und dadurch potenziell zu erweitern, sind es daher wert, gefördert zu werden – sei es direkt in Gemeinschafts-, Verbund- oder Kooperationsprojekten oder auch durch das Schaffen von entsprechenden Rahmenbedingungen. Kooperationen sollten sich dabei an den Kompetenzen der beteiligten Akteure und nicht an Länder- oder Sprachgrenzen ausrichten.

Die Wirtschaft in Baden-Württemberg ist im Vergleich zu Deutschland in der Breite weniger stark international ausgerichtet. Eine weitere Internationalisierung der Märkte könnte hier weitere Diffusionschancen für Innovationen aus Baden-Württemberg eröffnen.

Die Überführung von guten Ideen und neuen Technologien in marktfähige Produkte und Prozesse bleibt eine der wichtigsten Herausforderungen für jedes Innovationssystem. Entsprechend hat die ergebnisorientierte Forschungsförderung stets die Translation bzw. die Umsetzung im Blick zu behalten und kann diese beispielsweise in der Prototypen- oder der Validierungsphase unterstützen – dies war bereits eine wesentliche Erkenntnis der Untersuchung des Jahres 2010. Sie gilt für die neuen operativen Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg Stiftung jedoch mindestens in gleichem Maße.

In einigen neu aufkommenden, anwendungsnahen Bereichen wie der Elektromobilität oder auch der Erneuerbaren ist eine Dynamik von der Marktseite her entstanden, die auf der Seite der grundlagenorientierten Forschung Lücken offenbart hat, die es zu schließen gilt. Die Förderung der (Grundlagen)Forschung ist das klassische Mandat der Innovationspolitik und der Forschungsförderung, wenngleich es von der umgekehrten Seite begründet ist, da die Anwendungsseite und nicht die Grundlagenforschung in den hier genannten Fällen den ersten Schritt gemacht hat.

Deutschland insgesamt hat Defizite bei der Beteiligung von Frauen in naturwissenschaftlich-technischen Berufen und Wirtschaftszweigen, die es zu beseitigen gilt. Baden-Württemberg gehört – auch bedingt durch die Industriestruktur, aber nicht alleine deswegen – diesbezüglich noch zu den Schlusslichtern. In den Forschungsabteilungen und Forschungslaboren der Unternehmen besteht besonderer Nachholbedarf, aber gleichzeitig auch ein großes Potenzial. Hier kann die öffentliche Hand weiterhin mit gutem Beispiel vorangehen, aber auch die richtigen Anreize und Voraussetzungen für eine stärkere Beteiligung von Frauen in der privaten Forschung setzen.



## 2 Einleitung

Forschung und Entwicklung gehören zu den wichtigsten Säulen bei der Sicherung der wirtschaftlichen Entwicklung, von Arbeitsplätzen, und der langfristigen Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften. Forschung und Entwicklung helfen bei der Beantwortung von Fragen und Herausforderungen im 21. Jahrhundert und ermöglichen einen technischen Fortschritt, der nachhaltige ebenso wie gesellschaftlich relevante Herausforderungen adressiert.

Die Baden-Württemberg Stiftung unterstützt mit ihren Programmen die Forschung in Baden-Württemberg, damit das Land auch in Zukunft eine Spitzenstellung im internationalen Wettbewerb einnehmen kann. Die Aufgaben der Baden-Württemberg Stiftung liegen in der gezielten und bedarfsorientierten Unterstützung von Forschung und Entwicklung in der Wissenschaft und – perspektivisch betrachtet – der Wirtschaft des Landes. Die Baden-Württemberg Stiftung will dabei explizit möglichst jene Lücken schließen bzw. Nischen besetzen, die andere Forschungsförderer, noch nicht, oder nicht mit der gleichen Zielrichtung unterstützen. Damit der Stiftung dabei eine Fokussierung auf die entscheidenden Forschungsthemen und Herausforderungen der Zukunft gelingen kann, gibt sie regelmäßig Studien in Auftrag, die den Status quo und die aktuellen Entwicklungen von Wissenschaft und Wirtschaft im nationalen und internationalen Vergleich untersuchen. Basierend auf den quantitativ-empirischen Daten werden Ableitungen und Handlungsempfehlungen für die zukünftigen Forschungsthemen der Baden-Württemberg Stiftung, aber auch für die Forschung im Land allgemein generiert. "Die Baden-Württemberg Stiftung nutzt alle verfügbaren Quellen, Expertenwissen und wissenschaftliche Studien, um sich ein Bild zu machen, wie die Zukunft aussehen könnte."<sup>1</sup>

Nachdem zum fünfjährigen und zum zehnjährigen Bestehen der Stiftung in den Jahren 2005 bzw. 2010 jeweils umfassende Untersuchungen zu den Stärken des Wissenschaftsstandorts Baden-Württemberg vorgelegt wurden (Fier et al. 2005; Frietsch et al. 2010a), hat sich die Stiftung auf Grund einer inhaltlichen und thematischen Neuausrichtung entschieden bereits 2013 erneut eine derartige Analyse in Auftrag zu geben.

Die grün-rote Landesregierung hat gemeinsam mit der Baden-Württemberg Stiftung in den Jahren 2011/2012 eine inhaltliche Neuausrichtung unter anderem des Bereichs Forschung erarbeitet. Ziel ist es weiterhin, die Herausforderungen der Zukunft bereits heute zu erkennen und Wissenschaft und Forschung darin zu un-

---

<sup>1</sup> Website der BW-Stiftung: [www.bwstiftung.de](http://www.bwstiftung.de)

terstützen, Antworten auf die zentralen Fragen im Zusammenhang mit diesen Herausforderungen zu finden. Die neuen operativen Schwerpunkte der Baden-Württemberg Stiftung im Bereich Forschung sind nunmehr die fünf Themenfelder:

1. Soziale und ökologische Modernisierung der Wirtschaft
2. Klimawandel, Energiewende und Ressourcenschonung
3. Nachhaltige Mobilität
4. Lebenswissenschaften und Gesundheit
5. Informations- und Kommunikationstechnologien.

Die vorliegende Studie legt ihren Fokus daher auf diese genannten operativen Schwerpunkte, beschränkt sich jedoch auf die technologieorientierten Schwerpunkte. Sie untersucht, auf welchen Feldern Baden-Württemberg hier in wissenschaftlicher und/oder wirtschaftlicher Hinsicht besondere Stärken aufweist. Der Schwerpunkt "soziale und ökologische Modernisierung der Wirtschaft" ist nur in Teilen mit dem hier gewählten, technologieorientierten methodischen Ansatz zu behandeln. Daher haben wir uns entschieden, das sozialwissenschaftlichen Themenfeld an dieser Stelle nicht weiter zu untersuchen. Inhaltlich soll der operative Schwerpunkt "ökologische Modernisierung der Wirtschaft" im Folgenden unter den Stichworten "Ressourcenschonung und Umweltschutz" aufgegriffen werden.

Im Allgemeinen handelt es sich bei den meisten Forschungsfeldern und Technologien um eher junge und neu aufkommende Bereiche. Daher sind Marktzahlen oder Angaben zu Beschäftigten kaum sinnvoll zu berechnen bzw. aussagekräftig. Für die Analyse von solchen Frühphasen von wissenschaftlichen und technologischen Entwicklungen bieten sich daher aus quantitativer Sichte nahezu ausschließlich Patente und Publikationen (Output-Faktoren) an. Input-Faktoren, die jedoch kaum in der interessierenden und differenzierten Abgrenzung vorliegen, sind beispielsweise die Ausgaben für Forschung und Entwicklung oder die Anzahl des Forschungspersonals. Der hier vorgelegte Forschungsbericht nutzt daher in erster Linie die beiden Datenquellen Publikationen und Patente zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Wissenschaft und Wirtschaft in den genannten Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg-Stiftung. An einigen Stellen werden diese Daten gezielt durch weitere Informationen ergänzt.

Die Ergebnisse und Erkenntnisse aus ihren Projekten stellt die Stiftung in Schriftenreihen, Arbeitspapieren, bei Veranstaltungen oder auf den Internetseiten der Öffentlichkeit zur Verfügung. Auch der hier vorliegende Bericht, den das Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung in einem Projekt für die Stiftung erarbeitet hat, dient der Dokumentation und Veröffentlichung. Der Bericht versucht mit

quantitativen Mitteln eine qualitative Einschätzung der aktuellen Entwicklungen und der wissenschaftlichen und technologischen Leistungsfähigkeit Baden-Württembergs im deutschlandweiten und im internationalen Vergleich zu geben. Er baut dabei methodisch auf der Analyse des Jahres 2010 auf (Frietsch et al. 2010a) und erweitert dessen Perspektive um die neuen operativen Schwerpunkte sowie um aktuelle Gesamttrends.

Ziel der Untersuchung und der daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen ist es, die Baden-Württemberg Stiftung bei ihrer strategischen Ausrichtung im Bereich Forschung zu unterstützen.

Wichtige Forschungsfragen in diesem Zusammenhang sind:

- Welche Forschungstrends innerhalb der neuen Schwerpunkte der Baden-Württemberg Stiftung lassen sich beobachten?
- Wie ist Baden-Württemberg in diesen Forschungsthemen im nationalen und internationalen Vergleich aufgestellt, welche Stärken existieren, welche Schwächen lassen sich identifizieren?
- Durch welche wissenschaftlichen Kompetenzprofile zeichnen sich die baden-württembergischen universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen aus?
- Wie steht es um die Zusammenarbeit bzw. Vernetzung der universitären und außeruniversitären Forschung mit internationalen Partnern?
- Welche Forschungsaktivitäten lassen sich in der baden-württembergischen Wirtschaft identifizieren und wie ist diese in Bezug auf die neuen Themen und Technologien im Rahmen eines nachhaltigen Wirtschaftens aufgestellt?
- Welche Schlussfolgerungen und Empfehlungen lassen sich aus den Ergebnissen bezüglich der strategischen Absicherung der derzeitigen und künftigen Forschungsförderung der Baden-Württemberg Stiftung ableiten?

Bei der Analyse und Beantwortung dieser Fragen ist zu berücksichtigen, dass es sich bei Forschung um ein komplexes Phänomen handelt, das sich selbst durch die neuesten Analysemethoden nicht vollständig erschließen lässt. Obwohl umfassende Publikations- und Patentdatenbanken als Informationsquelle herangezogen werden, ist es nicht möglich, alle Facetten der Forschungsaktivitäten im Detail herauszuarbeiten. Nicht jedes Forschungsergebnis wird publiziert bzw. patentiert, nicht jede Zusammenarbeit zwischen Forschungsteams in Wissenschaft und Wirtschaft lässt sich durch Ko-Publikationen in Zeitschriften und Patenten erkennen. Auch ergänzende Informationsquellen können dieses Defizit nicht vermeiden. Beim Vergleich zwischen wissenschaftlicher Forschung (Publikationen) und industrieller Umsetzung (Patente) ist auch zu beachten, dass Klassifikationen nicht einheitlich

sind, weil sich beispielsweise die Physik oder Mathematik in der technikbasierten Patentklassifikation nicht eindeutig und klar identifizierbar niederschlagen. Auch ist Forschung kein regionales Phänomen, sondern Wissensflüsse oder die Mobilität von Wissenschaftlern gehen über die Landesgrenzen hinaus. Selbst wenn die wissenschaftliche oder wirtschaftliche Verwertung von Forschungsergebnissen nicht innerhalb von Baden-Württemberg erfolgt, kann dies dennoch positive Wirkungen haben, insbesondere dann, wenn aus dieser Verwertung neues Wissen entsteht, das für weitere Forschungsarbeiten aufgegriffen wird.

Insofern kann dieser Bericht die wissenschaftliche und die technologische Leistungsfähigkeit Baden-Württembergs nicht in seiner Gänze erfassen und insbesondere die langfristigen wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Effekte lediglich in groben Zügen abschätzen. Er nutzt dazu die Abgrenzung des Bundeslandes Baden-Württemberg und seiner Regionen, wenngleich die Autoren sich darüber im Klaren sind, dass weder die Wissensflüsse noch die wirtschaftlichen Effekte an der Landesgrenze Halt machen. Die Reichweite und Zielrichtung der Förderaktivitäten ist jedoch auf das Land Baden-Württemberg ausgerichtet, weshalb diese Ebene als Basis der Analysen mehr als angebracht ist.

Der Bericht stellt im ersten Teil zunächst die Ergebnisse der Untersuchungen für Baden-Württemberg insgesamt und in den fünf Schwerpunktthemen dar. Dabei werden die Trends und Strukturen bei Publikationen und Patenten präsentiert. Hierzu wird einerseits der nationale und weltweite Vergleich des gesamten Landes Baden-Württemberg gesucht, aber dann auch die regionale Verteilung des wissenschaftlichen und technologischen Wissens innerhalb von Baden-Württemberg abgebildet. Ko-Patente und Ko-Publikationen werden in einem weiteren Kapitel ausgewertet und dienen der Erfassung der internationalen Kooperationen und der Ausrichtung auf internationale Märkte verwendet. Der zweite Teil der Untersuchung widmet sich den Strukturen und Profilen Baden-Württembergs im nationalen und internationalen Vergleich unterhalb der Ebene der fünf Schwerpunktthemen und bietet in erster Linie eine detaillierte empirische Aufarbeitung der einzelnen Bereiche, was dann auch als Datenkompendium genutzt werden kann.

Vor dem Hintergrund der Aktivitäten der Baden-Württemberg Stiftung, die eine verstärkten Teilhabe von Frauen in technisch-naturwissenschaftlichen Studiengängen und Berufen zum Ziel haben, wird die vorliegende Studie um ein Kapitel zur Beteiligung von Frauen in Naturwissenschaft und Technik in Baden-Württemberg erweitert. Dies ist Gegenstand eines Exkurses, in dem die Auswertung von Publikationen und Patenten in geschlechtsspezifischer Hinsicht erfolgt.

## **Teil I**

### **Gesamtergebnisse für Baden-Württemberg**



### **3 Die wissenschaftliche und technologische Wettbewerbsfähigkeit Baden-Württembergs**

Innovationen sind kein Selbstzweck, sondern dienen der Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von Volkswirtschaften und damit der Sicherung von Arbeitsplätzen und Wohlstand. Innovationen sind dabei definiert als erfolgreiche Umsetzung von neuen Ideen und deren erfolgreiche Markteinführung (Grupp 1997; OECD/Eurostat 2005). Ideen alleine stellen also noch keine Innovation dar. Dennoch bilden wissenschaftliche und technologische Kompetenzen die Grundlage für die Wettbewerbsfähigkeit von Innovationssystemen und ermöglichen im weiteren Verlauf eine erfolgreiche Vermarktung. Anders formuliert, ohne Idee keine Vermarktung, aber ohne Vermarktung auch keine Innovation. Gerade in modernen und hochkomplexen Themenbereichen nehmen Wissenschaft und Forschung für den Innovationsprozess eine hervorgehobene Bedeutung ein. Die Fundamente für den wirtschaftlichen Erfolg innovationsorientierter Volkswirtschaften der nächsten Jahre und Jahrzehnte werden bereits heute gelegt bzw. müssen bereits heute entstehen. Da dies in der Literatur hinlänglich belegt werden konnte (siehe bspw. Freeman 1982; Griliches 1981; Grupp 1997; Pavitt 1982; Schmoch et al. 2002; Schmoch et al. 2006), soll dies hier nicht weiter infrage gestellt werden. Vielmehr geht es an dieser Stelle darum, wie es um die technologische und wissenschaftliche Wettbewerbsfähigkeit Baden-Württembergs bestellt ist, mit dem Ziel, Ableitungen über die zukünftige Entwicklung von Innovationen und wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit machen zu können. Dieses Kapitel befasst sich entsprechend mit den wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen Baden-Württembergs sowie dessen wissenschaftlicher und technologischer Wettbewerbsfähigkeit.

#### **3.1 Publikationen**

Das Wissenschaftssystem gehört zu den grundlegenden Säulen jedes Innovationssystems. Es leistet einen positiven Beitrag zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft bzw. einer Region. Im Vordergrund dieser Perspektive stehen dabei stets die anwendungsnahen Wissenschafts- und Forschungsbereiche, gerade die Ingenieurs- und Bereiche der Naturwissenschaften. Hier ist die Umsetzung und Anschlussfähigkeit zu Innovationsprozessen häufig eindeutiger und klarer identifizierbar als dies beispielweise bei den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften der Fall ist. Die Erfassung des Zusammenhangs bzw. der Daten und Faktoren an sich ist in diesen Feldern auch leichter umsetzbar und eingängiger als bei den eher grundlagenorientierten Wissenschaftsdisziplinen. Allerdings ist es keineswegs so, dass diese eher grundlagenorientierten Wissenschaftsbereiche keinen

Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit von Innovationssystemen hätten. So spielen Kompetenzen in der Physik, der Chemie oder auch der Biologie in vielen Anwendungsbereichen eine entscheidende Rolle und bereiten den Weg für anwendungsnahe Forschung und Innovationen, wenngleich weniger direkt messbar und weniger direkt sichtbar. Die generelle Leistungsfähigkeit des baden-württembergischen Wissenschaftssystems wurde in früheren Analysen bereits dargestellt (Frietsch et al. 2010a). Daher, und aufgrund der thematischen Neuorientierung der Stiftung, soll an dieser Stelle der Fokus auf die unmittelbar für die Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg Stiftung im Bereich Forschung relevanten Wissenschaftsdisziplinen gerichtet werden.

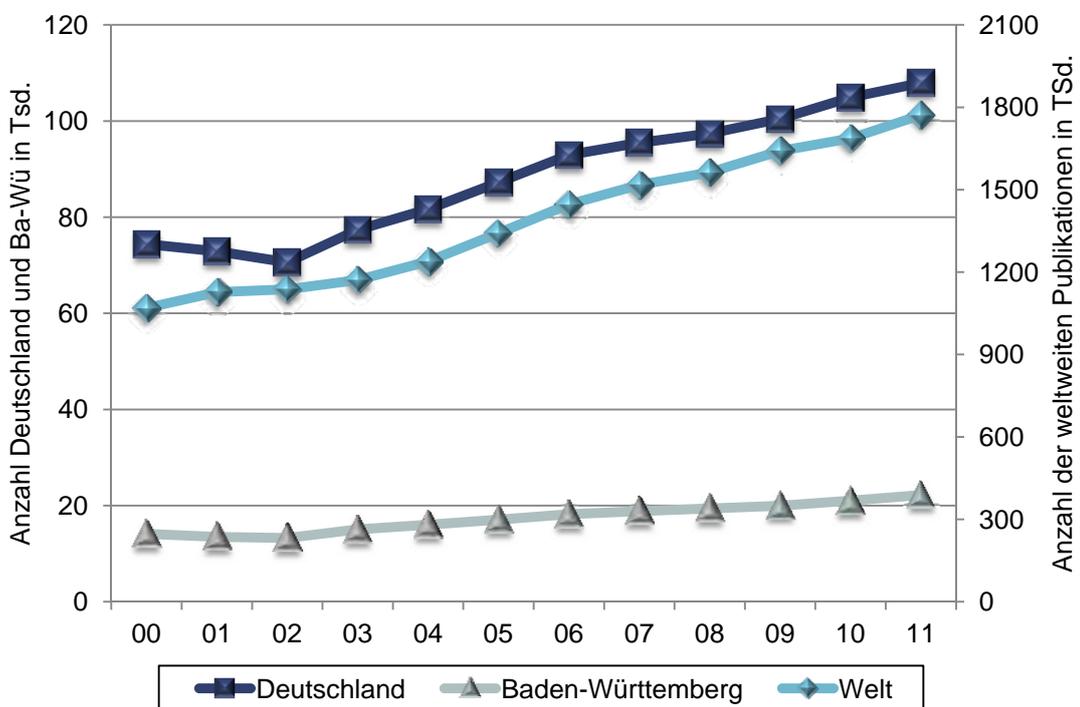
Generell gilt festzuhalten, dass das Wissenschaftssystem in Baden-Württemberg sowohl quantitativ als auch qualitativ hochwertige Ergebnisse hervorbringt und im nationalen wie auch im internationalen Vergleich eine gute bis sehr gute Position einnimmt. Dies war auch eines der Kernergebnisse der vorangegangenen Untersuchungen. Klar ist jedoch auch, dass nicht der nationale oder weltweite Durchschnitt der Bewertungsmaßstab sein kann, wenn man weltweit zu den Besten gehören möchte. Ebenso ist klar, dass sich der Innovationswettbewerb insgesamt durch das Hinzutreten neuer Akteure wie auch durch eine erhöhte Orientierung auf Innovationen durch die etablierten Akteure verschärft hat und sich die Anforderungen an Wissenschaft und Wirtschaft erhöht haben. Erfolgreiche Forschung ist aber immer mehr nur dort möglich, wo der Austausch und die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Institutionen und Organisationen erfolgreich gesucht werden. Wissen ist globaler geworden und zwar nicht nur in der Nutzung, sondern bereits in der Entstehung. Interdisziplinarität ist dabei nur eines der Stichworte, denn die gesteigerte Komplexität der Forschungsfragen und Themen, gepaart mit Ressourcenknappheiten bezüglich Geld und Zeit, machen diese Zusammenarbeit nicht nur hilfreich und notwendig, sondern in vielen Bereichen sogar unumgänglich. Wenn es gelingt, mit den weltweit besten zusammenzuarbeiten und deren komplementäre Kompetenzen und deren komplementäres Wissen mit den eigenen Stärken zusammenzubringen, dann ist dies nicht nur effektiv, sondern auch effizient.

### **3.1.1 Die wissenschaftlichen Publikationen Baden-Württembergs im weltweiten Vergleich**

In Abbildung 1 sind die absoluten Zahlen der Publikationen weltweit, sowie für Deutschland und Baden-Württemberg abgetragen. Waren es zu Beginn des neuen Jahrtausends jährlich ca. 14.000 Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften, die von baden-württembergischen Autorinnen und Autoren in der Datenbank erfasst sind, so waren es im Jahr 2011 mit über 22.000 Beiträgen mehr als 50% mehr. Die

durchschnittliche jährliche Wachstumsrate für Baden-Württemberg im Zeitraum 2000-2011 liegt mit 4,2% deutlich oberhalb des deutschlandweiten Wachstums, das bei 3,4% liegt. Allerdings bleibt es hinter dem weltweiten Wachstum von 4,7% zurück. Für Deutschland waren Anfang des Jahrtausends gut 60.000 Publikationen pro Jahr erfasst und im Jahr 2009 wurde die 100.000er Marke überschritten. Weltweit liegt das Publikationsaufkommen derzeit bei knapp 1,8 Millionen und das Wachstum scheint ungebrochen.

Abbildung 1: Anzahl wissenschaftlicher Publikationen in Baden-Württemberg, Deutschland und der Welt

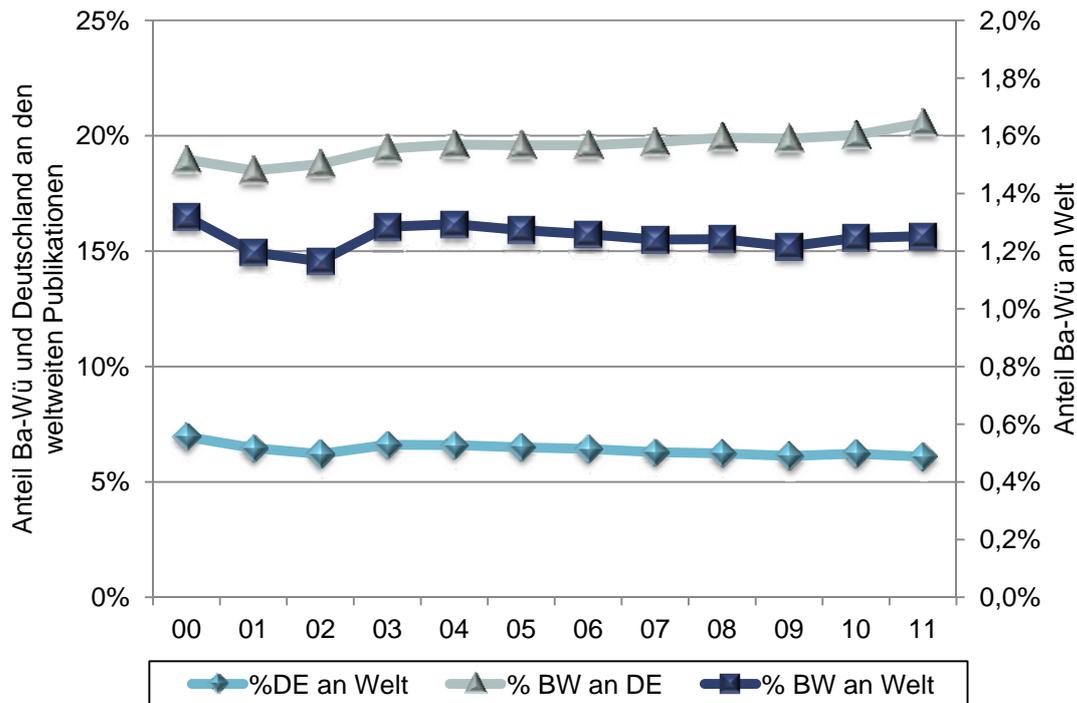


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Entsprechend haben sich die Anteile für Baden-Württemberg und Deutschland am weltweiten Publikationsaufkommen in den letzten Jahren zurückentwickelt, da die Ausweitung gerade in Asien und den neuen und aufkommenden Wissenschaftsnationen spürbar zu Buche schlägt. Den wesentlichen Beitrag zum Gesamtwachstum leisten dabei China und mit deutlichem Abstand dazu auch Indien. Deutschlands Anteile am weltweiten Publikationsaufkommen gingen seit dem Jahr 2000 bis zum Jahr 2011 um 0,9 Prozentpunkte von 7% auf 6,1% zurück. Baden-Württembergs Anteile an den weltweiten Publikationen hat sich nur leicht von 1,32% auf zuletzt 1,26% zurückentwickelt, war aber seit Mitte der Dekade mehr oder weniger konstant, da in diesem Zeit-

raum das durchschnittliche jährliche Wachstum in Baden-Württemberg mit 4,4% näher am weltweiten Wachstum lag.

Abbildung 2: Anteile wissenschaftlicher Publikationen Baden-Württembergs und Deutschlands an den weltweiten Publikationen



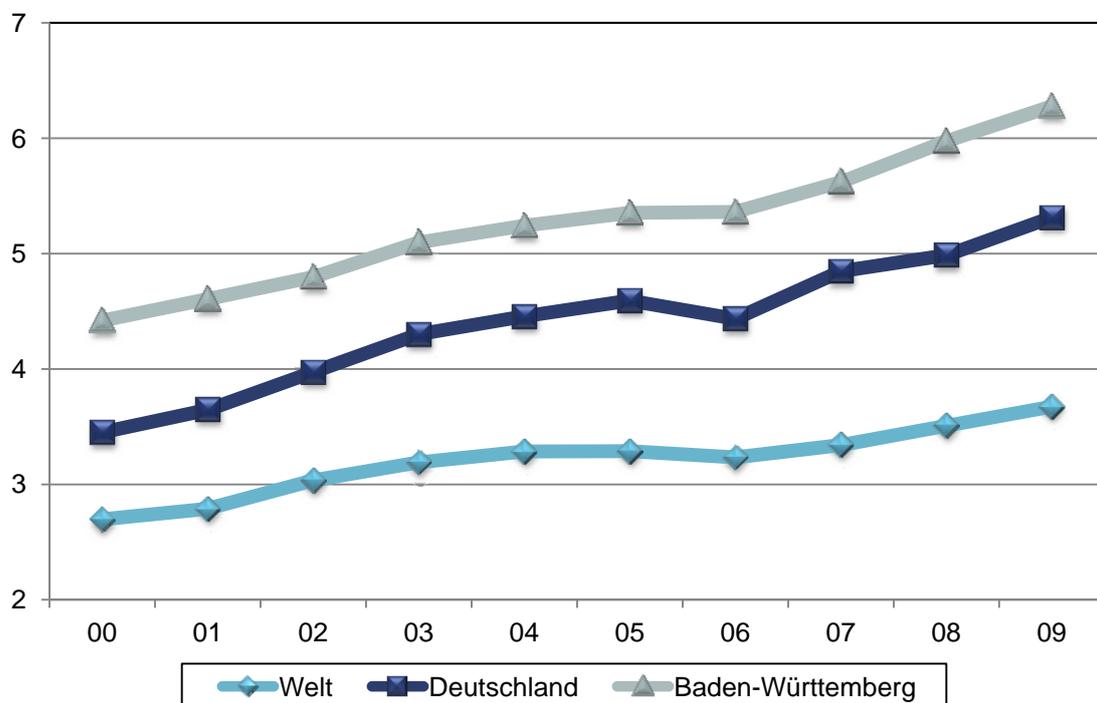
Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Allerdings ist Quantität nur ein Aspekt in der Wissenschaft. Es geht insbesondere um die Frage der Qualität des wissenschaftlichen Outputs. Eine etablierte Möglichkeit der Messung der Qualität liegt u.a. in der Analyse der Zitationsraten der erstellten Publikationen. Zitatraten reflektieren dabei die Beachtung, die ein wissenschaftlicher Beitrag erfährt, werden aber in einer erweiterten Perspektive auch als Indikator für deren Qualität gewertet. Die Annahme ist also: wenn ein Beitrag eine hohe Beachtung findet, scheint er wissenschaftlich relevant und von einer hinreichenden wissenschaftlichen Qualität zu sein. Abbildung 3 beinhaltet daher zunächst die durchschnittlichen jährlichen Zitatraten der weltweiten, der deutschen und der baden-württembergischen Publikationen.

Über alle Wissenschaftsfelder hinweg zeigt sich sehr deutlich, dass baden-württembergische Artikel in wissenschaftlichen Zeitschriften eine sehr hohe Beachtung finden und im Durchschnitt mehr als 6,3mal in den ersten drei Jahren nach Veröffentlichung zitiert werden. Der deutschlandweite Durchschnitt liegt am aktuellen Rand mit 5,3 Zitierungen darunter, aber noch deutlich vor dem weltweiten Wert,

der lediglich bei 3,7 Zitierungen liegt. Insgesamt zeigt sich im Zeitverlauf ein deutlicher Anstieg der Zitiraten, was unter anderem auch mit dem Anstieg der Publikationen erklärt werden kann. Denn wenn mehr Publikationen vorhanden sind, die andere Publikationen zitieren, dann steigt in der Konsequenz die durchschnittliche Anzahl an Zitierungen. Die Trends der drei Linien belegen jedoch, dass in Deutschland und Baden-Württemberg das Wachstum der Publikationen mit einem entsprechenden Wachstum der Zitierungen, das heißt auch der Qualität einhergehen.

Abbildung 3: Zitiraten baden-württembergischer, deutscher und weltweiter Publikationen

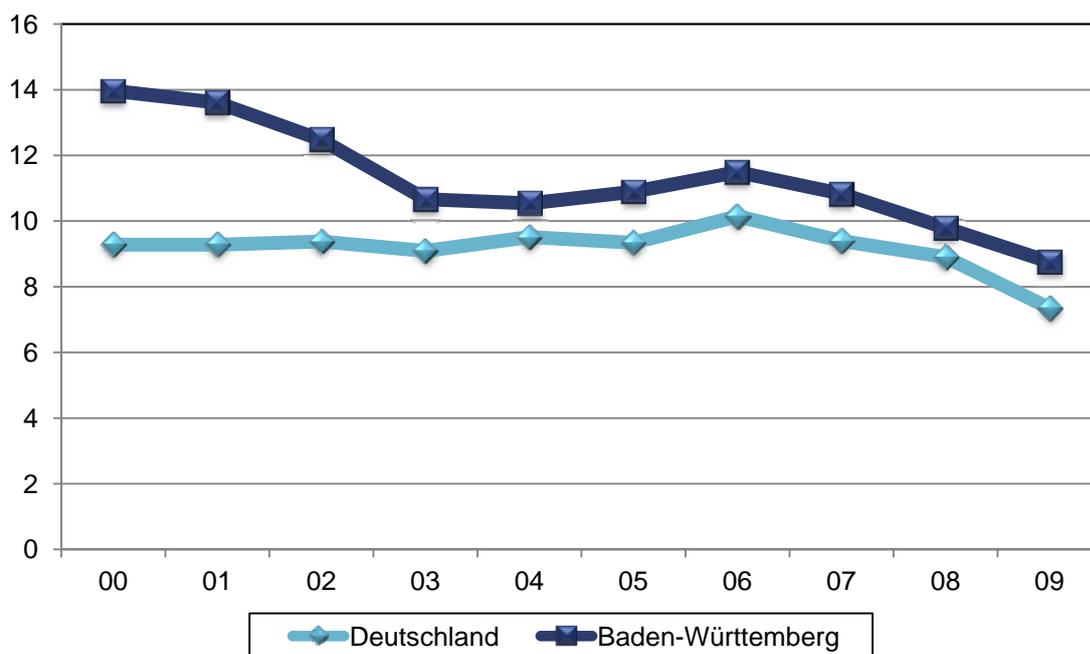


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Da jedoch auch strukturelle Unterschiede zwischen den Wissenschaftsdisziplinen einen deutlichen Einfluss auf die Zitiraten haben, werden zusätzlich relative Indikatoren verwendet. In manchen wissenschaftlichen Disziplinen wird sehr häufig und auch schnell nach Veröffentlichung zitiert, so dass ein einzelnes Zitat "weniger wert" ist, als in Wissenschaftsfeldern wo nur wenige Referenzen auf andere Zeitschriftenartikel verwendet werden. Um diese Unterschiede und die Unterschiede der Strukturen innerhalb der zu vergleichenden Länder oder Regionen kontrollieren und damit vergleichbar machen zu können, werden die Daten normiert. Es gibt grundsätzlich zwei Ansätze der Normierung von Zitierungen, nämlich anhand des Durchschnitts der jeweiligen Disziplin und anhand des Durchschnitts der jeweiligen

Zeitschrift, in welcher das Dokument erschienen ist. Da die Normierung am Felddurchschnitt stark durch die Zusammensetzung und Zitiergewohnheiten der Leserschaft (Schmoch et al. 2012; Schubert/Michels 2013) sowie insbesondere durch die verwendete Klassifikation beeinflusst wird, wird an dieser Stelle die Normierung mithilfe der Zeitschriften bevorzugt. Dies liegt auch darin begründet, dass die hier interessierenden Themenfelder und Publikationen eher neue Themen sind und nicht in allen Fällen den "Mainstream" widerspiegeln, weshalb eine zeitschriften-spezifische Bewertung die geeignetere Variante darstellt. Neue Themen und Themen außerhalb des "Mainstreams" werden tendenziell in eher kleineren, jüngeren und in absoluten Zahlen weniger häufig zitierten Zeitschriften veröffentlicht (Michels, Schmoch 2013; Ray et al. 2000).

Abbildung 4: Index der zeitschriftenspezifischen Beachtung baden-württembergischer und deutscher Publikationen (gleitender 3-Jahres-Durchschnitt)

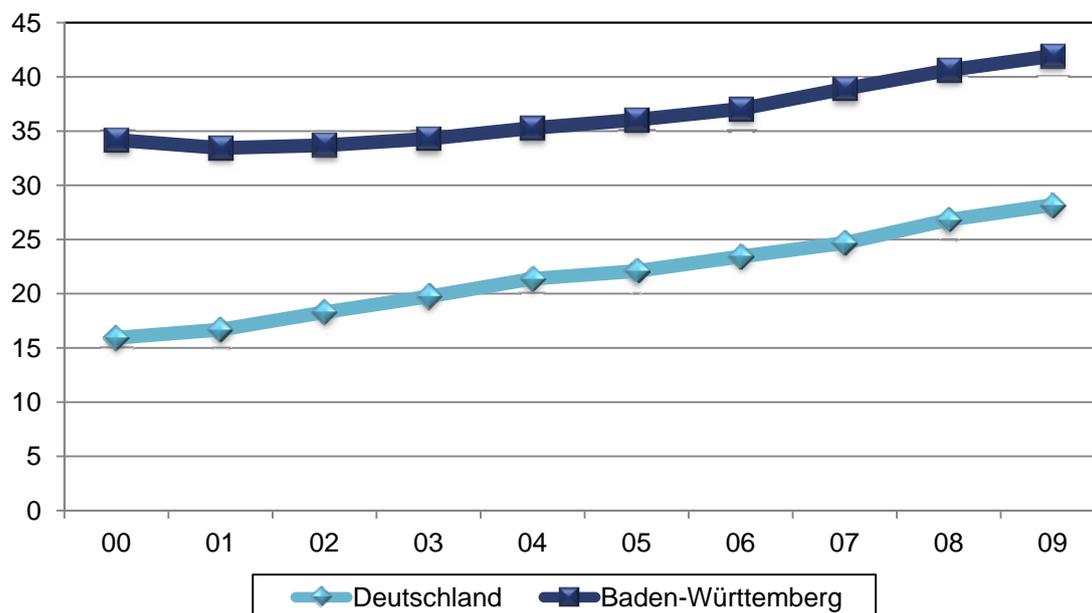


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Ein weiterer Vorteil der zeitschriftenspezifischen gegenüber der feldspezifischen Normierung liegt in der differenzierteren Betrachtungsmöglichkeit der Zitatraten. Hier können zwei unterschiedliche Indikatoren berechnet werden, die einerseits die Beachtung des jeweiligen Artikels innerhalb der Zeitschrift abbilden (Zeitschriftenspezifische Beachtung) und andererseits die jeweilige Zeitschrift, in welcher der Artikel veröffentlicht wird, am weltweiten Durchschnitt der Zeitschriften bewerten (Internationale Ausrichtung).

In Abbildung 4 ist die Zeitschriftenspezifische Beachtung baden-württembergischer und deutscher Publikationen in den Jahren 2000-2009 abgebildet. Die Ergebnisse werden als gleitender 3-Jahres-Durchschnitt dargestellt, das heißt der abgebildete Indexwert ist der Durchschnittswert der Einzelwerte aus drei Jahren – jeweils die Jahre vor, während und nach dem genannten Jahr. Daneben wird in diesem Bericht ein Zitatfenster von drei Jahren verwendet, das heißt es werden die Zitierungen auf einen Artikel im Publikationsjahr und den beiden darauf folgenden Jahren betrachtet, wodurch gleiche Chancen für alle Beobachtungsjahre erreicht werden können. Aufgrund dieses 3-Jahres-Fensters können die Zitanalysen lediglich bis zum Jahr 2009 durchgeführt werden. Die abgetragenen Daten weisen insbesondere ab dem Jahr 2007 einen rückläufigen Indexwert für Baden-Württemberg und auch für Deutschland aus, während wir in Abbildung 3 für diesen Zeitraum deutlich ansteigende Zitatraten vermerkt hatten. Es lässt sich daher ableiten, dass innerhalb der Zeitschriften, in denen deutsche und baden-württembergische Autorinnen und Autoren publizieren, diese weniger häufig zitiert werden als in der Vergangenheit.

Abbildung 5: Index der Internationalen Ausrichtung baden-württembergischer, deutscher Publikationen im weltweiten Vergleich (gleitender 3-Jahres-Durchschnitt)

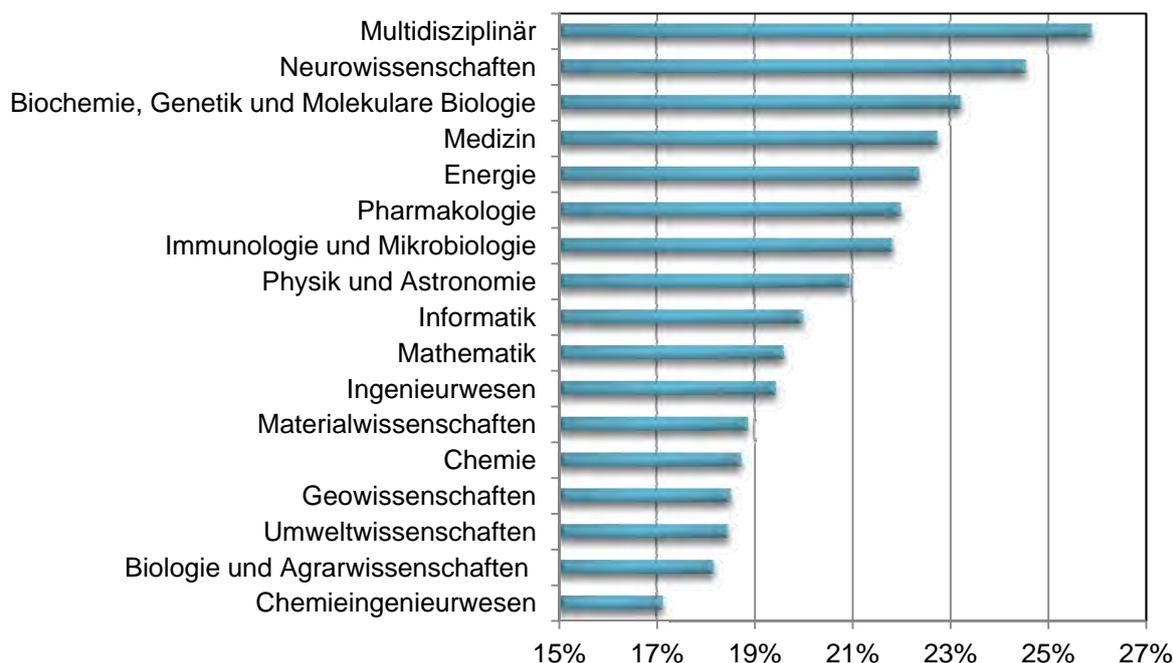


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Betrachtet man jedoch zusätzlich die in Abbildung 5 abgetragene Internationale Ausrichtung, dann lässt sich hier eine deutliche Steigerung erkennen. Dies bedeutet, dass sowohl deutsche wie auch baden-württembergische Autorinnen und Autoren in international stärker sichtbaren bzw. renommierteren Zeitschriften ihre Beiträge plat-

zieren können. Dort erreichen sie aber nicht die gleichen Zitatraten wie in jenen Zeitschriften, die durchschnittlich eine niedrigere Zitatrate aufweisen. Anders formuliert lässt sich sagen, dass bei steigendem Publikationsaufkommen aus Baden-Württemberg bei insgesamt ansteigenden Zitatraten die Qualität hoch ist und auch auf hohem Niveau gehalten werden kann. Es zeichnet sich eine Art Strukturwandel ab, der stärker in Richtung höher zitierte und etablierte Zeitschriften geht.

Abbildung 6: Anteil Baden-Württembergs an den Publikationen Deutschlands nach Wissenschaftsfeldern



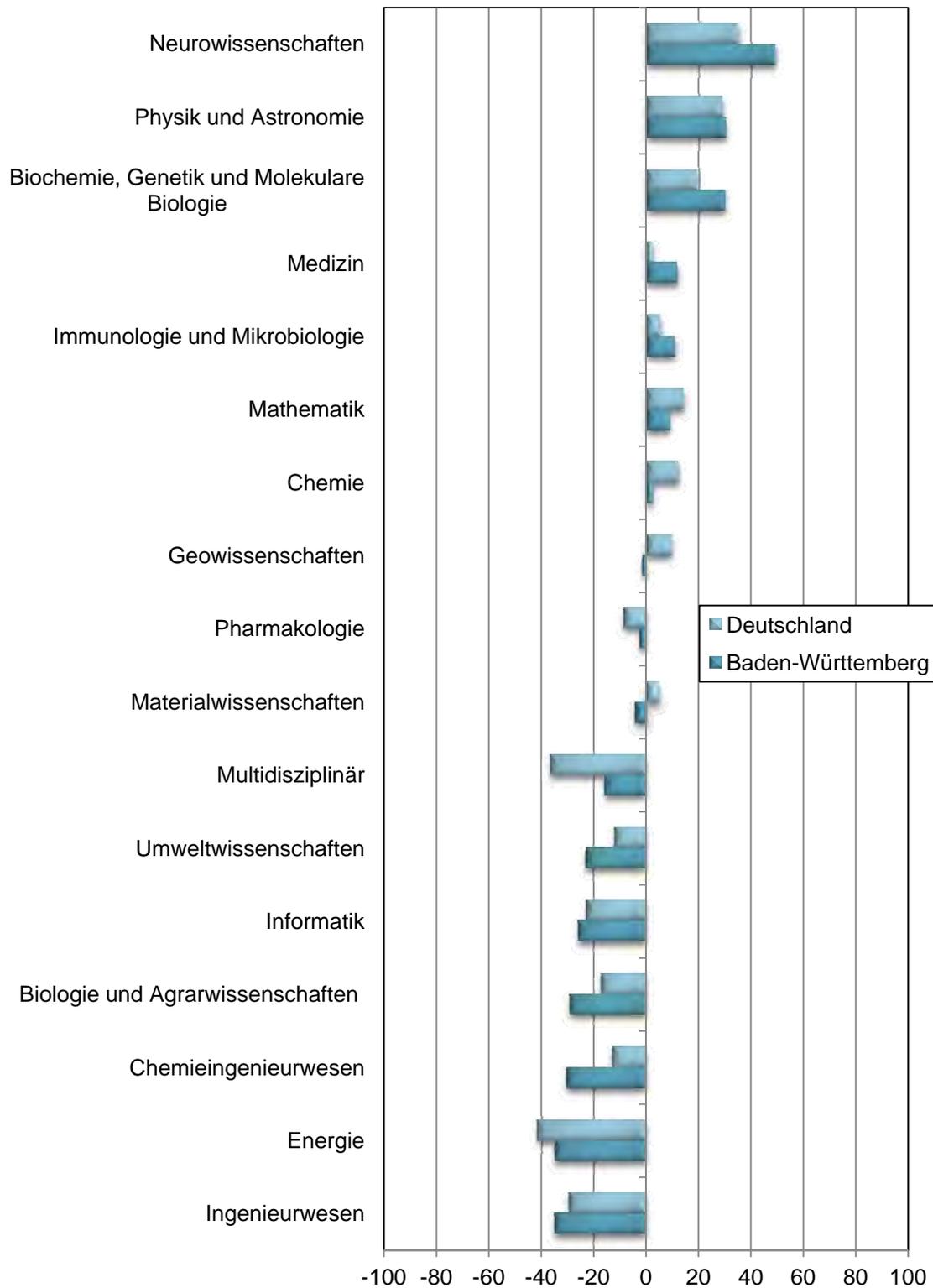
Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Insgesamt trägt Baden-Württemberg zu den Publikationen in Deutschland mit ca. 20% bei. Dies war aus Abbildung 2 hervorgegangen. Die höchsten Anteile an den deutschen Publikationen nach allgemeinen Wissenschaftsfeldern erreicht Baden-Württemberg im Feld der multidisziplinären Zeitschriften mit etwa 26% (Abbildung 6). Es wird deutlich, dass in allen Bereichen der Gesundheitswissenschaften die Anteile Baden-Württembergs ebenfalls recht hoch sind und beispielsweise bei Neurowissenschaften bei ca. 25% liegen, hinsichtlich Biochemie und Medizin bei gut bzw. knapp 23% und auch in den Bereichen Pharmakologie und Immunologie trägt Baden-Württemberg mit über 22% zu den deutschen Publikationen bei. In den Einzeldisziplinen rund um das Ingenieurwesen erreicht Baden-Württemberg hingegen Anteile teilweise deutlich unter dem Durchschnitt von 20%, allen voran im Chemieingenieurwesen, den Umweltwissenschaften, aber auch im Ingenieurwesen allgemein.

Daneben sind es auch die Biologie, die Chemie (inkl. Elektro-Chemie), die Geo- und die Materialwissenschaften, die unterhalb der 20%-Marke liegen.

Sieht man sich das baden-württembergische Wissenschaftsprofil und das deutsche Profil in Relation zu den weltweiten Publikationsaktivitäten an (Abbildung 7), so bestätigen sich die Gesundheitswissenschaften aber auch die Physik als ausgeprägte Stärken im Profil, während sich Disziplinen wie das Ingenieurwesen, Energie und auch Umweltwissenschaften sowie Informatik als weniger ausgeprägt verglichen mit dem internationalen Maßstab darstellen. Die industriellen Schwerpunkte in Baden-Württemberg sind also gerade nicht die wissenschaftlichen Schwerpunkte im Land und umgekehrt.

Abbildung 7: Spezialisierungsprofil Baden-Württembergs und Deutschlands nach Wissenschaftsfeldern, 2009-2011

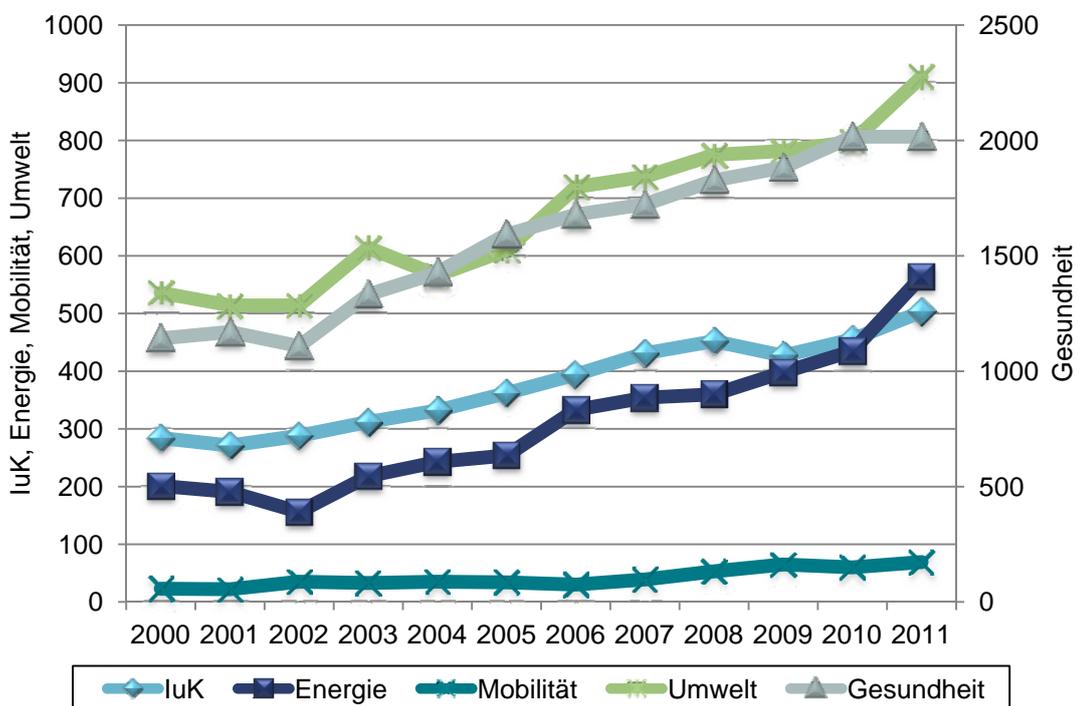


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

### 3.1.2 Die fünf operativen Schwerpunktthemen

Bezogen auf die Publikationen in den fünf Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg Stiftung lassen sich über die Zeit hinweg durchweg steigende Trends identifizieren (Abbildung 8). Publikationen im Bereich Lebenswissenschaften liegen mit rund 2000 Beiträgen pro Jahr absolut an der Spitze im Land. An zweiter Stelle und mit zuletzt deutlichem Wachstum findet sich das Thema Umwelt, bei dem ca. 900 Publikationen pro Jahr in international sichtbaren Zeitschriften publiziert werden. Das Thema Energie, das zuletzt ebenfalls deutlich angewachsen war, schlägt mit ca. 550 Publikationen jedes Jahr in Baden-Württemberg zu Buche und auch die Informations- und Kommunikationstechnologien liegen mit ca. 500 Publikationen auf einem ähnlichen Niveau. Demgegenüber stellen die rund 80 Publikationen in Zeitschriften, die im Themenfeld Mobilität (hier ausschließlich nachhaltige Mobilitätstechnologien) veröffentlicht werden, nur einen kleinen Teil der baden-württembergischen Beiträge dar.

Abbildung 8: Anzahl wissenschaftlicher Publikationen in Baden-Württemberg nach Schwerpunktthemen

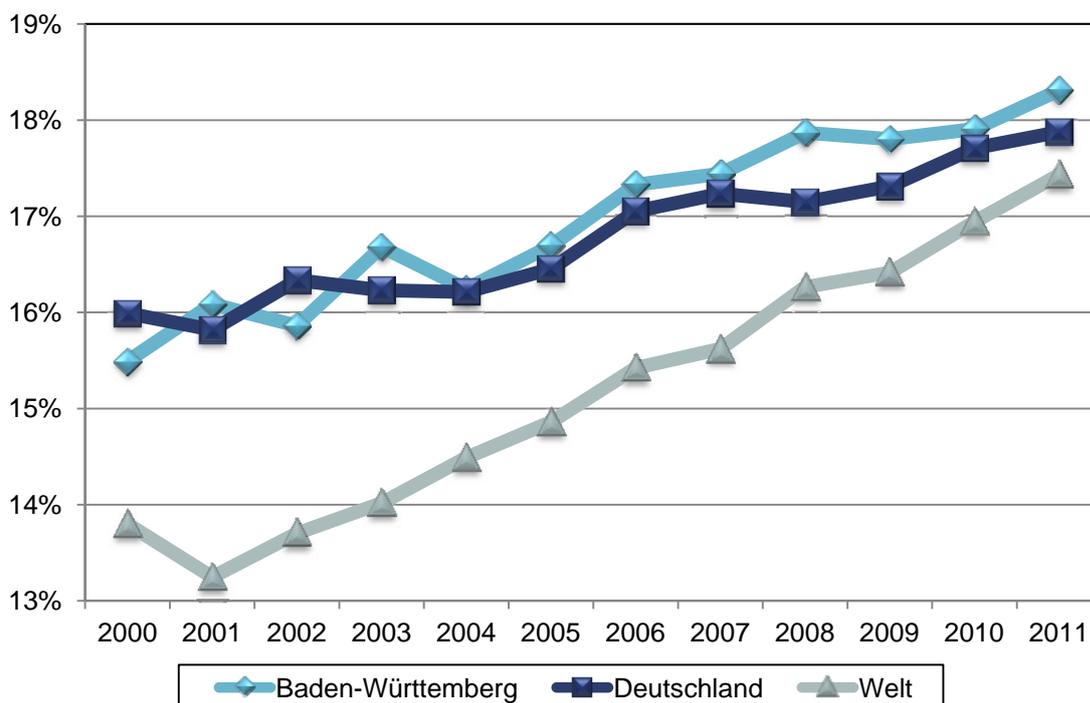


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Insgesamt erreichen die fünf Schwerpunktthemen steigende Anteile am gesamten Publikationsaufkommen in Baden-Württemberg, Deutschland und der Welt (Abbildung 9). Seit dem Jahr 2008 waren rund 18% aller Publikationen in Baden-

Württemberg in diesen fünf Schwerpunktthemen veröffentlicht worden. Deutschland insgesamt hat zuletzt wieder etwas aufgeschlossen und erreicht ebenfalls Werte von knapp 18%, bleibt jedoch hinter dem Niveau von Baden-Württemberg zurück. Im weltweiten Profil nehmen die fünf Themen ebenfalls eine steigende Bedeutung ein und sind von knapp 14% auf 17,4% in den letzten zehn Jahren angestiegen.

Abbildung 9: Anteile der fünf Schwerpunktthemen an allen Publikationen in Baden-Württemberg, Deutschland und der Welt

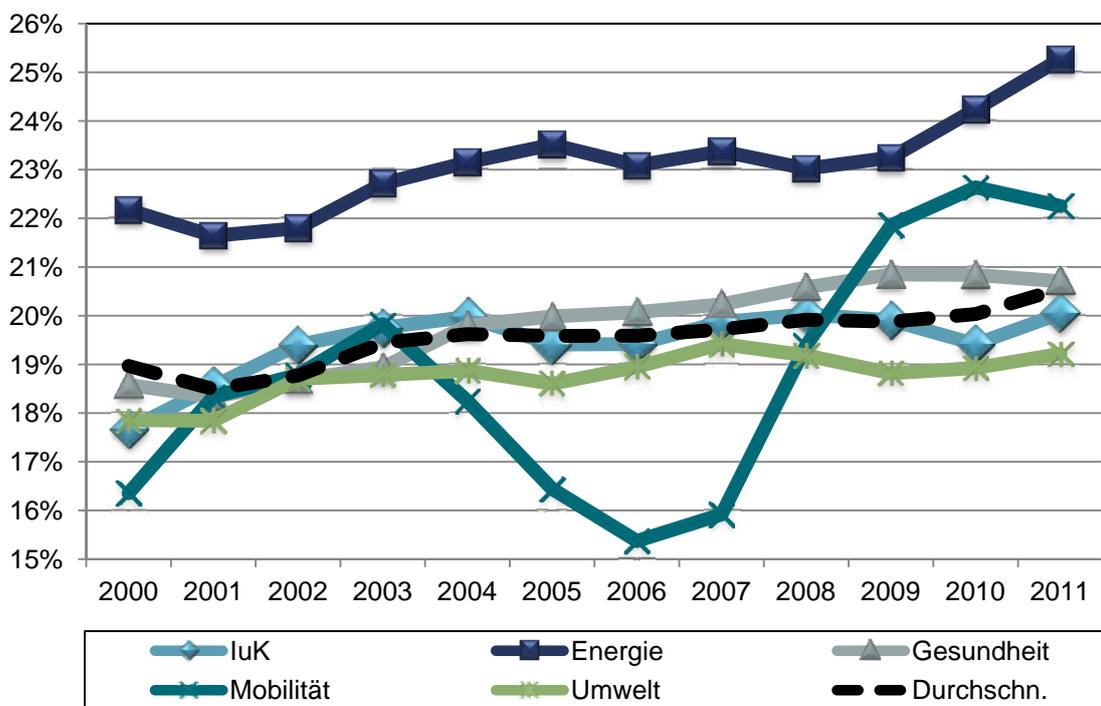


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Betrachtet man die Anteile Baden-Württembergs an den gesamten deutschen Publikationen in den fünf Schwerpunktthemen (Abbildung 10), so sind die Bereiche Gesundheit, nachhaltige Mobilität und insbesondere Energie deutlich überdurchschnittlich, während in den Bereichen IuK sowie Umwelt die Werte leicht unterhalb des hohen Beitrags von Baden-Württemberg zum gesamtdeutschen Publikationsaufkommen liegen. Im Zeitverlauf ergibt sich für den Bereich Lebenswissenschaften eine leicht steigende Tendenz und im Schwerpunktthema Energie gerade in den Jahren 2010 und 2011 eine deutliche Zunahme, während zuvor der Anteil bei ca. 23% nahezu stabil war. Das kleine Feld der nachhaltigen Mobilitätstechnologien erweist sich als durchaus volatil, denn die Anteile Baden-Württembergs an den gesamtdeutschen Publikationen gingen von 19% im Jahr 2003 auf etwas über 15%

im Jahr 2006 zurück, konnten dann aber im weiteren Zeitverlauf wieder deutlich zulegen und erreichen mittlerweile Werte von ca. 22%. Mit Blick auf die weltweiten Anteile Baden-Württembergs ergibt sich für alle fünf Schwerpunktthemen ein rückläufiger Trend da die Beiträge anderer Länder deutlich angestiegen sind. Allerdings konnte in den Bereichen Energie, IuK sowie Umwelt der Abwärtstrend gestoppt bzw. sogar umgekehrt werden. Auch im internationalen Vergleich zeigt sich, dass die wissenschaftlichen Aktivitäten Baden-Württembergs im Schwerpunktthema Energie am höchsten sind gefolgt von IuK, Gesundheit und zuletzt Umwelt und Mobilität.

Abbildung 10: Anteile wissenschaftlicher Publikationen Baden-Württembergs an den deutschen Publikationen nach Schwerpunktthemen

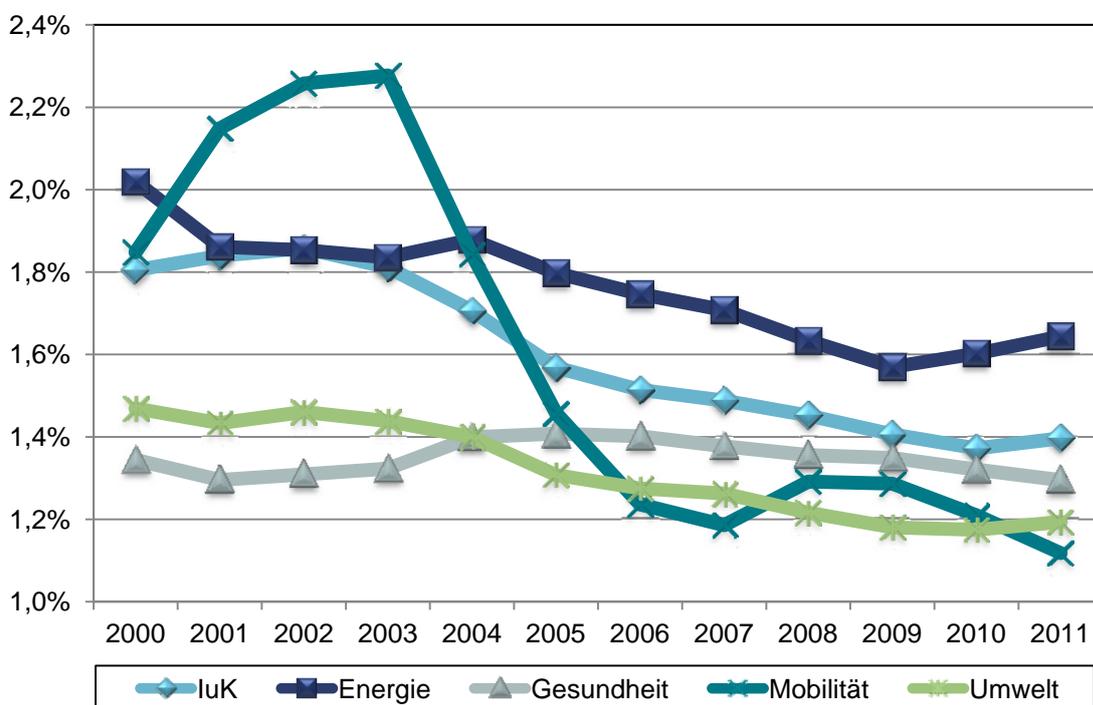


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

In dem Feld Ressourcenschonung und Umweltschutz sind auch die Folgen des Klimawandels und die technologiebasierten Reaktionen darauf abgedeckt. Dabei hat das Thema Klimafolgen ab dem Jahr 2006 weltweit deutlich an Dynamik zugelegt. Allerdings hat Baden-Württemberg dieses Thema etwas später für sich entdeckt und kann in dem Zeitraum von 2009-2011 zwar mit 1,4% einen höheren weltweiten Anteil vorweisen als bei allen Publikationen insgesamt, liegt aber bezogen auf die bundesdeutschen Zahlen mit 16,7% deutlich darunter, das heißt Deutschland insgesamt ist hier überdurchschnittlich aktiv.

Die Bioökonomie – diese umfasst sowohl die verstärkte Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in der Produktion als auch die ökologisch/nachhaltige Produktion von Nahrungsmitteln – ist ein noch junges Feld. Insbesondere die nachwachsenden Rohstoffe sind dabei bereits seit längerem Gegenstand von dokumentierten Forschungsarbeiten. Baden-Württemberg hat hier jedoch noch deutlichen Aufholbedarf, da in den letzten 10 Jahren nur sehr wenige Publikationen in diesem Bereich in Scopus erfasst werden konnten.

Abbildung 11: Anteile wissenschaftlicher Publikationen Baden-Württembergs an den weltweiten Publikationen nach Schwerpunktthemen

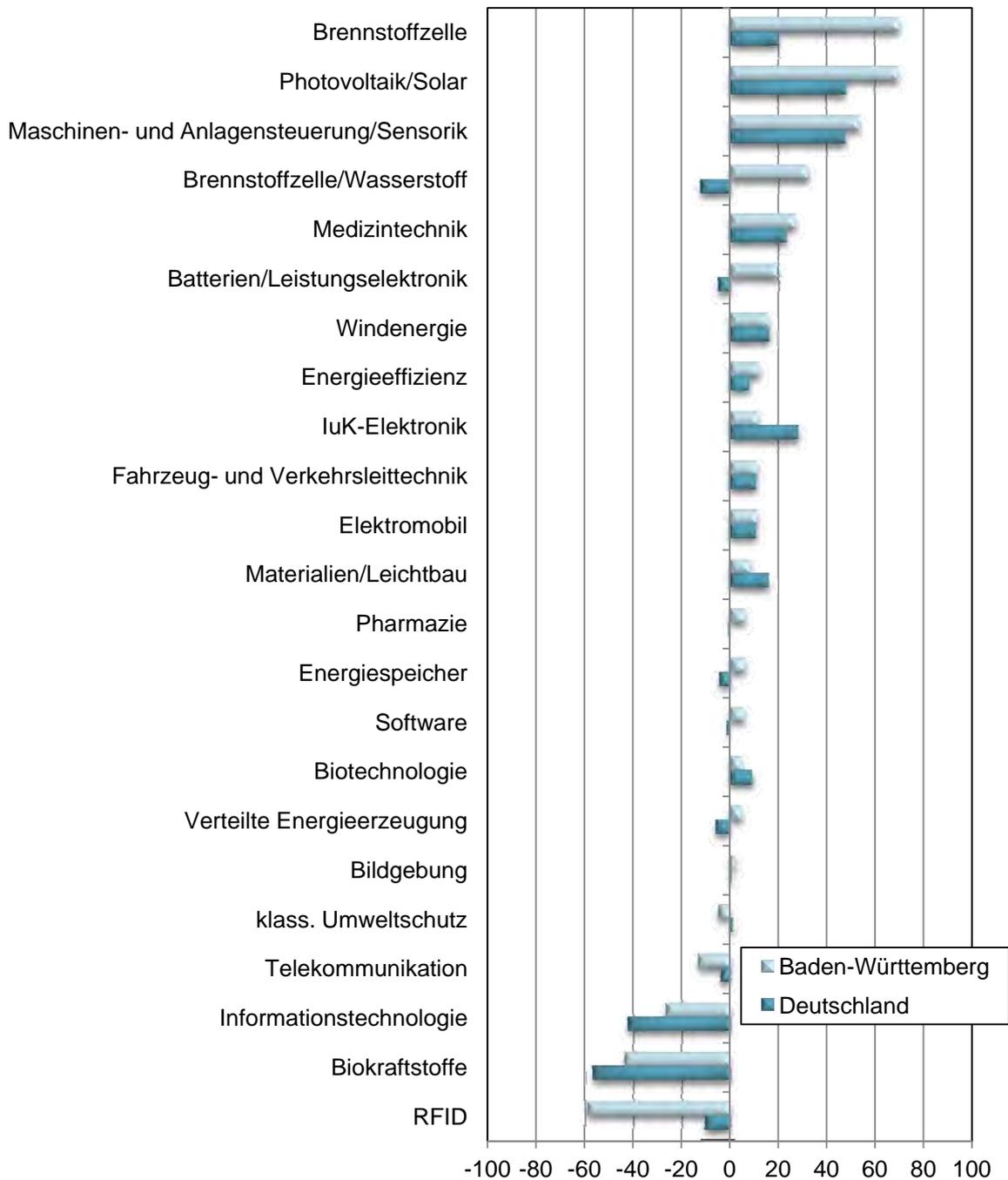


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

In einer detaillierten Betrachtung unterhalb der fünf Schwerpunktthemen lassen sich das deutsche und das baden-württembergische Profil im weltweiten Vergleich darstellen (Abbildung 12). Positive Werte in der Abbildung bedeuten dabei ein höheres Gewicht im jeweiligen Profil als dieses Wissenschaftsfeld im weltweiten Profil einnimmt. Negative Werte bedeuten entsprechend eine unterdurchschnittliches Gewicht bzw. eine unterdurchschnittliche Spezialisierung des jeweiligen Feldes. Baden-Württembergs Wissenschaftslandschaft leistet einen überdurchschnittlichen Beitrag in den Bereichen Brennstoffzellen, Photovoltaik/Solar, Maschinen und Anlagensteuerung/Sensorik, aber auch in der Medizintechnik und bei Batterien. Eine Vielzahl an Themen wird mit einem im Wesentlichen der internationalen Schwerpunktsetzung entsprechenden Engagement betrieben. Dies reicht von Windenergie bis

Telekommunikation und umfasst Teilthemen mehr oder weniger innerhalb aller fünf Schwerpunktthemen. Keine ausgeprägten Schwerpunkte zeigen sich hingegen bei Informationstechnologien und RFID, sowie bei Biokraftstoffen. Das deutschlandweite Profil weicht im Wesentlichen bei Brennstoffzellen sowie Batterien nach unten ab und kann bei Telekommunikation und RFID sowie bei IuK-Elektronik und der Biotechnologie etwas positivere Werte verzeichnen.

Abbildung 12: Die wissenschaftlichen Profile von Baden-Württemberg und Deutschland unterhalb der fünf Schwerpunktt Themen, 2008-2010

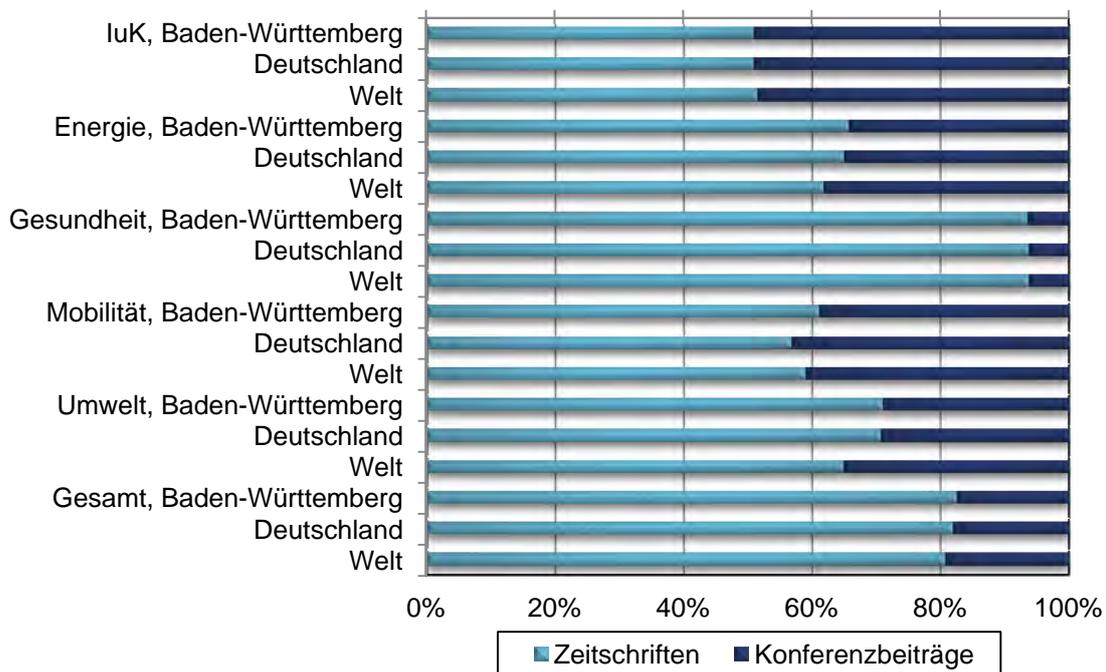


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Neben wissenschaftlichen Publikationen in Zeitschriften sind auch Konferenzbeiträge zur Kommunikation der Ergebnisse von steigender Bedeutung. Hinzu kommt, dass Konferenzbeiträge in den verschiedenen Wissenschaftsfeldern eine unter-

schiedliche Bedeutung haben. In der Informatik beispielsweise sind drei Viertel der Veröffentlichungen Konferenzbeiträge und lediglich ein Viertel Zeitschriftenbeiträge (Michels/Fu 2013). Im Bereich der Medizin oder der Biologie, andererseits, sind es nahezu ausschließlich Zeitschriftenbeiträge, die von der Wissenschaft für die Verbreitung ihrer Ergebnisse genutzt werden.

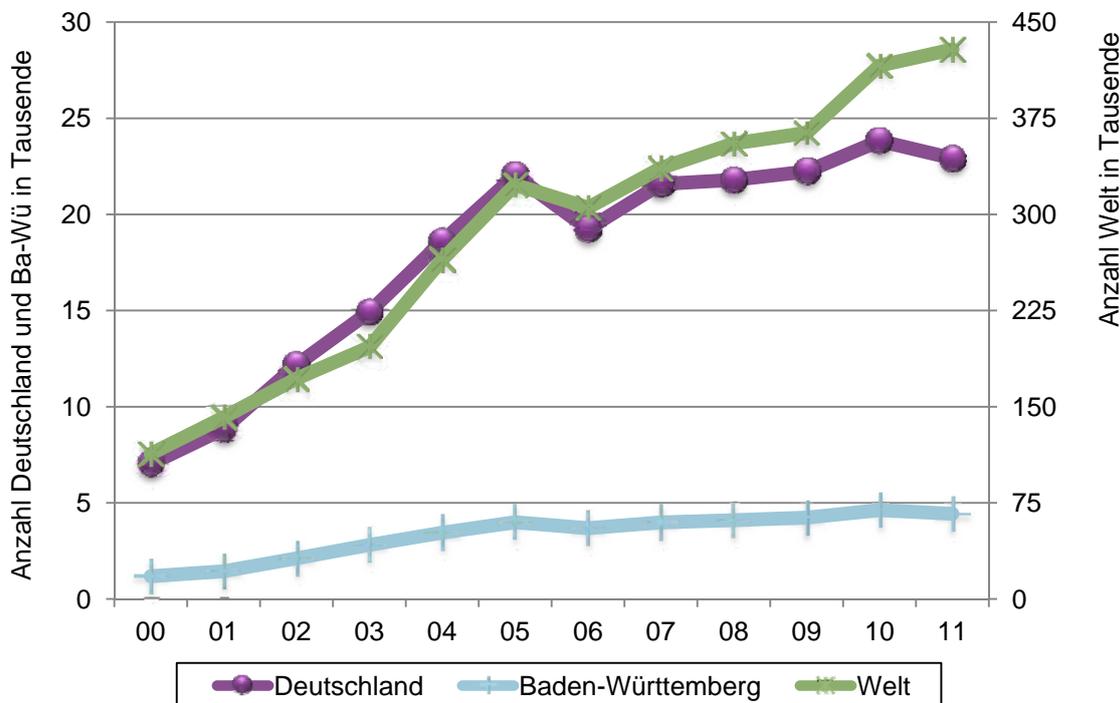
Abbildung 13: Anteile von Zeitschriften- und Konferenzbeiträgen in den Schwerpunktthemen für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt



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

In Abbildung 13 sind die Anteile von Zeitschriften- und Konferenzbeiträgen in den Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg Stiftung abgetragen. Die höchsten Anteile von Konferenzbeiträgen finden sich bei luK sowie bei Mobilität. Die geringsten Anteile von Konferenzbeiträgen und damit die höchsten Anteile von Zeitschriftenbeiträgen lassen sich im Bereich Gesundheit feststellen. Über alle Felder und Disziplinen hinweg (nicht nur die fünf Schwerpunktthemen) sind es knapp 20% der Veröffentlichungen, die auf Konferenzen präsentiert werden. Die Unterschiede zwischen Baden-Württemberg, Deutschland und der Welt sind dabei eher gering und fallen lediglich in den Bereichen Energie und Umwelt ins Auge, wo weltweit stärker über Konferenzen, und in Deutschland entsprechend stärker über Zeitschriftenbeiträge kommuniziert wird. Die Analyse belegt jedoch, dass eine Vernachlässigung der Konferenzbeiträge ein deutliches Ausblenden einzelner Teilbereiche bedeuten würde.

Abbildung 14: Anzahl der Konferenzbeiträge Baden-Württembergs und Deutschlands an den weltweiten Publikationen

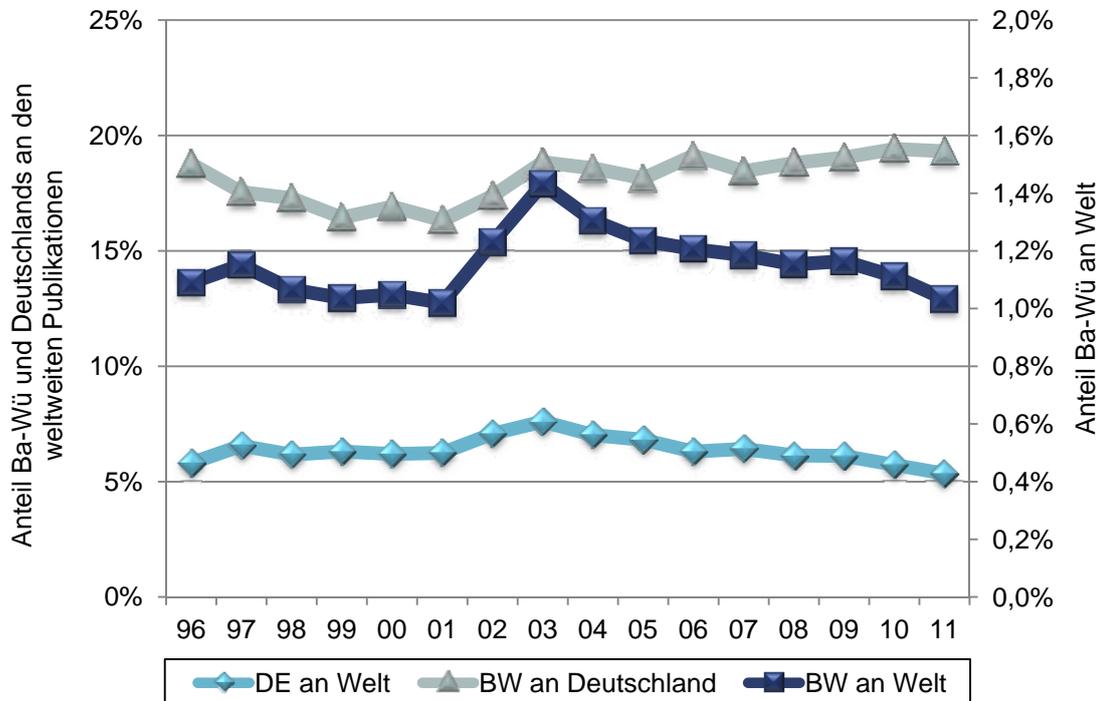


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Konferenzen finden nicht jedes Jahr statt, weshalb im Zeitverlauf eine etwas unstete Entwicklung entsteht. Aus Abbildung 14 wird jedoch ersichtlich, dass die Anzahl der Konferenzbeiträge weltweit deutlich ansteigt – hierfür sind zu aller erst chinesische Autorinnen und Autoren verantwortlich – und in Deutschland sowie in Baden-Württemberg ebenfalls ein positiver, wenngleich verhaltenerer Trend sichtbar ist. In Baden-Württemberg werden pro Jahr ca. 5.000 Beiträge auf jenen Konferenzen vorgestellt, die in Scopus erfasst sind. Dies entspricht einem Anteil von ca. 17,4% an allen baden-württembergischen Publikationen. Weltweit sind es knapp 430.000 Konferenzbeiträge. Aus Deutschland kommen dabei etwa 23.000.

Über 19% der deutschen Konferenzbeiträge stammen dabei aus Baden-Württemberg (Abbildung 15), was weltweit ein Anteil von etwas über einem Prozent bedeutet. Deutschland insgesamt erreichte zuletzt einen Anteil von 5,3%. Im Vergleich zu den Zeitschriftenbeiträgen (Abbildung 2) sind die Anteile für Baden-Württemberg etwas niedriger. Bei den Publikationen waren es über 20% Anteil an Deutschland und etwa 1,3% an der Welt, was baden-württembergische Autorinnen und Autoren hervorbringen. Auch für Deutschland liegt der weltweite Anteil bei den Konferenzbeiträgen deutlich unterhalb des Wertes von 6,1%, den Deutschland in Bezug auf die Zeitschriftenbeiträge einnimmt.

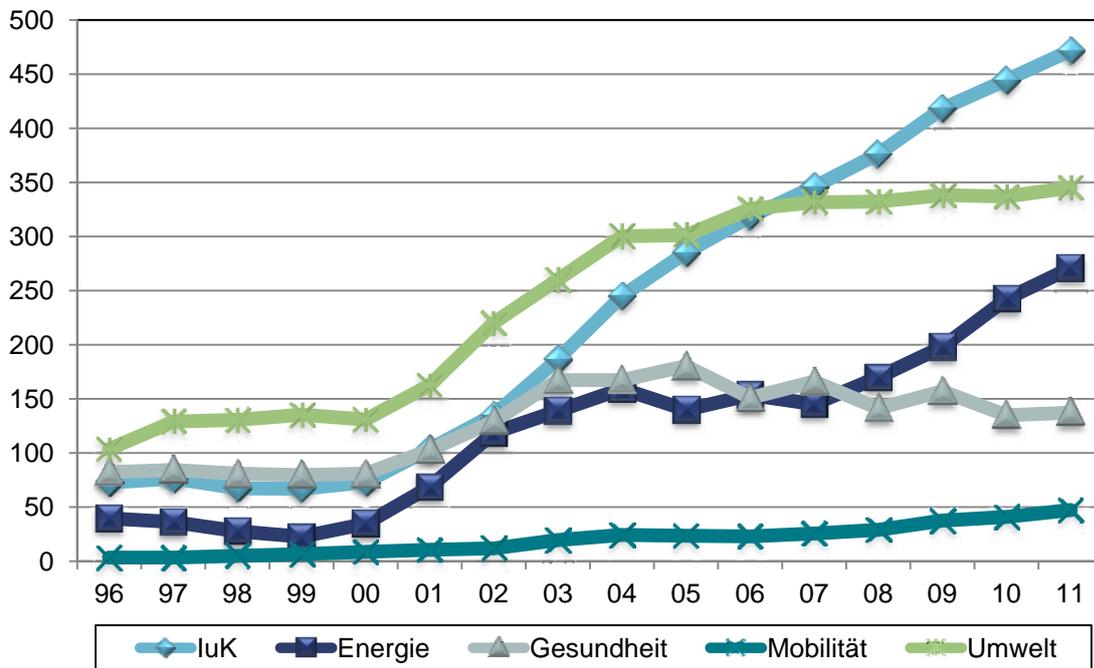
Abbildung 15: Anteile bei Konferenzbeiträgen Baden-Württembergs und Deutschlands an den weltweiten Publikationen



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

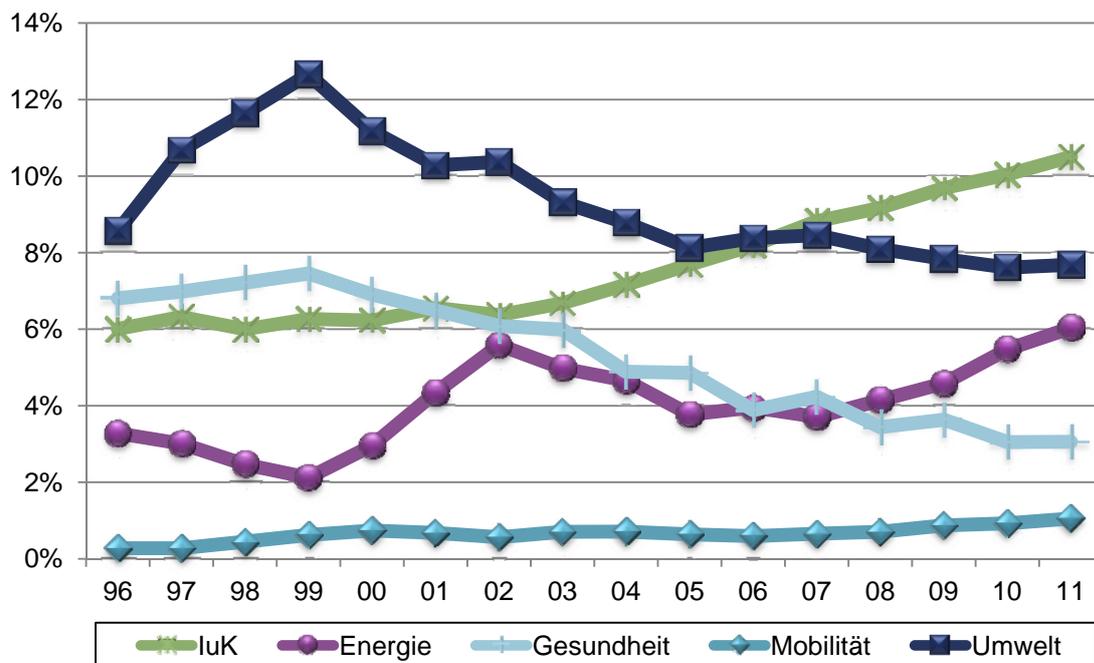
In Baden-Württemberg haben sich die absoluten Zahlen der Konferenzbeiträge insbesondere bei IuK sowie bei Energie sehr dynamisch entwickelt, während Umwelt und Mobilität nur einen leichten Anstieg verzeichnen können und bei Gesundheit sogar ein leicht rückläufiger Trend sichtbar wird (Abbildung 16). Noch deutlicher werden diese Effekte in Abbildung 17, wo die Anteile der Schwerpunktthemen an den gesamten Konferenzbeiträgen in Baden-Württemberg abgetragen sind. Bei den wissenschaftlichen Zeitschriftenbeiträgen sind die Anteile mit Ausnahme der Energie über die Zeit recht konstant. Der Zuwachs bei Konferenzbeiträgen ist in erster Linie auf IuK sowie Energie zurückzuführen, was dazu führt, dass die anderen Teilbereiche nicht so stark zulegen bzw. sogar zurückgehen. Anders formuliert findet bezogen auf Konferenzbeiträge ein Strukturwandel innerhalb der Schwerpunktthemen statt, der sich bei der Analyse der Publikationen so nicht zeigt.

Abbildung 16: Anzahl von Konferenzbeiträgen in Baden-Württemberg nach Schwerpunktthemen



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

Abbildung 17: Anteile der Schwerpunktthemen an den gesamten Konferenzbeiträgen Baden-Württembergs



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

## 3.2 Patente

Die wissenschaftliche Forschung in öffentlichen Forschungseinrichtungen lässt sich recht zuverlässig mit wissenschaftlichen Publikationen abbilden. Allerdings stellt dies nur einen Teil der Forschung dar und ist insbesondere häufig noch sehr weit vom Markt und damit von Innovationen entfernt. Ein erheblicher Teil von Forschung und Entwicklung wird in Unternehmen durchgeführt und ist dann im Allgemeinen wesentlich markt- und damit innovationsnäher. Nun lassen sich Unternehmen nur ungern in die Karten schauen und geben nur jene Informationen preis, die sie wirklich preisgeben müssen oder wo sie sich durch die Preisgabe einen Vorteil erhoffen. Generelle Zahlen zu Investitionen, Umsatz oder Beschäftigten und in manchen Fällen auch zu Aufwendungen für Forschung und Entwicklung lassen sich durchaus finden. Ist man jedoch an einer inhaltlich differenzierten Betrachtung interessiert, was die Aktivitäten von technologie- und innovationsorientierten Unternehmen betrifft, dann bietet sich neben Fallstudien und Befragungen häufig eine Patentanalyse als Instrument an. Patente gehören zu jener Kategorie von Informationen, bei denen sich Unternehmen durch die Preisgabe einen Vorteil versprechen. Selbstverständlich müssen Unternehmen nicht all ihre Erfindungen in Patenten niederschreiben und veröffentlichen. Da die Unternehmen für die detaillierte Beschreibung der Technologien jedoch im Gegenzug ein staatlich garantiertes, temporäres Monopol auf diese Technologien erhalten, sind viele Unternehmen dazu bereit, diese Informationen in Patenten zu veröffentlichen. Patente sind ein sehr verlässlicher Indikator für die Ergebnisse und Strukturen von Forschungs- und Entwicklungsprozessen in Unternehmen.

Zur Beurteilung der Forschung in Unternehmen bieten sich daher vor allem Patente an, denn viele der Unternehmen, die Forschung und Entwicklung betreiben, nutzen Patente zum Schutz ihrer Forschungsergebnisse und ihrer Märkte. Patente sind zwar nicht in der Lage alle Forschungsergebnisse abzubilden, sie stehen jedoch für einen wesentlichen Teil der Aktivitäten und dienen als Indikator, das heißt als Stellvertretervariable für die Gesamtheit der Forschungsergebnisse. Patente als Innovationsindikator erheben dabei nicht den Anspruch das vollständige Universum von Innovationen und auch nicht von technologieorientierten Innovationen abbilden zu können. Sie bieten aber den Vorteil, dass sie gut differenzierbar und von hoher Datenqualität sind, weshalb sie sich für differenzierte Analysen besonders eignen.

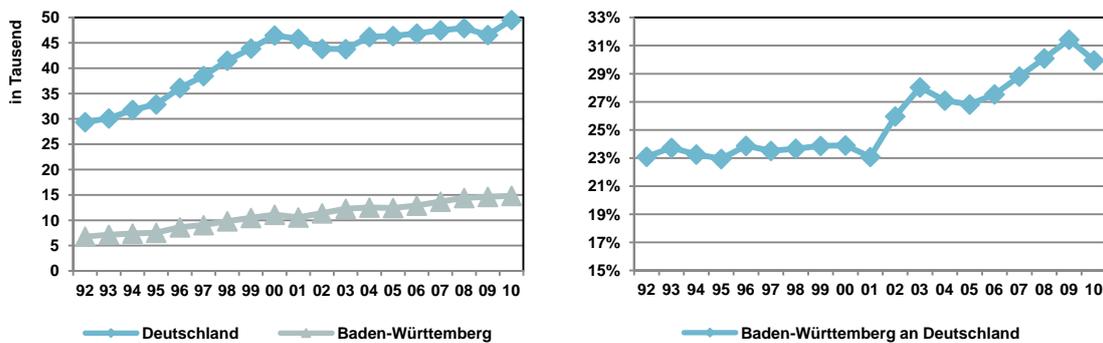
Lediglich ca. 5% der Patente werden von der öffentlichen Forschung angemeldet, weshalb Patente in erster Linie die Aktivitäten in den Unternehmen abbilden. Faktisch ist es so, dass Unternehmen mit ihrer Forschung und Entwicklung sehr nah an ihren eigenen Märkten agieren, bzw. sehr marktorientiert forschen. Grundla-

genforschung oder auch anwendungsorientierte Grundlagenforschung findet in Unternehmen hingegen sehr selten statt. Dennoch gibt es sehr grundlegende und noch nicht unmittelbar produktnahe Patente, die aufgrund der Kostenintensität von Patenten nur an wenigen Patentämtern angemeldet werden, während die bereits produkt- und marktnahen Technologien häufig sehr breit international angemeldet werden. Es hat sich gezeigt, dass Unternehmen die produkt- bzw. marktfernen Forschungsergebnisse aus Zwecken der Sicherung und der Dokumentation überwiegend am nationalen Heimatpatentamt hinterlegen, um mit später anzumeldenden marktnahen Technologien auf diese Patente Bezug nehmen zu können. Daher verwenden wir an dieser Stelle zur Beurteilung der Entwicklung der technologischen Leistungsfähigkeit Baden-Württembergs und Deutschlands sowohl Patentanmeldungen in Deutschland als auch transnationale Patentanmeldungen analysieren. Patente in Deutschland sind dabei definiert als alle jene Patente, die früher oder später in Deutschland potenziell rechtswirksam werden. Aufgrund verschiedener Wege, ein Patent in Deutschland zu erlangen, werden zu diesem Zweck verschiedene Möglichkeiten der Anmeldung kombiniert. Im Detail bedeutet dies, dass alle direkten Anmeldungen am deutschen Patent- und Markenamt sowie alle europäischen Patentanmeldungen und PCT-Anmeldungen deutscher Anmelder berücksichtigt wurden. Dem gegenüber stehen in diesen Analysen transnationale Patente, definiert als Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung am Europäischen Patentamt oder über das so genannte PCT-Verfahren bei der WIPO (World Intellectual Property Organization). Der internationale Vergleich und die internationale Einordnung der Position Baden-Württembergs kann dabei sinnvollerweise nur auf Basis von transnationalen Patenten erfolgen, denn hier können alle Vergleichsländer an einem einheitlichen und gleichen Maßstab gemessen werden. Würden ausschließlich die Anmeldungen in Deutschland betrachtet werden und der internationale Vergleich auf dieser Basis durchgeführt, dann hätte Deutschland einen deutlichen Heimvorteil, der für die Fragestellung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit die Bewertungsmöglichkeiten deutlich einschränkt. Die Anmeldungen in Deutschland sind jedoch geeignet, um Entwicklungstrends und mögliche technologische Schwerpunktverschiebungen innerhalb Baden-Württembergs bzw. innerhalb Deutschlands zu identifizieren.

Die in Abbildung 18 dargestellte Anzahl der Patentanmeldungen in Deutschland von deutschen und baden-württembergischen Patentanmeldern belegt im Wesentlichen zwei Dinge: Erstens sind sowohl Deutschland insgesamt als auch Baden-Württemberg sehr patent- bzw. technologieorientiert und zweitens sind die Zahlen in den neunziger Jahren sehr deutlich angestiegen, während sich das Wachstum ca. ab dem Jahr 2000 deutlich verhaltener entwickelt hat. Auf der rechten Seite von

Abbildung 18 ist der Anteil Baden-Württembergs an den deutschen Patentanmeldungen in Deutschland dargestellt. Es zeigt sich, dass bis zum Jahr 2001 die Trends in Baden-Württemberg und Deutschland in etwa parallel verliefen, so dass Baden-Württemberg einen Anteil von 23-24% an den gesamtdeutschen Patenten halten konnte. Nach diesem Zeitpunkt lässt sich ein deutlicher Anstieg der Anteile Baden-Württembergs an den gesamtdeutschen Patenten ausmachen und im Jahr 2009 – die Patente werden hier nach dem Jahr der weltweiten Erstanmeldung zeitlich eingeordnet – lag der Anteil bei über 31%. Anders formuliert, nahezu ein Drittel aller Deutschen Patentanmeldungen stammen von einem Anmelder aus Baden-Württemberg.

Abbildung 18: Patentanmeldungen in Deutschland (DPMA und EPA) aus Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt



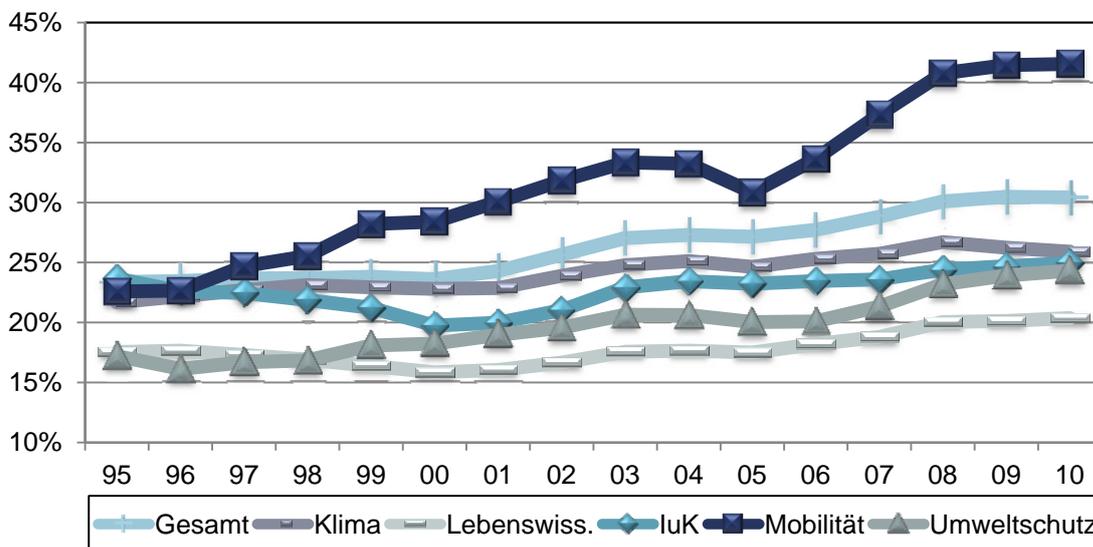
Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

In Bezug auf die fünf Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg Stiftung wird die Ausrichtung Baden-Württembergs noch deutlicher. Während Lebenswissenschaften offensichtlich in anderen Bundesländern ein stärkeres Gewicht einnehmen als in Baden-Württemberg, das lediglich für 20% aller deutschen Anmeldungen verantwortlich ist, sind die Anteile in den anderen Bereichen etwas höher. Ressourcenschonung und Umweltschutz, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Energie/Klima erreichen Werte von 24-26%. Im Bereich der nachhaltigen Mobilität waren es zuletzt über 40% der deutschen Patentanmeldungen in Deutschland, die ihren Ursprung in Baden-Württemberg hatten.

Der Gesamtanteil Baden-Württembergs ist ebenfalls nochmals abgebildet und belegt, dass von den fünf Schwerpunktthemen lediglich die nachhaltige Mobilität oberhalb dieses Wertes liegt und diesen damit deutlich bestimmt.

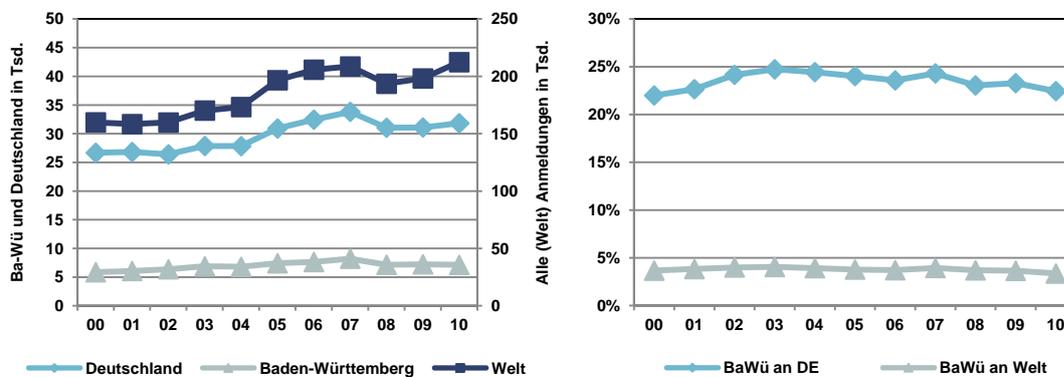
Richtet man den Blick auf die internationalen Märkte mithilfe der transnationalen Patentanmeldungen (Abbildung 20), so ergibt sich ein etwas anderes Bild.

Abbildung 19: Anteile Baden-Württembergs an den deutschen Patentanmeldungen in den fünf Schwerpunkthemen (Anmeldungen in Deutschland)



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 20: Transnationale Patentanmeldungen (EPA und PCT) aus Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

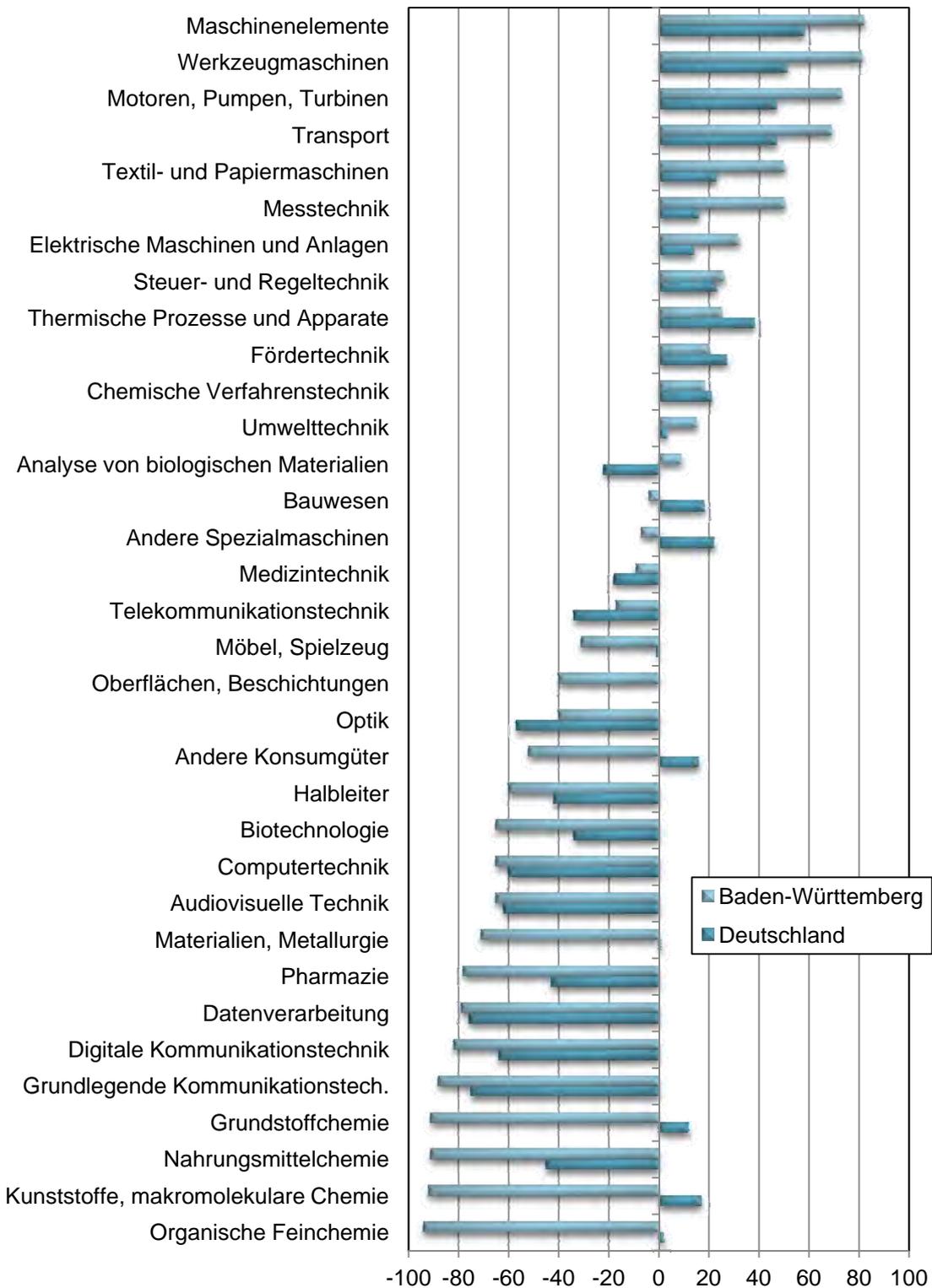
Auch hier gab es einen Aufschwung der Patentanmeldungen bis zum Jahr 2000, was jedoch an dieser Stelle nicht weiter dargestellt ist. Bis zur Mitte des ersten Jahrzehnts im neuen Jahrtausend gab es insgesamt ein verhaltenes Wachstum, das seit 2005 an Dynamik gewann und mit der weltweiten ökonomischen Krise des Jahres 2008 einen Einbruch erlitt. Weltweit wurden im Jahr 2010 – auch hier wird das so genannte Prioritätsjahr verwendet, also das Jahr der weltweiten Erstanmeldung – mehr als 212.000 Patente angemeldet. Knapp 32.000 davon stammten aus Deutschland und mehr als 7.000 aus Baden-Württemberg. Auf der rechten Seite

von Abbildung 18 sind die Anteile von Baden-Württemberg an Deutschland bzw. den weltweiten Patentanmeldungen abgetragen. Die weltweiten Anteile sind über den gesamten Zeitraum nahezu konstant und liegen zwischen 3,7 und 4%. Die Anteile Baden-Württembergs an den Anmeldungen aus Deutschland folgen einem leicht sinkenden Trend. Das Maximum lag im Jahr 2003 bei 24,7% und ging bis zum Jahr 2010 auf einen Anteil von 22,5% zurück.

Im Vergleich der beiden Perspektiven national versus international ergibt sich für Baden-Württemberg also ein deutlicher Unterschied in den Entwicklungen in Relation zu Deutschland insgesamt. Hierfür lassen sich wenigstens zwei Ursachen ausmachen, die nicht allesamt auf Entwicklungen in Baden-Württemberg zurückgeführt werden können. Einerseits ist Deutschland auf der transnationalen Ebene etwas dynamischer als im eigenen Land, während Baden-Württemberg umgekehrt in Deutschland stärker zulegen konnte als auf der internationalen Ebene. Dies lässt zweitens den Rückschluss auf Veränderungen von Struktur innerhalb Deutschlands zu, die stark mit einer erhöhten internationalen Ausrichtung einhergehen. Dieser Aspekt wird in Kapitel 4 noch näher zu beleuchten sein. Es kann jedoch vorweggenommen werden, dass Baden-Württemberg Besonderheiten in der internationalen Ausrichtung in Bezug auf Patentanmeldungen aufweist, was unter anderem auf die wirtschaftlichen und technologischen Strukturen zurückzuführen ist. Die Lebenswissenschaften sind beispielsweise stärker internationalisiert als die Mobilität oder der Maschinenbau. Da die Lebenswissenschaften den geringsten und die Mobilität und der Maschinenbau in Baden-Württemberg die höchsten Beiträge zur Wirtschaftsstruktur leisten, ist eine niedrigere Internationalisierung zu erwarten. Die Erhöhung der internationalen Ausrichtung fand in den letzten Jahren nochmals stärker in den Bereichen Lebenswissenschaften und auch Energieerzeugung und -verteilung statt.

Zur Beurteilung der gesamten technologischen Profile Baden-Württembergs und Deutschlands im internationalen Vergleich wird auf eine Klassifikation zurückgegriffen, die auch in internationalen Vergleichen und von internationalen Statistiken verwendet wird (OECD 2009; Schmoch 2008). Mithilfe dieser Klassifikation kann das komplette Spektrum der baden-württembergischen Patentaktivitäten beleuchtet werden, während mit der im Anschluss dargestellten Analyse die fünf Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg Stiftung im Mittelpunkt des Interesses stehen. Die fünf Schwerpunktthemen und ihre Teiltechnologien sind dabei in dieser international verwendeten Klassifikation enthalten, sind jedoch in einer anderen Abgrenzung und damit anderen Gruppen bzw. Klassen zugeordnet, so dass nicht direkt von den Ergebnissen auf Basis der einen Klassifikation auf die Ergebnisse in der anderen Klassifikation geschlossen werden kann. Ein hoher Spezialisierungsindex steht dabei für die Gewichtung eines Themas im Technologieprofil eines Landes im internationalen Vergleich.

Abbildung 21: Die Profile Baden-Württembergs und Deutschlands bei transnationalen Patentanmeldungen insgesamt, 2008-2010



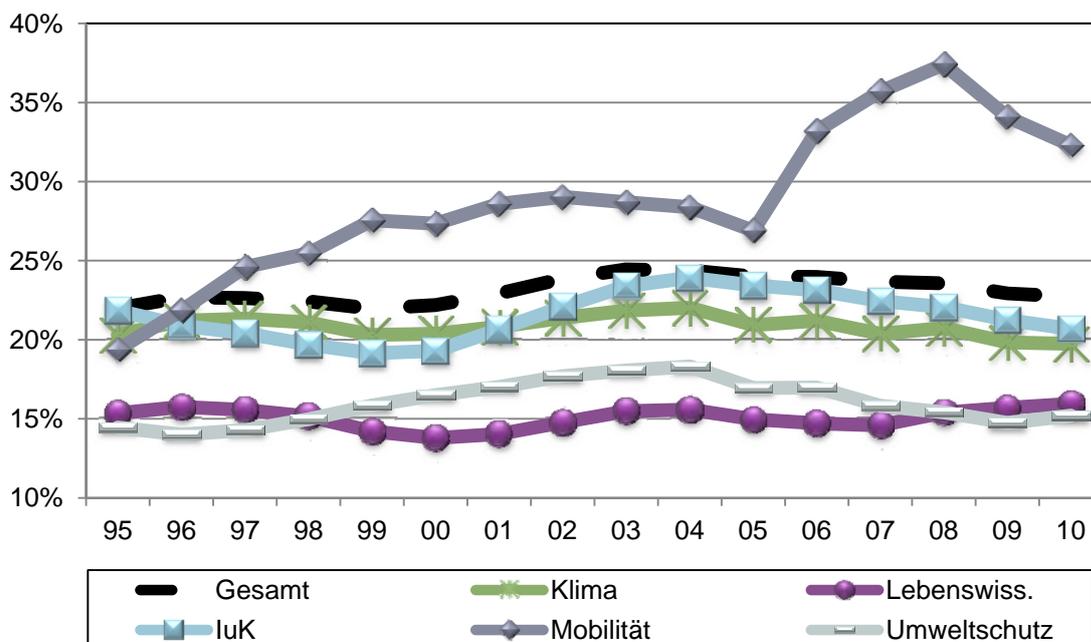
Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Komparative oder Spezialisierungsvorteile folgen der Idee, dass die Bereiche der relativen Schwerpunktsetzung leichter zu Skalenerträgen – auch zu Skalenerträgen bei der Generierung neuen Wissens und neuer Technologien – führen können. Die Schwerpunkte im technologischen Profil Baden-Württembergs liegen sehr deutlich in den Bereichen Maschinenbau, Transport (Fahrzeuge) sowie Mess-, Steuer- und Regeltechnik. In all diesen Feldern finden sich auch in Deutschland insgesamt deutliche Ausprägungen im Profil. Die komparativen Vorteile fallen jedoch in Baden-Württemberg noch klarer aus. Die Bereiche Chemie, Pharmazie und Kunststoffe, sowie weniger ausgeprägt auch die Biotechnologie nehmen ein unterdurchschnittliches Gewicht – im Vergleich zu deren Bedeutung im weltweiten Profil – im technologischen Profil Baden-Württembergs ein. Ähnliches gilt für Teilbereiche der Informations- und Kommunikationstechnologien wie grundlegende oder digitale Kommunikationstechnologien, die Datenverarbeitung, aber auch Computertechnik und Halbleiter. Selbst in Bezug auf die Optik, die an dieser Stelle die klassische Optik und die Photonik umfasst, findet sich eine unterdurchschnittliche Ausrichtung, die an dieser Stelle auf Grund der bekannten industriellen Stärken überraschen mag, aber durch die Breite des Technologiefeldes Optik und die relative Perspektive dieses Indexes zu erklären ist. Die optische Industrie in Baden-Württemberg hat ihre internationalen Stärken in einzelnen Teilbereichen, nicht jedoch in der Breite. Ebenso lässt sich in Bezug auf die Medizintechnik nur ein negativer Indexwert errechnen. Auch diese Kategorie umfasst hier klassische Komponenten (Katheter, Spritzen bis hin zu Rollstühlen) und Elektro-Medizintechnik (MRT, CRT, Laserskalpell etc.). Einer der Gründe für einige dieser durchschnittlichen bzw. unterdurchschnittlichen Bedeutungen im baden-württembergischen Technologieprofil ist in der starken Dominanz von Fahrzeug- und Maschinenbau zu finden. In Bezug auf Chemie und IuK kann dies jedoch nicht als Grund aufgeführt werden. Hier bestehen in Baden-Württemberg tatsächlich keine ausgeprägten Patentstärken im internationalen Vergleich.

Die Anteile Baden-Württembergs an den transnationalen Patenten Deutschlands in den fünf Schwerpunktthemen sind in Abbildung 22 dargestellt. Der Gesamtdurchschnitt lag, wie bereits erwähnt, zuletzt bei 22,5%. Auch hier gilt, dass mit Ausnahme der Mobilität, die deutlich oberhalb dieses Niveaus liegt, die anderen vier Bereiche unterhalb dieses Gesamtbeitrags Baden-Württembergs zur deutschen Patentproduktion angesiedelt sind. Die nachhaltige Mobilität hatte dabei im Jahr 2007 Spitzenniveau von über 40% erreicht, was jedoch über die Zeit bis 2010 wieder kontinuierlich auf ein Niveau von 30% zurückging. Der Sprung lässt sich im wesentlichen auf das Engagement der Daimler AG und der Robert Bosch GmbH im Bereich der neuen Antriebstechnologien zurückführen, die im Jahr 2007 der Patent-

anmeldungen deutlich ausgeweitet hatten, ehe andere deutsche Akteure in diesem Bereich ein wenig nachziehen konnten, weshalb bei absolut steigenden Patentanmeldungen die Anteile rückläufig waren. Leicht rückläufige Anteile finden sich auch in den Informations- und Kommunikationstechnologien sowie bei Energie- und Klimatechnologien, wenngleich deutlich verhaltener. Auch bei Ressourcenschonung und Umweltschutz ist in der längeren Reihe ein leichter Rückgang der Anteile von ca. 20% auf etwas über 15% zu verzeichnen. Es konnte jedoch nach 2008 wieder etwas zugelegt werden. Nahezu konstant bzw. mit einem leicht steigenden Gesamttrend erreichen die Lebenswissenschaften ein stabiles, wenngleich niedriges, Niveau von ca. 15% an allen deutschen Patentanmeldungen auf der transnationalen Ebene.

Abbildung 22: Anteile Baden-Württembergs an den deutschen Patentanmeldungen in den fünf Schwerpunktthemen (Transnationale Anmeldungen)

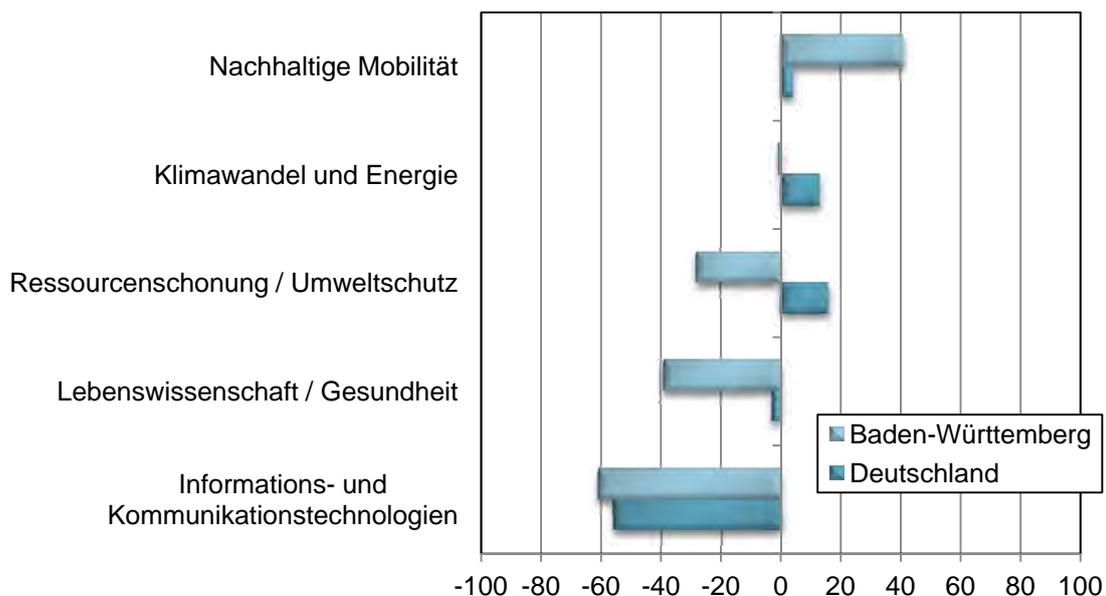


Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Komparative Vor- bzw. Nachteile lassen sich sehr anschaulich mithilfe des Spezialisierungsindex darstellen (Abbildung 23). Positive Werte deuten dabei auf ein stärkeres Gewicht der jeweiligen Technologie im Gesamtprofil Baden-Württembergs bzw. Deutschlands im Vergleich zum Gewicht dieser Technologie im weltweiten Profil hin. Negative Werte belegen dementsprechend ein geringeres Gewicht im jeweiligen Profil als diesen Technologien weltweit zukommt. Für Baden-Württemberg lässt sich festhalten, dass lediglich die nachhaltige Mobilität innerhalb der fünf Schwerpunktthemen einen positiven Ausschlag vorweist. Deutschland ist in diesem

Bereich lediglich entsprechend des Weltdurchschnitts spezialisiert. Bei Klimawandel und Energie sind sowohl Deutschland als auch Baden-Württemberg lediglich durchschnittlich spezialisiert. Ressourcenschonung und Umweltschutz zählt zu Baden-Württembergs Defiziten, während Deutschland insgesamt leicht positive Werte verzeichnen kann. Lebenswissenschaften und Gesundheit gehört mit Blick auf die Patentierungsaktivitäten nicht zu den Stärken Baden-Württembergs und wird in Deutschland insgesamt lediglich mit einem Gewicht betrieben, wie es auch weltweit patentiert wird. Informations- und Kommunikationstechnologien sind hingegen weder in Deutschland insgesamt noch in Baden-Württemberg als ausgeprägte Stärken zu identifizieren. Andere Länder sind in diesem Feld offensichtlich deutlich stärker engagiert.

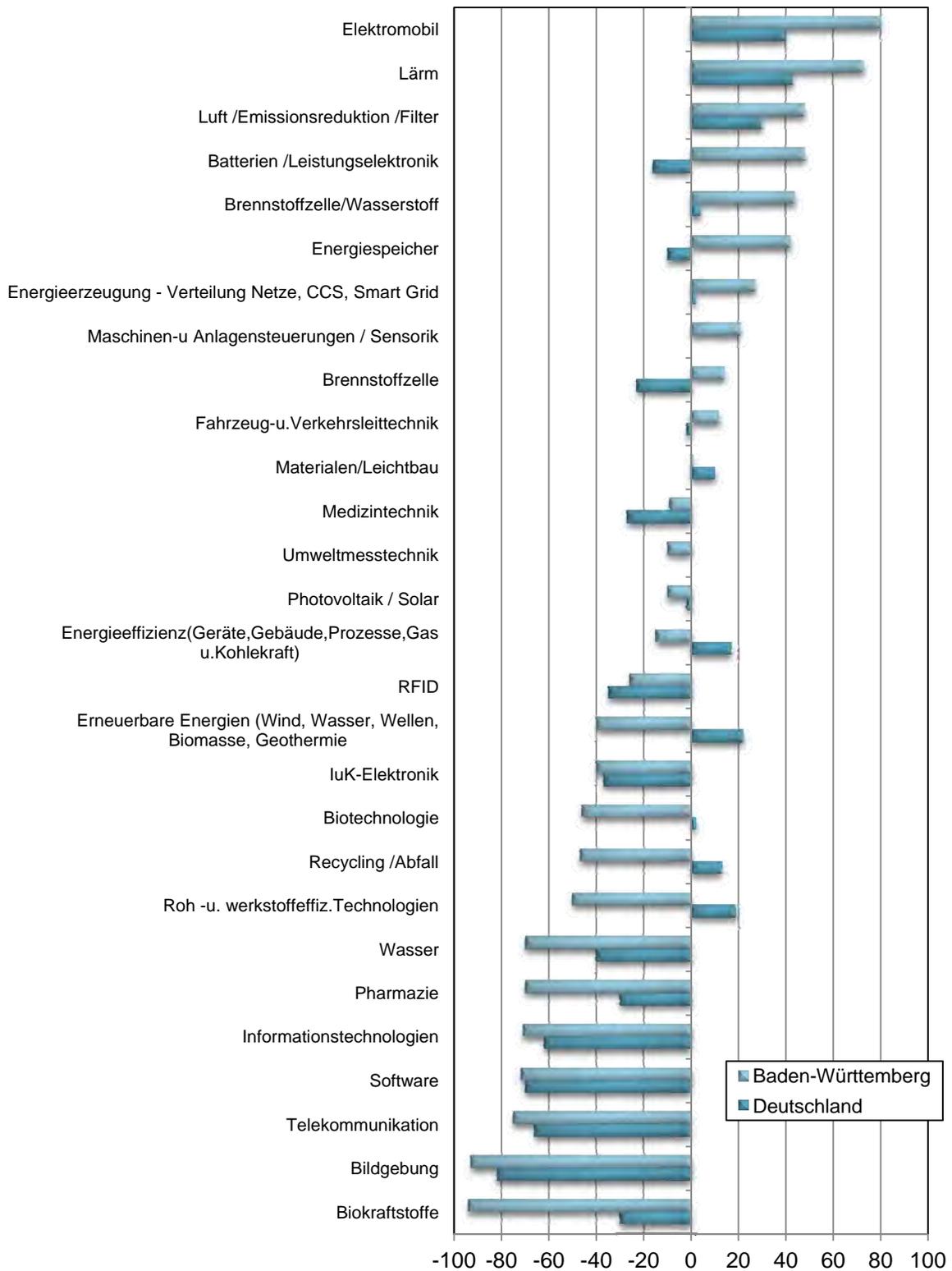
Abbildung 23: Spezialisierung Baden-Württembergs und Deutschlands bei Transnationalen Patenten in den fünf Schwerpunktthemen



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 24 liefert ein differenzierteres Bild, denn hier sind die Technologiefelder unterhalb der fünf Schwerpunktthemen anhand ihres Beitrags zum baden-württembergischen Profil abgetragen. Hier zeigt sich bereits, dass selbst innerhalb der fünf Schwerpunktthemen deutliche Gewichtsunterschiede bestehen. Die Elektromobilität, Batterien, Brennstoffzellen und zum Teil auch Fahrzeugtechnik gehören allesamt zu den Stärken Baden-Württembergs innerhalb der nachhaltigen Mobilität. Neue Materialien und Leichtbau fallen hingegen nicht überdurchschnittlich ins Gewicht. Sehr deutliche Defizite bestehen hingegen bei den Biokraftstoffen, was auch für Deutschland insgesamt, jedoch weniger ausgeprägt, festzustellen ist.

Abbildung 24: Spezialisierung Baden-Württembergs und Deutschlands bei Transnationalen Patenten unterhalb der fünf Schwerpunktt Themen



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Weitere Stärken im baden-württembergischen Profil finden sich innerhalb des Bereichs Ressourcenschonung und Umweltschutz. Der Lärmschutz sowie Luftreinhaltung bzw. Emissionsreduktion und Filtertechnik gehören zu den ausgeprägten Stärken. Im Bereich Energie und Klimawandel sind es die Energiespeicher und die Energieerzeugung, die positive Ausschläge im Vergleich zum weltweiten Profil verursachen. Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien sind es ausschließlich die Maschinen- und Anlagensteuerungen, die positiv zu Buche schlagen, während alle anderen Bereiche wie beispielsweise Elektronik, Informationstechnologien, Software, Telekommunikation oder Bildgebung nicht zu den ausgewiesenen Stärken in Baden-Württemberg zu zählen sind. Im Bereich der Lebenswissenschaften ist dies in allen hier untersuchten Aspekten der Fall, wenngleich die Medizintechnik nicht allzu negativ zu Buche schlägt.

### **3.3 Zusammenfassende Schlussbemerkungen zur wissenschaftlichen und technologischen Leistungsfähigkeit Baden-Württembergs**

Die öffentliche wie die private Forschung tragen wesentlich zu Wohlstand und Beschäftigung bei. Die Beiträge von Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie der Forschung und Entwicklung in Privatunternehmen erreichen dabei in Baden-Württemberg ein hohes Niveau. Es kann der Vergleich mit den weltweit Besten gesucht werden und man sollte sich keineswegs nur am Durchschnitt ausrichten. Die Ausweitung der Forschungskapazitäten in anderen Ländern sollte dabei ein Ansporn sein, auch weiterhin die Investitionen in das Innovationsystem gezielt einzusetzen, um die eigene Position zu halten oder gar auszubauen und im internationalen Wettbewerb nicht zurückzufallen.

Die Steigerung des wissenschaftlichen Outputs in Baden-Württemberg liegt höher als die in Deutschland insgesamt, jedoch unterhalb der weltweiten Entwicklung. Von 2000-2011 konnten die Publikationen um jährlich durchschnittlich 4,2% gesteigert werden und erreichen ein Niveau von über 22.000. Die neuen Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg Stiftung stehen bereits im Fokus der Wissenschaft in Baden-Württemberg, den es weiter auszubauen gilt, denn andere Länder haben deutlich aufgeholt. Besonders im Bereich Energie und Klima bestehen in Baden-Württemberg ausgeprägte wissenschaftliche Stärken. In jüngerer Zeit wird in Teilbereichen der Nachhaltigen Mobilität wie Brennstoffzelle und Batterien/Leistungselektronik eine vergleichsweise gute Position erreicht, während die wissenschaftliche Forschung bei der Nachhaltigen Mobilität in der Breite des Themas nicht zu den ausgeprägten Schwerpunkten Baden-Württembergs im internationalen Vergleich gehört.

Es zeigt sich nämlich, dass parallel zu den wissenschaftlichen Stärken in den anwendungsnahen Forschungsfeldern wie der Mobilität sowie etwas weniger ausgeprägt im Bereich Klima und Energie deutliche industrielle Stärken zu finden sind bzw. umgekehrt. Dies weist auf einen funktionierenden Übergang von Wissenschaften zu Wirtschaft bzw. einen etablierten Austausch von technologischem Wissen in Baden-Württemberg hin. Im Bereich der nachhaltigen Mobilität – hier wurde die Fahrzeugbranche nicht komplett betrachtet, sondern nur der Teil der neuen Antriebstechnologien – stehen Unternehmen aus Baden-Württemberg für über 40% der gesamten deutschen Patente, leisten also einen entscheidenden Beitrag zur Technologieentwicklung hinsichtlich neuer Antriebs- und Mobilitätskonzepte. Bezogen auf alle Technologiefelder liegt der Anteil Baden-Württembergs an den deutschen Patenten bei gut 30%. Im Bereich der Lebenswissenschaften wird in Baden-Württemberg relativ wenig patentiert, aber es wird immer noch ein Anteil an allen deutschen Patenten von 20% erreicht. Ausgeprägte Stärken hat Baden-Württemberg sehr deutlich im Maschinenbau, im Fahrzeugbau sowie bei Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Das Patentprofil Baden-Württembergs weist hingegen im internationalen Vergleich – ähnlich wie das deutsche Profil – keine ausgeprägten Stärken und mögliche Spezialisierungsvorteile bei IuK sowie bei Chemie und Pharmazie auf. Bezogen auf die neuen fünf Schwerpunktthemen kann man Baden-Württemberg im Bereich der Mobilität eine ausgeprägt starke Position im internationalen Technologiewettbewerb attestieren, sowie eine gute Position im Bereich Energie, während Ressourcenschonung, Lebenswissenschaften und Informations- und Kommunikationstechnologien demgegenüber weniger deutlich zu Tage treten.

## 4 Die Regionen in Baden-Württemberg

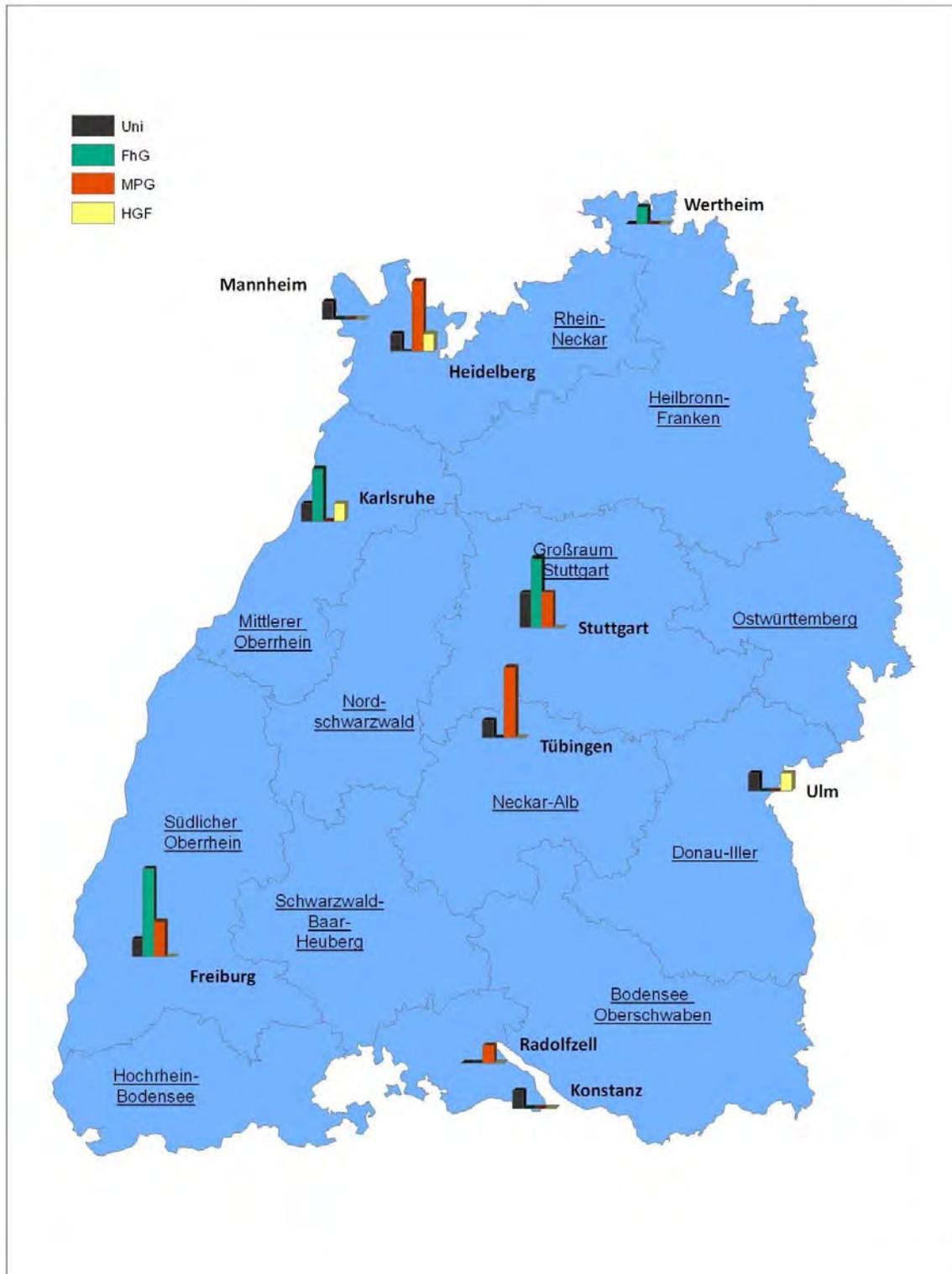
Die strukturellen Unterschiede zwischen Deutschland und Baden-Württemberg wurden in den vorangegangenen Analysen offensichtlich. Baden-Württemberg hat eine deutlich höhere FuE-Quote und bringt anteilig deutlich mehr Patente hervor als seinem Anteil beispielsweise an der Bevölkerung oder den Beschäftigten in Deutschland entspräche. Aber auch innerhalb Baden-Württembergs lassen sich meist deutliche Unterschiede in den Schwerpunkten nicht zuletzt hinsichtlich Forschung und Innovation ausmachen. Das hier vorgestellte Kapitel analysiert Publikationen und Patente auf der Ebene einer national und international verbindlichen Kategorisierung von Regionen, den zwölf Raumordnungsregionen Baden-Württembergs, die auf der europäischen Ebene den sogenannten NUTS-Regionen von Eurostat entsprechen. Andererseits können so auch deutliche Spezialisierungen herausgearbeitet werden, die bei der Betrachtung des ganzen Landes weniger deutlich zu Tage treten. Eine regional differenzierte Analyse begründet sich außerdem in einer differenzierten Diskussionsmöglichkeit der Ergebnisse. Räumliche Nähe ist dabei ein wesentlicher Faktor für den Innovationserfolg, in dem einerseits Cluster entstehen können (räumliche Nähe von ähnlichen oder sich ergänzenden Unternehmen und Institutionen), aber sich andererseits auch aufgrund struktureller und infrastruktureller Vorteile bestimmte Schwerpunkte herausbilden.

Mit Blick auf Forschung und Innovationen, zumal gemessen in wissenschaftlichen Publikationen und Patenten, haben Hochschulstandorte einen solchen strukturellen Vorteil. Hinzu kommen Einrichtungen der großen öffentlichen Forschungsorganisationen Max-Planck Gesellschaft, Fraunhofer-Gesellschaft, Helmholtz Gemeinschaft und Leibniz Gemeinschaft. Neben der Region Stuttgart, wo zwei Universitäten und eine Vielzahl an Forschungsinstituten beheimatet sind, ist vor allem die Rhein-Neckar-Region mit den Standorten Mannheim und Heidelberg wissenschaftlich gut ausgestattet. Am Mittleren Oberrhein ist es Karlsruhe und in der Region Südlicher Oberrhein Freiburg, wo jeweils Universitäten und Forschungseinrichtungen zu finden sind. Die Region Hochrhein-Bodensee ebenso wie die Region Neckar-Alb beheimaten jeweils eine Universität und ein Max-Planck-Institut. Die Region Donau-Iller ist in wissenschaftlicher Hinsicht geprägt durch die Universität Ulm und das dort ansässige Helmholtz-Zentrum. Demgegenüber beheimaten der Nordschwarzwald, die Region Schwarzwald-Baar-Heuberg, Ostwürttemberg sowie die Region Bodensee-Oberschwaben keine Universitäten oder Forschungsinstitute. Fachhochschulen spielen hinsichtlich der wissenschaftlichen Publikationen eine quantitativ eher untergeordnete Rolle, weshalb sie an dieser Stelle nicht berücksichtigt werden.<sup>2</sup>

---

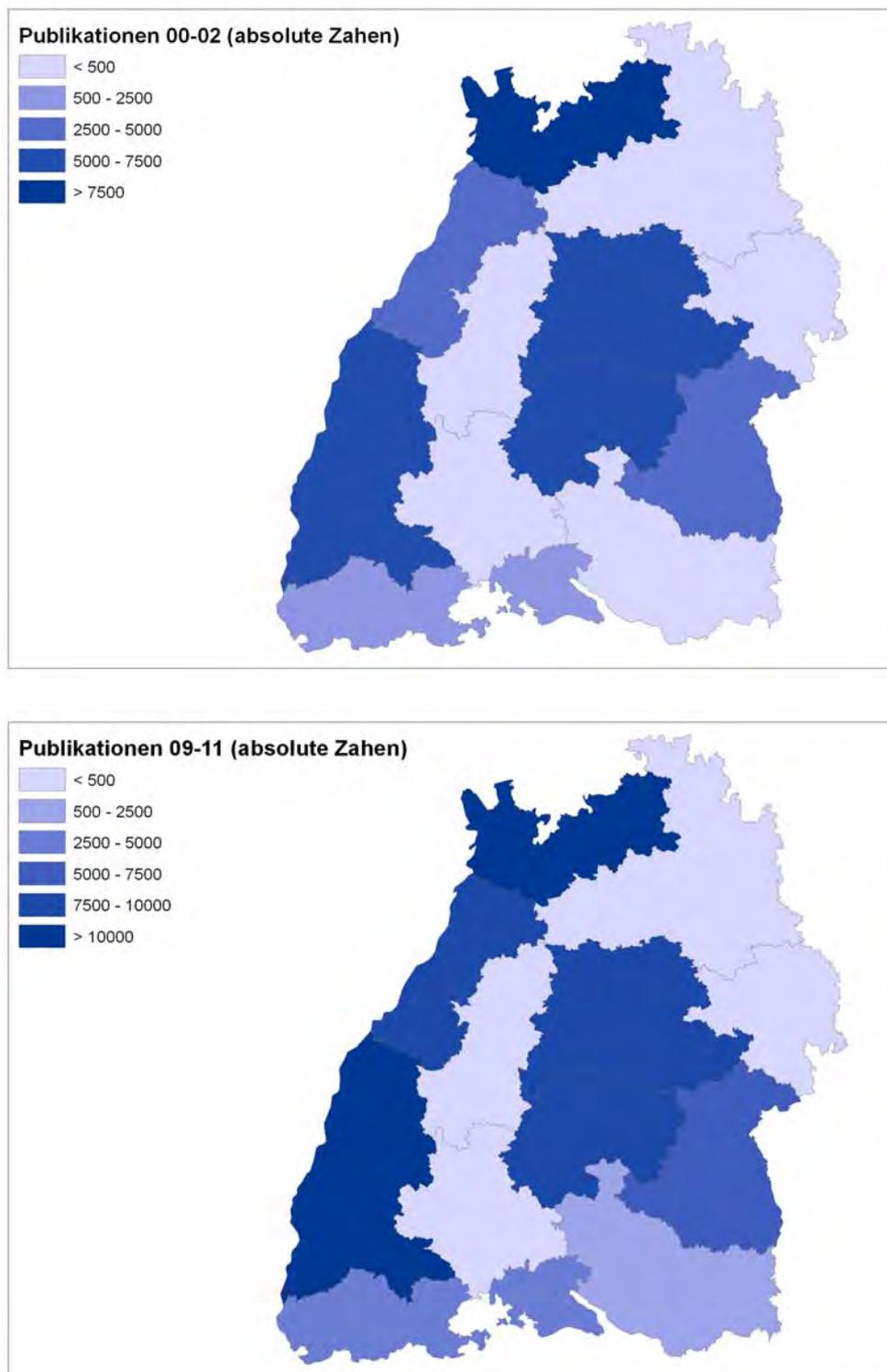
<sup>2</sup> Eine kartographische Darstellung aller Hochschulstandorte findet sich auf den Seiten des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg unter <http://mwk.baden-wuerttemberg.de/hochschulen/hochschulkarte/>.

Abbildung 25: Standorte von Universitäten und Forschungseinrichtungen der Helmholtz-, Max-Planck- und Fraunhofer-Gesellschaft



Quelle: Zusammenstellung und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 26: Anzahl der Publikationen in Baden-Württemberg nach Regionen, 2000-2002 und 2009-2011

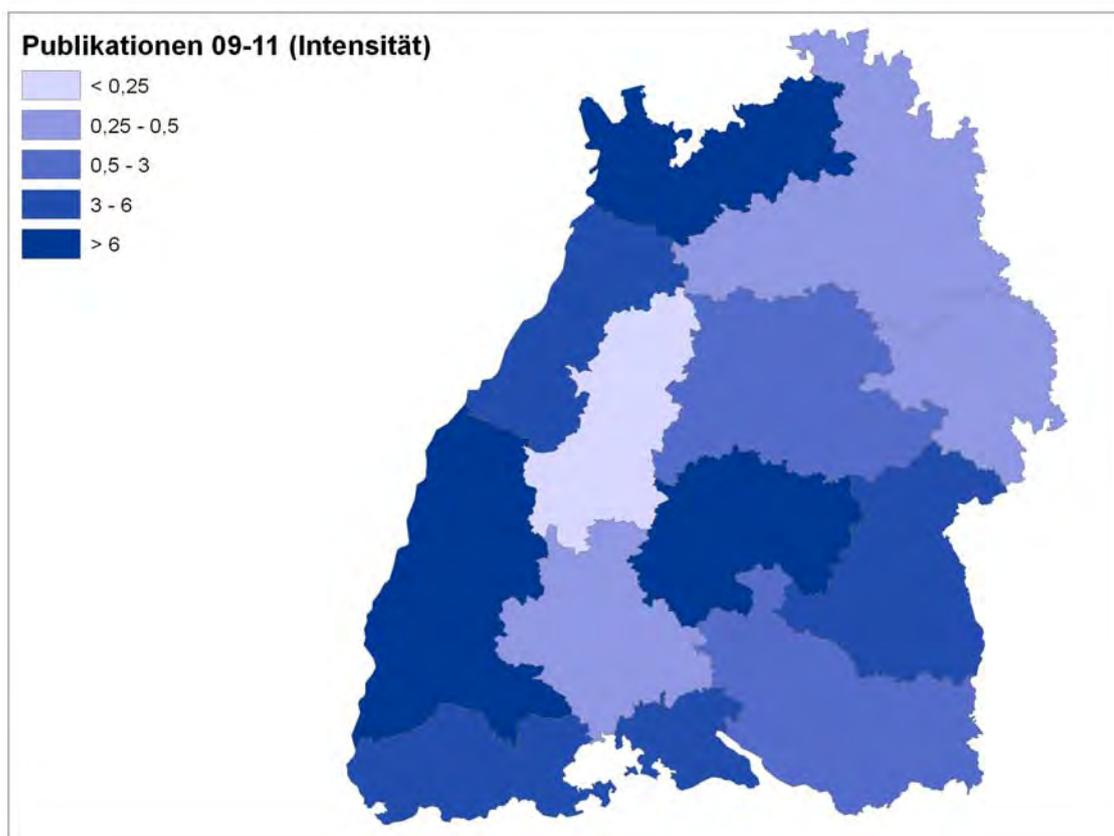


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Entsprechend unterscheiden sich die zwölf Regionen teilweise sehr deutlich in der Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen, die dort entstehen (siehe Abbildung 26). In absoluten Zahlen liegt die Rhein-Neckar-Region mit ca. 11.000 Publikationen im Zeitraum 2009-2011 sehr deutlich an der Spitze, gefolgt vom Südlichen Oberrhein, dem Neckar-Alb-Kreis, dem Mittleren Oberrhein und der Region Stuttgart. Bei den Hochschulen in Ulm (Donau-Iller) und Konstanz (Hochrhein-Bodensee) handelt es sich um vergleichsweise kleine Universitäten, was der Grund dafür sein dürfte, dass dort deutlich weniger Publikationen entstehen. Wie der Vergleich der beiden Karten in Abbildung 26 belegt, konnten im Zeitverlauf alle Regionen mit Forschungsstandorten die Anzahl ihrer Publikationen deutlich erhöhen, wobei die Rhein-Neckar-Region auch zu Beginn des neuen Jahrtausends deutlich die meisten Publikationen hervorgebracht hatte.

Da die absoluten Zahlen gerade in so kleinteiligen Regionen von der Größe sehr deutlich beeinflusst werden, ist in Abbildung 27 die Publikationsintensität in Bezug auf die Anzahl der Erwerbstätigen in den jeweiligen Regionen dargestellt. Die Rhein-Neckar-Region bleibt weiterhin an der Spitze, gefolgt vom Südlichen Oberrhein und der Region Neckar-Alb. Bei diesem Indikator liegen die Hochrhein-Bodensee-Region und die Region Donau-Iller noch vor Stuttgart, obwohl dort zwei Universitäten und eine Vielzahl an Forschungsinstituten ansässig sind. Da aber gleichzeitig auch eine hohe Beschäftigtenzahl erreicht wird, relativiert sich diese Ausbringungsmenge. Da in der Medizin deutlich stärker publiziert wird als beispielsweise in den Geistes- oder Sozialwissenschaften sowie auch in den Ingenieurwissenschaften, sind die Regionen mit medizinischen Fakultäten, Hochschulkliniken und medizinischen Forschungseinrichtungen in Hinsicht auf die Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen besonders weit vorne. Dies gilt natürlich zuallererst für die Einrichtungen in Heidelberg mit der Universität, den Kliniken in Heidelberg und Mannheim, sowie dem unter dem Dach der Helmholtz-Gemeinschaft ansässigen Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ), die das Gesamtbild der Rhein-Neckar-Region hinsichtlich der wissenschaftlichen Publikationen nachhaltig prägen. Aber auch die medizinischen Fakultäten und Kliniken in Freiburg, Tübingen und Ulm sind in der medizinischen Forschung exzellent und erreichen entsprechend hohe Publikationszahlen.

Abbildung 27: Publikationsintensitäten (Publikationen pro 1.000 Erwerbstätige) in Baden-Württemberg, 2009-2011

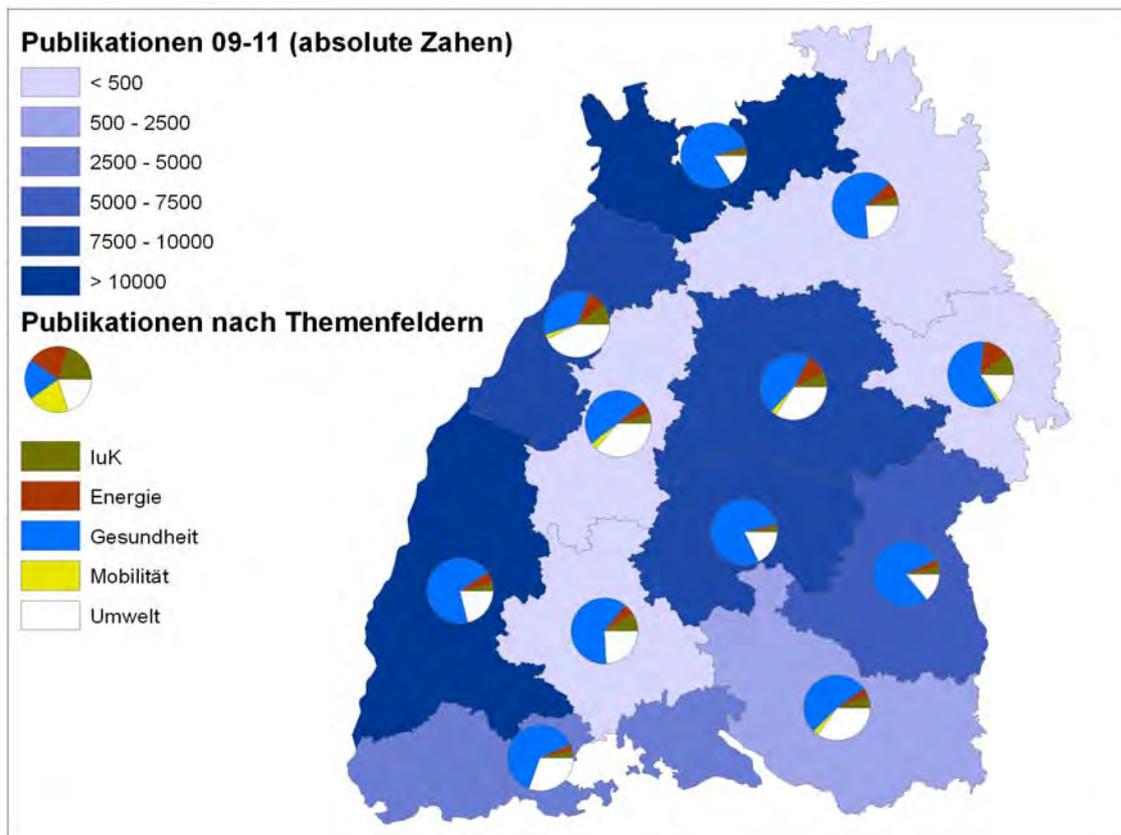


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Weiter relativiert wird dieses Ergebnis auch durch die in Abbildung 28 dargestellten Schwerpunkte in den Regionen. Die Kuchendiagramme in den Regionen beziehen sich auf die fünf Schwerpunktfelder der Baden-Württemberg Stiftung, dabei nimmt der Bereich Umwelt in vielen Regionen einen großen Ausschuss ein. Die Einfärbung der Regionen spiegelt die Anzahl der Publikationen insgesamt wieder, während sich die Kuchendiagramme auf die Anteile der fünf Schwerpunkte in der Gesamtzahl dieser Publikation beziehen. Die Regionen mit wenigen Publikationen erreichen dabei vielfach hohe Anteile im Bereich Gesundheit, wenngleich die Anteile aufgrund der kleineren Fallzahlen etwas zurückhalten interpretiert werden sollten. Die Gesundheit tritt insbesondere in der Rhein-Neckar-Region sowie in den Regionen Donau-Iller und Neckar-Alb deutlich zu Tage, wo jeweils ca. die Hälfte der Publikationen in diesen Bereich fällt. Am Südlichen Oberrhein fällt die Gesundheit rund um Freiburg aufgrund der Aktivitäten insbesondere im Bereich Umwelt weniger deutlich ins Gewicht. Auch der Hochrhein-Bodensee, der Mittlere Oberrhein und die Region Stuttgart haben bei hohen Publikationszahlen nur geringe Anteile im Bereich Gesundheit während Publikationen im Bereich der hier verwendeten Definitionen

von Umwelt und Klimaschutz die Hälfte oder sogar mehr ausmachen. Insgesamt lässt sich also einerseits eine Dominanz der Gesundheit attestieren, die in den vier Hochschulregionen Heidelberg, Freiburg, Tübingen und Ulm hervortritt und andererseits ein über das ganze Land verteilter Schwerpunkt im Bereich Umwelt. Die Mobilität erreicht nennenswerte Anteile lediglich in der Region Stuttgart, am Mittleren Oberrhein sowie in Bodensee-Oberschwaben.

Abbildung 28: Anzahl und Anteile der fünf Schwerpunktthemen an den Publikationen in den Regionen Baden-Württembergs



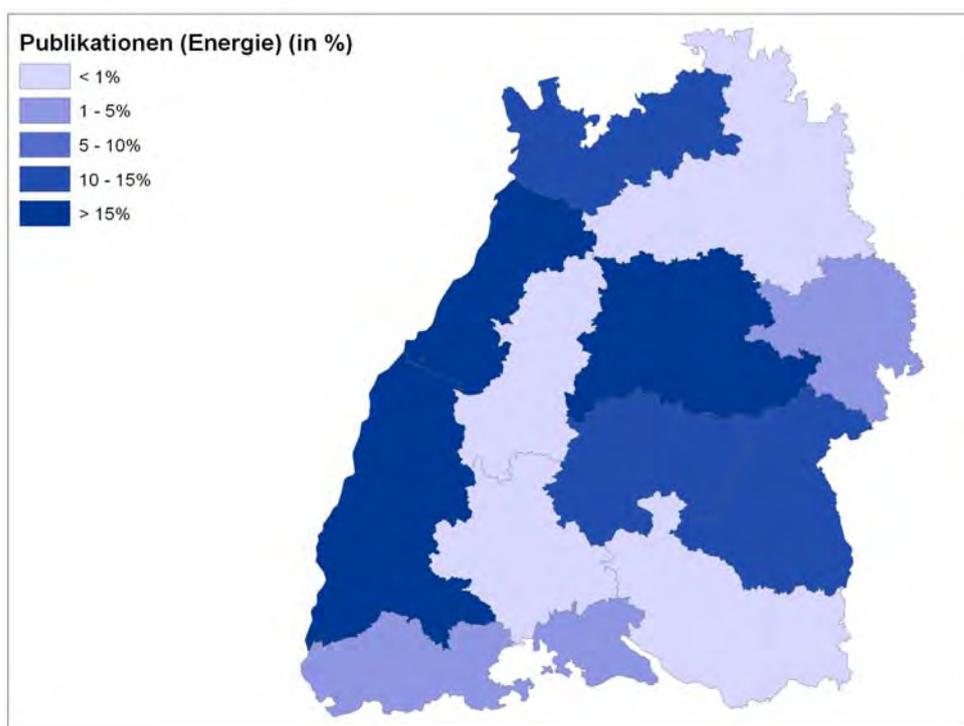
Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Die Frage nach den Anteilen der Regionen an allen Publikationen in den fünf Schwerpunktthemen ist in den Karten in Abbildung 29 dargestellt. Waren in der vorangegangenen Abbildung 28 noch die Anteile innerhalb der Regionen dargestellt beziehen sich die Anteile in diesen Karten auf ganz Baden-Württemberg. Im Bereich Energie sind es insbesondere der Südliche und der Mittlere Oberrhein sowie die Region Stuttgart, die zu den Gesamt Publikationen in Baden-Württemberg beitragen, gefolgt von der Rhein-Neckar-Region, Neckar-Alb und Donau-Iller. Im Bereich Gesundheit treten in dieser Darstellung die drei Regionen Rhein-Neckar (Heidelberg), Südlicher Oberrhein (Freiburg) und Neckar-Alb (Tübingen) besonders

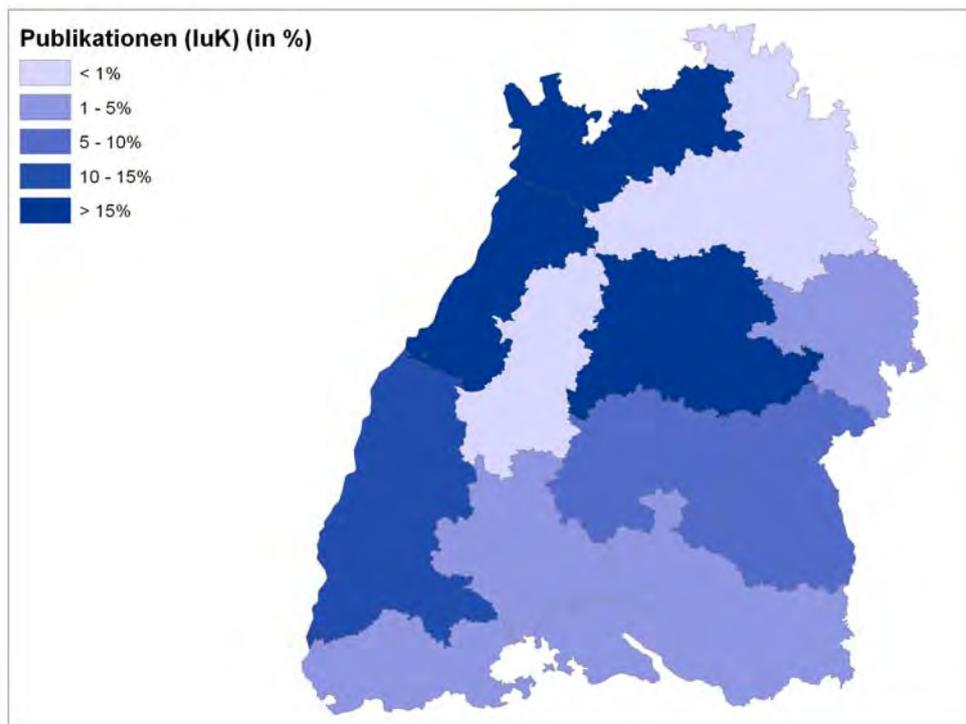
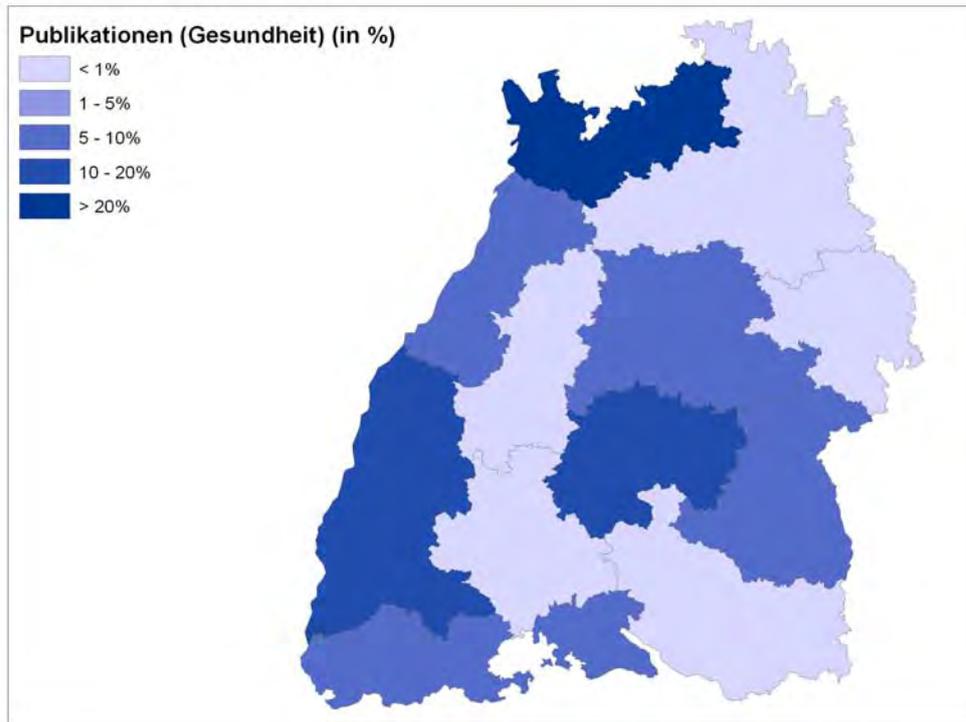
deutlich hervor, bereits gefolgt von der Region Stuttgart. Die Informations- und Kommunikationstechnologien in Baden-Württemberg sind besonders verortet in den Regionen Stuttgart, Rhein-Neckar und Mittlere Oberrhein. Im Bereich der nachhaltigen Mobilität sind es insbesondere die beiden Regionen Mittlerer Oberrhein mit 29% und Stuttgart mit 40% der baden-württembergischen Publikationen in diesem Feld, die besonders hervortreten, gefolgt von der Rhein-Neckar Region, die 14% erreicht. Im Bereich des Umweltschutzes ist es die Rhein-Neckar-Region mit 24% gefolgt vom Südlichen Oberrhein mit 21% und Stuttgart (20%).

In den fünf Schwerpunktfeldern wird dabei auch zwischen den Regionen kooperiert und gemeinsam publiziert. Die höchsten Anteile diesbezüglich erreicht das Feld Gesundheit wo über 9% der Publikationen in Baden-Württemberg von Autoren aus mindestens zwei Regionen gemeinsam veröffentlicht wurden. Ähnlich hohe Anteile finden sich auch in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnologien sowie bei Energie und Klima. Die geringsten Überschneidungen zwischen den Regionen finden sich im Bereich des Umweltschutzes, wo lediglich gut 6% der Publikationen gemeinsam veröffentlicht werden. Im Durchschnitt über die fünf Schwerpunkthemen der Baden-Württemberg Stiftung sind es 7,5%.

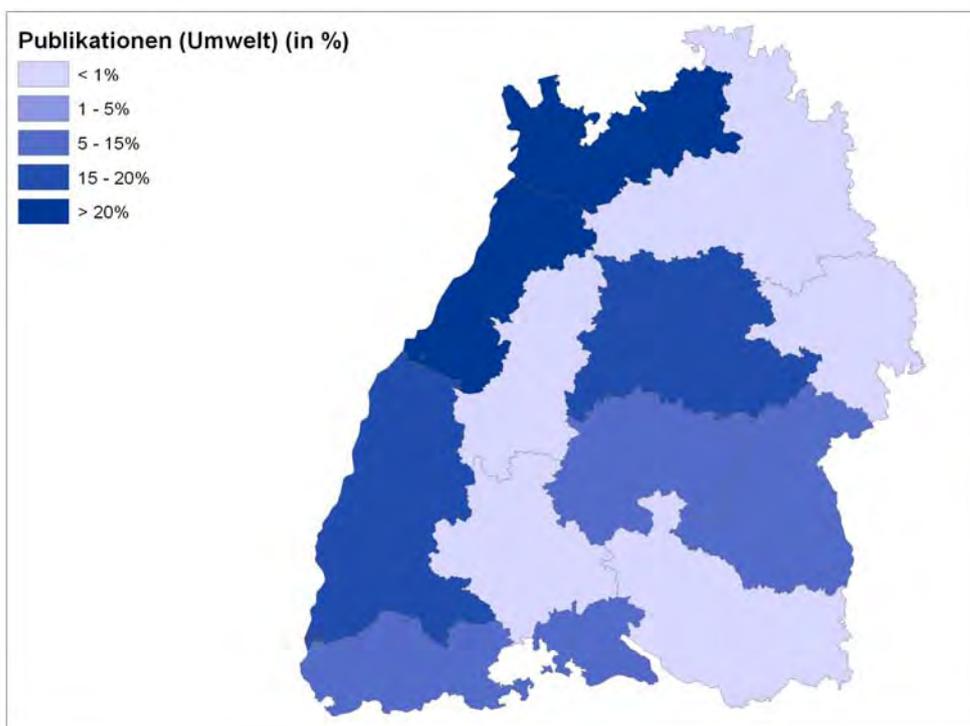
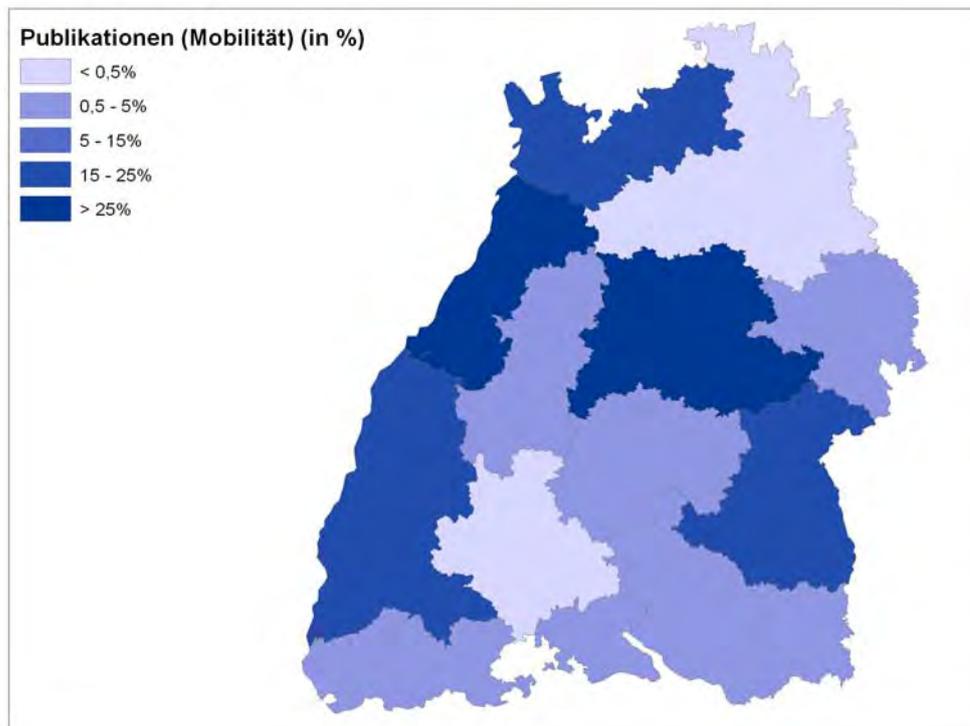
Abbildung 29: Anteile der Regionen an allen Publikationen in den fünf Schwerpunkthemen, 2009-2011



## Fortsetzung Abbildung 29



Fortsetzung Abbildung 29

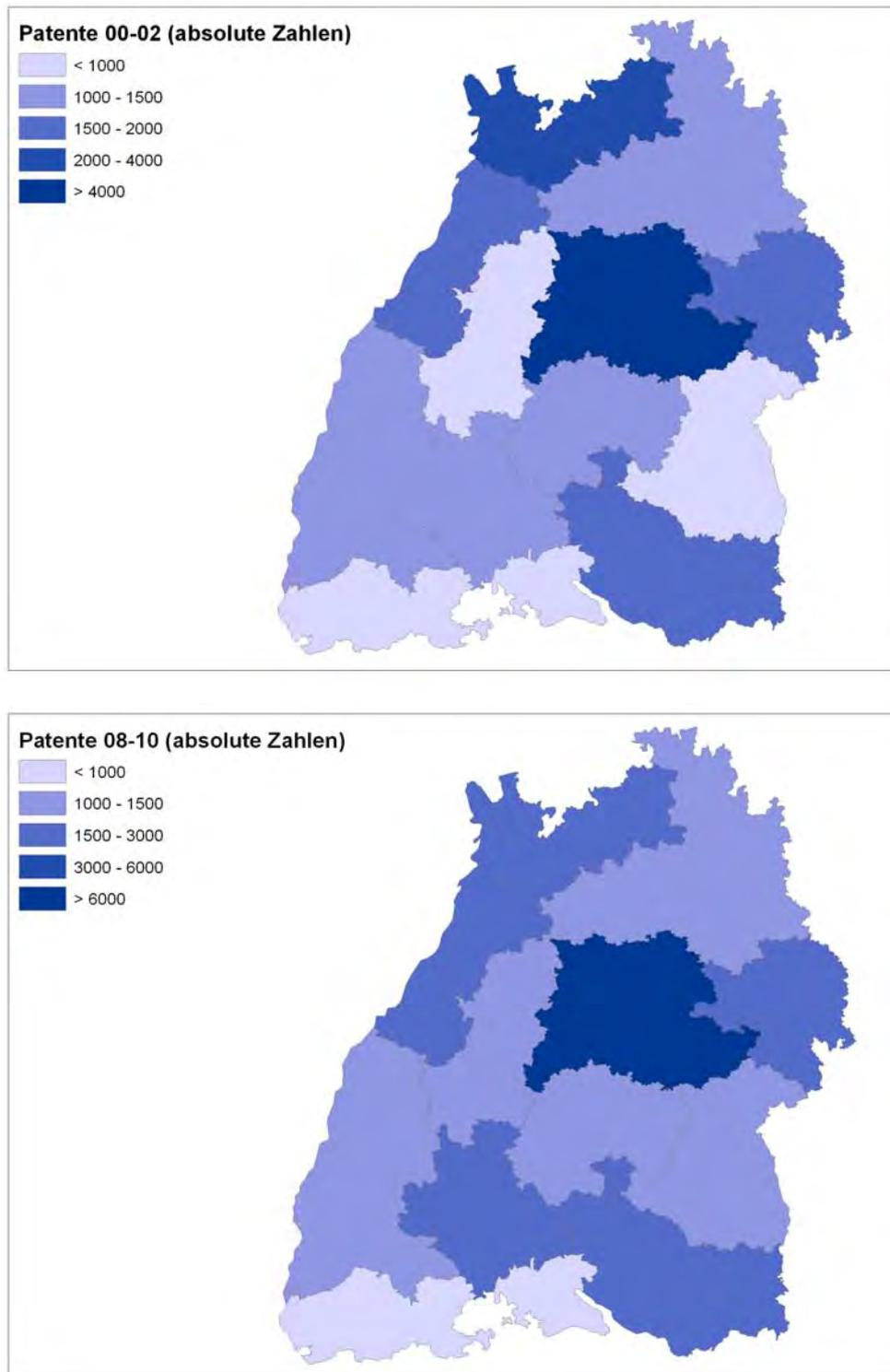


Quelle: Elsevier– SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Bezogen auf Patente, die im Wesentlichen in der Lage sind die Strukturen in der forschenden Industrie abzubilden, zeigt sich ein etwas anderes Bild als bei wissenschaftlichen Publikationen, wenn die Regionen und nicht nur Baden-Württemberg als Ganzes betrachtet werden. Die beiden Karten in Abbildung 30 geben einen Eindruck über die Verteilung der Patentanmelder in Baden-Württemberg in den beiden Zeiträumen 2000-2002 und 2008-2010. Auch hier ist in absoluten Zahlen die Region Stuttgart das Schwergewicht in Baden-Württemberg, das gleichzeitig am stärksten zugelegt hat und sehr deutlich vor den vier Regionen Rhein-Neckar, Bodensee-Oberschwaben, Mittlerer Oberrhein und Ostwürttemberg liegt, die jeweils zwischen 3.000 und 2.600 Patente in den drei Jahren 2008-2010 angemeldet haben. Es schließt sich eine weitere Gruppe an bestehend aus Südlichem Oberrhein, Neckar-Alb und Heilbronn-Franken mit jeweils knapp 1.500 Patenten, sowie schließlich Donau-Iller, Nordschwarzwald und Hochrhein-Bodensee mit jeweils zwischen 1.000-1.200 Patenten in dem 3-Jahres-Zeitraum.

Betrachtet man auch hier die Intensitäten, das heißt die Patente pro 1.000 Erwerbstätige, um die Größe der jeweiligen Region in Betracht ziehen zu können, dann verändert sich dieses Bild leicht. Die Region Stuttgart bleibt auch weiterhin an der Spitze mit mehr als 5,5 Patenten pro 1.000 Erwerbstätige in drei Jahren, gefolgt von der Region Ostwürttemberg, wo es gut vier Patente in drei Jahren sind. In der Region Bodensee-Oberschwaben sind es gut drei Patente und im Durchschnitt über ganz Baden-Württemberg sind es 2,6. Unterhalb dieses Durchschnitts liegen die Regionen Schwarzwald-Baar-Heuberg, Rhein-Neckar, Mittlerer Oberrhein, Neckar-Alb und Donau-Iller, die jeweils zwischen 1,3 und 2,1 Patente pro 1.000 Erwerbstätige in drei Jahren hervorbringen. Etwas weiter zurück liegen der Hochrhein-Bodensee, Heilbronn-Franken und der Südliche Oberrhein, die jeweils ca. ein Patent pro 1.000 Erwerbstätige anmelden. Es gilt dabei zu berücksichtigen – und dies erklärt unter anderem auch die deutliche Konzentration auf Stuttgart –, dass die Zuordnung der Patente zu den Regionen auf Basis des Sitzes des Anmelders und damit im Allgemeinen dem Hauptquartier von größeren und großen Unternehmen stattfindet. Allein die Robert Bosch GmbH mit Sitz in Stuttgart ist als größter deutscher Anmelder ein deutliches Schwergewicht in dieser Hinsicht. Die Liste der größten Anmelder in Baden-Württemberg umfasst weitere Schwergewichte in und um Stuttgart wie beispielsweise die Daimler AG, die Porsche AG, die Behr GmbH oder auch Mann+Hummel.

Abbildung 30: Anzahl der Patente in Baden-Württemberg nach Regionen, 2000-2002 und 2008-2010



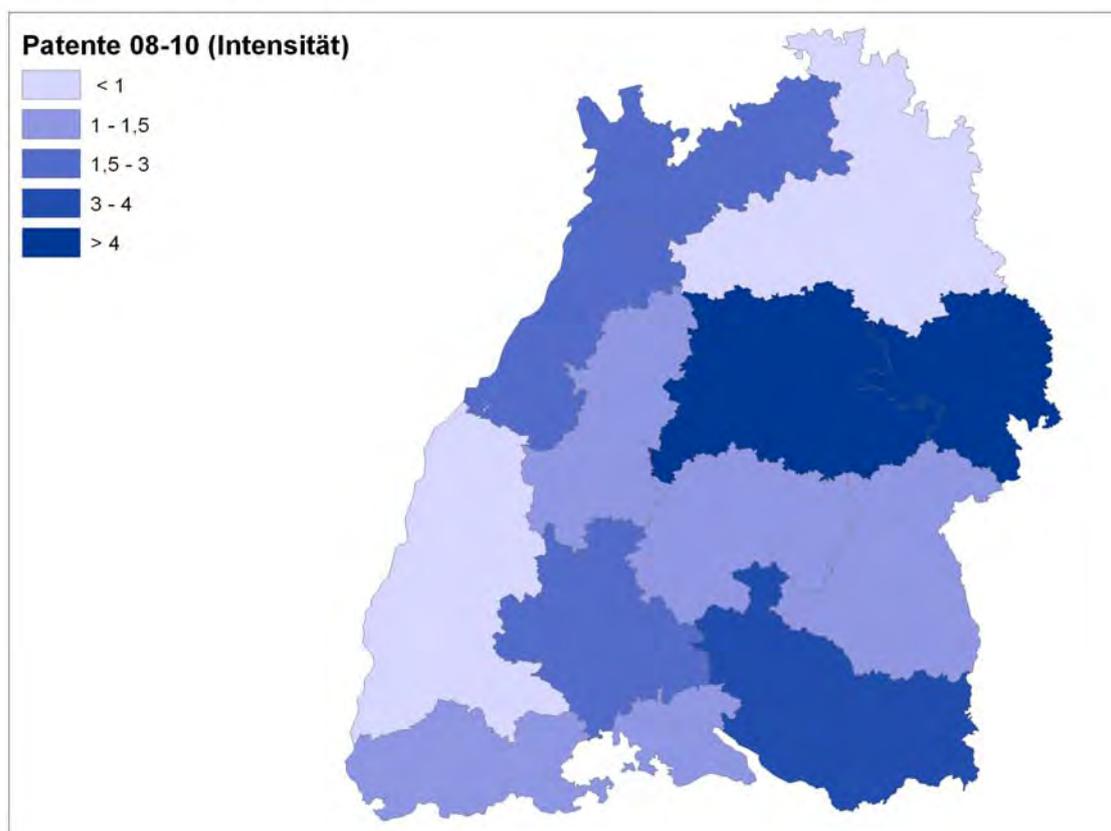
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Tabelle 1: Die 20 größten Patentanmelder aus Baden-Württemberg im Zeitraum 2008-2010

	<b>Name</b>	<b>Anzahl</b>
1	ROBERT BOSCH GMBH	10.728
2	DAIMLER AG	5.470
3	ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN	1.894
4	PORSCHE AG	1.236
5	VOITH PATENT GMBH	1.064
6	LUK LAMELLEN & KUPPLUNGSBAU	811
7	ZEISS CARL AG	802
8	BEHR GMBH & CO KG	552
9	ROCHE DIAGNOSTICS GMBH	489
10	HEIDELBERGER DRUCKMASCHINEN AG	407
11	SEW EURODRIVE GMBH & CO	377
12	MAHLE INT GMBH	350
13	ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG	320
14	MANN+HUMMEL GMBH	307
15	ABB AG	303
16	FREUDENBERG CARL KG	296
17	ZF LENKSYSTEME GMBH	267
18	VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH	247
19	LIEBHERR GRUPPE	239
20	FESTO AG & CO KG	228

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 31: Patentintensitäten (Patente pro 1.000 Erwerbstätige) in Baden-Württemberg, 2008-2010

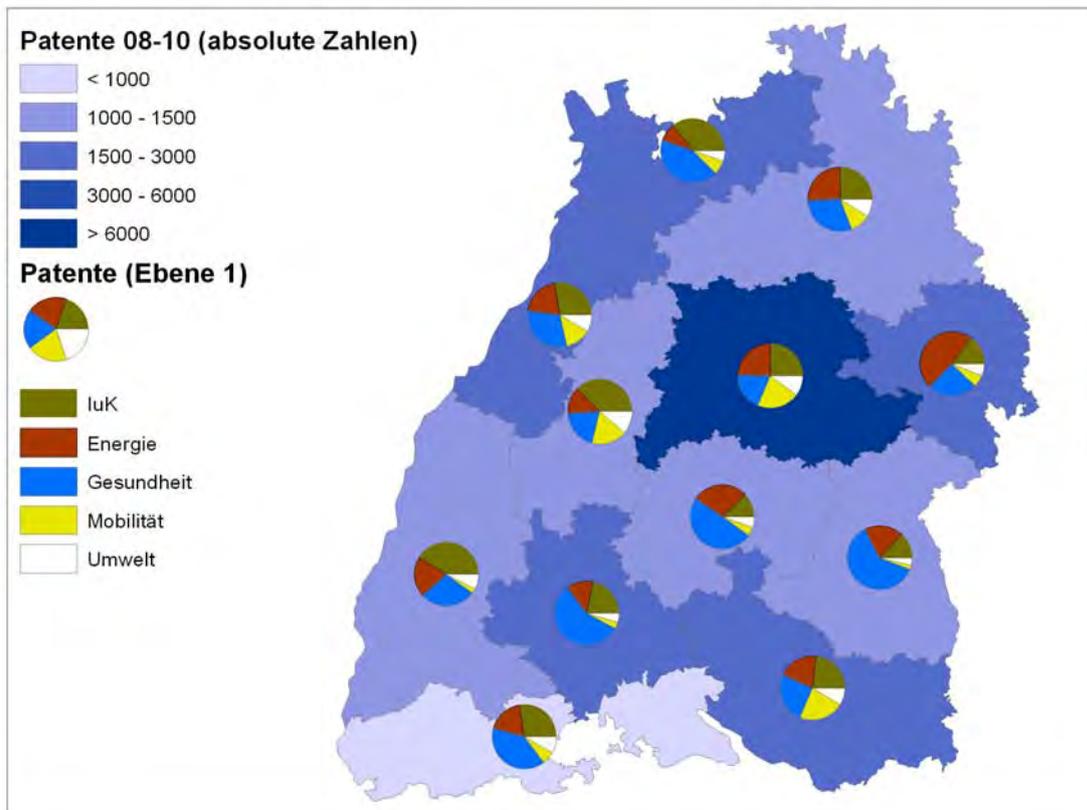


Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Innerhalb der zwölf Regionen lassen sich einige Unterschiede in der Schwerpunktsetzung hinsichtlich der Themen der Baden-Württemberg Stiftung feststellen. Dabei hat Stuttgart noch das ausgewogenste Bild, wo mit Ausnahme des Umweltschutzes die Themen jeweils 1/4-1/5 der Patente ausmachen. Schwerpunkte im Bereich Gesundheit finden sich in den Regionen Donau-Iller, Neckar-Alb, Schwarzwald-Baar-Heuberg und auch in der Hochrhein-Bodensee-Region. Hohe Anteile unter den fünf Schwerpunktthemen nehmen die Informations- und Kommunikationstechnologien am Südlichen Oberrhein, im Nordschwarzwald und im Rhein-Neckar-Gebiet ein. Die Mobilität spielt in den regionalen Profilen von Stuttgart, Bodensee-Oberschwaben sowie Nordschwarzwald und Mittlere Oberrhein eine ausgeprägte Rolle. Der Umweltschutz nimmt in der hier abgegrenzten Form technologisch einen kleineren Stellenwert ein als dies bei der Anzahl der wissenschaftlichen Publikationen der Fall ist. Die meisten Regionen vereinen aber einen ähnlichen Anteil an Patenten auf den Umweltschutz, der zwischen vier und 9% liegt. Lediglich die Region Stuttgart erreicht eine Quote von 10% und der Nordschwarzwald gar von 11,5%.

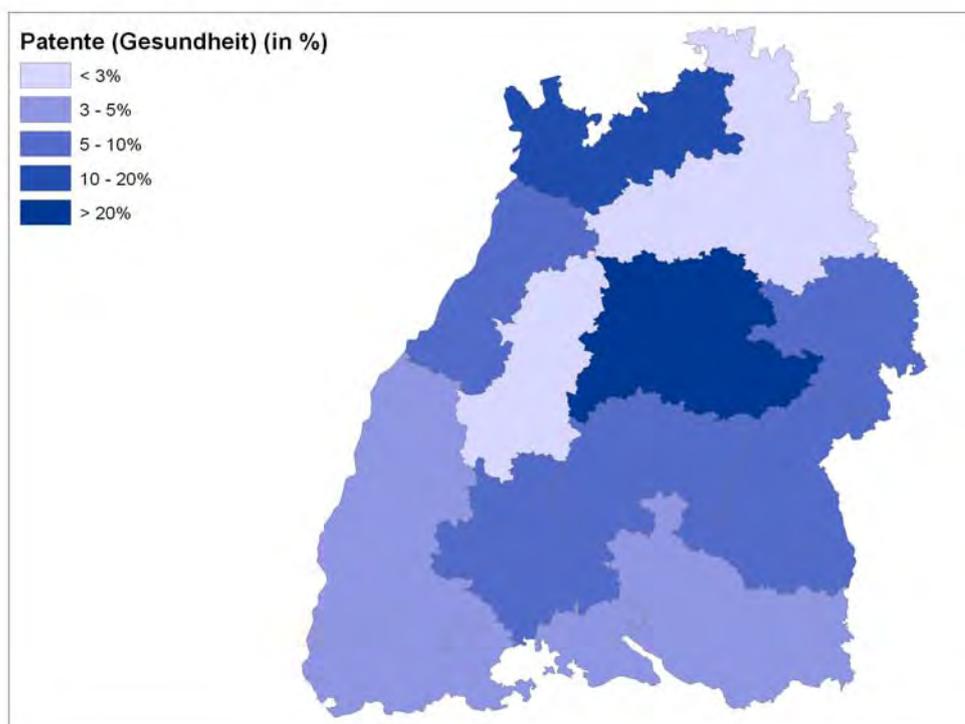
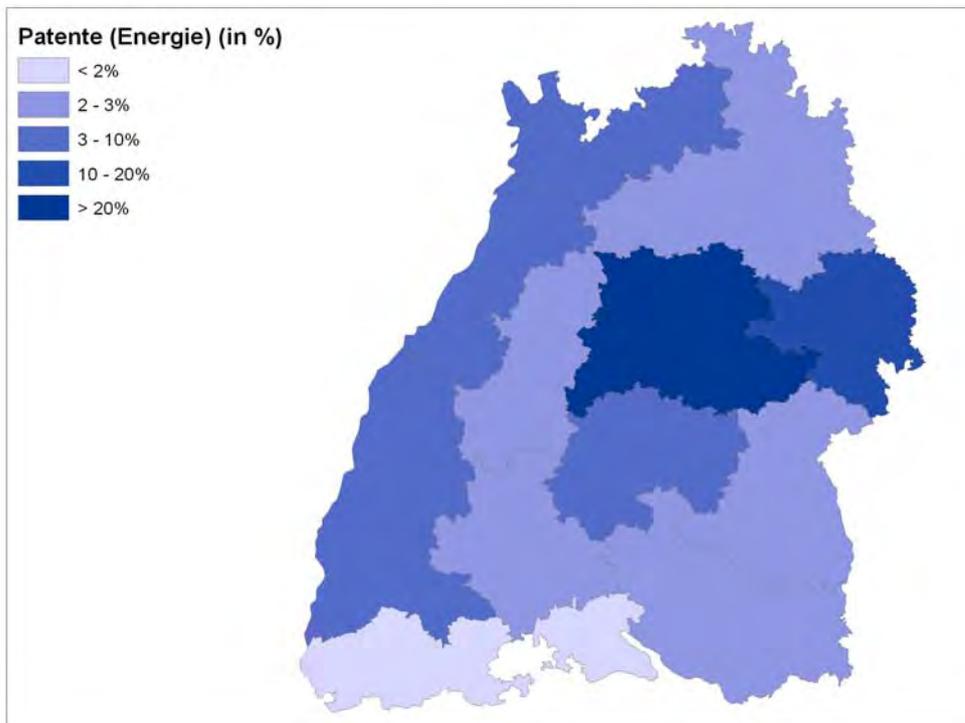
Betrachtet man auch hier die Anteile der Regionen an allen Patenten in den fünf Schwerpunktthemen, dann ist es stets die Region Stuttgart, die zu nennen ist und überall die höchsten Anteile an Patenten verzeichnet. Im Bereich Gesundheit ist dieser Anteil dabei am niedrigsten und erreicht ein Niveau von 35%, im Schwerpunktbereich nachhaltige Mobilität ist der Anteil mit über 76% am höchsten, das heißt dreiviertel aller Patente aus Baden-Württemberg im Bereich nachhaltige Mobilität werden von Unternehmen mit Sitz in Stuttgart angemeldet. Im Bereich Energie ist noch die Region Ostwürttemberg sowie dann in weiterer Folge die Regionen Rhein-Neckar, Mittlerer Oberrhein, Südlicher Oberrhein und Neckar-Alb zu nennen. Im Bereich Gesundheit tritt sehr deutlich auch die Rhein-Neckar-Region in den Vordergrund, wo 14% aller baden-württembergischen Patente ihren Ursprung haben. Im Bereich IuK ist es die Rhein-Neckar-Region und im Bereich Mobilität der Mittlere Oberrhein sowie Bodensee-Oberschwaben. Was den Umweltschutz angeht, so sind die Unterschiede der elf Regionen außerhalb Stuttgarts am geringsten und variieren zwischen zwei und 6%, wobei hier die Rhein-Neckar-Region und der Mittlere Oberrhein sowie Ostwürttemberg am oberen Ende dieser Skala liegen und die Region Donau-Iller am unteren Ende.

Abbildung 32: Anzahl und Anteile der fünf Schwerpunktthemen an den Patenten in den Regionen Baden-Württembergs

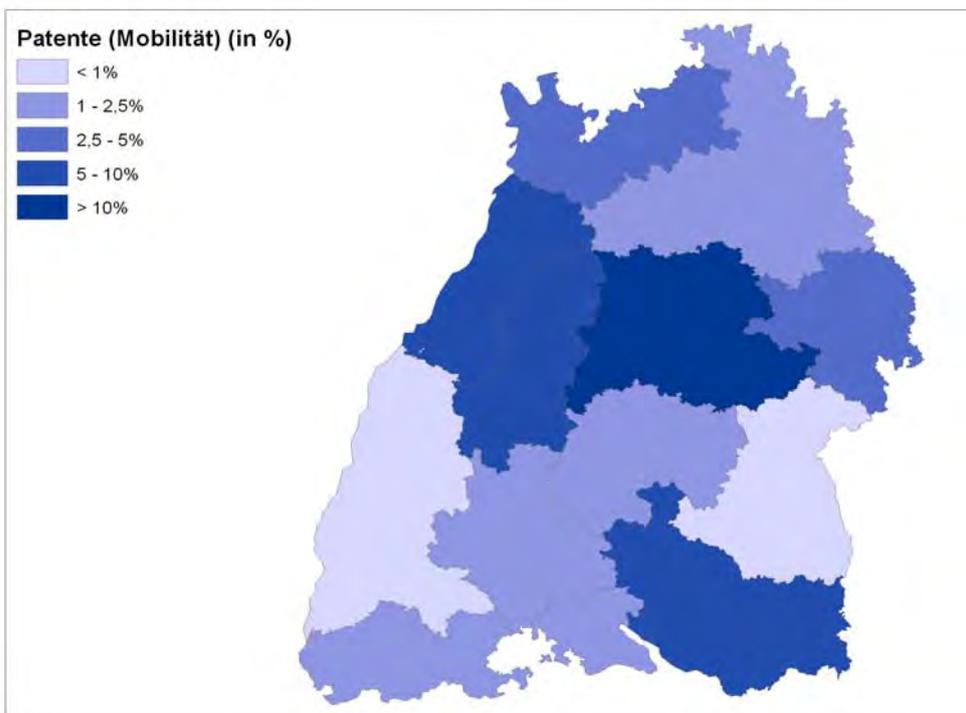
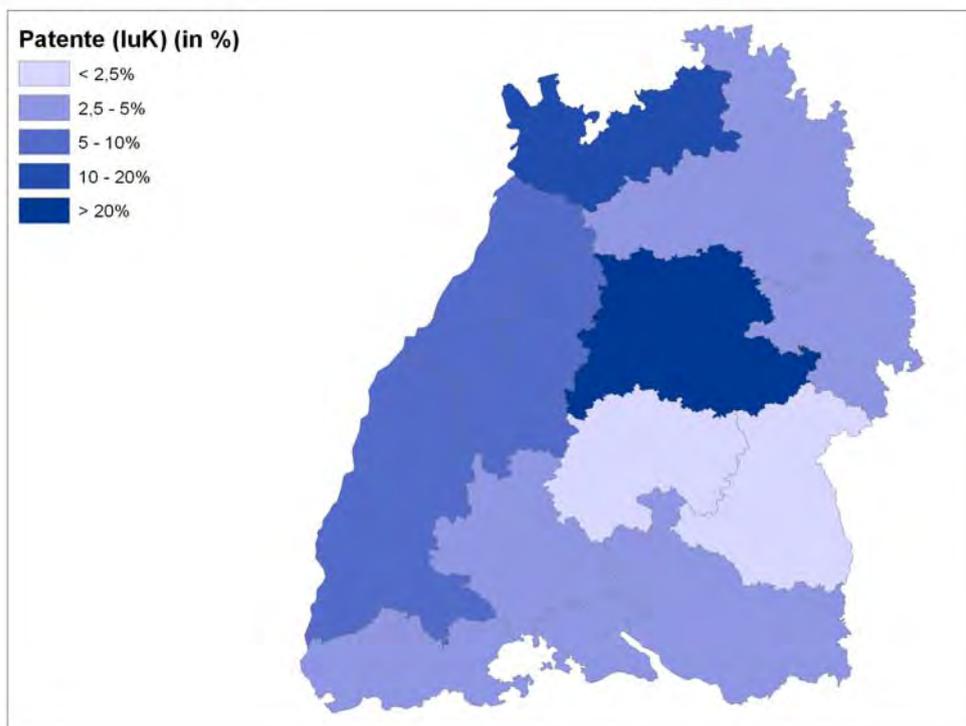


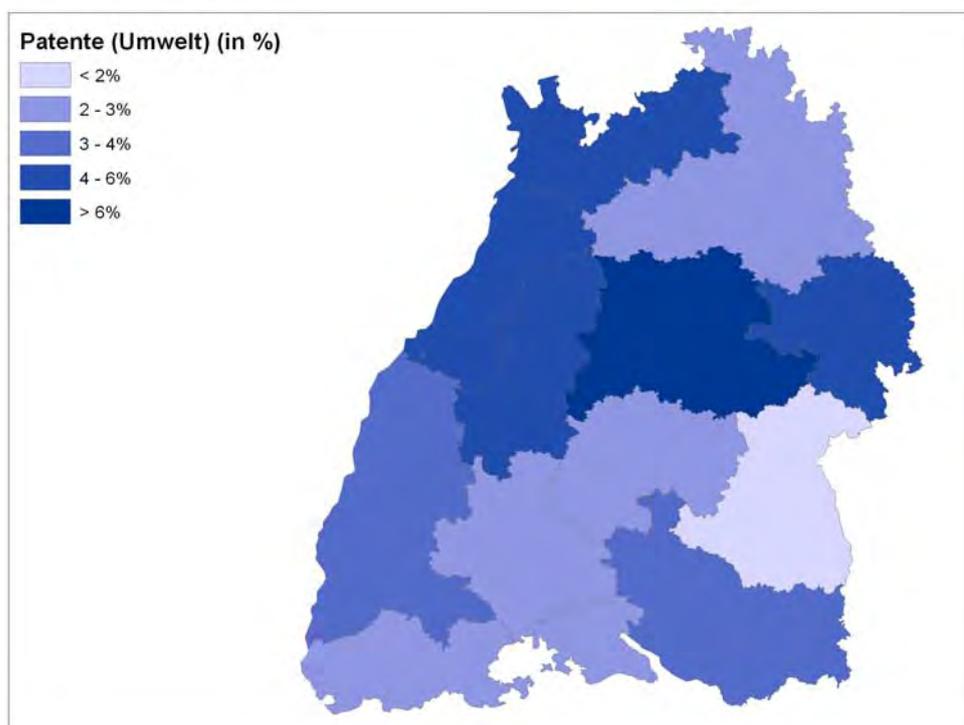
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 33: Anteile der Regionen an allen Patenten in den fünf Schwerpunktthemen, 2008-2010



Fortsetzung Abbildung 33



*Fortsetzung Abbildung 33*

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Insgesamt lässt sich mithilfe von Patenten und Publikationen ein differenziertes Bild der baden-württembergischen Regionen zeichnen. Diese Bild belegt eindeutige Schwerpunkte, die nicht in allen Fällen überraschend sind, aber an dieser Stelle sowohl mit quantitativ-empirischem Material hinterlegt werden konnten und andererseits auch in Relation gesetzt werden konnten zu den jeweils anderen Schwerpunktthemen, die hier betrachtet wurden. Die deutlichsten Spezialisierungen ergeben sich hinsichtlich der Gesundheit in den Regionen mit medizinischen Fakultäten und Lehrkrankenhäusern. Sie äußern sich nicht nur in den wissenschaftlichen Publikationen, sondern auch in der Patentspezialisierung. Hier können Clusterstrukturen – wenngleich eine noch tiefer differenzierte Regionalanalyse für eine eindeutige Aussage notwendig wäre – identifiziert werden. Es ist jedoch auch so, dass sich gerade im Bereich Gesundheit die Forschungsaktivitäten der Industrie, gemessen in Patenten, nicht auf diese Regionen beschränken, sondern auch Schwerpunkte in anderen Regionen wie beispielsweise Schwarzwald-Baar-Heuberg oder Hochrhein-Bodensee zu finden sind. Es können also weitere regionale Ausstrahlungseffekte bzw. Spill-over-Effekte unterstellt werden – zum Teil dann auch mit dem Ausland.

Auch die Mobilität ist sehr deutlich geclustert und die Dominanz der Region Stuttgart innerhalb Baden-Württembergs ist unübersehbar. Dies gilt zuallererst für die

Patente, das heißt für die Industrie. Andererseits finden sich auch beispielsweise im Nordschwarzwald, am Mittleren Oberrhein oder in der Region Bodensee-Oberschwaben industrielle Schwerpunkte im Bereich nachhaltige Mobilität. Die Kompetenzen hinsichtlich der wissenschaftlichen Forschung in diesem Bereich sind etwas breiter auf die verschiedenen öffentlichen Forschungs- und Hochschulstandorte verteilt. Wissenschaftlich nehmen Ressourcenschonung und Umweltschutz einen sehr hohen Anteil ein, der sich nicht in der gleichen Weise bei Patenten zeigt. Was sich jedoch hinsichtlich des Forschungsfelds Umweltschutz zeigt, ist, dass Kompetenzen in allen Regionen Baden-Württembergs vorhanden sind und eine mehr oder weniger deutliche Rolle spielen. Die Tatsache, dass die Anteile bei den Patenten deutlich niedriger sind als bei den wissenschaftlichen Publikationen, sollte aber nicht so interpretiert werden, dass dieses Thema für die Industrie weniger wichtig wäre, sondern vielmehr dass es einerseits darum geht die wissenschaftliche Forschung in marktfähige Technologien zu überführen und hier ein breites Potenzial in ganz Baden-Württemberg besteht. Andererseits aber auch, dass die deutliche Dominanz anderer Technologien bezüglich Patente das Feld Ressourcenschonung und Umweltschutz ein wenig unterbewertet. Die Patentaktivitäten und die Patentierbarkeit gerade in den Informations- und Kommunikationstechnologien, der Gesundheit, sowie zumindest in Baden-Württemberg im Bereich Mobilität, erhöhen entsprechend die Anteile der dieser Technologie und verringern entsprechend den Anteil der Ressourcenschonung.

## 5 Internationale Zusammenarbeit und internationale Märkte

Die Internationalisierung von Forschung und Entwicklung stellt einen wichtigen Faktor für die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes dar, da sie zum einen den Zugang zu internationalen Märkten und Ressourcen erleichtert, zum anderen aber auch dem Austausch von Wissen über die Landesgrenzen hinweg dient.

Gemäß der ökonomischen Literatur gibt es mindestens zwei unterschiedliche Motivationen für Unternehmen, Teile der Forschung und Entwicklung im Ausland durchzuführen: Marktzugang oder Zugriff auf Ressourcen (Belitz et al. 2006; Cantwell/Janne 1999; Dalton/Serapio 1999; Patel/Vega 1999; UNCTAD 2005). Marktzugang impliziert dabei eine klare Kommerzialisierungsstrategie, wobei nicht nur von außen, sondern auch von innen auf den Markt zugegriffen werden soll. Zusätzlich zur Kommerzialisierung wird auch marktspezifische FuE im Ausland durchgeführt, wobei die Produkte hier häufig auf den nationalen Markt angepasst bzw. zugeschnitten werden. Der Fokus liegt hierbei somit häufig verstärkt auf Entwicklungs- statt auf Forschungsaktivitäten. Zugriff auf Ressourcen impliziert, dass entweder besondere Preis- oder Verwaltungsvorschriften im Gastland existieren oder Unternehmen einzigartige Kenntnisse oder Kompetenzen vorfinden, die in die eigene Innovationskette aufgenommen werden können. Auch besondere Infrastrukturen, wie bestimmte Forschungs- oder Prüfeinrichtungen oder natürliche Ressourcen, können multinationale Unternehmen dazu verleiten, FuE-Aktivitäten in das Gastland zu übertragen.

Die einzelnen Strategien der Unternehmen aggregieren sich dabei zu einem makroökonomischen Muster der Internationalisierung von Volkswirtschaften. Unternehmen agieren und innovieren dabei nicht in Isolation und sind in nationale, sektorale, technologische oder regionale Innovationssysteme eingebunden (Edquist 1997; Lundvall 1992; Malerba 2004; Nelson 1993). Diese Perspektive ermöglicht die Aufnahme der Einflüsse weiterer Rahmenbedingungen und anderer, direkter und indirekter Faktoren, die die innovative Leistung beeinflussen können. Zu diesen zählen beispielsweise das nationale Wissenschaftssystem, regulatorische Rahmenbedingungen oder die Verfügbarkeit von Kapital und Finanzierung. Die nationale Wissenschafts- und Innovationspolitik ist auch ein wichtiger und relevanter Einflussfaktor für die Innovationsleistung von Unternehmen und, in einer aggregierten Perspektive, auch von nationalen Volkswirtschaften. Die jüngeren Analysen sektoraler Innovationssysteme belegen zudem, dass eine sehr große sektorale Heterogenität in Bezug auf die Relevanz der verschiedenen Faktoren existiert (Malerba/Mani 2009; Malerba/Nelson 2008).

Patel und Vega (1999), haben speziell die Frage der Internationalisierung der Technologien mit Patentdaten multinationaler Unternehmen analysiert. Sie kommen zu dem Schluss, dass Unternehmen sich besonders in den Bereichen ihrer individuellen Stärken internationalisieren um dort komplementäre Technologien und Wissen zu suchen.

Jedoch sind nicht ausschließlich Unternehmen international aktiv, sondern auch Universitäten und Forschungseinrichtungen. Klassischerweise tritt hier das Motiv des Marktzugangs in den Hintergrund, während der Zugriff auf Ressourcen im Ausland das dominierende Motiv darstellt. Die Internationalisierung der Wissenschaft wird häufig unter Verwendung bibliometrischer Daten, das heißt Publikationen und Zitierungen der Publikationen in Zeitschriften analysiert (Ahlgren et al. 2012; Moed et al. 2004; van Raan 1988). Die Untersuchung der Anzahl und der Qualität internationaler Ko-Publikationen erlaubt eine detaillierte Beurteilung der internationalen Wissensflüsse in Wissenschaft und Technik. Außerdem können diese Analysen Hinweise auf die Offenheit und die Attraktivität der nationalen Wissenschaftssysteme liefern (Frietsch/Wang 2007b; Jeffrey/Butcher 2005; Mattsson et al. 2008; Meyer/Bhattacharya 2004; Schmoch/Qu 2009; Schmoch/Schubert 2008).

Zur Bewertung der Internationalisierung Baden-Württembergs im nationalen und internationalen Vergleich werden im folgenden Kapitel mehrere verschiedene Untersuchungsansätze verfolgt.

In einem ersten Teil werden zunächst die Ko-Publikationstrends Baden-Württembergs näher beleuchtet, um die Kooperationsstrukturen innerhalb der wissenschaftlichen Forschung zu analysieren. In einem zweiten Teil stehen Kooperationsbeziehungen innerhalb der anwendungsnahen Forschung und Entwicklung in Baden-Württemberg im Zentrum. Als Indikator für internationale Zusammenarbeit auf der Anwendungsseite werden dabei Ko-Patente Baden-Württembergs mit Erfindern aus anderen Ländern untersucht.

Die Analyse internationaler Kooperationsstrukturen erlaubt dabei Aussagen über internationale Wissensflüsse, da bei jeder Zusammenarbeit davon ausgegangen werden kann, dass Wissen ausgetauscht wird. Zumeist handelt es sich hierbei um implizites oder Erfahrungswissen (Polanyi 1985), das später "explizit" in Form einer Publikation bzw. einer Patentanmeldung festgehalten wird (Grupp 1997). Die Analyse internationaler Kooperationsstrukturen ist somit in der Lage, die Internationalisierung von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten anzuzeigen und Aufschluss darüber zu liefern, welche Länder attraktive wissenschaftliche (Ko-Publikationen) und anwendungsnahe (Ko-Patente) Forschungspartner für Baden-Württemberg darstellen und bei welchen Ländern in dieser Hinsicht möglicherweise Nachholbedarf besteht.

In einem dritten Teil liegt die Analyse des internationalen Marktzugangs Baden-Württembergs im Fokus. Hier werden die Internationalisierungsquote und die Breite der Abdeckung internationaler Märkte Baden-Württembergs im internationalen Vergleich untersucht. Das Augenmerk liegt hier also auf der Einschätzung der aktuellen Situation Baden-Württembergs in Bezug auf dessen aktuelle Marktpotenziale sowie künftiger Märkte. Da davon ausgegangen werden kann, dass Unternehmen ein Patent in einem Land nur anmelden – und die entsprechenden Kosten dafür tragen –, wenn sie dort einen potenziellen Markt für die patentierte Technologie sehen, lässt sich mit Hilfe patentstatistischer Analysen bereits in einer frühen Phase abschätzen, ob und welche neuen Märkte für baden-württembergische Technologien erschlossen werden bzw. wo von einem hohen Marktpotenzial ausgegangen werden kann. Um diese Ergebnisse besser zu quantifizieren und in einen breiteren Kontext einzuordnen, wird in einer weiteren Analyse die patentspezifische Internationalisierung Baden-Württembergs mit Hilfe eines multivariaten Regressionsmodells geschätzt, um mögliche Effekte der speziellen Industriestruktur (feld- oder anmeldertypspezifische Einflüsse) in die Interpretation der Ergebnisse mit einfließen lassen zu können.

## **5.1 Internationale Kooperationsstrukturen der wissenschaftlichen Forschung – Ko-Publikationen**

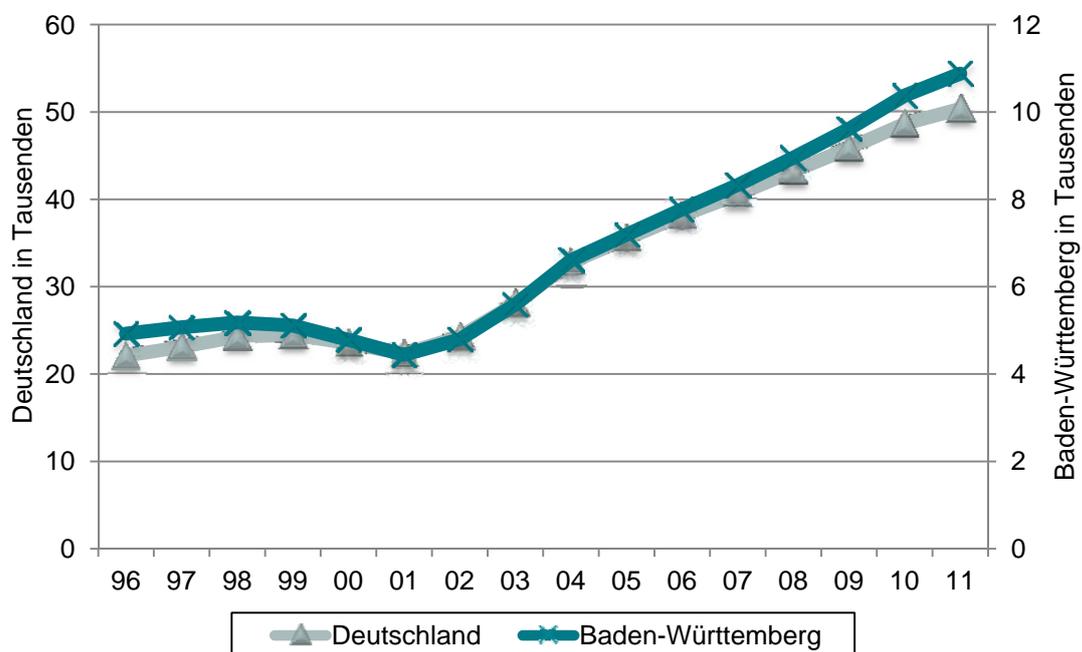
Internationale Kooperationsstrukturen sind in der Lage, die Internationalisierung von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten anzuzeigen. Wie bereits eingangs erwähnt, können die internationalen Kooperationsstrukturen Baden-Württembergs innerhalb der Wissenschaft mit Hilfe von Ko-Publikationen mit Autoren aus anderen Ländern beschrieben werden. Im ersten Schritt (Abschnitt 5.1.1) werden zunächst einige Trends internationaler Ko-Publikationen präsentiert. Hierbei steht die Frage im Zentrum, wie stark Baden-Württemberg mit internationalen Partnern innerhalb der Wissenschaft kooperiert und welche Länder die attraktivsten wissenschaftlichen Partner für Baden-Württemberg darstellen. In einem zweiten Schritt (Abschnitt 5.1.2) wird die soziale Netzwerkanalyse der Ko-Publikationsstrukturen Baden-Württembergs dargestellt. An dieser Stelle werden auch die operativen Schwerpunkte der Baden-Württemberg Stiftung näher beleuchtet.

### **5.1.1 Trends internationaler Ko-Publikationen**

In Abbildung 34 ist die absolute Zahl der internationalen Ko-Publikationen baden-württembergischer und deutscher Autorinnen und Autoren über die Zeit in einem gleitenden 3-Jahres-Durchschnitt dargestellt. Während die Zahl der Ko-Publikationen

Deutschlands und Baden-Württembergs zwischen 1996 und 2001 stagniert bzw. sogar leicht absinkt, lässt sich ab 2001 ein deutlich steigender Trend erkennen. Das Wachstum Baden-Württembergs fällt seit 2009 etwas höher aus als im gesamtdeutschen Vergleich. Insgesamt stieg die Zahl deutscher Ko-Publikationen seit dem Jahr 1996 von 22.000 auf etwa 50.000, während sich die Zahl der Ko-Publikationen Baden-Württembergs von knapp 5.000 auf über 10.000 verdoppelt hat.

Abbildung 34: Absolute Anzahl der internationalen Ko-Publikationen baden-württembergischer und deutscher Autorinnen und Autoren (gleitender 3-Jahres Durchschnitt)

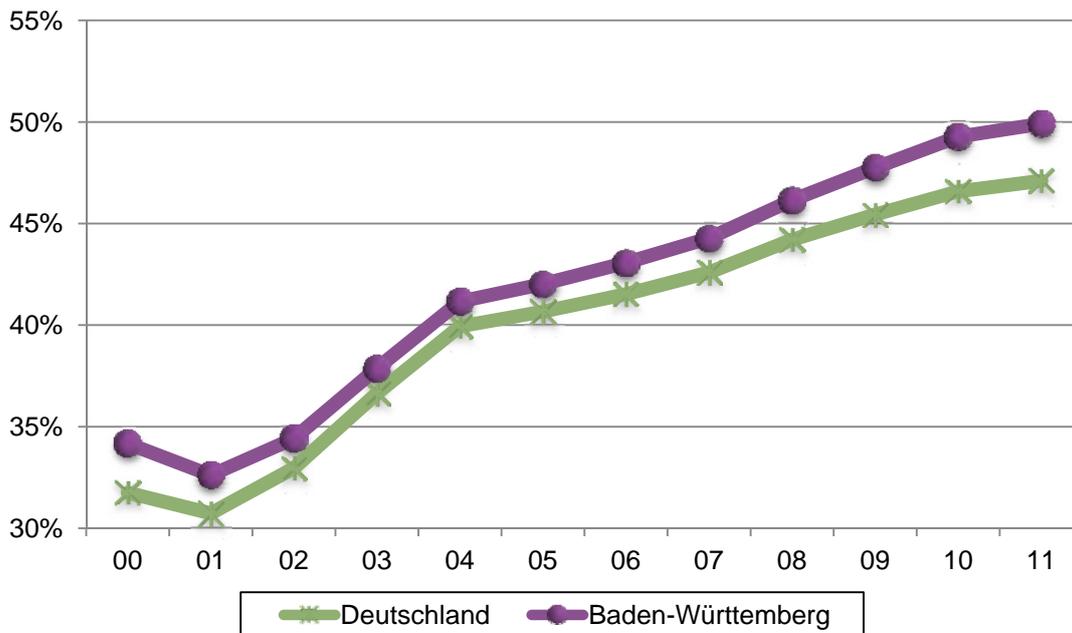


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Um die Ko-Publikationsanteile Baden-Württembergs und Deutschlands auch relativ bewerten zu können, zeigt Abbildung 35 die Anteile der Ko-Publikationen an den jeweiligen Gesamtpublikationen. Insgesamt kann für Baden-Württemberg und Deutschland ein deutliches Wachstum internationaler Ko-Publikationen verzeichnet werden. Während der Anteil für Baden-Württemberg im Jahr 2000 noch 34% betrug, hat dieser sich bis zum Jahr 2011 auf fast 50% gesteigert. Damit wird aktuell die Hälfte der baden-württembergischen Publikationen mit einem Autor aus einem anderen Land veröffentlicht. In Deutschland betrug dieser Anteil im Jahr 2011 etwa 47% und war damit um knapp 3 Prozentpunkte niedriger. Ein ähnliches Bild kann über den gesamten Zeitraum gezeichnet werden, da der Anteil Baden-Württembergs über die Jahre hinweg ca. 2-3 Prozentpunkte über dem deutschen Anteil

liegt. Das bedeutet also, dass baden-württembergische Autoren in einem etwas stärkeren Maß, international kooperiert haben als im gesamtdeutschen Vergleich.

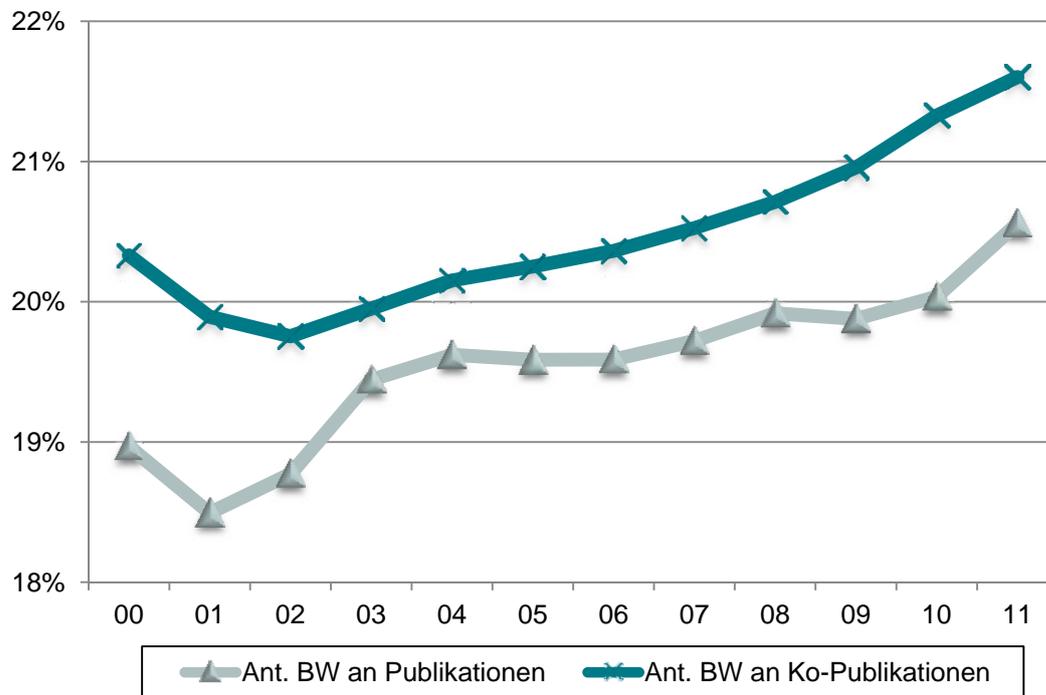
Abbildung 35: Anteile der Ko-Publikationen Baden-Württembergs und Deutschlands an den jeweiligen Gesamtpublikationen



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

Wie Abbildung 36 zeigt, sind baden-württembergische Autoren aktuell für etwa 20% der gesamten Publikationen und 21% der gesamten Ko-Publikationen Deutschlands verantwortlich. Somit werden mehr als ein fünftel der gesamten deutschen Publikationen von baden-württembergischen Autoren veröffentlicht, was auch für die Ko-Publikationen zutrifft. Die Forschung Baden-Württembergs kann also eine starke Position innerhalb Deutschlands behaupten. Beide Anteile steigen spätestens seit dem Jahr 2003 leicht an, was für eine steigende Bedeutung baden-württembergischer Forschung für das gesamtdeutsche Forschungsportfolio spricht. Der Anteil der Ko-Publikationen ist dabei über die Jahre hinweg noch um etwa einen Prozentpunkt höher als der Anteil an den gesamten Publikationen, was erneut die starke Internationalisierung baden-württembergischer Forschung belegt.

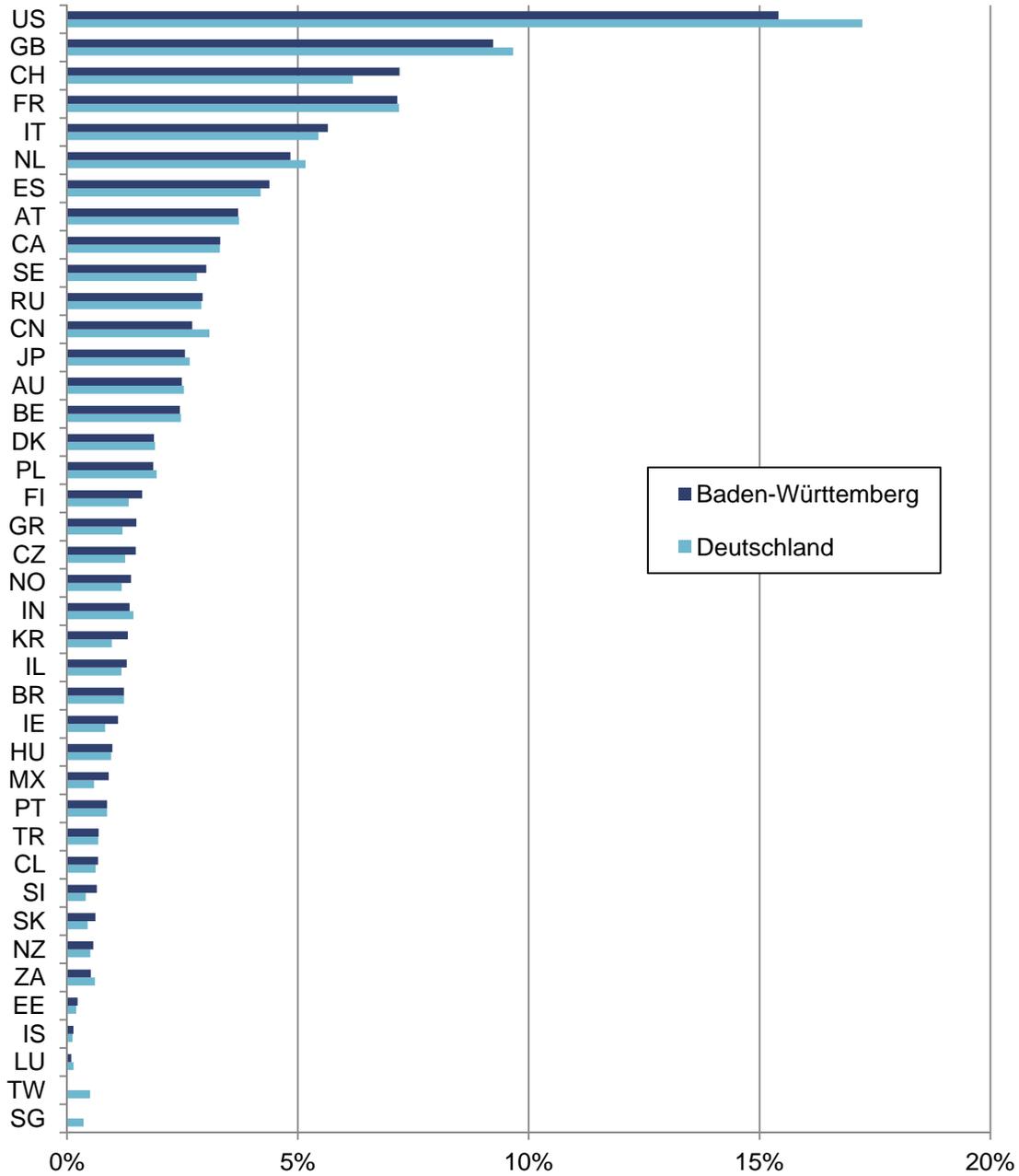
Abbildung 36: Anteile Baden-Württembergs an den gesamten Publikationen und Ko-Publikationen Deutschlands



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

Im Anschluss an diese Darstellung ist die Frage nach den internationalen Hauptkooperationspartnern Baden-Württembergs in der wissenschaftlichen Forschung von Bedeutung. Diese sind im Vergleich mit Deutschland in Abbildung 37 dargestellt. Baden-Württembergs wichtigster Kooperationspartner in Bezug auf Ko-Publikationen sind die USA mit einem Anteil von knapp über 15%. Darauf folgen Großbritannien, die Schweiz, Frankreich, Italien und die Niederlande. Ein ähnliches Muster findet sich auch für Deutschland insgesamt, jedoch in etwas geringerem Maße, da andere Partner, wie beispielsweise China, für Deutschland ein etwas höheres Gewicht einnehmen als für Baden-Württemberg.

Abbildung 37: Internationale Hauptkooperationspartner Baden-Württembergs und Deutschlands, Anteile der Ko-Publikationen nach Ländern, 2009-2011

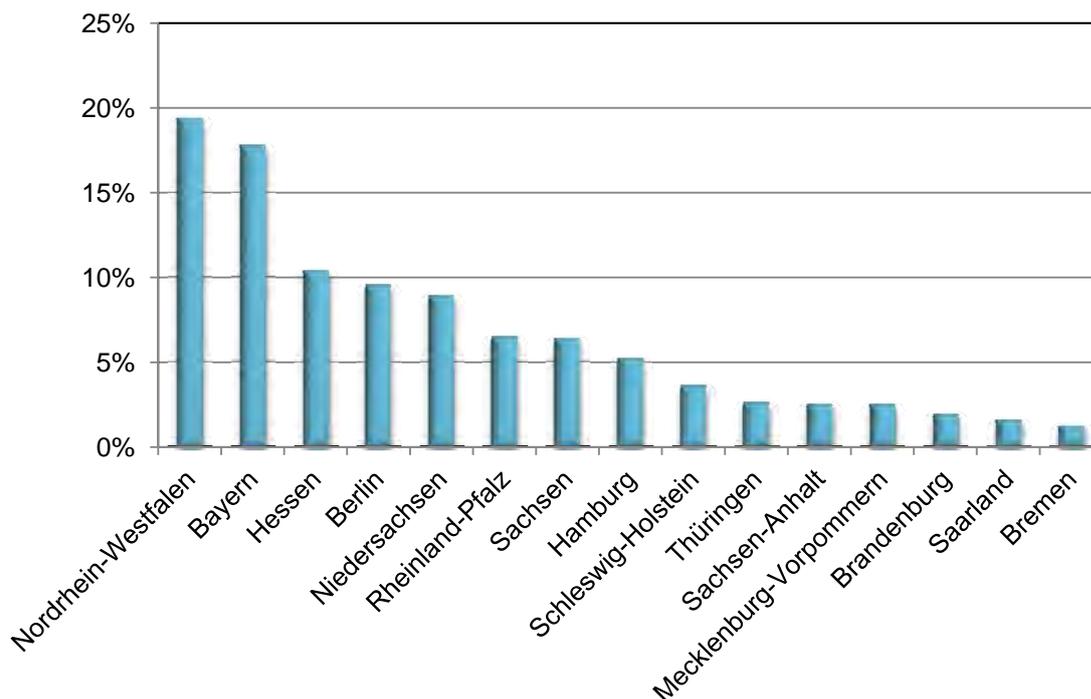


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Mit Blick auf die nationalen Kooperationspartner Baden-Württembergs (Abbildung 38) wird deutlich, dass die beiden Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Bayern die wichtigsten Kooperationspartner Baden-Württembergs in Bezug auf Ko-Publikationen darstellen. Danach folgen, mit einem deutlich geringeren Anteil, Hessen

und Berlin. Brandenburg, das Saarland und Bremen sind die für Baden-Württemberg am wenigsten wichtigen nationalen Kooperationspartner im Bereich der wissenschaftlichen Forschung, was angesichts der Größe der Bundesländer nicht weiter verwundert.

Abbildung 38: Nationale Hauptkooperationspartner Baden-Württembergs, Anteile der Ko-Publikationen nach Ländern, 2009-2011



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

### 5.1.2 Internationale Ko-Publikationen – Eine soziale Netzwerkanalyse

Wie bereits in Kapitel 5.1 beschrieben, geben die Kooperationsstrukturen internationaler Publikationen Aufschluss über die Internationalisierung von wissenschaftlichen Forschungsaktivitäten und weisen auf internationale Wissensflüsse zwischen verschiedenen Ländern hin, wobei jedoch die Richtung dieser Kooperation nicht bestimmt und analysiert werden kann.

Die internationalen Kooperationsbeziehungen Baden-Württembergs werden hier mit Hilfe einer sozialen Netzwerkanalyse (SNA) tiefergehend analysiert. Soziale Netzwerkanalysen sind in der Lage, komplexe Beziehungsmuster zwischen den einzelnen Akteuren eines Netzwerks zu analysieren, da mit ihrer Hilfe zum einen

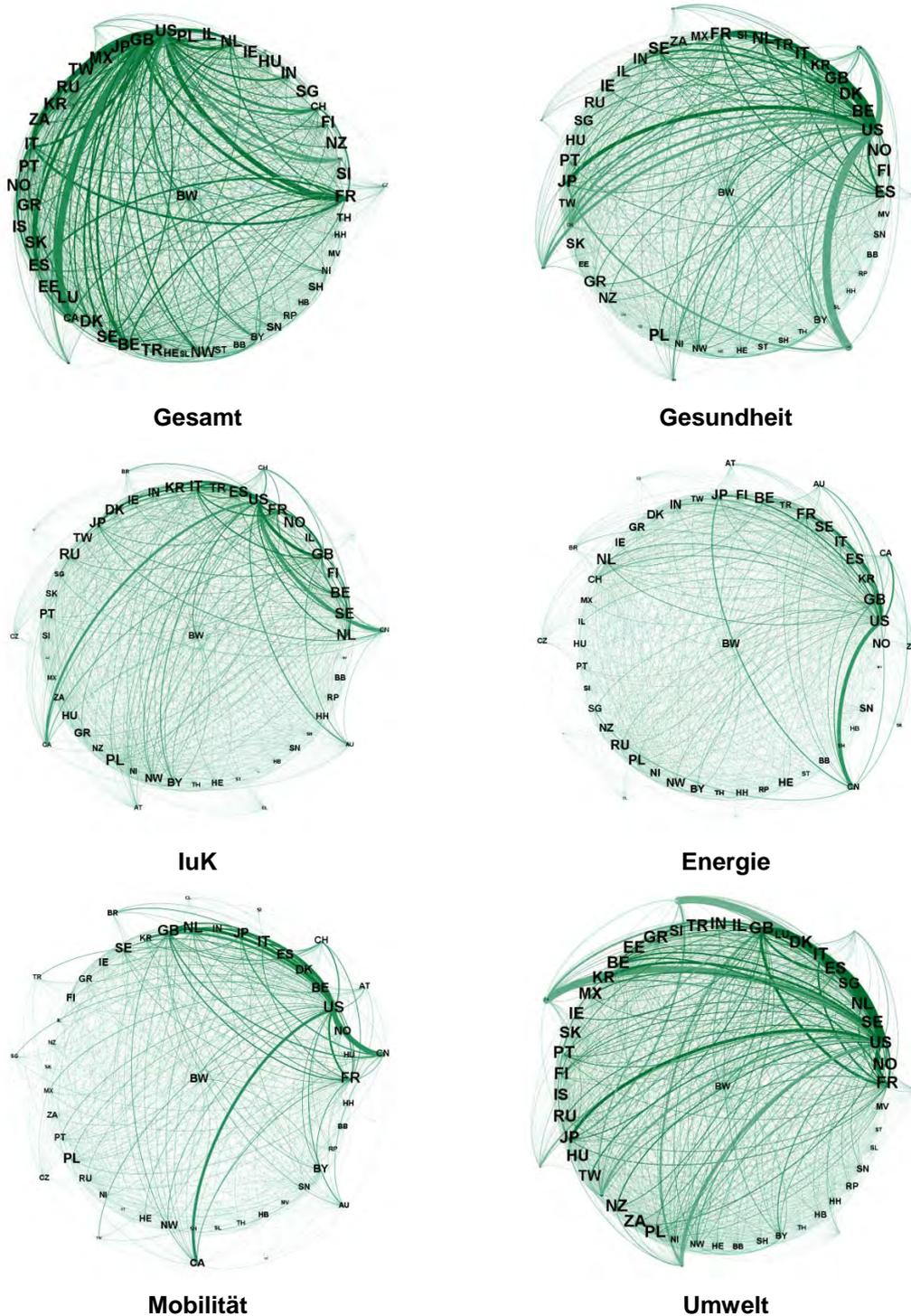
ein Gesamtbild der internationalen Kooperationsstrukturen erstellt werden kann und zum anderen weitere Indikatoren wie die Wichtigkeit einzelner Akteure als Vermittlungspartner für das Gesamtnetzwerk oder Gruppierungen von Akteuren innerhalb des gesamten Netzwerks identifiziert werden können. Hierzu werden nicht nur die Verbindungen zwischen zwei Akteuren für die Berechnung dieser Maße verwendet, sondern auch die so genannten "vermittelten" Verbindungen zwischen zwei Kooperationspartnern über einen dritten Kooperationspartner. Eine umfassendere Beschreibung zur Methodik sozialer Netzwerkanalysen und der verwendeten Indikatoren findet sich in Kapitel A.4 im Anhang.

Abbildung 39 zeigt zunächst einen Überblick über das internationale Ko-Publikationsnetzwerk Baden-Württembergs insgesamt, sowie getrennt nach operativen Schwerpunkten. Für die Darstellung der Bundesländer werden entsprechende Abkürzungen verwendet. Eine Beschreibung dieser Abkürzungen findet sich in Tabelle 2.

Tabelle 2: Für die SNA verwendete Abkürzungen der Bundesländer

BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
BN	Berlin
BB	Brandenburg
HB	Bremen
HH	Hamburg
HE	Hessen
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Niedersachsen
NW	Nordrhein-Westfalen
RP	Rheinland-Pfalz
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
SH	Schleswig-Holstein
TH	Thüringen

Abbildung 39: Nationales und internationales Ko-Publikationsnetzwerk Baden Württembergs, gesamt und nach Schwerpunkten, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Zahl der Kooperationen mit unterschiedlichen Ländern, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X. Im Feld Umwelt ist die Dicke der Linien zur besseren Sichtbarkeit 5-fach vergrößert dargestellt, im Feld Gesundheit 10-fach und in den Feldern luK, Klima und Mobilität ist die Liniendicke 20-fach vergrößert.

Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Bei diesen Abbildungen ist Baden-Württemberg stets im Zentrum abgebildet. Die Größe der Schrift steht für die Anzahl der Verbindungen zu verschiedenen Ländern. Je größer also die Schrift, desto mehr Verbindungen zu unterschiedlichen Partnern hat das jeweilige Land. Die Dicke der Linien zeigt die Stärke der Verbindung, in diesem Fall die Anzahl der Ko-Publikationen, zwischen den einzelnen Ländern an. Länder mit denen Baden-Württemberg nur schwache Verbindungen hat, das heißt nicht direkt sondern nur vermittelt über mindestens einen weiteren Kooperationspartner in Verbindung steht, liegen in dieser Analyse außerhalb des Kreises. In der Grafik sind außerdem Länder mit Bundesländern vermischt dargestellt. Es wird also deutlich, wie stark Baden-Württemberg international und auf nationaler Ebene kooperiert.

Aus Abbildung 39 wird ersichtlich, dass bei Publikationen insgesamt stark international kooperiert wird. Der Schriftgrad ist bei allen Ländern ähnlich groß, was darauf hindeutet, dass die meisten Länder stark mit unterschiedlichen Partnerländern zusammenarbeiten. Im Fall Baden-Württembergs ist der Schriftgrad etwas kleiner, als beispielsweise für die USA, Großbritannien oder Japan, was jedoch dadurch verursacht wird, dass Baden-Württemberg nur mit zwei bis drei Ländern weniger kooperiert als diese Länder. Die stärksten Bindungen Baden-Württembergs bei den gesamten Publikationen finden sich mit den USA, Großbritannien und Frankreich. Jedoch sind auch Spanien, Italien und die Niederlande wichtige wissenschaftliche Kooperationspartner. Im Inland sind es zumeist Autoren aus Nordrhein-Westfalen und Bayern, mit denen baden-württembergische Autoren zusammenarbeiten.

Im Feld Gesundheit publizieren baden-württembergische Autoren weniger stark mit Autoren aus vielen unterschiedlichen Ländern, was an der geringeren Schriftgröße im Vergleich zum Gesamtnetzwerk deutlich wird. Jedoch wird auch in diesem Feld, insgesamt gesehen, stark international vernetzt publiziert, weshalb geringe Abweichungen bereits starke Veränderungen in der Größe der Schrift bewirken können. Wichtigste Partner für Baden-Württemberg sind erneut die USA und Großbritannien. Mit Frankreich wird in diesem Feld weniger stark kooperiert als bei den gesamten Publikationen. Generell ist Baden-Württemberg innerhalb dieses operativen Schwerpunkts stärker mit nationalen Partnern, nämlich Bayern, Nordrhein-Westfalen, Hessen und Niedersachsen, vernetzt.

Für das Schwerpunktfeld IuK wird deutlich, dass die Zahl internationaler Ko-Publikationen insgesamt deutlich geringer ist als im Feld Gesundheit, was jedoch dadurch begründet ist, dass die Gesamtzahl der Publikationen generell niedriger ist. Baden-Württemberg hat innerhalb dieses Feldes, im Vergleich zu den anderen

Feldern, die geringste Zahl an unterschiedlichen Kooperationspartnern, was durch den vergleichsweise geringen Schriftgrad innerhalb der Abbildung deutlich wird. Insgesamt sind in diesem Feld hauptsächlich die USA, China und Japan mit internationalen Ko-Publikationen aktiv, während die anderen Länder etwas in den Hintergrund treten. Die stärksten Verbindungen Baden-Württembergs finden sich dementsprechend auch zu den USA und Großbritannien. Innerhalb Deutschlands sind hauptsächlich die Nachbarländer Bayern und Nordrhein-Westfalen die stärksten Partner.

Im Feld Energie nimmt Baden-Württemberg was die Anzahl an unterschiedlichen Publikationspartnern angeht wieder eine stärkere Position als im Feld IuK ein. Auch in diesem Feld sind jedoch die USA, Japan und China die Länder mit den meisten Ko-Publikationen. Partner Baden-Württembergs sind verstärkt die USA und Großbritannien, während national zumeist mit Autoren aus Bayern, Nordrhein-Westfalen aber auch mit Autoren aus Hessen und Sachsen zusammengearbeitet wird.

Das Schwerpunktfeld Klima zeigt sich im Vergleich zu den anderen Feldern insgesamt wenig ko-publikationsintensiv. In diesem Feld gibt es vergleichsweise die wenigsten Länder, die Kooperationsbeziehungen zu allen anderen Ländern aufweisen, was besonders durch die recht geringe Anzahl an Linien deutlich wird. Die meisten Ko-Publikationen stammen erneut aus den USA. Dies ist jedoch, durch die hohe Zahl der Publikationen insgesamt nicht verwunderlich. Die stärksten Partner der USA sind China sowie Kanada. Baden-Württemberg kooperiert innerhalb dieses Feldes interessanterweise stärker mit Frankreich als mit den USA. Innerhalb Deutschlands sind Bayern, Sachsen, Hessen und Nordrhein-Westfalen die stärksten Partner.

Das letzte hier analysierte Feld ist der Schwerpunkt Umwelt. Hier wird wieder deutlich stärker international kooperiert als in den Feldern IuK, Klima und Mobilität, was sich durch die Anzahl der Linien sowie deren Dicke darstellt. Baden-Württemberg kooperiert mit vergleichsweise wenigen verschiedenen Partnern in diesem Feld, wobei auch hier wieder darauf hingewiesen werden muss, dass bereits ein bis zwei Kooperationspartner weniger einen starken Effekt auf ein solch besonders dichtes Netzwerk wie im Fall der Ko-Publikationen auslösen kann, wo die meisten Länder überall auf der Welt Ko-Publikationen aufweisen. Für Baden-Württemberg sind hier erneut die USA, Frankreich und Großbritannien attraktive Partner. Jedoch wird auch stark mit Autoren aus den Niederlanden und Schweden publiziert. National sind die angrenzenden Länder Bayern und Nordrhein-Westfalen die stärksten Partner.

Ein zweites Set von Netzwerkanalysen internationaler Ko-Publikationen ist in Abbildung 40 bis Abbildung 45 dargestellt. Hierbei liegt der Fokus darauf, zentrale Ak-

teure und Gruppierungen innerhalb der internationalen Ko-Publikationsnetze zu identifizieren. In diesen Abbildungen indiziert die Schriftgröße (ebenso wie die Größe der Knoten) die Zentralität bzw. die Bedeutung des jeweiligen Landes für das gesamte Netzwerk. Je größer die Schrift, desto mehr "Verkehr" wird sozusagen durch den jeweiligen Knoten von verschiedenen Seiten geleitet, was auf eine Art "Gatekeeper"-Funktion innerhalb des Netzwerks schließen lässt, da er viele Akteure miteinander verknüpft. Die Farben der Knoten deuten auf die so genannte Modularität innerhalb des Netzwerks hin. Modularität ist ein Maß für Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen Akteuren, das heißt Sets stark miteinander verwobener Akteure, die innerhalb eines Netzwerks entdeckt werden können (Fortunato/Castellano 2009). Gemessen über die Anzahl gemeinsamer Verbindungen der Akteure untereinander, haben die einzelnen Knoten (oder Gruppenmitglieder) innerhalb einer Gemeinde stärkere Beziehungen zueinander als zu den Mitgliedern anderer Gruppen können (Fortunato/Castellano 2009).<sup>3</sup>

In Abbildung 40 ist zunächst das Netzwerk für die gesamten Ko-Publikationen der jeweiligen Länder dargestellt. Auch bei diesem Ko-Publikationsnetzwerk gilt das gleiche wie für die vorherigen Netzwerke. Insgesamt gesehen unterhalten die meisten Länder Kooperationsbeziehungen, gemessen an internationalen Ko-Publikationen, zu allen anderen Ländern. Dies macht die Interpretation des Zentralitätsmaßes, wie auch der Modularität, vergleichsweise schwierig, da alle Länder, bedingt durch die Kooperation mit Autoren aus allen anderen Ländern, eine ähnlich hohe Zentralität für das Gesamtnetzwerk aufweisen. Ausnahmen sind Tschechien, Brasilien, Österreich und Baden-Württemberg, die in diesem Netzwerk aufgrund der Kooperation mit nur einem weltweiten Partner weniger, verschwindend klein dargestellt sind. Dies lässt sich somit nicht als generelle Schwäche Baden-Württembergs identifizieren. Auch lassen sich im Netzwerk der gesamten Ko-Publikationen keine Gruppierungen einzelner Länder ausmachen, weshalb das Netzwerk in nur einer Farbe dargestellt ist. Wie oben bereits erwähnt hat Baden-Württemberg die stärksten Bindungen zu den USA, Großbritannien und Frankreich. Auch Spanien, Italien und die Niederlande sind wichtige wissenschaftliche Kooperationspartner.

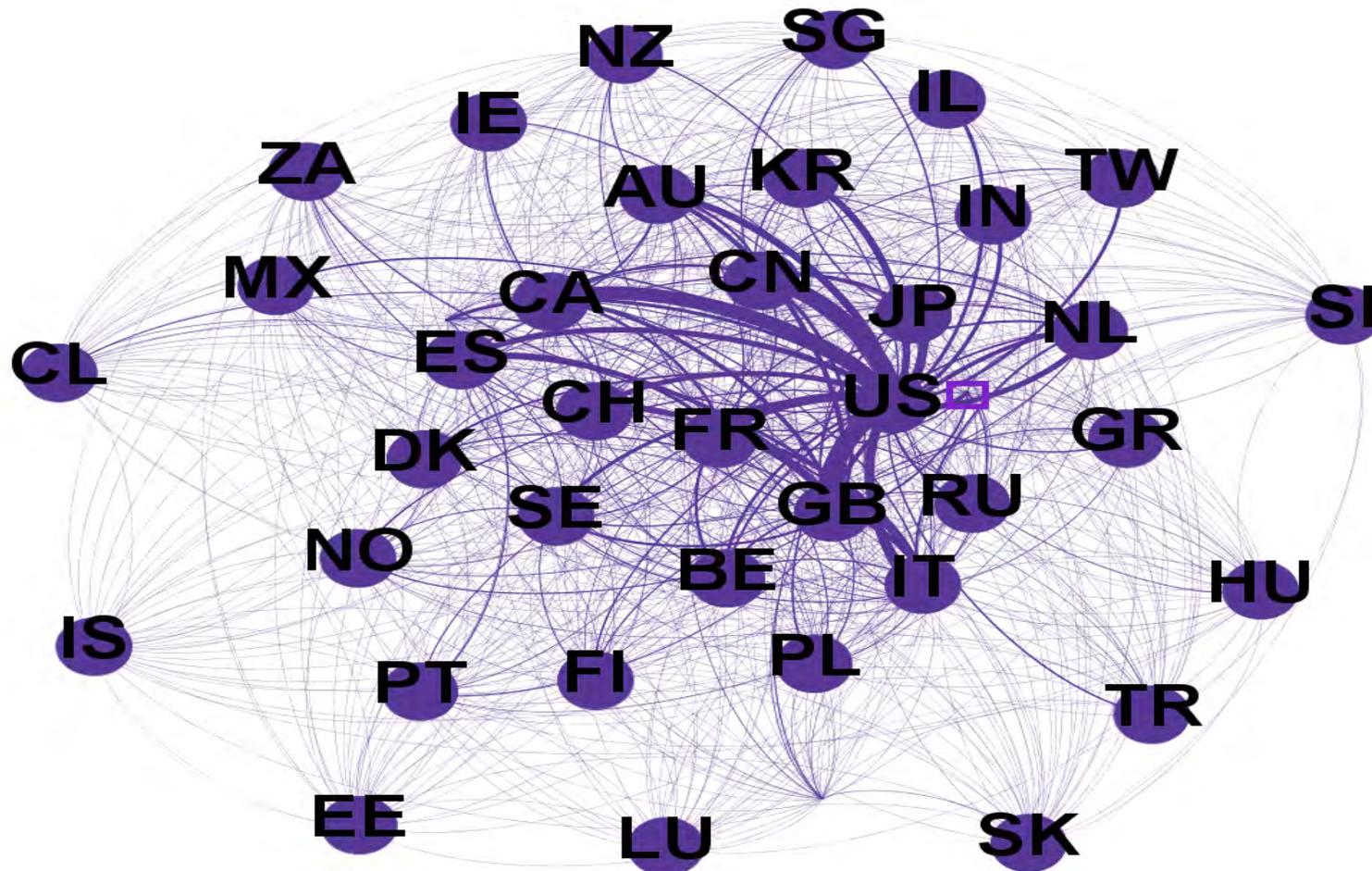
Abbildung 41 zeigt die Zentralität und die Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks im Feld Gesundheit. Da in diesem Feld alle Länder etwas weniger stark mit unterschiedlichen Partnern kooperieren, lassen sich Zentralität und

---

<sup>3</sup> Zur Darstellung dieser Gruppierungen sind die deutschen Bundesländer (außer Baden-Württemberg) nicht in diesem Netzwerk enthalten, weil dies eine Verzerrung hin zu einer Gruppe aus deutschen Bundesländern bedeuten würde, die stark miteinander kooperieren.

Modularität hier besser interpretieren. Insgesamt finden sich innerhalb dieses Feldes zwei Gruppen. Die größere Gruppe umspannt die USA, als zentralstem Akteur, Großbritannien, China und Japan, aber auch weitere europäische Länder wie Frankreich, Spanien und die Niederlande als relativ zentrale Akteure. Die kleinere Gruppe umfasst die skandinavischen Staaten sowie Polen und Baden-Württemberg. Das bedeutet, dass Baden-Württemberg ähnliche Partner aufweist wie die skandinavischen Staaten und Polen, und einige baden-württembergische Verbindungen innerhalb dieses Feldes über eben diese Länder vermittelt werden. Baden-Württemberg nimmt hier jedoch eine etwas weniger zentrale Position als die anderen Länder des Netzwerks ein, ist also ein weniger stark "vermittelnder" Partner als beispielsweise die USA, jedoch noch immer auf ähnlichem Niveau wie Kanada, Belgien oder auch China.

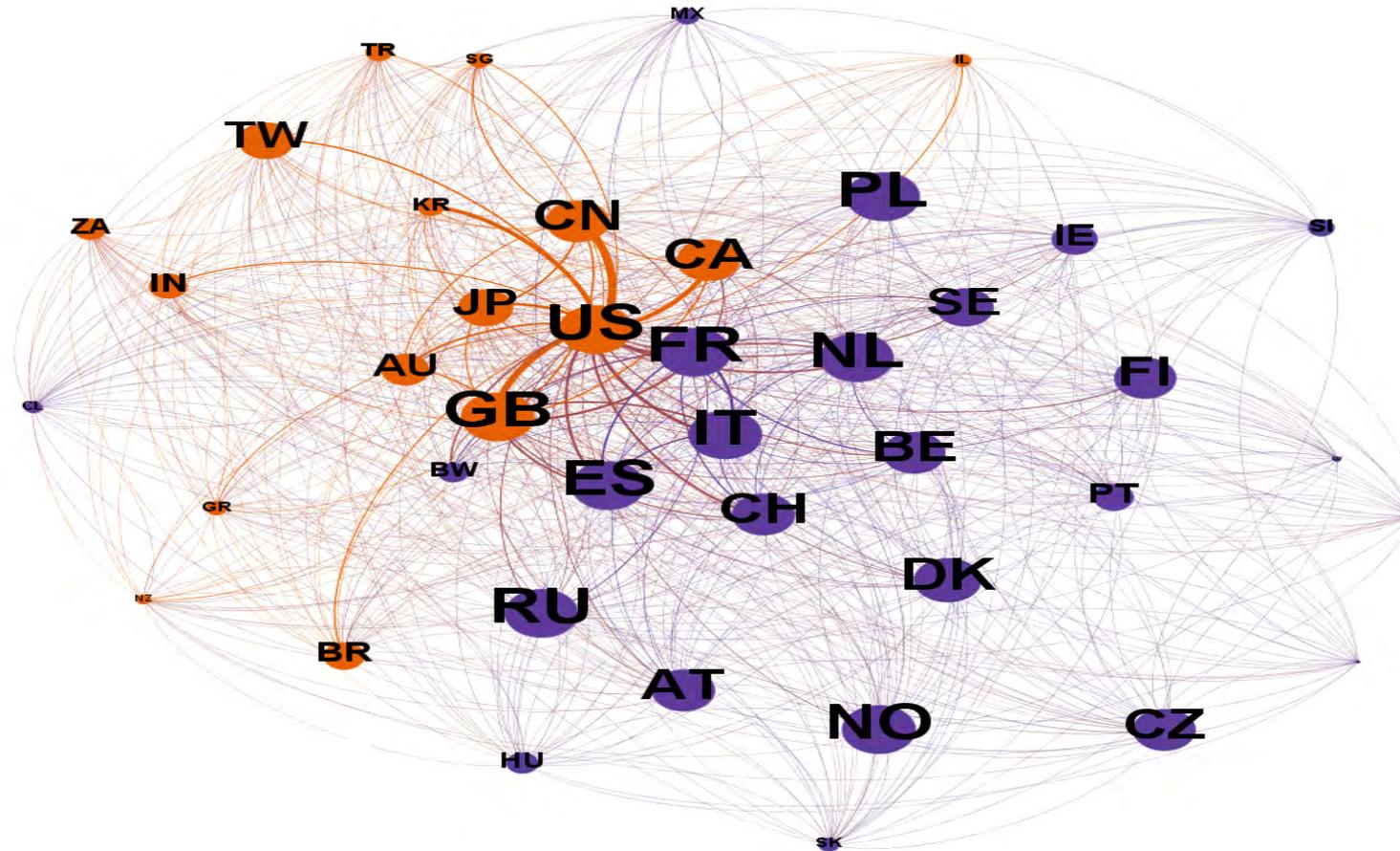
Abbildung 40: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks, alle Felder, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe.  
Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI



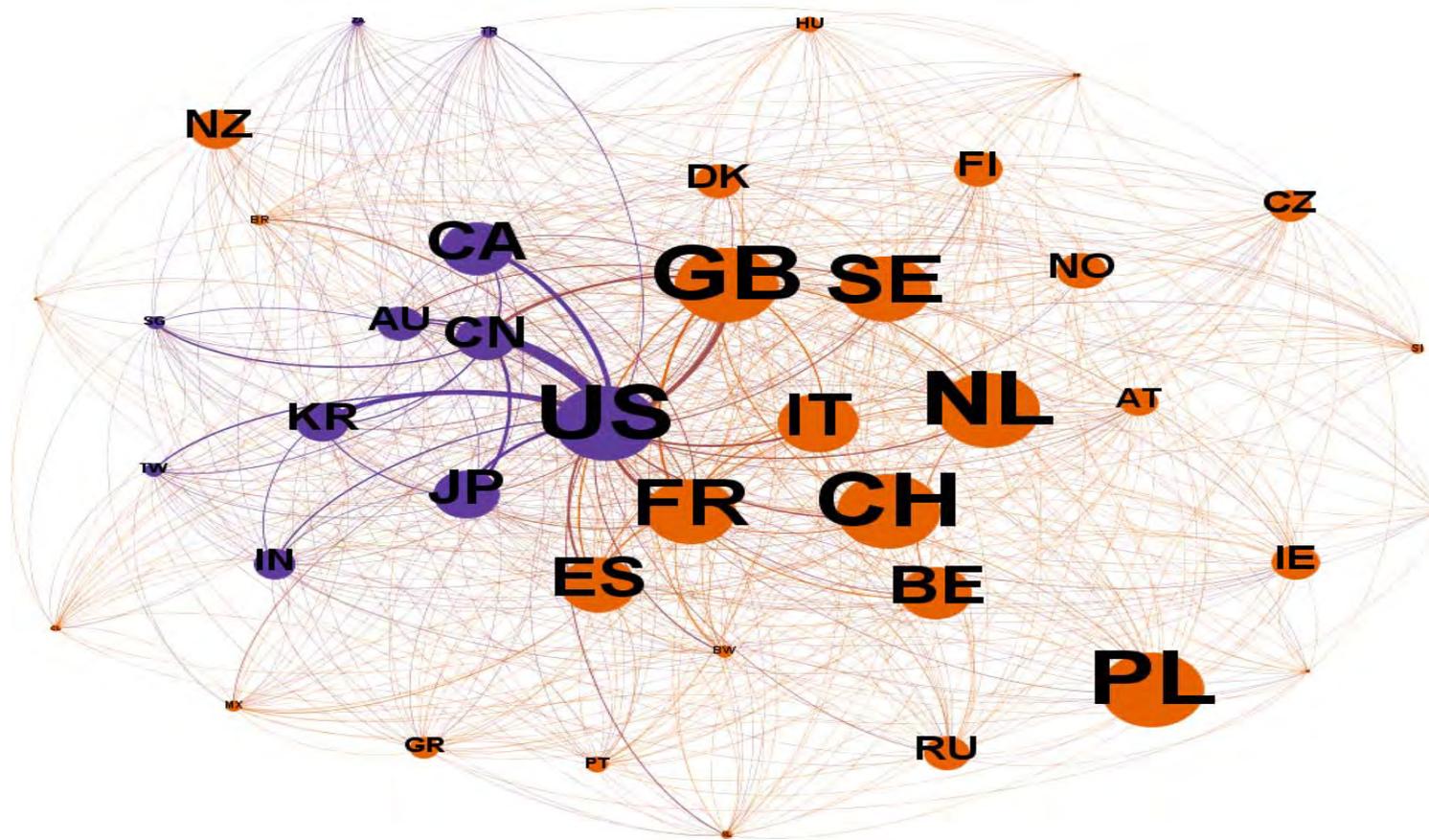
Abbildung 42: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks IuK, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe. Die Dicke der Linien ist zur besseren Sichtbarkeit 50-fach vergrößert dargestellt.

Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

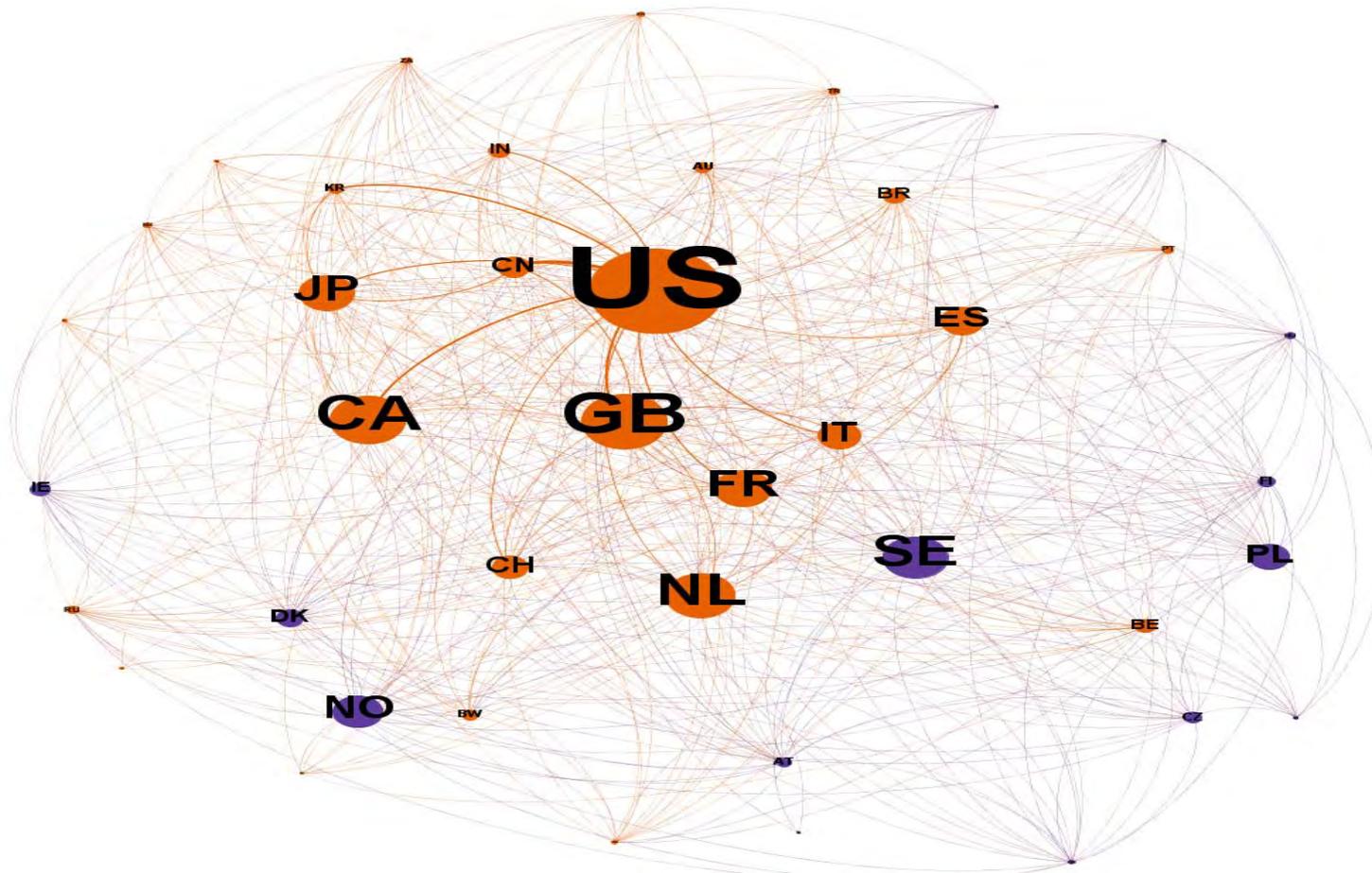
Abbildung 43: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks Klima, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe. Die Dicke der Linien ist zur besseren Sichtbarkeit 50-fach vergrößert dargestellt.

Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

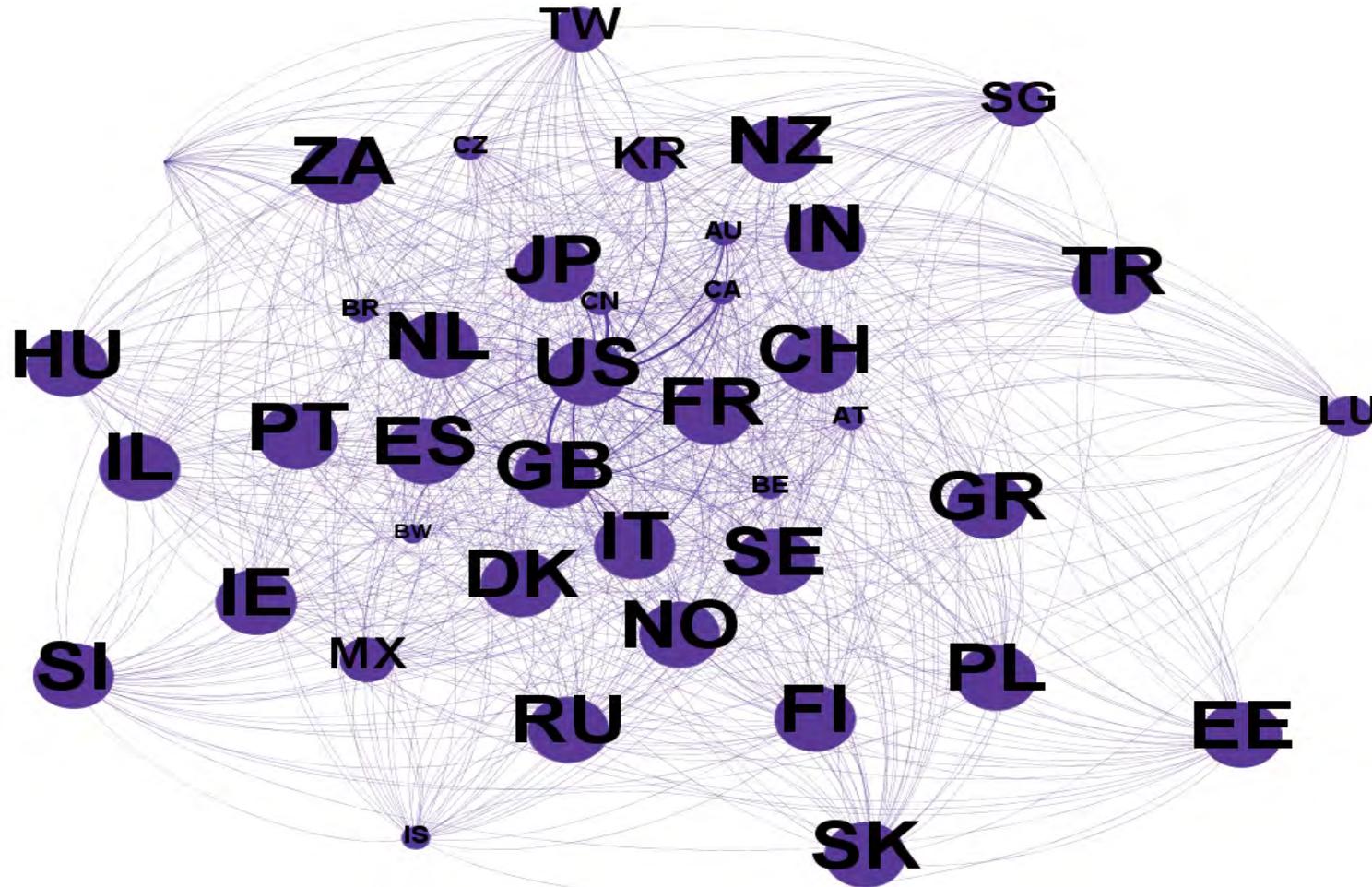
Abbildung 44: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks Mobilität, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe. Die Dicke der Linien ist zur besseren Sichtbarkeit 50-fach vergrößert dargestellt.

Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 45: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Publikationsnetzwerks Umwelt, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe. Die Dicke der Linien ist zur besseren Sichtbarkeit 10-fach vergrößert dargestellt.  
Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

In Abbildung 42 sind die Zentralität und Gruppierungen der Akteure innerhalb des Schwerpunkts IuK dargestellt. Hier finden sich zwei Gruppen wieder. Nämlich eine stark US-orientierte Gruppe um die USA, Großbritannien, Kanada, China, Japan und Korea, sowie eine europäische Gruppe, die die meisten europäischen Länder und Baden-Württemberg umfasst. Insgesamt lässt sich deutlich erkennen, dass die meisten internationalen Ko-Publikationen zwischen den Ländern der US-orientierten Gruppe veröffentlicht werden, die bekanntermaßen in diesem Feld publikationsmäßig stärker vertreten sind. Baden-Württemberg hat innerhalb dieses Feldes konsequenterweise eine weniger stark zentrale Position.

Abbildung 43 zeigt die beiden Indikatoren Zentralität und Modularität innerhalb des Feldes Energie. Die Gruppierung ist hier ähnlich verteilt wie im Feld IuK, mit einer starken US-orientierten Gruppe, die viele Ko-Publikationen aufweist, und einer differenzierten europäischen Gruppe die viele Länder umfasst. Besonders interessant an diesem Feld ist, dass Großbritannien eine stärkere Orientierung hin zur europäischen Gruppe zeigt, dieser also in Bezug auf die verschiedenen Partner, ähnlicher ist als der US-orientierten Gruppe und hier neben der Schweiz und den Niederlanden eine sehr zentrale Position innehat. Baden-Württemberg nimmt eine dezentrale Rolle ein, ist also weniger häufig ein "vermittelnder Partner" für andere Länder. Dies trifft auch für das Feld Mobilität zu, in dem die USA eine zentrale Rolle als vermittelnder Partner zwischen den Ländern einnimmt (Abbildung 44). Innerhalb dieses Schwerpunktfeldes läuft sozusagen viel "Verkehr" über die USA, was auf eine Art "Gatekeeper"- oder Verknüpfungsfunktion innerhalb des Feldes in Bezug auf internationale Ko-Publikationen schließen lässt. Neben einer großen Gruppe, die die meisten hier untersuchten Länder, einschließlich Baden-Württembergs, umfasst, findet sich hier auch eine etwas kleinere Gruppe der skandinavischen Länder und Polen.

Abbildung 45 zeigt die Zentralität und Gruppierungen der Akteure innerhalb des Feldes Umwelt. Wie auch bei den gesamten Publikationen erweist sich hier, dass insgesamt besonders stark mit vielen verschiedenen Partnern kooperiert wird, weshalb sich keine unterschiedlichen Gruppen ausmachen lassen. Alle Länder sind sich in ihren Ko-Publikationsmustern mit anderen Ländern sozusagen "gleich ähnlich". Viele Länder nehmen aus diesem Grund auch eine sehr zentrale Position ein. Baden-Württemberg zeigt nur geringfügig kleinere Zentralitätswerte, was sich durch die große Streuung innerhalb des Feldes jedoch wiederum stark auswirkt.

Insgesamt gesehen lässt sich zeigen, dass sich internationale Ko-Publikationen häufig auf viele verschiedene Partnerländer stützen. Baden-Württemberg kann dabei als stark international aktiv bezeichnet werden, was die vorhergehenden deskriptiven sowie die Netzwerkanalysen zeigen.

## **5.2 Internationale Kooperationsstrukturen in der anwendungsnahen Forschung und Entwicklung – Ko-Patente**

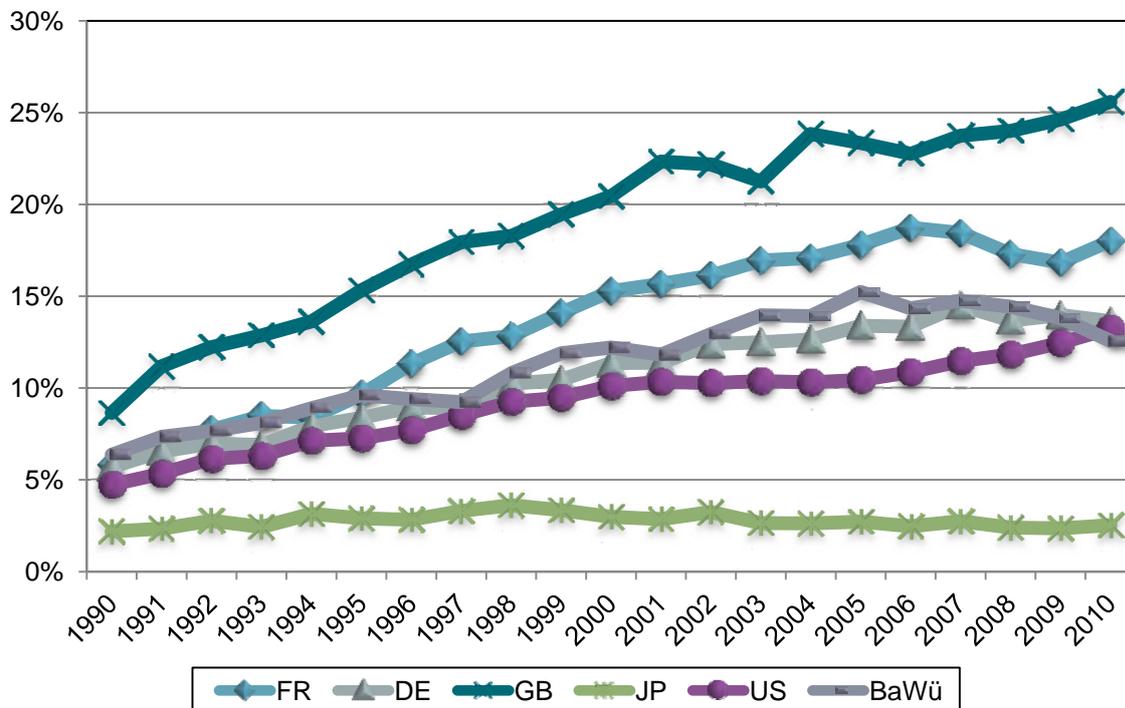
In diesem Abschnitt werden die internationalen Kooperationsstrukturen Baden-Württembergs in der anwendungsnahen Forschung und Entwicklung mit Hilfe internationaler Ko-Patente analysiert. Ko-Patente sind dabei definiert als transnationale Patentanmeldungen, bei denen mindestens zwei Erfinder aus unterschiedlichen Ländern beteiligt sind. Im Unterschied zu den Untersuchungen der Ko-Publikationen im vorigen Abschnitt, steht in diesen Teil der Analysen die Zusammenarbeit bei Forschung und Entwicklung bzw. bei der Erfindung dieser Technologien im Mittelpunkt. Wo findet sich komplementäres Wissen zu den eigenen Kompetenzen bzw. wie international ist die Genese von technologischem Wissen sind die Kernfragen dieser Untersuchung.

In Abschnitt 5.2.1 werden zunächst einige Trends internationaler Ko-Patentierung Baden-Württembergs präsentiert. Hierbei steht die Frage im Zentrum, wie stark Baden-Württemberg mit internationalen Partnern kooperiert und welche Länder die attraktivsten Forschungspartner für Baden-Württemberg darstellen. In einem zweiten Schritt (Abschnitt 5.2.2) wird eine soziale Netzwerkanalyse der Ko-Patentierungsstrukturen Baden-Württembergs dargestellt. An dieser Stelle werden auch die operativen Schwerpunkte der Baden-Württemberg Stiftung näher beleuchtet.

### **5.2.1 Trends internationaler Ko-Patentierung**

In Abbildung 46 ist zunächst der Anteil internationaler Ko-Patente an allen transnationalen Patentanmeldungen Baden-Württembergs im internationalen Vergleich dargestellt. Auf den ersten Blick wird deutlich, dass dieser Anteil über die Jahre hinweg bei nahezu allen analysierten Ländern ansteigt, was auf eine verstärkte internationale Kooperationsintensität im Zeitverlauf schließen lässt. Baden-Württemberg kann auf diesem Indikator mit einem Wert von 13% im Jahr 2009 einen Platz im Mittelfeld behaupten, wobei der Trend sehr stark dem gesamtdeutschen, wie auch dem US amerikanischen, Trend ähnelt. Allerdings lässt sich für Baden-Württemberg seit dem Jahr 2007 ein leichter Abwärtstrend beobachten. Insgesamt weisen bei den hier untersuchten Ländern Großbritannien, gefolgt von Frankreich, die höchsten Anteile internationaler Ko-Patente auf. Japan zeigt sich mit einem Anteil von nur 3% auf internationaler Ebene nur wenig kooperationsintensiv.

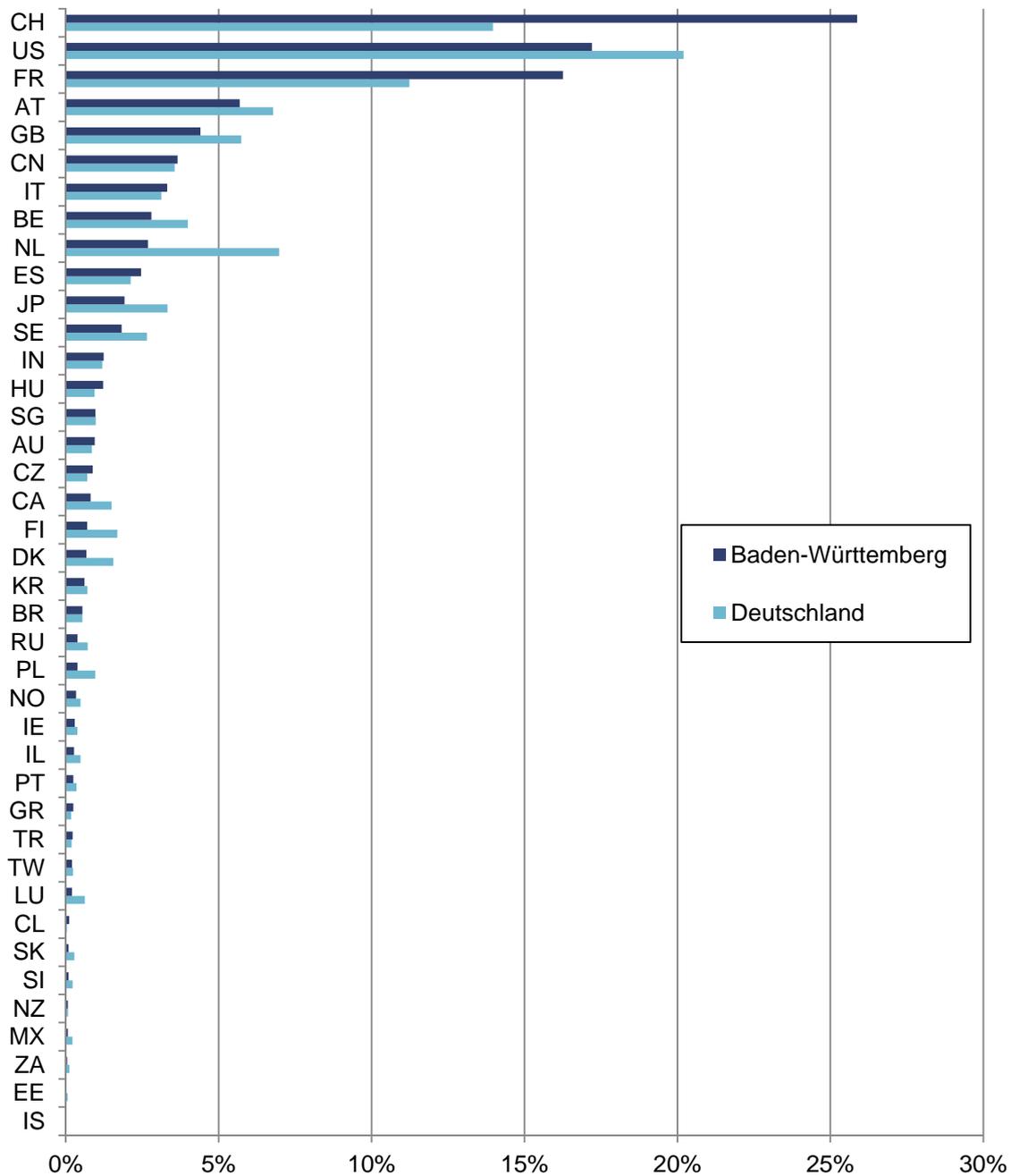
Abbildung 46: Anteil internationaler Ko-Patente an allen transnationalen Patentanmeldungen, nach Ländern, 1990-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Im Anschluss an diese Darstellung ist die Frage nach den internationalen Hauptkooperationspartnern Baden-Württembergs von großem Interesse. Diese ist im Vergleich mit Gesamtdeutschland in Abbildung 47 dargestellt. Baden-Württembergs wichtigster Kooperationspartner in Bezug auf transnationale Patentanmeldungen ist die Schweiz mit einem Anteil von 26%, gefolgt von den USA und Frankreich mit Anteilen von 17% bzw. 16%. Somit werden fast 60% der transnationalen Ko-Patente Baden-Württembergs mit einem Kooperationspartner aus der Schweiz, den USA oder dem angrenzenden Frankreich erfunden. Mit einem Anteil von 6% bzw. 4% folgen Österreich und Großbritannien auf den Rängen vier und fünf. Im Vergleich zu Gesamtdeutschland lassen sich in dieser Abbildung einige Unterschiede erkennen. Auch wenn die Schweiz für Deutschland einen sehr bedeutenden Kooperationspartner darstellt, ist deren Wichtigkeit im Vergleich zu Baden-Württemberg etwas geringer. Dafür ist die USA im gesamtdeutschen Vergleich ein etwas wichtigerer Kooperationspartner. Auch Österreich und Belgien scheinen für Baden-Württemberg momentan ein geringeres Gewicht als Kooperationspartner in der anwendungsnahen Forschung und Entwicklung einzunehmen, während dies für Gesamtdeutschland in etwas stärkerem Maße gilt.

Abbildung 47: Internationale Hauptkooperationspartner Baden-Württembergs und Deutschlands, Anteile der Ko-Patente nach Ländern, 2008-2010

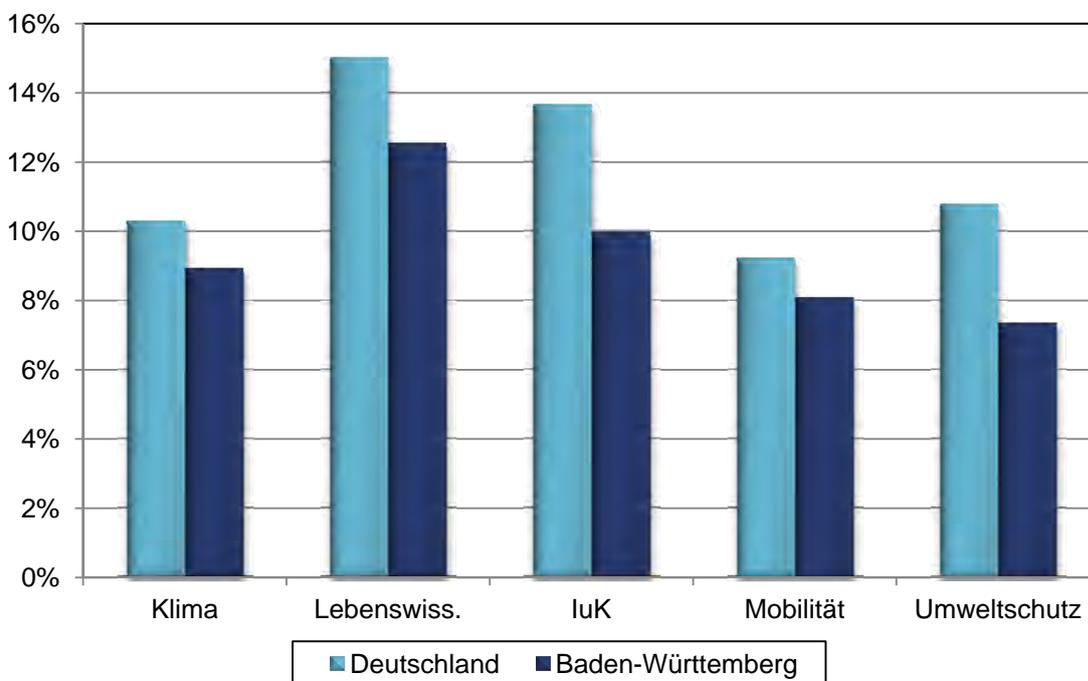


Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

In Abbildung 48 sind die internationalen Ko-Patente Baden-Württembergs in den Jahren 2008 bis 2010 getrennt nach den Schwerpunktfeldern der Baden-Württemberg Stiftung dargestellt. Bereits auf den ersten Blick wird deutlich, dass Baden-Württemberg in allen Schwerpunktfeldern eine niedrigere Internationalisierung aufweist als

Deutschland insgesamt. Dies betrifft in besonderem Maße die Felder IuK sowie den Bereich Ressourcenschonung/Umweltschutz. In beiden Feldern beläuft sich der Unterschied auf 4 Prozentpunkte. In den Bereichen Lebenswissenschaften, Klima und Mobilität sind die Unterschiede nicht so deutlich ausgeprägt, belaufen sich jedoch noch immer auf 1 bis 2 Prozentpunkte. Es kann also festgehalten werden, dass in Bezug auf die internationalen Kooperationen Baden-Württembergs im Vergleich zu Deutschland insgesamt ein leichter Nachholbedarf besteht, der sich mit Blick auf die Schwerpunktfelder der BW Stiftung besonders in den Feldern IuK sowie im Bereich Ressourcenschonung/Umweltschutz manifestiert.

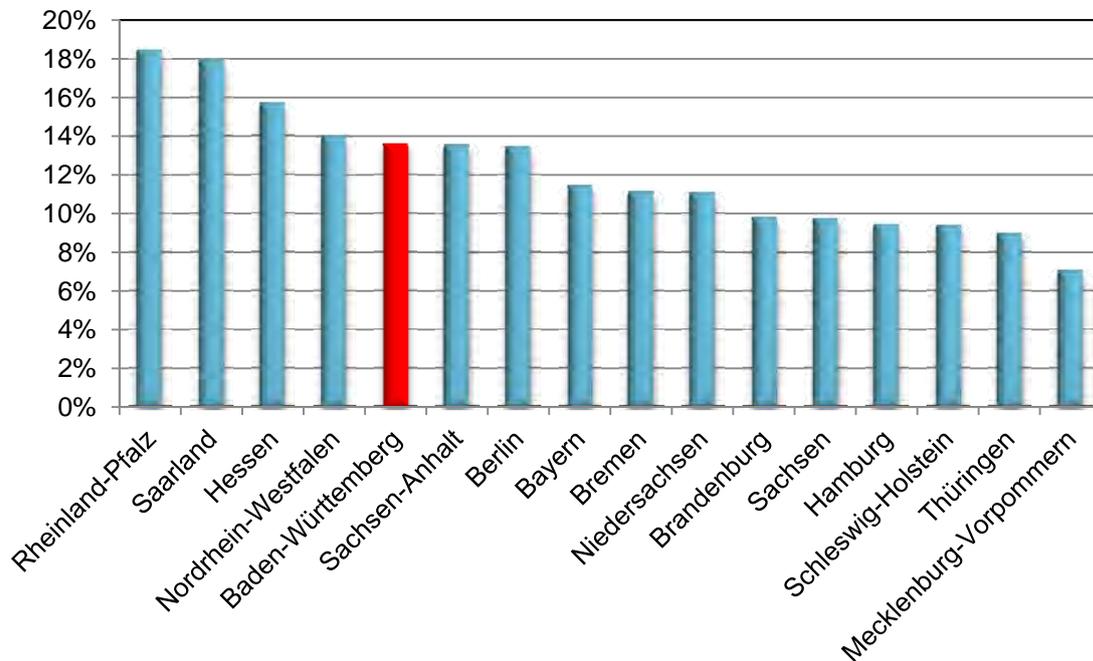
Abbildung 48: Anteile internationaler Ko-Patente nach Schwerpunktthemen, 2008-2010



Quelle: EPO– PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Der Anteil internationaler Ko-Patente an allen transnationalen Patentanmeldungen Baden-Württembergs lässt sich jedoch nicht ausschließlich im internationalen, sondern auch im innerdeutschen Vergleich analysieren. In Abbildung 49 werden die Anteile internationaler Ko-Patente Baden-Württembergs mit den Werten in anderen Bundesländern verglichen. Hier nimmt Baden-Württemberg mit einem Anteil von 14% zwischen 2008 und 2010 den fünften Rang nach Rheinland-Pfalz, dem Saarland, Hessen und Nordrhein-Westfalen ein. Schleswig-Holstein, Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern finden sich auf den letzten drei Rängen wieder.

Abbildung 49: Anteil internationaler Ko-Patente an allen transnationalen Patentanmeldungen, nach Bundesländern, 2008-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

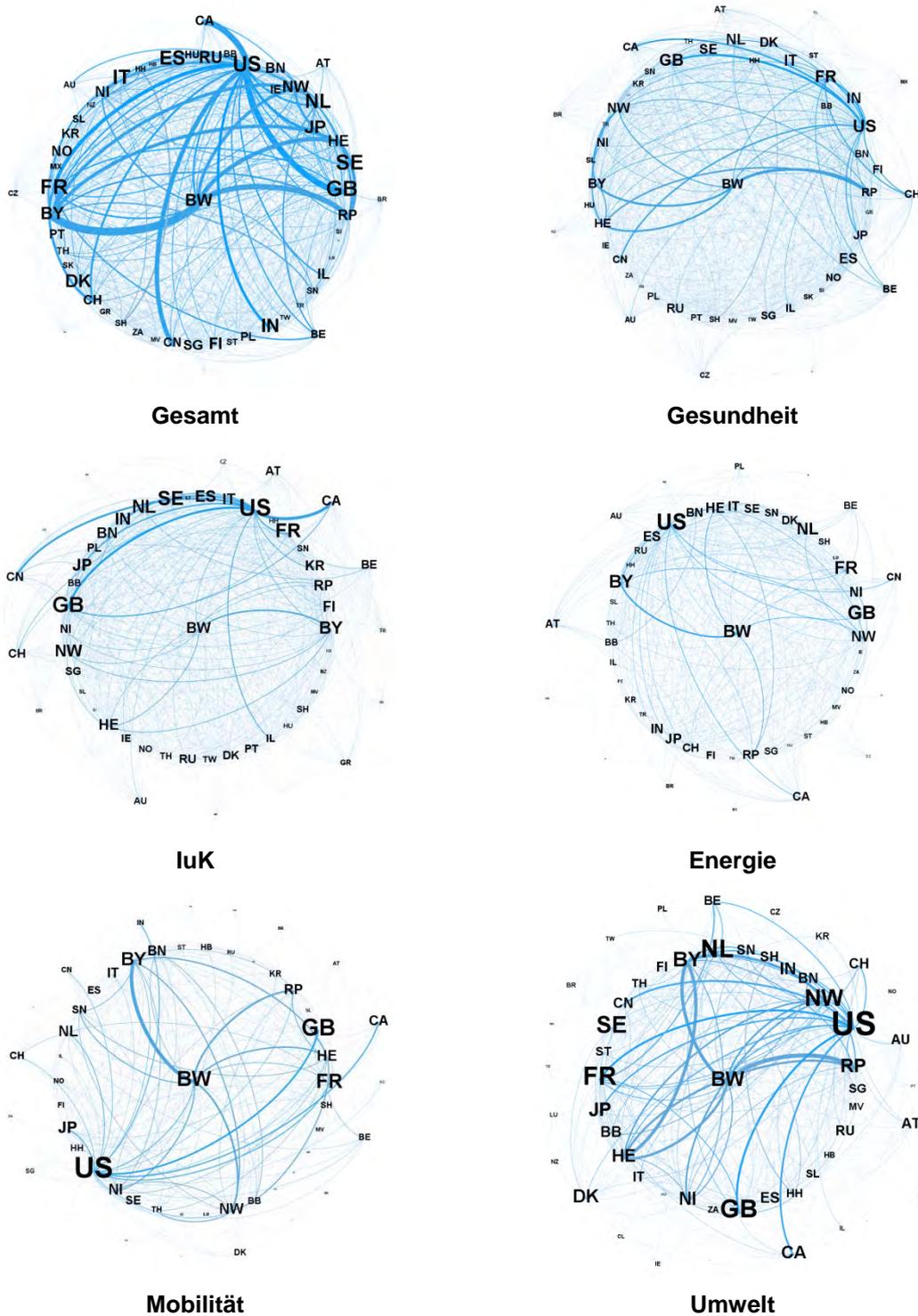
## 5.2.2 Ko-Patentierung – Eine soziale Netzwerkanalyse

Kooperationsstrukturen internationaler Patente geben Aufschluss über die Internationalisierung anwendungsnahe Forschung und Entwicklung. Die internationalen Kooperationsbeziehungen Baden-Württembergs werden, analog zur Analyse der Ko-Publikationen, an dieser Stelle mit Hilfe einer sozialen Netzwerkanalyse tiefergehend analysiert.

Abbildung 50 zeigt zunächst einen Überblick über das internationale Ko-Patentierungsnetzwerk Baden-Württembergs insgesamt, sowie getrennt nach operativen Schwerpunkten. Für die Darstellung der Bundesländer werden die gleichen Abkürzungen wie bei der Netzwerkanalyse der Ko-Publikationen verwendet (Tabelle 2).

Auch bei diesen Analysen ist Baden-Württemberg stets im Zentrum abgebildet. Die Schriftgröße indiziert für die Anzahl der Verbindungen zu unterschiedlichen Ländern. Die Dicke der Linien zeigt die Stärke der Verbindung zwischen den einzelnen Ländern an.

Abbildung 50: Nationales und internationales Ko-Patentierungsnetzwerk Baden-Württembergs, gesamt und nach Schwerpunkten, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Zahl der Kooperationen mit unterschiedlichen Ländern, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X. In den Feldern Mobilität und Umwelt ist die Dicke der Linien zur besseren Sichtbarkeit 5-fach vergrößert dargestellt.

Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Insgesamt zeigt sich Baden-Württemberg gut international vernetzt und kann vergleichsweise viele internationale und nationale Partner vorweisen. International findet sich die stärkste Verbindung zu den USA sowie Frankreich. Auf nationaler Ebene sind besonders Bayern und Rheinland-Pfalz Bundesländer, mit denen Baden-Württemberg häufig kooperiert.

Im Feld Gesundheit kooperiert Baden-Württemberg insgesamt weniger stark mit vielen verschiedenen Partnern, was sich an der geringeren Schriftgröße im Vergleich zu Ländern wie den USA, Frankreich, Großbritannien und auch Nordrhein-Westfalen zeigt. Allerdings hat Baden-Württemberg innerhalb dieses Schwerpunktfeldes einige starke nationale Partner. Zu diesen gehören neben Bayern und Rheinland-Pfalz auch Hessen und Nordrhein-Westfalen. Auf internationaler Ebene ist erneut die USA der stärkste Partner, was jedoch zumindest zum Teil auch durch die große Gesamtzahl der US Patentanmeldungen erklärt werden kann. Auch Frankreich ist im Feld Gesundheit ein stark gefragter Kooperationspartner Baden-Württembergs.

Im Schwerpunkt IuK zeigt sich Baden-Württemberg weniger stark vernetzt, was sich an der geringeren Anzahl unterschiedlicher Partner, wie auch an der Kooperationsintensität mit einzelnen Ländern festmachen lässt. In diesem Feld weisen die USA, Großbritannien, Kanada und auch China die höchsten Ko-Patentierungszahlen auf, also jene Länder, die bei Informations- und Kommunikationstechnologien (inklusive Software) eine ausgeprägte Spezialisierung und ausgeprägte Aktivitäten vorweisen können. Nationale Partner innerhalb dieses Feldes sind zumeist Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen.

Im Feld Energie weist Baden-Württemberg eine höhere Zahl an verschiedenen Kooperationspartnern auf, was an der Größe der Schrift abzulesen ist. Besonders häufig kooperiert Baden-Württemberg hier auf nationaler Ebene. Verbindungen finden sich zu Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz. Allerdings treten in diesem Feld auch neue nationale Partnerländer stärker auf. Dies sind besonders Sachsen und Niedersachsen, wo hinsichtlich Photovoltaik/Solar bzw. hinsichtlich Windenergie offensichtlich geeignete Partner gefunden werden konnten. International ist Frankreich der stärkste Partner.

Auch im Schwerpunktfeld Mobilität hat Baden-Württemberg viele internationale sowie nationale Partner. National sind erneut besonders Bayern, Rheinland-Pfalz, Hessen, Nordrhein-Westfalen sowie Niedersachsen attraktive Partner, wo einerseits eigene Forschungsaktivitäten innerhalb von Großunternehmen und Konzernen aus Baden-Württemberg angesiedelt sind oder wo eine Vielzahl an Forschungspartnern zu finden

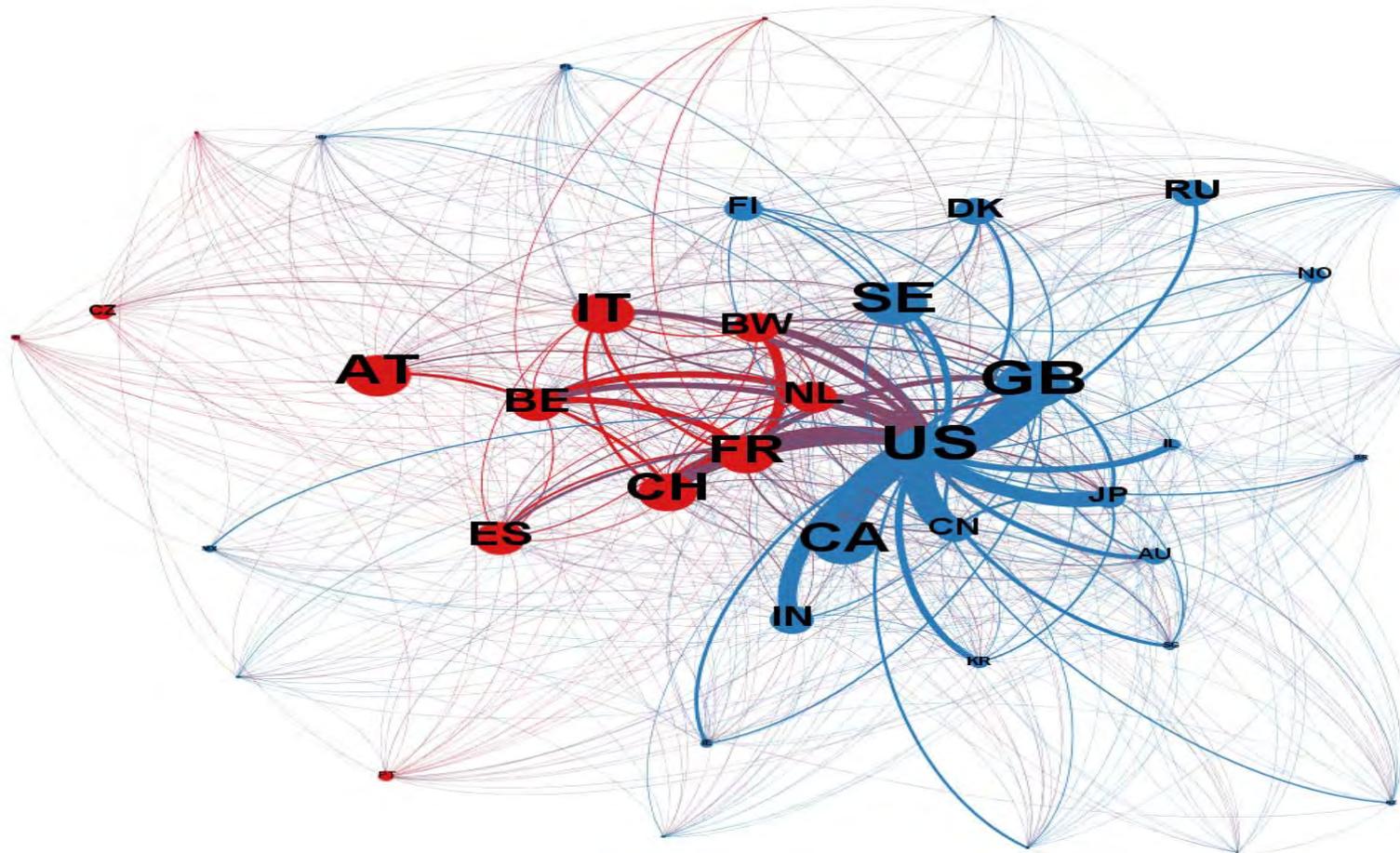
ist. In Deutschland sind die Kompetenzen im Bereich Mobilität sehr groß und gleichzeitig über das gesamte Bundesgebiet verteilt zu finden. Mit den anderen Bundesländern meldet Baden-Württemberg nur wenige bis gar keine internationalen Ko-Patente an. Der stärkste internationale Kooperationspartner ist hier die USA. Mit Frankreich bestehen innerhalb dieses operativen Schwerpunkts weniger starke Verbindungen.

Das Feld Umwelt ist weltweit sehr stark vernetzt, auch wenn es generell eine geringere Anzahl von Patentanmeldungen aufweist als beispielsweise im Feld Gesundheit oder IuK. Im gesamtdeutschen Vergleich hat Baden-Württemberg ähnlich viele Partner wie Bayern. Nordrhein-Westfalen hat hier jedoch bezogen auf die Anzahl verschiedener Partner den größten Anteil. Auf nationaler Ebene sind Bayern und Rheinland-Pfalz die stärksten Kooperationspartner Baden-Württembergs. Im internationalen Vergleich ist Frankreich in diesem Feld der häufigere Partner als die USA.

Ein zweites Set von Netzwerkanalysen internationaler Ko-Patentierung ist in Abbildung 51 bis Abbildung 56 dargestellt. Wie bei der Analyse der Ko-Publikationen liegt hier der Fokus darauf, zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb der internationalen Ko-Patentierungsnetze zu identifizieren. Die Schriftgröße (ebenso wie die Größe der Knoten) indiziert die Zentralität bzw. die Bedeutung des jeweiligen Landes für das gesamte Netzwerk und die Farben der Knoten deuten auf die so genannte Modularität innerhalb des Netzwerks hin.

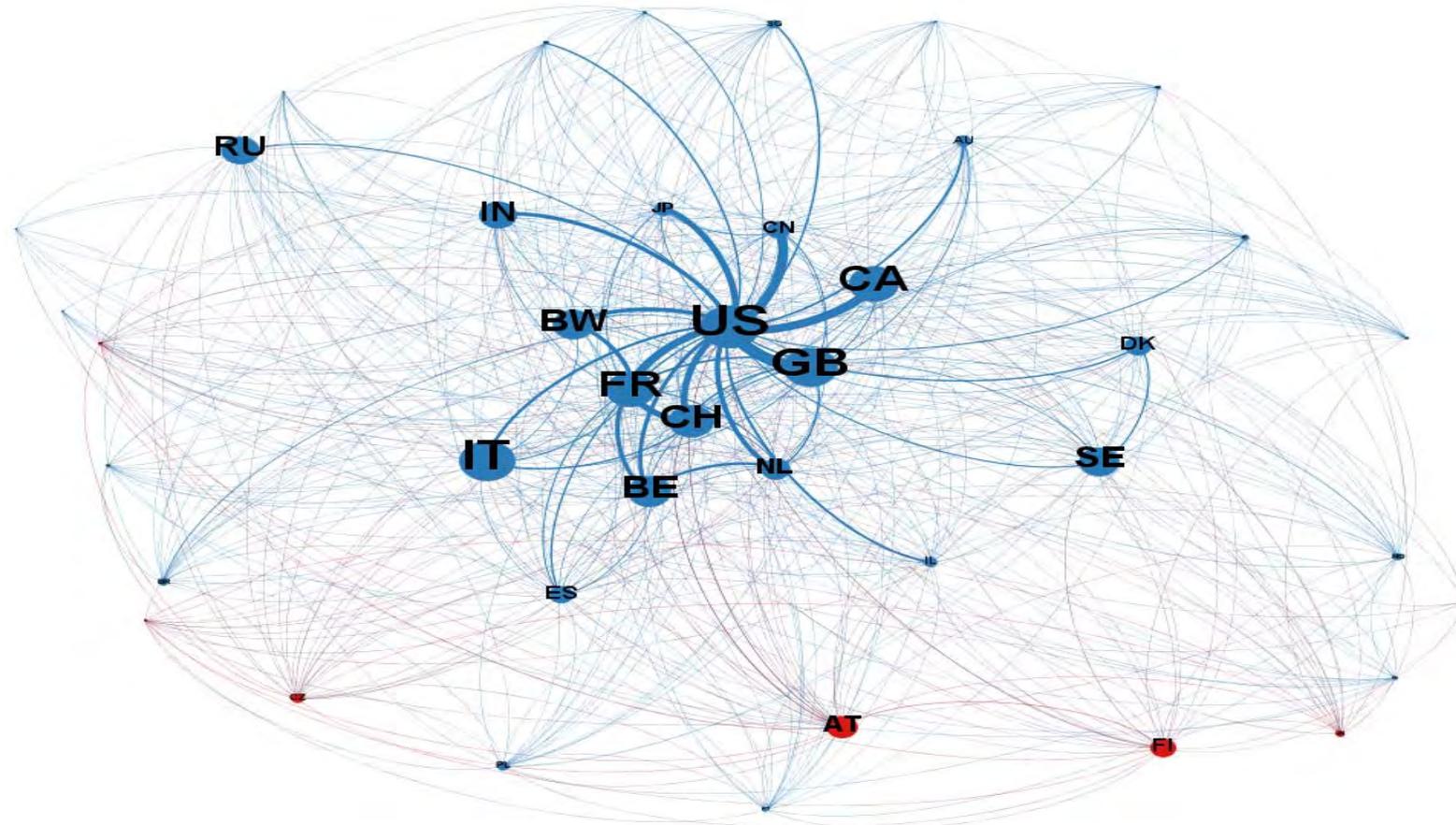
In Abbildung 51 ist zunächst das Netzwerk für die gesamten Ko-Patente der jeweiligen Länder dargestellt. Insgesamt können zwei Gruppen (rot und blau) innerhalb des internationalen Ko-Patentierungsnetzwerks identifiziert werden. Zum einen zeigt sich eine stärker US orientierte Gruppe (blau), die unter anderem die USA, Großbritannien, Kanada, aber auch Länder wie China und Japan sowie die skandinavischen Staaten umfasst. Die USA stellen innerhalb dieser Gruppe den zentralen Akteur dar, der viele Länder miteinander verbindet. Viele der internationalen Ko-Patente sind also sozusagen über die USA, aber auch Großbritannien vermittelt, die beide Gruppen stark miteinander verbinden. Die zweite Gruppe (rot) stellt eine stärker europäisch orientierte Gruppe dar, die beispielsweise die Länder Frankreich, Schweiz und die Niederlande sowie Baden-Württemberg beinhaltet. Innerhalb dieser Gruppe lässt sich kein eindeutiger zentraler Akteur identifizieren. Vielmehr sind mehrere Akteure, unter anderem Baden-Württemberg, zentral für diese Gruppe bzw. das Gesamtnetzwerk. Baden-Württemberg nimmt somit eine vergleichsweise zentrale Position, das heißt ein Punkt mit einer vergleichsweise hohen Verkehrsdichte in dem es viele Akteure miteinander verbindet, ein, die mit den Niederlanden oder Belgien vergleichbar ist.

Abbildung 51: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, alle Felder, 2008-2010



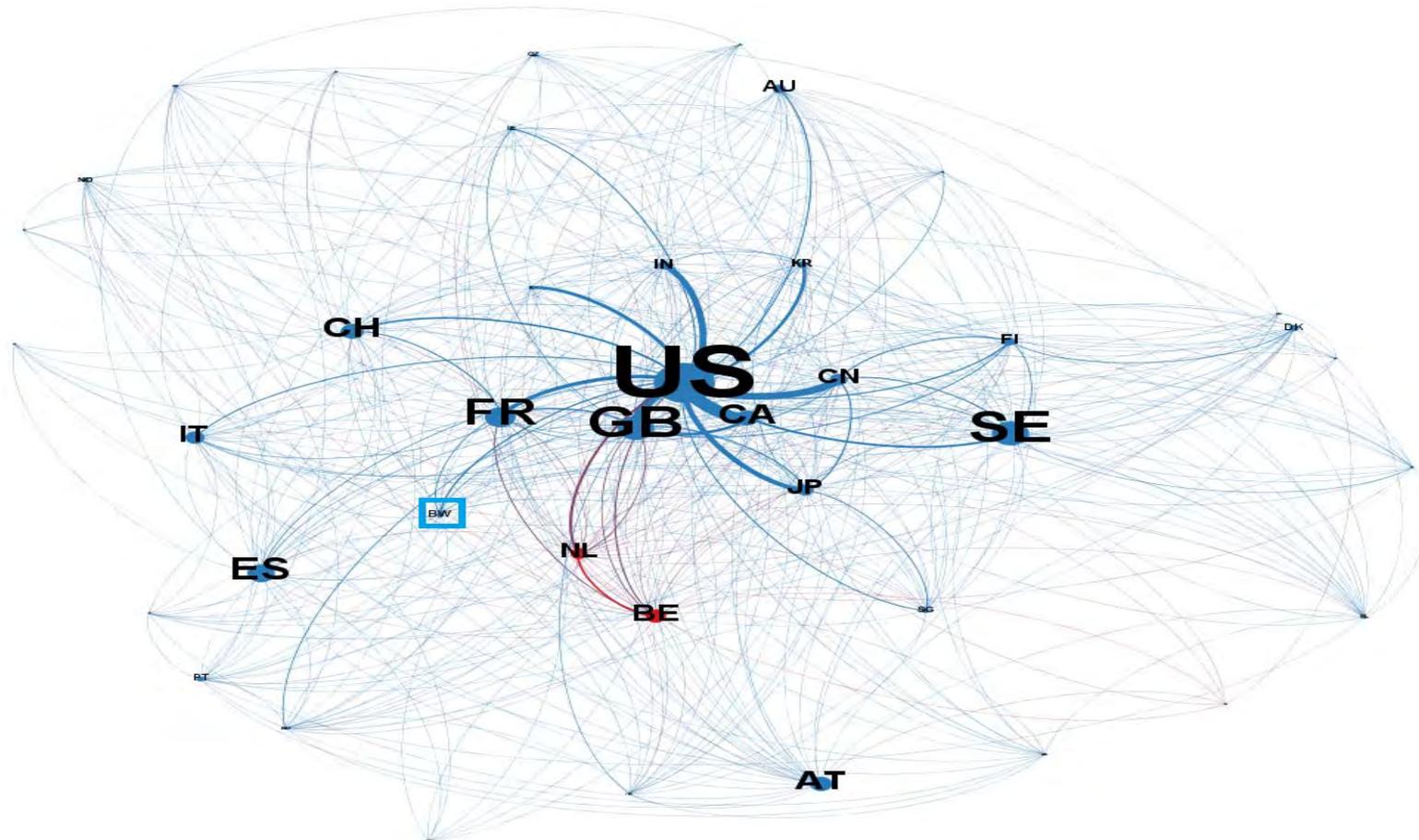
Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe.  
Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 52: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, Gesundheit, 2008-2010



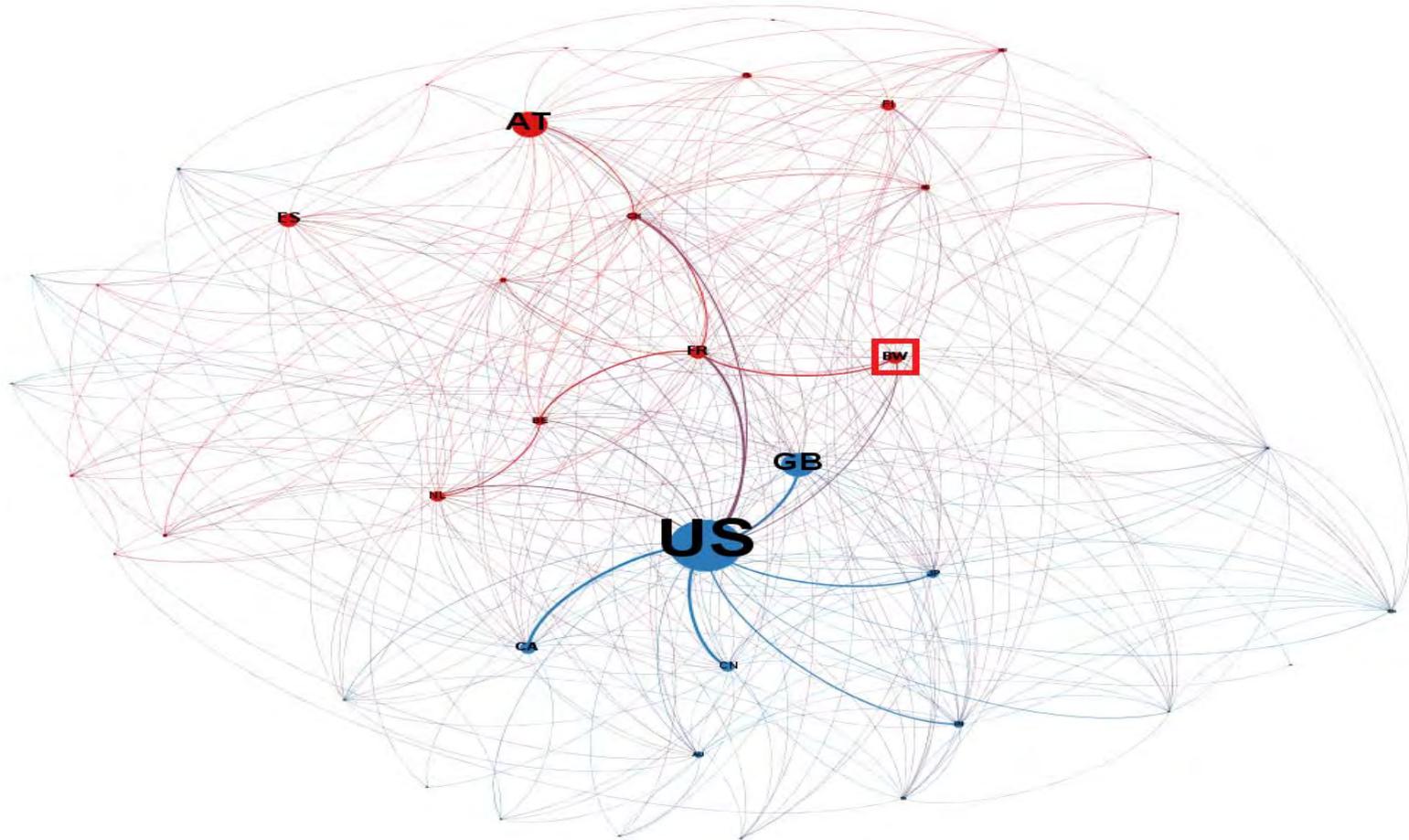
Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe.  
Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 53: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, IuK, 2008-2010



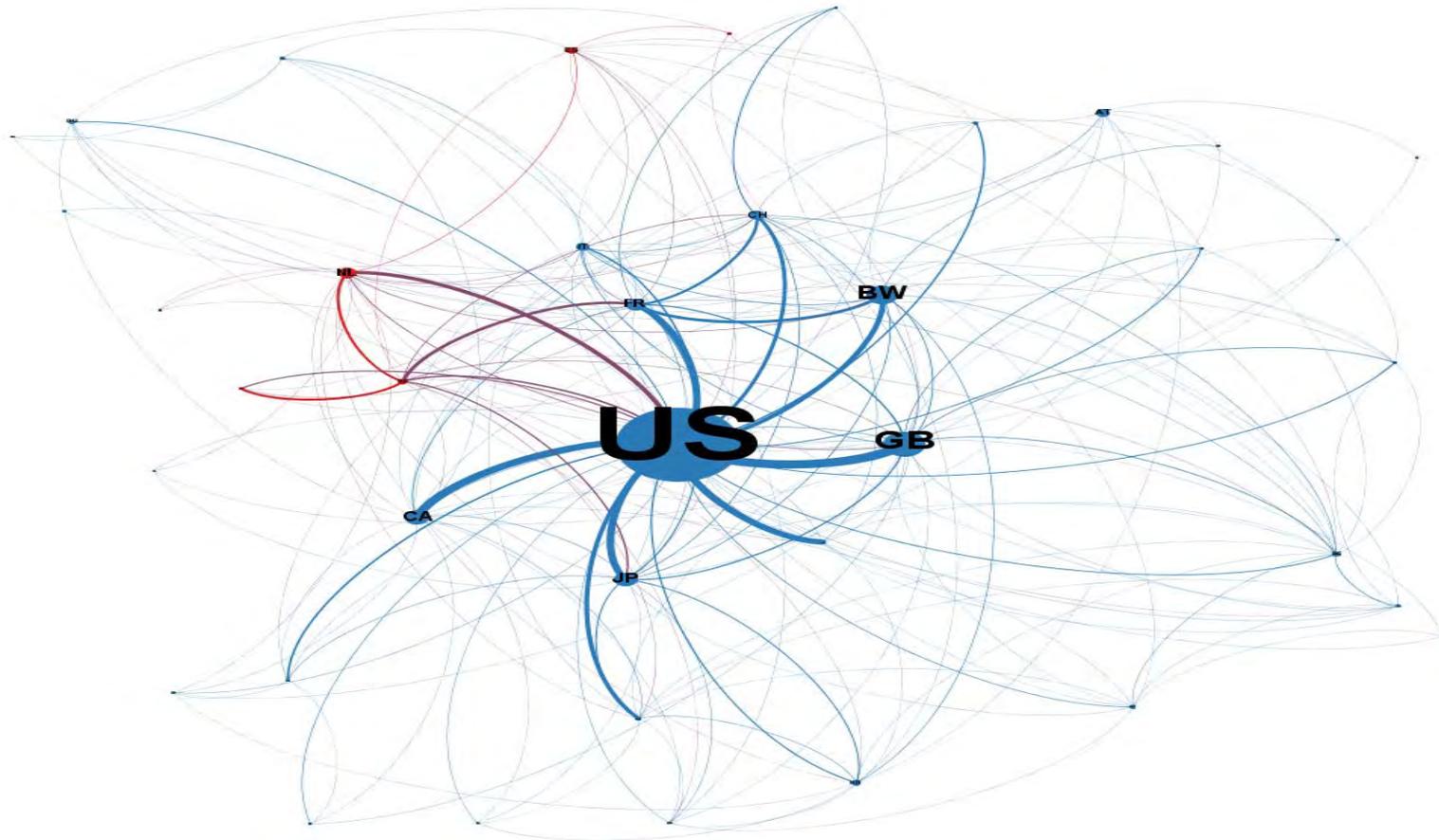
Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe.  
Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 54: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, Klima, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe.  
Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer IS

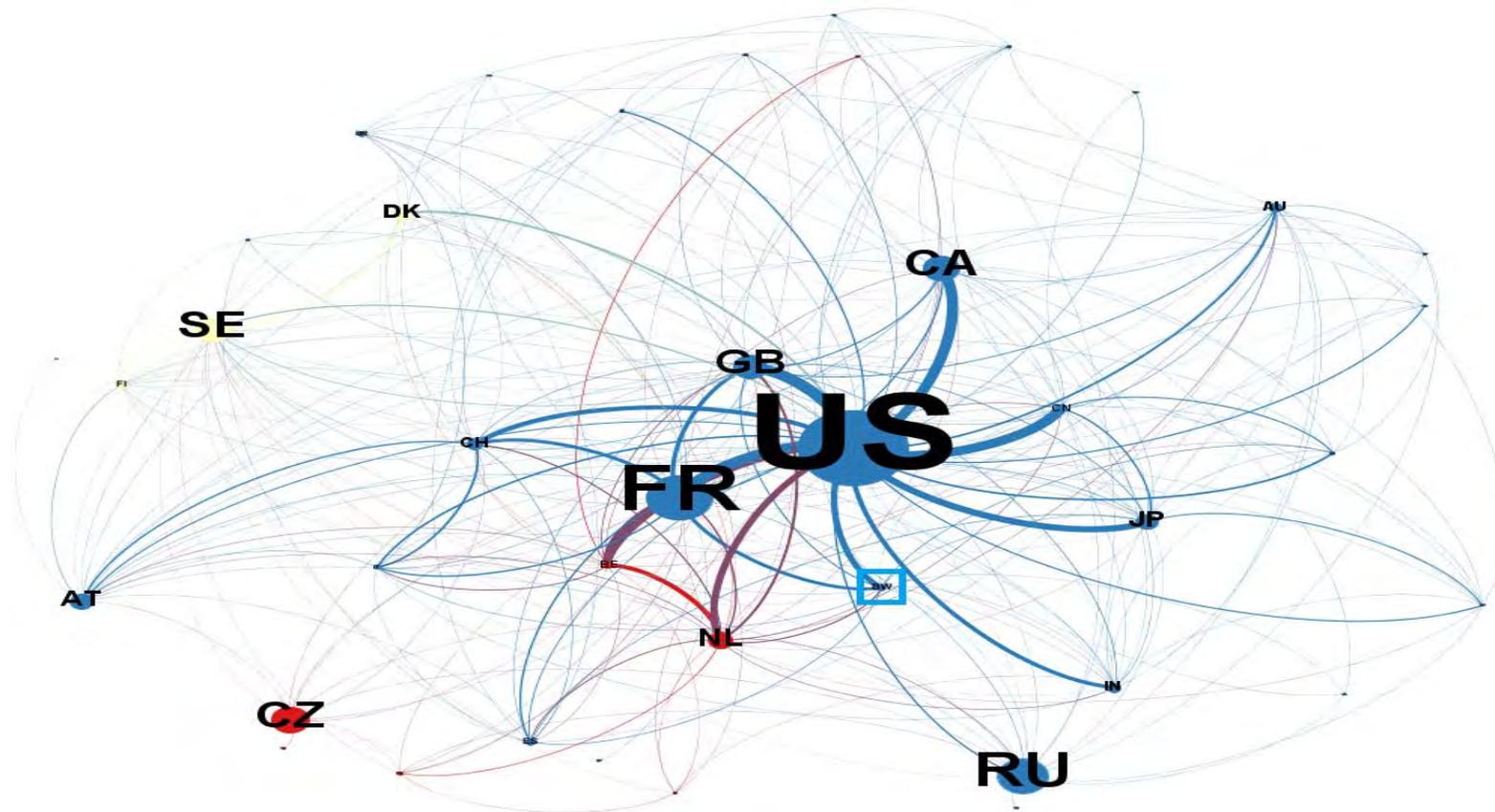
Abbildung 55: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, Mobilität, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe. Die Dicke der Linien ist zur besseren Sichtbarkeit 5-fach vergrößert dargestellt.

Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 56: Zentrale Akteure und Gruppierungen innerhalb des Ko-Patentierungsnetzwerks, Umwelt, 2008-2010



Kommentar: Schriftgröße: Betweenness Centrality, Dicke der Linien: Kooperationsintensität mit Land X, Farbe: Länder der gleichen Gruppe. Die Dicke der Linien ist zur besseren Sichtbarkeit 5-fach vergrößert dargestellt.

Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 52 zeigt das internationale Ko-Patentierungsnetzwerk anhand zentraler Akteure und Gruppen für das Feld Gesundheit. Auch hier finden sich zwei Gruppen, wobei die Länder sehr ungleich verteilt sind. Zum einen ist dies die rote Gruppe, die hauptsächlich Österreich, Finnland und Tschechien, sowie einige weitere kleinere Länder in Bezug auf internationale Ko-Patente miteinander verbindet. Daneben findet sich eine große Gruppe, die die größeren Länder innerhalb der internationalen Ko-Patentierungsszene umfasst. Vor allem die USA, aber auch Frankreich und Großbritannien sind zentrale Akteure innerhalb dieses Feldes. Jedoch stellt auch Baden-Württemberg ein vergleichsweise sehr zentrales Land, und somit einen wichtigen Verbindungspartner für viele Länder innerhalb des Feldes, dar.

Im Feld IuK (Abbildung 53) zeigt sich ein davon deutlich unterschiedliches Bild. Auch hier gibt es eine kleine Gruppe, die hauptsächlich die Niederlande und Belgien umfasst, und eine große Gruppe, die die meisten anderen Länder mit einschließt. Die USA ist in diesem Feld klar der zentrale Akteur und Baden-Württemberg (blau umrandet) spielt nur eine kleine Rolle als internationaler Kooperationspartner, da es nur mit vergleichsweise wenigen Ländern kooperiert und keine zentrale Rolle als Vermittler zwischen den Ländern spielt. Das Feld IuK ist also, was internationale Kooperationen angeht, stark US-zentriert.

Im Schwerpunkt Energie (Abbildung 54) findet sich erneut eine etwas kleinere nordamerikanische Gruppe (blau), die die USA, Kanada und das stark US-orientierte Großbritannien umfasst. Die zweite Gruppe umfasst die meisten europäischen Länder wie Frankreich, Spanien und Österreich sowie Baden-Württemberg. Innerhalb dieser Gruppe finden sich, abgesehen von Österreich, das eine vergleichsweise hohe Zentralität aufweist, kaum zentrale Akteure. Dies liegt allerdings erneut an einer sehr starken USA, die bei weitem den zentralsten Akteur innerhalb dieses Schwerpunktfeldes darstellen.

Auch das Feld Mobilität (Abbildung 55) ist stark vom zentralen Akteur USA dominiert. In dessen Gruppe finden sich einmal mehr Großbritannien, Kanada und Japan, aber auch Frankreich und Baden-Württemberg wieder. Nach den USA und Großbritannien stellt Baden-Württemberg innerhalb dieses Netzwerkes einen vergleichsweise sehr zentralen Akteur dar, was auf dessen Wichtigkeit innerhalb dieses von den Ko-Patentierungszahlen relativ kleinen Schwerpunktfeldes hindeutet. Viele der Verbindungen zwischen den Ländern innerhalb dieses Netzwerkes führen also sozusagen durch Baden-Württemberg. Neben dieser Gruppe findet sich innerhalb dieses Feldes eine kleinere Gruppe von Ländern, die vor allem die Benelux Länder beinhaltet.

Im letzten hier analysierten Feld, nämlich dem Bereich Umwelt (Abbildung 56), finden sich drei Gruppen von Ländern. Zum einen ist dies eine große Gruppe (blau), die die USA als relativen zentralen Akteur gemeinsam mit Großbritannien und Frankreich umfasst. Zu dieser Gruppe gehört auch Baden-Württemberg, das jedoch keine zentrale Rolle spielt. Eine zweite Gruppe (gelb) verbindet die skandinavischen Länder Schweden, Dänemark und Finnland, die sehr stark untereinander kooperieren. Eine weitere Gruppe umschließt die Niederlande und Tschechien sowie einige weitere kleine Länder, was die Ko-Patentierungszahlen betrifft.

Insgesamt lässt sich also festhalten, dass Baden-Württemberg eine recht zentrale Rolle für die internationale Ko-Patentierung spielt. Es finden sich starke Verbindungen zu vielen verschiedenen Ländern und eine vergleichsweise große Zahl an Ko-Patenten, zumal es sich innerhalb dieser Analyse ausschließlich mit anderen Ländern in einer Gesamtsichtweise messen muss. Baden-Württembergs Schwächen, an der Zentralität für das jeweilige Gesamtnetzwerk gemessen, liegen in den Feldern IuK, Energie und Umwelt, während Baden-Württemberg in den Feldern Gesundheit und Mobilität eine recht zentrale Rolle einnimmt.

### **5.3 Internationalisierung der Märkte**

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Internationalisierung der Märkte, auf denen Baden-Württemberg bzw. Deutschland engagiert sind. Im Unterschied zu den Untersuchungen der wissenschaftlichen und anwendungsnahen Kooperationspartner Baden-Württembergs in den vorigen Abschnitten, steht hier die Analyse der Zielmärkte baden-württembergischer Technologien im Mittelpunkt. Haben baden-württembergische Unternehmen verstärkt den deutschen Heimmarkt als Absatzmarkt für ihre Forschungsergebnisse als Ziel oder wird verstärkt versucht internationale Märkte zu erschließen?

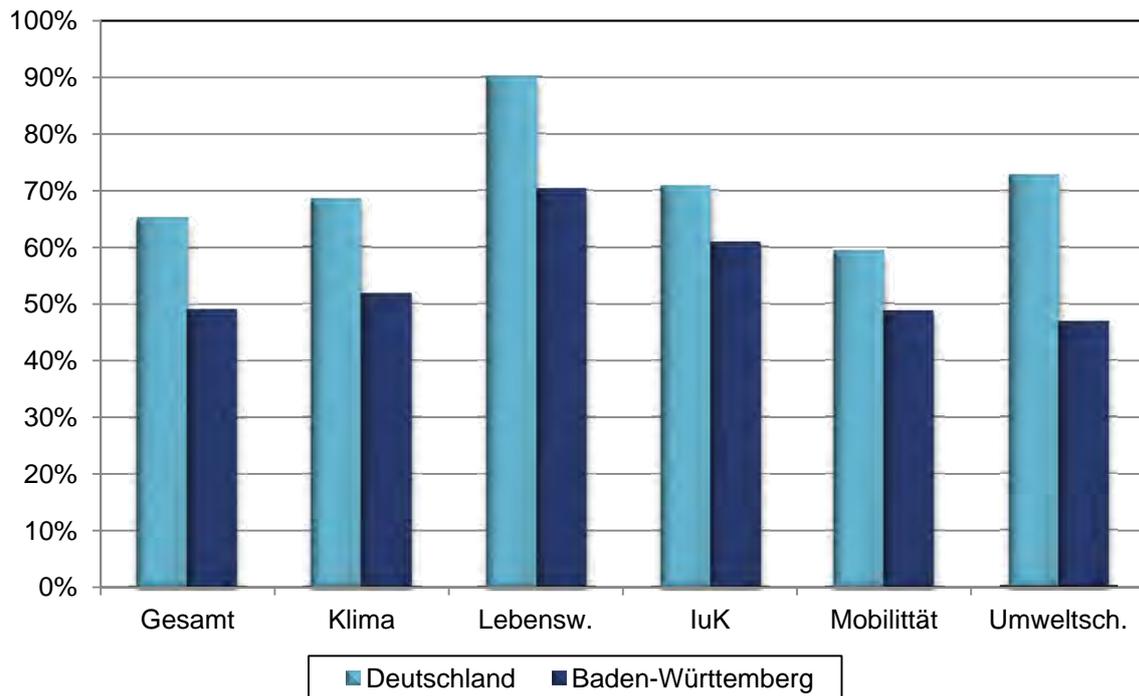
Da Patente Technologiemarkte sichern helfen, sind internationale Patentanmeldungen – also Anmeldungen an ausländischen Patentämtern ein und derselben Erfindung – ein geeigneter Indikator zur Abschätzung der internationalen Ausrichtung der technologieorientierten Aktivitäten, der im Folgenden weiter untersucht werden soll.

#### **5.3.1 Internationalisierungsquote und Patentfamilien**

In Abbildung 57 ist zunächst die Internationalisierungsquote, das heißt der Anteil transnationaler Patentanmeldungen an allen Anmeldungen die direkt, via PCT-Verfahren oder über das EPA das DPMA erreichen, für Baden-Württemberg und

Deutschland insgesamt und nach operativen Schwerpunkten dargestellt. Dieser Indikator zeigt an, welcher Anteil von Patenten baden-württembergischer Anmelder international angemeldet wird. Er belegt für Baden-Württemberg insgesamt, sowie über die Schwerpunktfelder hinweg eine niedrigere Internationalisierung als für Gesamtdeutschland. Während Deutschlands Internationalisierungsquote insgesamt bei knapp über 65% liegt, kann Baden-Württemberg nur einen Anteil von knapp 50% erreichen. Besonders große Unterschiede zwischen Baden-Württemberg und Deutschland zeigen sich für die Bereiche Ressourcenschonung/Umweltschutz und Lebenswissenschaften, wo die Unterschiede etwa 25 Prozentpunkte bzw. 20 Prozentpunkte betragen. In den Feldern IuK und Mobilität sind die Unterschiede mit ca. 10 Prozentpunkten deutlich geringer. Es kann also festgehalten werden, dass Technologien in Baden-Württemberg – gemessen an internationalen Patentanmeldungen – insgesamt weniger stark in Richtung internationaler Märkte orientiert sind als in Deutschland.

Abbildung 57: Internationalisierungsquote (Anteile Transnationaler Patente an allen Patentanmeldungen), 2008-2010



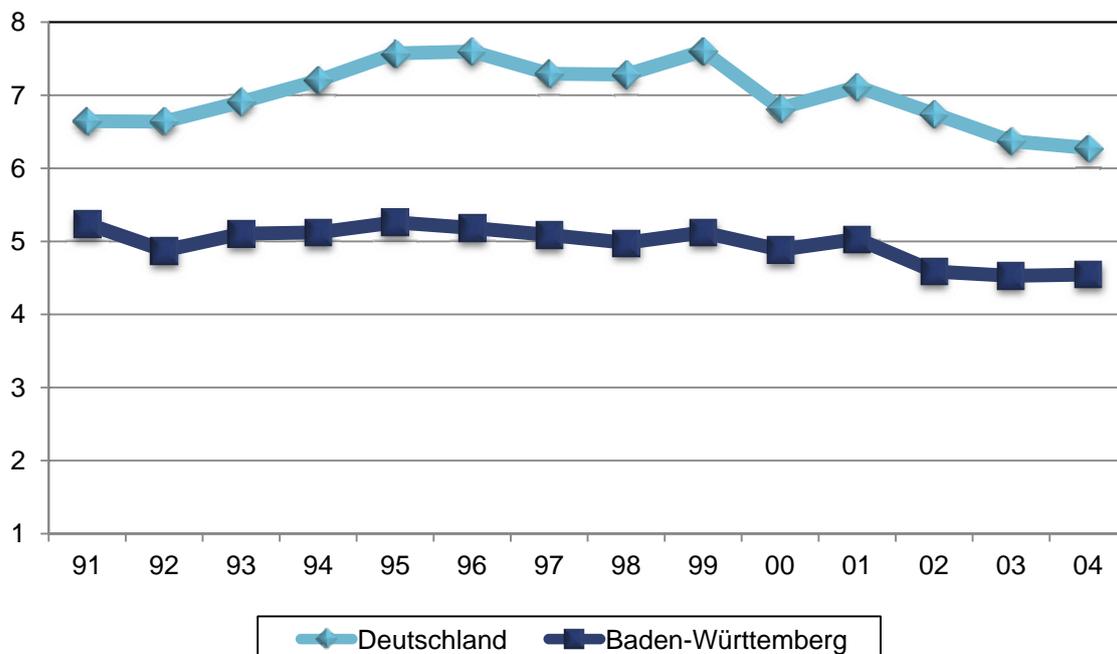
Quelle: EPA– PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Auch der Blick auf die durchschnittliche Patentfamiliengröße zeichnet ein ähnliches Bild (Abbildung 58). Dieser Indikator dokumentiert die durchschnittliche Anzahl der unterschiedlichen Patentämter an denen eine Erfindung angemeldet wurde und gibt somit Aufschluss über die Breite der internationalen Marktabdeckung. Die Ent-

wicklung einer Patentfamilie nimmt aufgrund der vielen möglichen Wege ein Patent international anzumelden einen längeren Zeitraum in Anspruch, weshalb für die hier vorgestellten Analysen lediglich der Zeitraum bis 2004 untersucht werden kann.

Insgesamt bleibt die durchschnittliche Familiengröße Deutschlands und Baden-Württembergs über die 90er Jahre hinweg relativ stabil und beginnt ab dem Jahr 1999 bzw. dem Jahr 2000 im Falle Baden-Württembergs leicht zu sinken. Über die Jahre hinweg zeigt sich, dass Patente baden-württembergischer Anmelder im Schnitt an zwei Patentämtern weniger angemeldet werden als die Patente Gesamtdeutschlands. Am aktuellen Rand hat sich dieser Unterschied zwar leicht verringert. Dennoch ist nicht nur die Internationalisierungsquote Baden-Württembergs niedriger als im gesamtdeutschen Vergleich, sondern auch die internationale Marktabdeckung in der Breite geringer. Dies kann zum einen daran liegen, dass Unternehmen aus Baden-Württemberg vergleichsweise weniger auf ausländische Märkte ausgerichtet sind als Unternehmen aus Deutschland insgesamt. Jedoch kann dies auch auf die Industriestruktur bzw. die technologische Spezialisierung in Richtung des Maschinenbaus in Baden-Württemberg zurückgeführt werden. Um dies im Detail untersuchen zu können, ist ein multivariates statistisches Modell vonnöten, das die Internationalisierung Baden-Württembergs unter Kontrolle technologiefeldspezifischer Effekte näher beleuchtet.

Abbildung 58: Durchschnittliche Patentfamiliengrößen Baden-Württembergs und Deutschlands



Quelle: EPA- PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

### **5.3.2 Die patentspezifische Internationalisierung Baden-Württembergs – Eine multivariate Analyse**

Die patentspezifische Internationalisierung Baden-Württembergs wird neben deskriptiven Statistiken mit Hilfe eines multivariaten Regressionsmodells geschätzt. Dieser Ansatz erlaubt eine Einschätzung der Internationalisierung Baden-Württembergs in Bezug auf Patentanmeldungen. Im Unterschied zur rein deskriptiven Betrachtung können hier jedoch mehrdimensionale Effekte bezüglich der Felder oder der Anmeldertypen kontrolliert werden. Die detaillierte Methode der Regressionsanalyse sowie detaillierte Ergebnisse sind im Anhang (A.3) dargestellt. An dieser Stelle wird nur auf die zentralen Ergebnisse der Analyse eingegangen.

Baden-Württemberg weist im Vergleich zum restlichen Deutschland eine negative Patentinternationalisierung auf, das heißt dass ein baden-württembergischer Anmelder weniger wahrscheinlich ein Patent international anmeldet als ein Anmelder aus dem restlichen Deutschland. Selbst unter Kontrolle der unterschiedlichen Strukturen und Voraussetzungen melden Baden-Württembergs Unternehmen (und Forschungseinrichtungen) anteilig weniger Patente international an als Unternehmen aus dem restlichen Deutschland. Dies bestätigt somit die Ergebnisse der vorhergehenden deskriptiven Analysen.

Mit Blick auf die unterschiedlichen Typen von Patentanmeldern wird deutlich, dass KMU und Einzelpersonen im Vergleich zu großen Unternehmen weniger Patente international anmelden, wobei dieser Effekt für Einzelanmelder noch stärker ausfällt als für KMU, was man an der Stärke des Koeffizienten in Tabelle A-1 ablesen kann (-0.321 für Einzelpersonen und -0.015 für KMU). Die Technologiemarkte dieser Unternehmen und Erfinder sind wesentlich häufiger im Inland zu finden als bei Großunternehmen oder Forschungsorganisationen. Diese Effekte sind daneben durch die hohen internationalen Patentierungskosten (für Anmeldung, Prüfung und ggf. Übersetzung) und niedrigere finanzielle Ressourcen von klein- und mittelständischen Unternehmen und einzelnen Erfindern begründbar. Akademische Anmelder jedoch melden im Vergleich zu großen Unternehmen ihre Patente häufiger international als direkt am DPMA an.

Die Schwerpunktfelder sind mit Ausnahme der Gesundheit, weniger als der Durchschnitt internationalisiert – der entsprechend vom Feld Gesundheit sehr deutlich beeinflusst wird. Am wenigsten international ausgerichtet ist die Gruppe der "anderen Felder", was bedeutet dass die hier untersuchten Schwerpunktfelder gegenüber dieser Gruppe eine höhere Internationalisierungsquote aufweisen.

Tabelle 3: Grafische Darstellung der Koeffizienten des finalen Modells (M4)

<i>aV: Internationale Anmeldung</i>	<b>genereller Trend</b> (Haupteffekte)	<b>Trend in BaWü</b> (Interaktionseffekte)
<b>Baden-Württemberg</b>		
<b>KMU</b>		
KMU in BaWü im Vergleich zu DE		
<b>Einzelperson</b>		
Einzelperson in BaWü im Vergleich zu DE		
<b>Akademischer Anmelder</b>		
Akad. Anm. in BaWü im Vergleich zu DE		
<b>Klima</b>		
Klima in BaWü im Vergleich zu DE		
<b>Mobilität</b>		
Mobilität in BaWü im Vergleich zu DE		
<b>Umwelt</b>		
Umwelt in BaWü im Vergleich zu DE		
<b>Gesundheit*</b>		
Gesundheit in BaWü im Vergleich zu DE		
<b>IuK</b>		
IuK in BaWü im Vergleich zu DE		
<b>Andere Felder</b>		
Andere Felder in BaWü im Vergleich zu DE		

\* Effekt nicht signifikant.

Quelle: EPA – PATSTAT, eigene Darstellung

Das Zusammenwirken verschiedener Faktoren kann in einem zweiten Schritt mit Hilfe von Interaktionseffekten geschätzt werden. Um den Einfluss der Interaktionseffekte besser einordnen zu können, ist die Richtung der Effekte auf Basis des finalen Regressionsmodells (M4, Tabelle A-2) in Tabelle 3 grafisch dargestellt. Die nach oben deutenden Pfeile in der Darstellung deuten auf einen positiven Trend im Vergleich zur jeweiligen Referenzkategorie hin, während die nach unten deutenden Pfeile auf einen negativen Trend hinweisen.

Vor dem Hintergrund der im Vergleich zu Deutschland insgesamt unterdurchschnittlichen Internationalisierung Baden-Württembergs, zeigen sich in der Breite eine Vielzahl an positiven Effekten, die auf positive feld- sowie anmeldertyp-spezifische Tendenzen in Baden-Württemberg hindeuten, die generell negativen Internationalisierung Baden-Württembergs jedoch nicht vollständig aufwiegen können. Die Felder Umwelt und Klima sind gegenüber dem deutschen Durchschnitt deutlich weniger international ausgerichtet, während die IuK-Technologien in Baden-Württemberg demgegenüber sogar eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit aufweisen Patente international anzumelden. Es zeigt sich auch, dass baden-württembergische KMU und Forschungsorganisationen als auch Einzelerfinder gegenüber dem deutschen Vergleichswert höhere Wahrscheinlichkeiten erreichen, Patente international anzumelden. Trotz der generellen Tendenz von KMU, Patente verstärkt inländisch anzumelden, sind baden-württembergische KMU im Vergleich zu den KMU in Deutschland vergleichsweise stark international aktiv.

Am wenigsten international ausgerichtet ist die Gruppe der "anderen Felder", was bedeutet dass die hier untersuchten Schwerpunktfelder gegenüber dieser Gruppe eine höhere Internationalisierungsquote aufweisen.

Insgesamt lässt sich also festhalten, dass Baden-Württemberg in Bezug auf Patentanmeldungen im Vergleich zum restlichen Deutschland eine unterdurchschnittliche Internationalisierung aufweist, was in erster Linie auf die Energie- und Klimatechnologien zurückzuführen ist. In den Schwerpunktfeldern Mobilität, Gesundheit und IuK, sowie den restlichen Technologiefeldern finden sich jedoch innerhalb Baden-Württembergs Werte oberhalb der deutschen Referenzwerte. In diesen Bereichen ist Baden-Württemberg stärker internationalisiert als das restliche Deutschland. Es sind auch in erster Linie die Großunternehmen, die die baden-württembergische Internationalisierungsquote nach unten drücken, während KMU, einzelne Patentanmelder sowie akademische Patentanmelder in Baden-Württemberg gegenüber den deutschen Vergleichsgruppen stärker internationalisiert sind. Obwohl Großunternehmen aufgrund ihrer besseren finanziellen Ausstattung generell mehr Patente anmelden als andere Anmelder, können KMU, einzelne Patentanmelder und akademische Patentanmelder in Baden-Württemberg eine starke internationale Position im Vergleich zum Rest Deutschlands behaupten.

## **5.4 Zusammenfassung und Diskussion**

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, stellt die Internationalisierung von Forschung und Entwicklung einen wichtigen Faktor für die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes dar. Die Gründe für Forschungseinrichtungen und Unternehmen sich

zu internationalisieren, lassen sich dabei grundsätzlich auf zwei wesentliche Motive zurückführen. Ein Motiv der Internationalisierung ist hierbei der Zugang zu unterschiedlichen Arten von Ressourcen, die in dieser Form nicht im eigenen Land zu finden oder nur schwer zugänglich sind. Diese Ressourcen sind nicht notwendigerweise finanzieller Natur, sondern können sich in Form von Humankapital oder Wissen, speziellen Infrastrukturbedingungen oder auch natürlichen Ressourcen manifestieren. Das zweite Motiv sich zu internationalisieren besteht darin, den Zugang zu bestimmten Märkten zu sichern, um dort seine Forschungsergebnisse (in Form von Produkten) vermarkten zu können und daraus wiederum Gewinne zu generieren. Dies ist jedoch ein Motiv, das hauptsächlich für Unternehmen und nur in sehr geringem Maße für Forschungseinrichtungen von Interesse ist, wo verstärkt auf international verfügbare Ressourcen, wie Humankapital oder bestimmte Forschungs- oder Prüfeinrichtungen zugegriffen wird.

Lenkt man den Blick nun auf die Internationalisierungsstrukturen Baden-Württembergs, lassen sich einige deutlich unterschiedliche Trends erkennen. Baden-württembergische Forschungseinrichtungen zeigen sich im Vergleich zu Gesamtdeutschland etwas stärker internationalisiert, was die Analysen der Ko-Publikationen belegen. Fast die Hälfte der baden-württembergischen Ko-Publikationen wird am aktuellen Rand in Zusammenarbeit mit einem ausländischen Autor oder einer ausländischen Autorin verfasst. Die Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg zeigen sich somit stark international vernetzt, was bedeuten kann, dass Wissenschaftler stark auf internationale Kanäle zur Wissensgenerierung zugreifen. Gleichzeitig ist dies jedoch auch ein Zeichen dafür, dass internationale Forschungseinrichtungen häufig auf Wissen der Forscher in Baden-Württemberg zurückgreifen.

Es zeigt sich, dass insbesondere in solchen Disziplinen und Feldern international kooperiert wird, wo entweder national keine oder nur wenige Kooperationspartner gefunden werden können, eine räumliche und kulturelle Nähe besteht, oder Ressourcen an einem bestimmten Ort zur Verfügung stehen (bspw. das CERN in der Schweiz). Dies hat zur Folge, dass vor allem jene Bereiche zur verstärkten internationalen Kooperation neigen, in denen das eigene Land oder die eigene Region keine ausgeprägten Stärken bzw. Spezialisierungen aufweist (Belitz et al. 2006; Fraunhofer ISI et al. 2009; Frietsch/Wang 2007a; Patel/Frietsch 2007).

Mit Blick auf die Unternehmensseite zeichnet sich für Baden-Württemberg ein etwas anderes Bild, was durch die Analyse der Ko-Patente belegt werden kann. Baden-württembergische Unternehmen kooperieren im Vergleich zu Deutschland insgesamt unterdurchschnittlich häufig mit internationalen Partnern bzw. sie tätigen seltener Erfindungen gemeinsam mit ausländischen Partnern (Erfindern). Dies

kann zum einen auf die Industriestruktur Baden-Württembergs zurückgeführt werden, die stark in Richtung Maschinenbau orientiert ist, wo generell weniger international kooperiert wird als in anderen Feldern wie beispielsweise der Chemie. Im Zusammenhang mit der Industriestruktur steht jedoch auch die Frage nach der Motivation, die sich hinter einer internationalen Zusammenarbeit verbirgt. Da Baden-Württemberg im Bereich Forschung- und Entwicklung generell bereits ausgeprägte Stärken vorweisen kann, ließe sich argumentieren, dass der Zugang zu internationalen Ressourcen (Humankapital, Wissen) teils weniger häufig vonnöten ist als im restlichen Bundesgebiet. Patel und Vega (1999) konnten jedoch zeigen, dass sich Unternehmen in den Bereichen ihrer individuellen Stärken internationalisieren, um Entwicklungen und Trends in den Gastgeberländern zu beobachten. Jedoch steht dem das Motiv entgegen, eigenes Wissen zu schützen und nicht in internationalen Kooperationen preiszugeben. Jedoch zeigt sich Baden-Württemberg auch marktseitig weniger stark internationalisiert als das restliche Deutschland, was der Anteil internationaler Anmeldungen an allen Anmeldungen in Deutschland sowie die durchschnittliche Größe der Patentfamilien belegen. Die multivariaten Analysen belegen, dass dies ein hauptsächlich durch Großunternehmen vermittelter Effekt ist, während KMU, einzelne Patentanmelder und akademische Patentanmelder in Baden-Württemberg eine vergleichsweise starke Internationalisierung vorweisen können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Internationalisierung Baden-Württembergs forschungsseitig überdurchschnittlich ist, während dies für die Unternehmen, in Bezug auf Kooperationen wie auch auf Märkte, nicht der Fall ist, was jedoch zumindest zum Teil auf die technologischen Stärken Baden-Württembergs zurückgeführt werden kann.

## 6 Frauen in Wissenschaft und Forschung

Die angemessene Beteiligung von Frauen in Wissenschaft und Wirtschaft ist nicht nur aus Gründen der Chancengerechtigkeit und Gleichberechtigung ein wichtiges, gesellschaftliches Anliegen, sondern auch vor dem Hintergrund des Bedarfs an Arbeitskräften mit hohen Qualifikationen und Kompetenzen ein politisch wichtiges Ziel. Moderne Gesellschaften, noch dazu mit knappen Ressourcen, sollten den größtmöglichen Teil der ihnen zur Verfügung stehenden Potentiale auch nutzen. Die unterdurchschnittliche Vertretung von Frauen in einzelnen Bereichen der Wirtschaft und vor allem in Führungspositionen steht nicht in Zusammenhang mit ihrer Leistungsfähigkeit. Dies ist von der wissenschaftlichen Literatur hinlänglich belegt worden (Frietsch et al. 2012; Hunt et al. 2013; Whittington/Smith-Doerr 2005; Whittington/Smith-Doerr 2008).

Studien belegen auch, dass gerade in Deutschland ein deutliches Defizit bei der Beteiligung von Frauen in Wissenschaft und Wirtschaft besteht. Anderen Ländern, wie beispielsweise Spanien, Frankreich, oder Italien, gelingt es wesentlich besser, die Potenziale von Frauen in die Innovationsprozesse zu integrieren. Zwar lässt sich ein Teil der Unterschiede zu diesen Ländern mithilfe von Strukturunterschieden gegenüber Deutschland erklären. Es bleibt aber auch nach Ausschluss solcher Faktoren eine deutliche und nicht erklärbare Lücke bestehen. Es zeigt sich zwar, dass Akademikerinnen im Vergleich zu Akademikern wesentlich häufiger zu jenen Fächern neigen, die im Innovationsprozess seltener oder nicht unmittelbar eine Rolle spielen. So sind die Anteile von Frauen in den Geistes- und Sozialwissenschaften deutlich höher als in den Technik- und Naturwissenschaften. Eine der wenigen Ausnahmen findet sich in der Biologie und den angrenzenden Wissenschaftsdisziplinen, wie beispielsweise der Biotechnologie oder in Teilen der Chemie. Dies führt dazu, dass die Anteile von Frauen in jenen Wirtschaftszweigen, in denen diese Disziplinen eine besondere Rolle spielen, etwas höher ausfallen als im Durchschnitt über alle Wirtschaftsbereiche. Die Gründe für diese Affinitäten werden in der wissenschaftlichen Literatur ebenfalls umfassend behandelt, wenngleich noch keine so eindeutige Antwort auf diese Frage gegeben werden konnte wie auf die Frage nach dem Nichtvorhandensein von Geschlechterunterschieden bei der wissenschaftlichen und technologischen Leistungsfähigkeit. Die Erörterung dieser Affinitäten geht über das in diesem Bericht Mögliche weit hinaus. Es lässt sich jedoch daraus eindeutig der Bedarf an politischem und gesellschaftlichem Eingreifen zur Überwindung von eingefahrenen Denkmustern, überkommenen Strukturen bis hin zu Fehlallokationen ableiten, noch dazu in Ländern wie Deutschland und noch stärker in Baden-Württemberg, die eine hohe Nachfrage nach naturwissenschaftlich-technischen Kompetenzen und Qualifikationen haben. Entsprechend gibt es

eine Vielzahl an Programmen und Initiativen, die beispielsweise die MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) für Mädchen und Frauen attraktiver machen wollen bzw. wie auch immer geartete Distanzen zu diesen Fächern überwinden helfen wollen. Eine Reihe von gesellschaftspolitisch engagierten Institutionen haben dieses Thema aufgegriffen wie bspw. die Baden-Württemberg Stiftung oder auch die deutsche Telekom Stiftung. Programme von Bundes- und Landesregierungen wie beispielsweise der "Girls' Day" oder auch der "Nationale Pakt für Frauen in MINT-Berufen"<sup>4</sup> wollen langfristig einen gesellschaftlichen Wandel herbeiführen helfen. Stellungnahmen und Richtlinien beispielsweise der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) oder des Wissenschaftsrates haben ebenfalls grundlegenden und langfristig angelegten Charakter. Die Bevorzugung von Bewerberinnen bei der Besetzung von Professuren oder auch explizite Programme zur Steigerung der Professorinnen an Hochschulen beispielsweise im Rahmen der Exzellenzinitiative zielen auf unmittelbare Ergebnisse ab. In der Summe ist allen das Ziel gemeinsam, den Anteil von Frauen in Wissenschaft und Wirtschaft zu erhöhen, um einerseits die Chancengerechtigkeit zu erhöhen und andererseits alle in Deutschland bzw. Baden-Württemberg bestehenden Potenziale nutzbar zu machen. Dass dies notwendig ist, belegen auch die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse unserer Untersuchungen zu Beteiligung von Frauen am Innovationsprozess anhand von Publikationen und Patenten.

Weder in Patenten noch in Publikationen wird explizit das Geschlecht der Autorinnen und Autoren bzw. der Erfinderinnen und Erfinder abgefragt oder erfasst. Anhand des Vornamens lässt sich jedoch das Geschlecht mit hinreichender Präzision ermitteln, so dass diese Informationen dann für Untersuchungen wie die hier vorliegende genutzt werden können. Wie bereits erwähnt belegen die international vergleichenden Analysen, dass für Deutschland insgesamt bei der Beteiligung von Frauen in Wissenschaft und privater Forschung ein Defizit besteht (Bührer/Schraudner 2010; Busolt/Kugele 2009; Frietsch et al. 2009; Hunt et al. 2013; Mauleón/Bordons 2009; Whittington/Smith-Doerr 2008). Die Untersuchungen hier beschränken sich auf den Vergleich von Baden-Württemberg mit Deutschland insgesamt, das heißt die Referenzmarke an sich ist bereits niedrig angelegt.

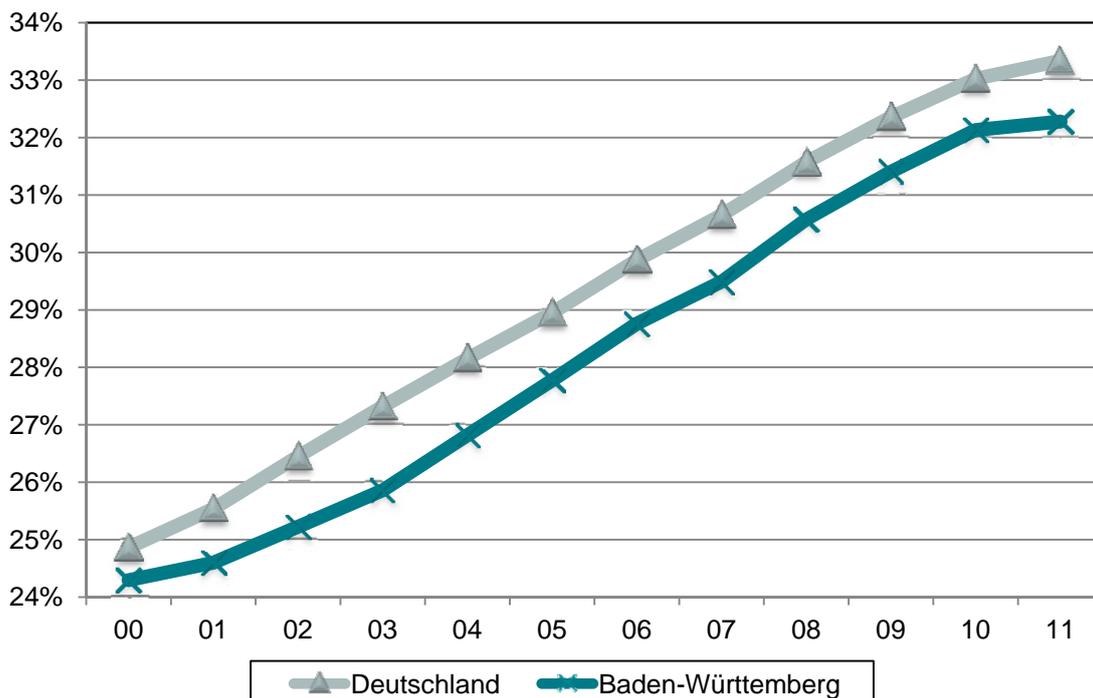
Innerhalb der letzten elf Jahre unseres Beobachtungszeitraums konnten die Anteile von Frauen in der Wissenschaft (Abbildung 59) – gemessen an der Zahl der Autorinnen von wissenschaftlichen Zeitschriftenbeiträgen – von ca. einem Viertel auf ca. ein Drittel gesteigert werden. Dies alleine ist bereits ein deutlicher Erfolg. Es zeigt

---

4 <http://www.komm-mach-mint.de/>

sich jedoch auch, dass Baden-Württemberg zwar eine ähnliche Entwicklung aufzeigt wie Deutschland, jedoch auf einem niedrigeren Niveau. Frauen in Baden-Württemberg sind über den gesamten Zeitraum ca. einen Prozentpunkt weniger häufig als Autorinnen auf Zeitschriften zu finden wie dies für Deutschland insgesamt gilt.

Abbildung 59: Anteile von Autorinnen an allen Autorinnen und Autoren von wissenschaftlichen Zeitschriftenbeiträgen in Baden-Württemberg und Deutschland

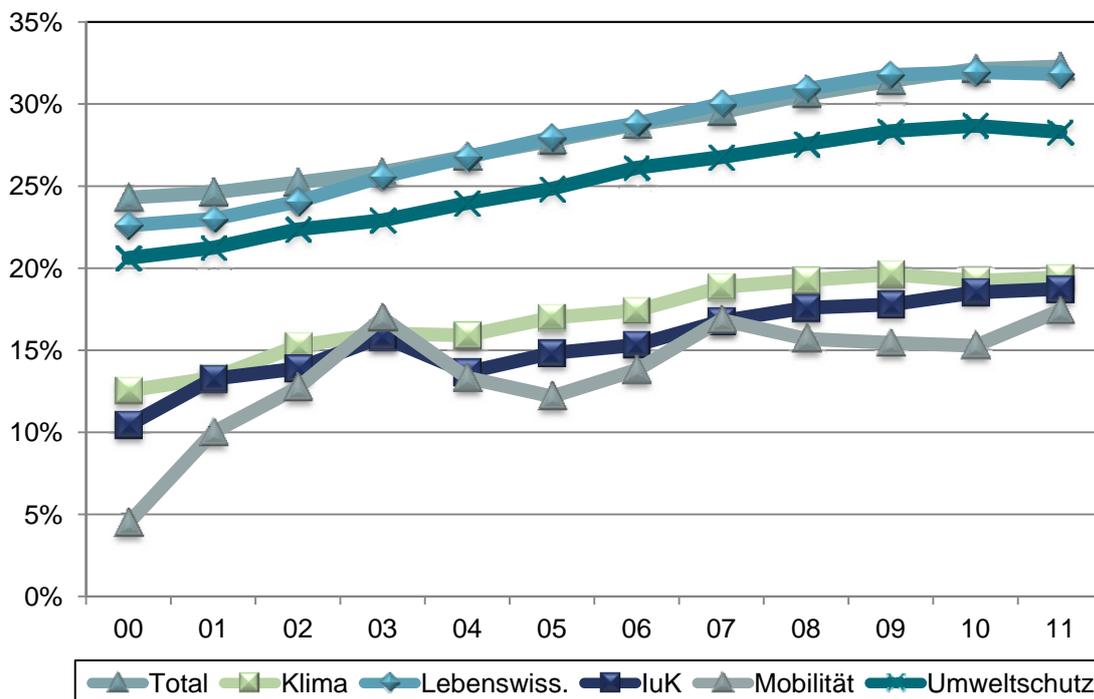


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 60 zeigt die Frauenanteile in Baden-Württemberg nach den fünf Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg Stiftung. Insgesamt liegt das Niveau in Baden-Württemberg also bei 32,3% im Jahr 2011. Der Trend in den Lebenswissenschaften ist dabei nahezu deckungsgleich mit dem Gesamttrend, obwohl die Lebenswissenschaften in der hier verwendeten Definitionen nur ca. für 1/5-1/6 der baden-württembergischen Publikationen stehen. Alle anderen Schwerpunktthemen der Baden-Württemberg Stiftung haben niedrigere bzw. deutlich niedrigere Frauenanteile vorzuweisen. Im Umweltschutz – hier sind ebenfalls Disziplinen wie Biologie und Chemie von großer Bedeutung, zu denen Frauen eine hohe Studienneigung aufweisen – sind dabei noch die höchsten Frauenanteile zu verzeichnen. Seit dem Jahr 2009 waren es mehr als 28%. Klima und Energie sowie die Informations- und Kommunikationstechnologien erreichen Werte von knapp 19% bzw. knapp 20%

und konnten im Zeitverlauf ebenfalls eine leichte Steigerung erzielen. Allerdings bedeuten diese Werte bereits lediglich ein Niveau von zwei Dritteln des Durchschnittsniveaus der Frauenanteile in Baden-Württemberg, also bereits einen deutlichen Rückstand. Im Schwerpunktthema nachhaltige Mobilität sind die Quoten über nahezu den gesamten Zeitraum am niedrigsten und schwanken um einen Anteil von ca. 15%, der zuletzt auf 17,4% gesteigert werden konnte.

Abbildung 60: Anteile von Frauen unter den Autorinnen und Autoren in Baden-Württemberg nach Schwerpunktthemen



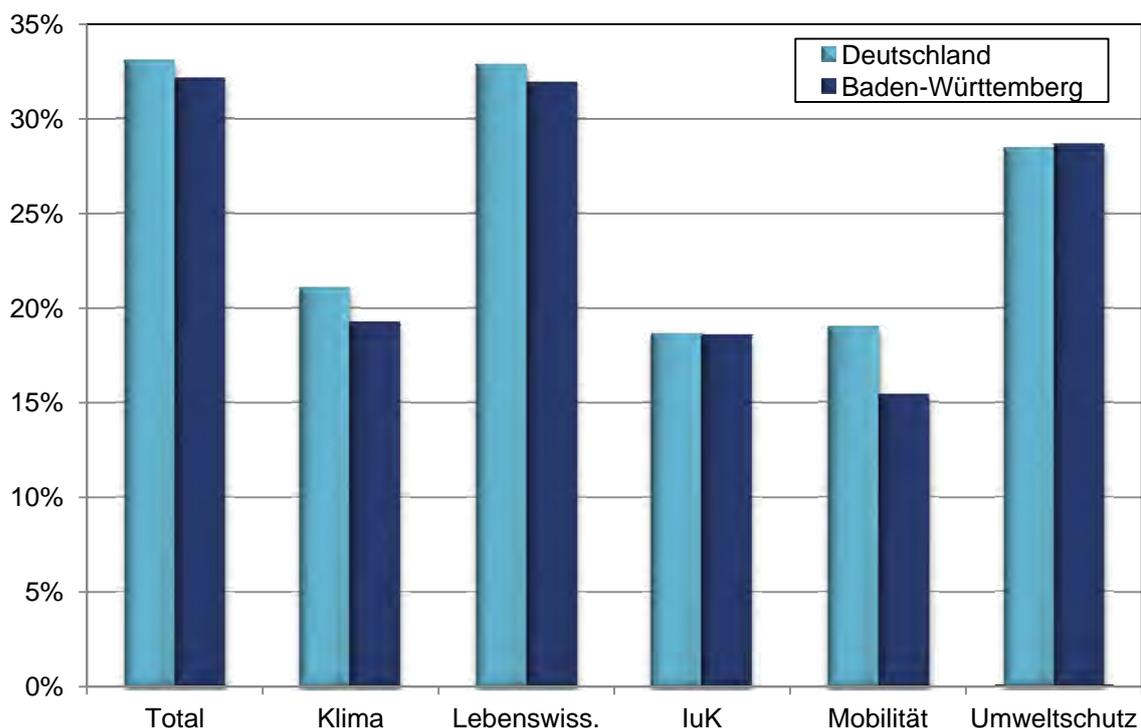
Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Der unmittelbare Vergleich der Frauenanteile mit Deutschland (Abbildung 61) belegt nur geringfügige Unterschiede bei den Lebenswissenschaften und bei den Informations- und Kommunikationstechnologien. Etwas größere Unterschiede finden sich bei Energie und Klima und noch deutlicher sind die Differenzen im Bereich nachhaltige Mobilität. Im Schwerpunktthema Umweltschutz hingegen sind die Anteile von Frauen in Baden-Württemberg sogar leicht höher als in Deutschland insgesamt.

Da die Publikationen im Wesentlichen das Bild in der öffentlichen Forschung widerspiegeln, also die Aktivitäten an Forschungseinrichtungen und Hochschulen, wo politische Maßnahmen sehr unmittelbar Wirkung zeigen können, reflektieren die bisher vorgestellten Analysen nur einen kleinen Teil der gesamten Forschung in

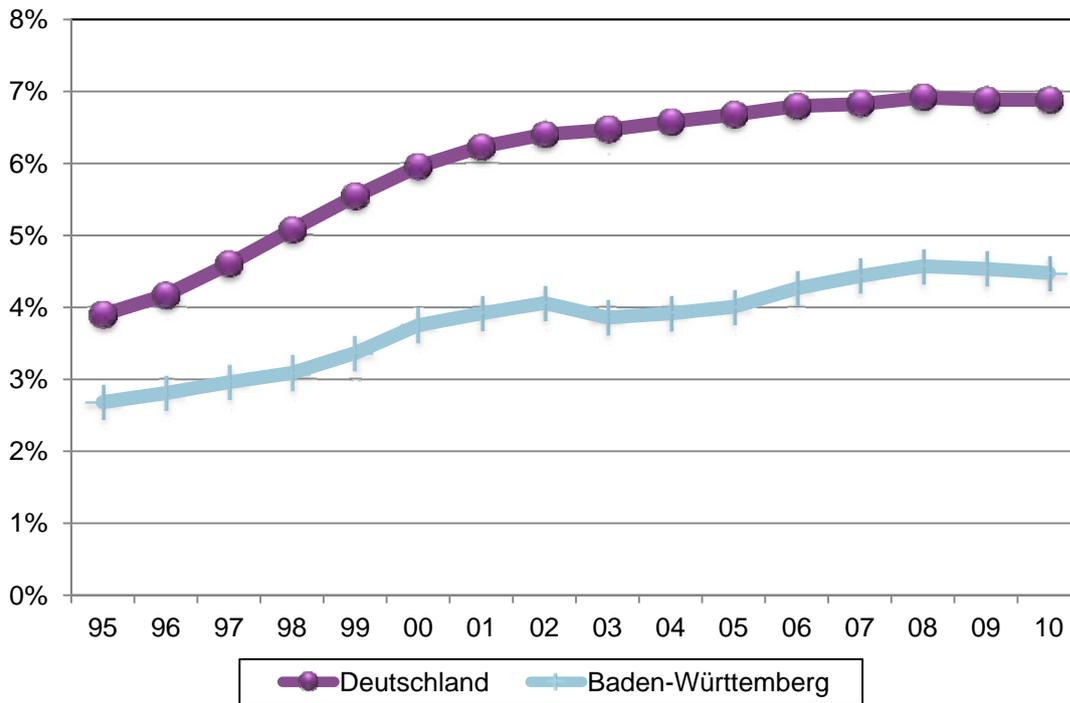
Baden-Württemberg. Mithilfe von Patenten lässt sich hingegen im Wesentlichen die Beteiligung von Frauen in Forschungsprozessen der Wirtschaft analysieren. Dabei werden Differenzen zwischen Deutschland und Baden-Württemberg noch deutlicher sichtbar als bei Publikationen (Abbildung 62) – und auch hier liegt bereits Deutschland im internationalen Vergleich weit zurück. Es zeigt sich auch nicht die gleiche Dynamik wie sie sich bei wissenschaftlichen Publikationen eröffnet hat. Zwar waren Mitte der neunziger Jahre lediglich 4% aller Erfinder Frauen und es konnte deutschlandweit bis zum Jahr 2010 das Niveau auf 7% gesteigert werden, allerdings ist seit etwa Mitte der ersten Dekade des neuen Jahrzehnts kaum eine Veränderung sichtbar. Ähnliches gilt für Baden-Württemberg, wo nur eine geringe Steigerung realisiert werden konnte und zwischen 2008 und 2010 sogar ein leichter Rückgang vermeldet werden muss. Baden-Württemberg erreichte zuletzt einen Anteil von Frauen an allen Erfindern von lediglich 4,5%. Dabei wurde bereits im Jahr 2002 die Vier-Prozent-Marke überwunden.

Abbildung 61: Anteile von Frauen unter den Autorinnen und Autoren nach Schwerpunktthemen, 2009-2011



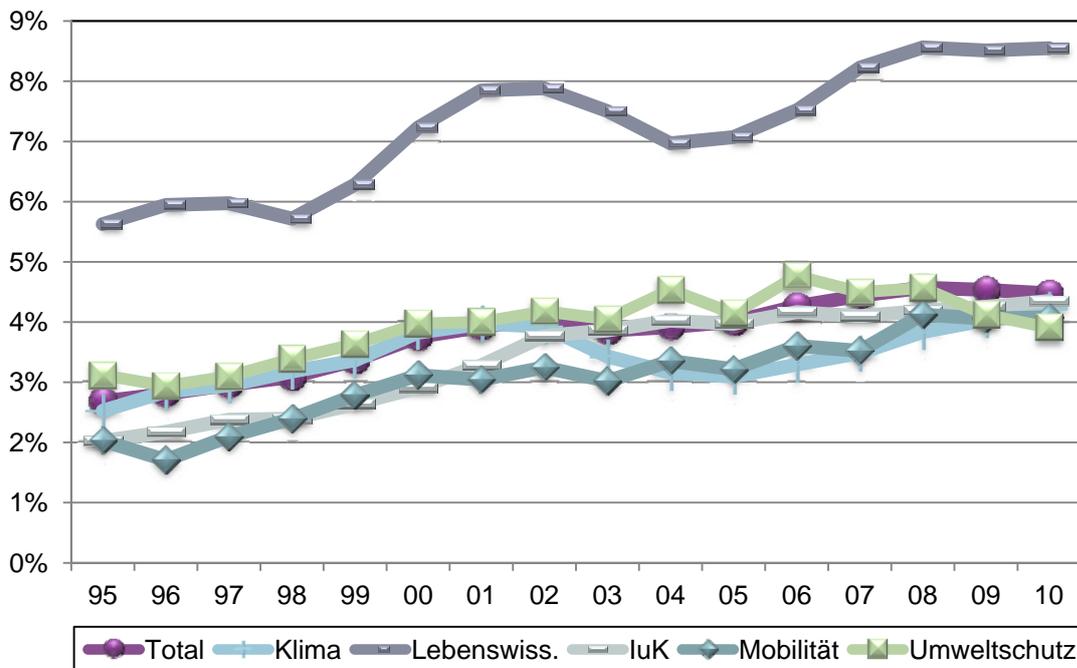
Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 62: Anteile von Frauen an allen Erfindern



Quelle: EPO– PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

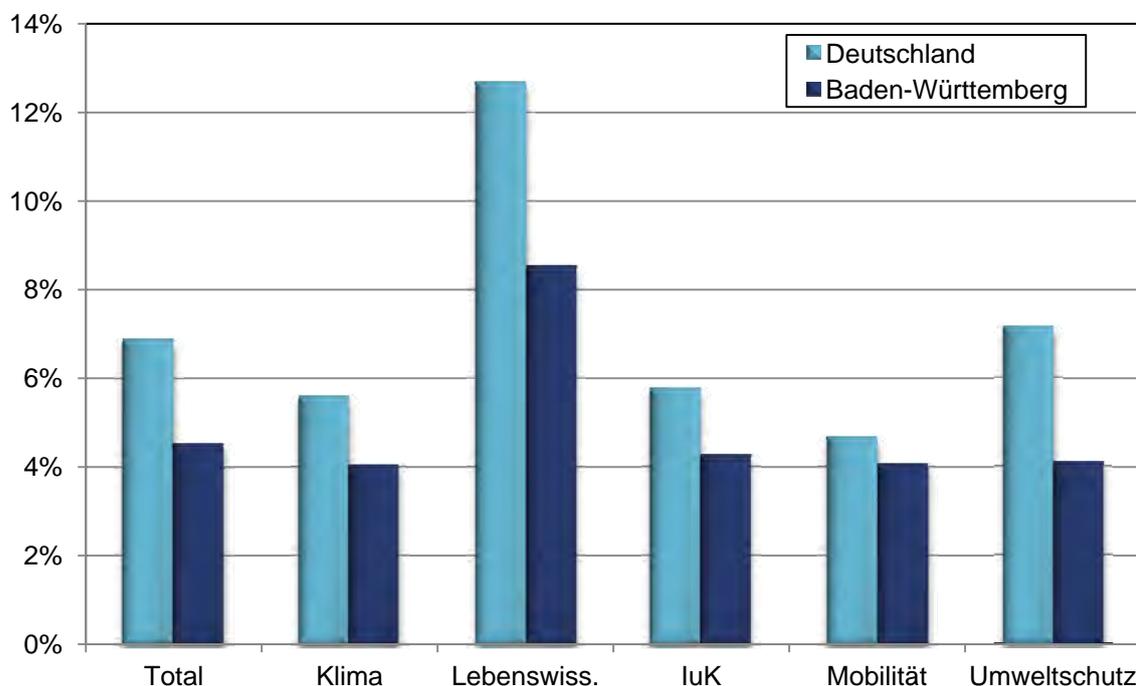
Abbildung 63: Anteile von Frauen an allen Erfindern in Baden-Württemberg nach Schwerpunktthemen



Quelle: EPO– PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Die Differenzierung nach den Schwerpunktthemen (Abbildung 64) weist die Lebenswissenschaften auch bei Patenten als den Bereich mit den höchsten Frauenanteilen aus, während die anderen vier Bereiche sowie dann auch der Gesamtdurchschnitt recht eng beieinander um die 4% liegen. In Lebenswissenschaften waren es zuletzt ca. 8,5%. Im deutschlandweiten Vergleich (Abbildung 64) hat Baden-Württemberg durchweg bei allen Schwerpunktthemen sowie insgesamt einen Rückstand, der bei dem kleinsten Feld was die Frauenbeteiligung betrifft, nämlich der Mobilität, am geringsten ausfällt.

Abbildung 64: Anteile von Frauen an allen Erfindern in Baden-Württemberg und Deutschland nach Schwerpunktthemen, 2008-2010

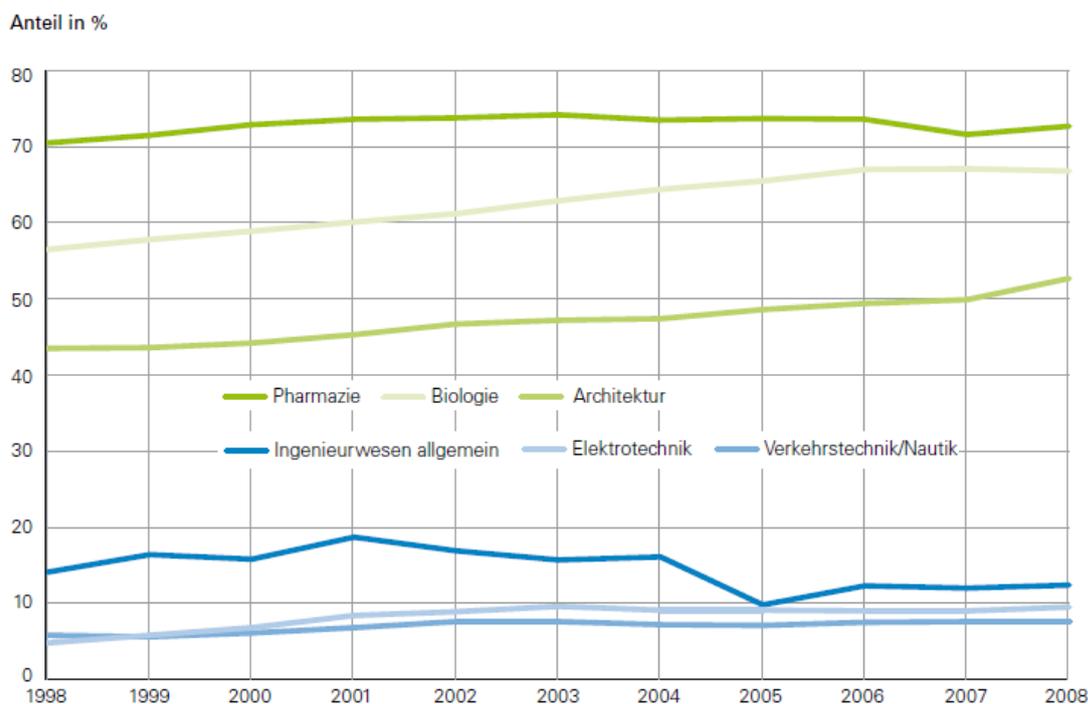


Quelle: EPO– PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Patente und Publikationen bilden dabei die Ergebnisse – oder anders formuliert den Output – von Forschungsprozessen in öffentlichen und privaten Einrichtungen ab. Es hat sich gezeigt, dass trotz nach wie vor niedrigen Anteilen in nahezu allen Bereichen eine deutliche Steigerung der Frauenanteile zu verzeichnen war. Die Ausbringungsmenge ist dabei allerdings unmittelbar vom Input abhängig. In diesem Fall sind das die Anteile von Frauen auf den vorgelagerten Ebenen. Dies beginnt bereits in der Schule, wo Mädchen seltener das Fachabitur machen und auch seltener einen Berufswunsch in Richtung Naturwissenschaft oder Technik formulieren (Leszczensky et al. 2013). Frauen beginnen aber insbesondere deutlich seltener ein technisches oder naturwissenschaftliches Studium, haben dann auch höhere Wechsel- oder Abbruchquoten und schließen entsprechend seltener ein solches

Studium ab wie ihre männlichen Altersgenossen. Diese "leckende Pipeline" (leaky pipeline), wie dieser Sachverhalt auch genannt wird, setzt sich noch weiter fort. Frauen sind weniger häufig erwerbstätig bzw. vollzeiterwerbstätig, promovieren und habilitieren sich seltener und erhalten auch deutlich seltener einen Ruf auf eine Professorenstelle an einer deutschen Hochschule, wenngleich auch bei diesen Indikatoren erkennbare Fortschritte erzielt werden konnten (Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2013).

Abbildung 65: Frauenanteil der Studierenden in ausgewählten technischen und naturwissenschaftlichen Studienbereichen an Hochschulen in Baden-Württemberg seit 1998



Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2010): Hochschulen in Baden-Württemberg (1998-2008), Stuttgart: Statistisches Landesamt.

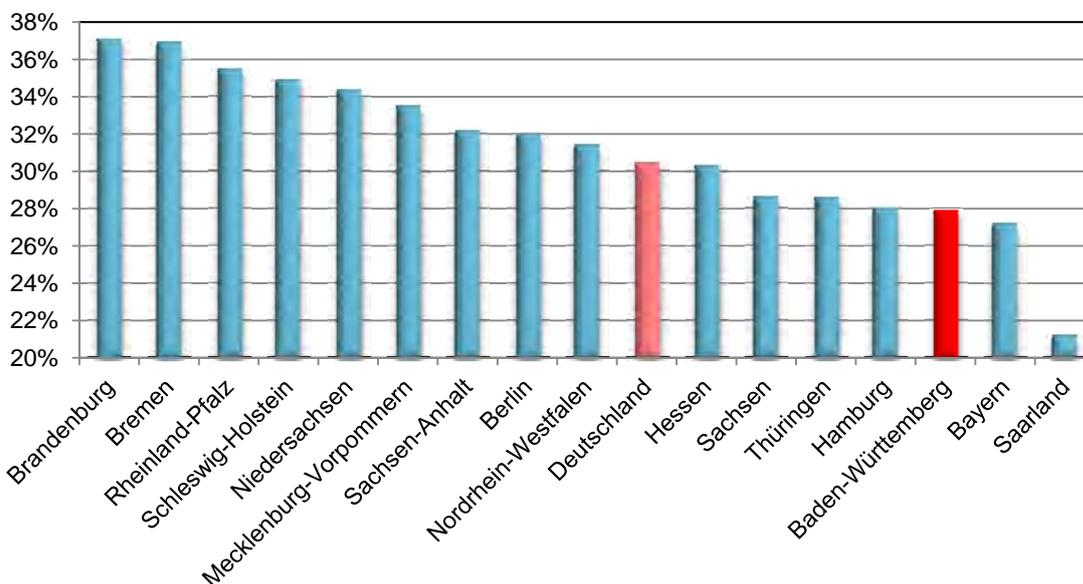
Will man nachhaltig und strukturell an der niedrigen Beteiligung von Frauen in Wissenschaft und Forschung in Deutschland etwas ändern, dann muss man in der Tat ganz vorne bei dieser Pipeline ansetzen. Dies wird, wie gesagt, mit verschiedenen Programmen und Initiativen bereits versucht. Einige der Ansätze werden erst mit deutlicher Verzögerung ihre Wirkungen zeigen, während andere bereits kurzfristig erfolgreich waren. Allerdings scheinen diese kurzfristigen Erfolge deutlich seltener zu werden, denn die Zugewinne bei den Frauenanteilen nehmen ab bzw. stagnieren sogar, wie einige der auch hier präsentierten Ergebnisse belegen. Leszczensky et al. (2013: 115) kommen in Bezug auf die Absolventenzahlen an Hochschulen zu

dem Schluss: "In den Ingenieurwissenschaften ist der Frauenanteil zwischen 1993 und 2003 kontinuierlich von etwa 12% auf 20% angestiegen, seitdem liegt der Anteil unverändert bei knapp über 20%. In den Naturwissenschaften gab es seit 2001 ebenfalls kaum noch nennenswerte Veränderungen des Frauenanteils. Es sieht so aus, als ob unter den derzeitigen Gegebenheiten in beiden Fächergruppen der Anteil der Absolventinnen an einer oberen Grenze angelangt ist." In der Tat weist auch das Statistische Landesamt für Baden-Württemberg nur geringe Veränderungen bei den Absolventinnen in den MINT-nahen Bereichen aus (Abbildung 65). Bei Pharmazie ist der Anteil sehr hoch, hatte aber zuletzt leicht abgenommen. In Biologie und Architektur konnte eine Steigerung der Frauenanteile unter den Absolventinnen errechnet werden, während in der Elektro- und der Verkehrstechnik seit Beginn des neuen Jahrtausends eine Stagnation eingetreten ist, sind die Anteile in den Ingenieurwissenschaften sogar rückläufig. Im Vergleich der Bundesländer nimmt Baden-Württemberg bei den Anteilen von Frauen unter den MINT-Studiengängen einen der hinteren Plätze ein, lediglich unterboten von Bayern und dem Saarland. Der Durchschnitt für Deutschland insgesamt liegt leicht oberhalb der 30%-Marke, während Baden-Württemberg gerade einmal ein Niveau von weniger als 28% erreicht. Damit bleibt noch deutlicher Spielraum nach oben. In Relation zu den Erfinderinnen und weniger ausgeprägt auch zu den Autorinnen in technisch-naturwissenschaftlichen Disziplinen erscheinen auch mit dem bereits erreichten Anteil bei den Absolventinnen weitere Steigerungen bei Patenten und Publikationen – also beim Output – möglich. Allerdings sind im weiteren Verlauf der "leckenden Pipeline" weitere Einbußen bei den Frauenanteilen hinzunehmen, die den Outputzuwachs erschweren. Auch bei den Beschäftigten in den einschlägigen Berufen – hier kann mangels anderer Daten für einen regionalen Vergleich lediglich das grobe Konzept der HRST<sup>5</sup> verwendet werden – sind Frauen unterrepräsentiert. Baden-Württemberg schneidet auch in Bezug auf diesen Indikator im Bundesländervergleich nur auf einem Platz im unteren Viertel ab, vor Hessen, Rheinland-Pfalz und Bayern (Abbildung 66). Auf internationaler Ebene ist das Niveau diesbezüglich eher ausgeglichen, insbesondere unter den innovationsorientierten Volkswirtschaften in Europa. Baden-Württemberg schneidet hier zwar auch auf einem Platz in der unteren Hälfte hinter dem deutschen Durchschnitt ab, findet sich aber auf einem ähnlichen Niveau wie das Vereinigte Königreich, Norwegen, die Niederlande, Frankreich und auch noch vor Österreich, der Schweiz und Italien. Allerdings können Schweden und Finnland höhere Werte vorweisen.

---

<sup>5</sup> HRST ist die englische Abkürzung für Humanressourcen in Wissenschaft und Technologie, was alle Beschäftigten in technisch-wissenschaftlichen Berufen erfasst und dabei die Bildungsstufen im postsekundären und tertiären Bereich betrachtet (Meri 2008).

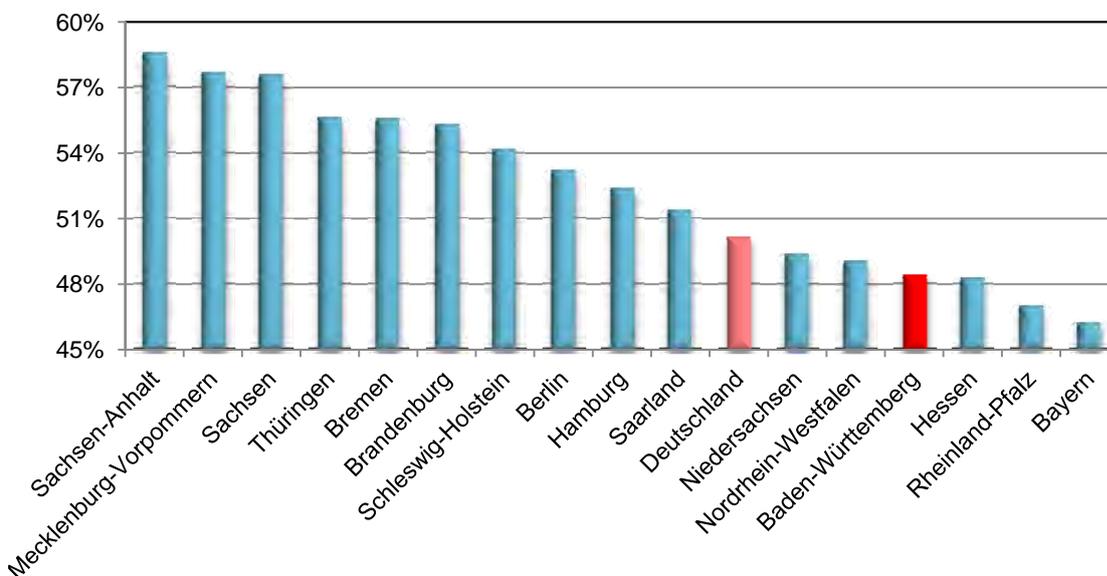
Abbildung 66: Anteile von Absolventinnen an allen Absolventen in MINT-Bereichen\* von Hochschulen 2011



\* MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik (hier ohne Medizin)

Quelle: Statistisches Bundesamt – Bildung und Kultur, Nicht-monetäre Hochschulstatistische Kennzahlen 1980-2011; Berechnungen und Darstellung Fraunhofer ISI.

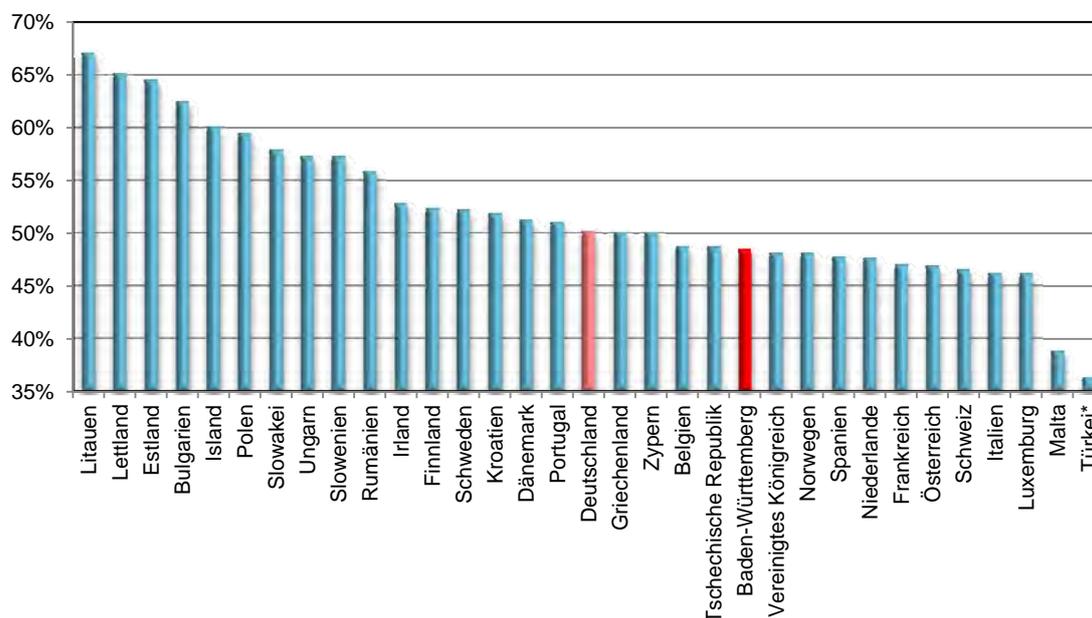
Abbildung 67: Anteile von Frauen an Personen\*, die in einem wissenschaftlich-technischen Beruf tätig sind – nationaler Vergleich



\* Wissenschaftler (ISCO '88 COM Gruppe 2) oder Techniker und gleichrangige nichttechnische Berufe (ISCO '88 COM Gruppe 3).

Quelle: Eurostat – Datenbank "Humanressourcen in Wissenschaft und Technik"; Berechnungen und Darstellung Fraunhofer ISI.

Abbildung 68: Anteile von Frauen an Personen\*, die in einem wissenschaftlich-technischen Beruf tätig sind – internationaler Vergleich



\* Wissenschaftler (ISCO '88 COM Gruppe 2) oder Techniker und gleichrangige nichttechnische Berufe (ISCO '88 COM Gruppe 3).

Quelle: Eurostat – Datenbank "Humanressourcen in Wissenschaft und Technik"; Berechnungen und Darstellung Fraunhofer ISI.

Trotz aller Schwierigkeiten bei der Messung und auch trotz struktureller Unterschiede, die einen Teil der Differenzen bei den Frauenanteilen insbesondere beim Output an Patenten und Publikationen zwischen den Bundesländern und auch im internationalen Vergleich erklären können, lassen sich die Defizite in Deutschland und Baden-Württemberg nicht wegdefinieren und auch nicht wegdiskutieren. Es besteht Handlungsbedarf. Die Diskussionen der jüngeren Vergangenheit haben sich dabei gerade mit Blick auf die Beteiligung von Frauen in Forschungs- und Innovationsprozessen ein wenig von den Forderungen nach Chancengleichheit und Gerechtigkeit als Gründe für politisches Handeln wegbewegt. Vielmehr hat die funktionale Perspektive an Gewicht gewonnen, welche die Frage nach der Ressourceneffizienz und der Notwendigkeit einer höheren Frauenbeteiligung auf allen Ebenen von Wissenschaft und Forschung durch die Nachfrage nach hohen Qualifikationen und dem demographischen Wandel begründet sieht. Egal welche Gründe man für das Ziel einer höheren Beteiligung von Frauen anführt, es bleibt ein langer Weg bis zum Ziel. Aber immerhin scheint man sich auf breiter Ebene auf dieses Ziel geeinigt zu haben. Die Mittel und Instrumente zur Erreichung bleiben aber ein Streitpunkt, wie sich am Beispiel der Diskussion um eine Frauenquote in den Vorstandsetagen von großen Unternehmen belegen lässt. In der öffentlichen For-

schung konnte dabei viel erreicht werden, wenngleich auch hier noch keine ausgeglichene Bilanz vorgelegt werden kann. Die Zahlen bei den Publikationen belegen jedoch die Fortschritte. In der Wirtschaft sind die Defizite hingegen größer, was sich unter anderem damit erklären lässt, dass hier stärker auf Angebotsrestriktionen eingegangen werden muss. Solange keine größere Anzahl an entsprechend qualifizierten Frauen zur Verfügung steht, wird die Wirtschaft kaum in der Lage sein, eine nachhaltige Zahl an Frauen in die Forschungs- und Entwicklungszentren zu bringen. Dies soll aber nicht verleugnen, dass ein deutlicher Rückstand besteht, der auf diese Angebotsrestriktionen alleine nicht zurückführbar ist. Dies belegt sowohl der nationale wie der internationale Vergleich, aber insbesondere die Relation von weiblichen Beschäftigten zu Erfinderinnen auf Patenten aus Deutschland und Baden-Württemberg.

## **Teil II**

### **Die differenzierte Betrachtung der fünf Schwerpunktthemen**

### **Die Schwerpunktthemen in differenzierter Betrachtung**

Die Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften werden zur Bewertung der Leistungsfähigkeit des Wissenschaftssystems herangezogen. Sie bilden – wenngleich nicht ausschließlich – die Aktivitäten der öffentlichen Forschung ab, sei es in Hochschulen oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Wissenschaftliche Publikationen sind der wichtigste Outputindikator im Wissenschaftssystem, da hier die Ergebnisse der Forschung dokumentiert und der Fachöffentlichkeit präsentiert werden. Mit Hilfe der Bibliometrie – also der "Vermessung" von wissenschaftlichen Publikationen – kann eine Bewertung des Wissenschaftssystems im internationalen Vergleich durchgeführt werden. Dabei haben entsprechende Analysen den Vorteil, dass sie sich nicht nur auf die Anzahl der Beiträge stützen können, sondern zusätzlich auch deren Wahrnehmung mit Hilfe der Zitierungen abgebildet werden kann, was wiederum im Allgemeinen als Indiz für deren Qualität gewertet wird.

Patente, auf der anderen Seite, bilden in erster Linie die Ergebnisse der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Unternehmen ab, während die öffentliche Forschung lediglich für einen Anteil von ca. 5% der Patentanmeldungen verantwortlich ist. Als baden-württembergisches Patent gilt dabei in dieser Untersuchung jedes Patent, das von einem Anmelder mit Sitz in Baden-Württemberg angemeldet wurde. Um die internationale Wettbewerbsfähigkeit der baden-württembergischen Wirtschaft bestimmen zu können, werden hier die so genannten Transnationalen Patente untersucht. Dies sind Patentfamilien mit mindestens einem Familienmitglied am Europäischen Patentamt oder bei der WIPO, also über das PCT-Verfahren angemeldet. Diese Patente haben eine stärkere internationale Ausrichtung als ausschließlich am Deutschen Patent- und Markenamt angemeldete Patente, wobei auch bei Transnationalen Patenten von deutschen Anmeldern im Allgemeinen ein Schutz in Deutschland ersucht wird. Die Perspektive auf die Transnationalen Patente erlaubt somit einerseits den Blick auf internationale Märkte und ermöglicht andererseits einen Vergleich der technologischen Wettbewerbsfähigkeit der baden-württembergischen Unternehmen, da der spezifisch deutsche Heimvorteil nicht explizit besteht. Selbstverständlich ist die Wahrscheinlichkeit für ein deutsches Unternehmen, in Deutschland ein Patent anzumelden deutlich höher als für ein ausländisches Unternehmen, das zunächst eher auf den eigenen Heimatmarkt ausgerichtet ist. Da wir nicht an dieser Wahrscheinlichkeit einer Patentanmeldung, sondern an einer vergleichbaren Bewertung der technologischen Leistungsfähigkeit interessiert sind, ist diese transnationale Perspektive in diesem Fall die geeignetere Variante. Um auch die internationale Ausrichtung der Unternehmen bzw. der Technologien selbst bewerten zu können, werden darüber hinaus auch Internationalisierungsquoten berechnet, die als Anteile der transnationalen Patente an allen Anmeldungen mit möglicher Schutzwirkung in Deutschland definiert sind, also inklusive der am Deutschen Patent- und Markenamt angemeldeten Patente.

## 7 Lebenswissenschaften und Gesundheit

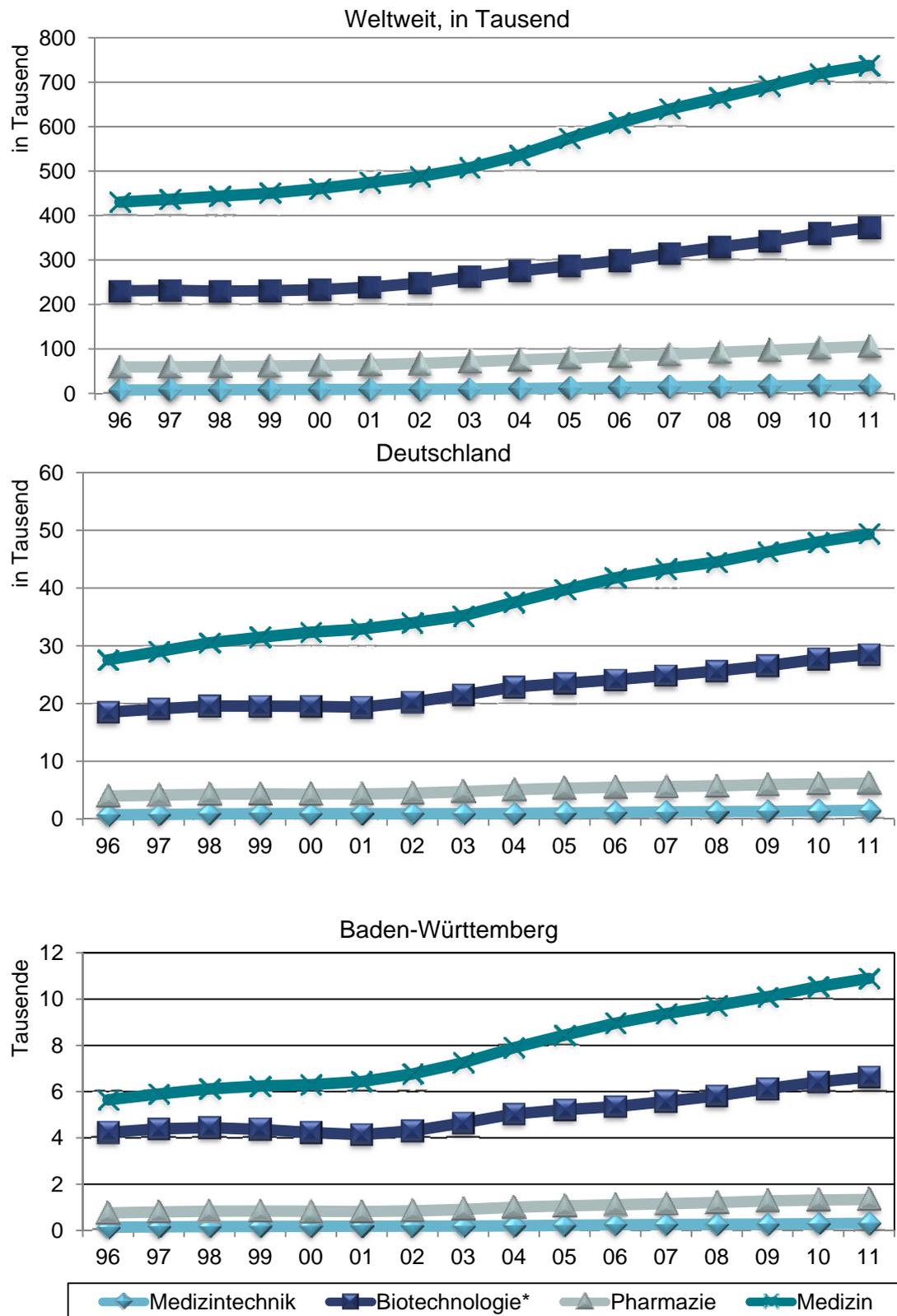
Der operative Schwerpunkt Lebenswissenschaft und Gesundheit der Baden-Württemberg Stiftung umfasst in der in dieser Untersuchung verwendeten Definition die Medizintechnik, die Pharmazie und die Biotechnologie. Dies betrifft zunächst die Patente und damit die industrielle Perspektive. Zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit des baden-württembergischen Wissenschaftssystems werden diese Bereiche ebenfalls abgedeckt, wobei die Biotechnologie auch die Bereiche der Biochemie, der Genetik, der Immunologie und ganz allgemein der Molekularbiologie umfasst. Hinzu tritt bei der Analyse der wissenschaftlichen Publikationen das große und zahlenmäßig dominierende Feld der (klinischen) Medizin.

### 7.1 Publikationen

Rund um die klinische Medizin werden weltweit derzeit jährlich mehr als 730.000 wissenschaftliche Artikel in Zeitschriften veröffentlicht, die in Scopus erfasst sind. Dies ist mit Abstand die größte Zahl an Publikationen innerhalb der Lebenswissenschaften, gefolgt von der Biotechnologie (hier inklusive Biochemie, Genetik und Immunologie) sowie mit deutlichem Abstand den beiden hier abgegrenzten Feldern Pharmazie und Medizintechnik (Abbildung 69). Baden-Württemberg zeichnete im Jahr 2011 für fast 11.000 Publikationen im Bereich der klinischen Medizin verantwortlich, mehr als 6.600 im Bereich der Biotechnologie, ca. 1.300 im Kontext der Pharmazie sowie gut 300 rund um die Medizintechnik. Wie in nahezu allen wissenschaftlichen Disziplinen zeigt sich auch bei Lebenswissenschaften und Gesundheit ein deutlich steigendes Publikationsaufkommen weltweit, wie auch in den Wissenschaftssystemen von Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt. Die gesamten in Scopus erfassten Publikationen sind dabei seit dem Jahr 2000 bis zum Jahr 2011 jährlich um durchschnittlich 4,7% gewachsen, in Baden-Württemberg immerhin um 4,2% und in Deutschland lediglich um 3,4% – dies wurde bereits im Kapitel 2 ausgeführt. Bezogen auf Lebenswissenschaften und Gesundheit lagen die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten in diesem Zeitraum bei 4,6% weltweit, 4,2% in Baden-Württemberg und 3,5% in Deutschland insgesamt. Weltweit am stärksten gewachsen ist dabei die Medizintechnik, die um 6,8% zulegen konnte, Baden-Württemberg allerdings nur ein Wachstum jährlich von durchschnittlich 5,1% verzeichnen kann. Die höchste Wachstumsrate in Baden-Württemberg erreicht die Medizin mit durchschnittlich 5,2% und weltweit war sie lediglich um 4,5% gewachsen, das heißt Baden-Württemberg konnte seinen weltweiten Anteil hier ausbauen. Die Biotechnologie wuchs im Land um 4,2% und weltweit um 4,5% und die Pharmazie hat in Baden-Württemberg jährlich ca. 4,6% zugelegt, während es weltweit 5,2% waren.

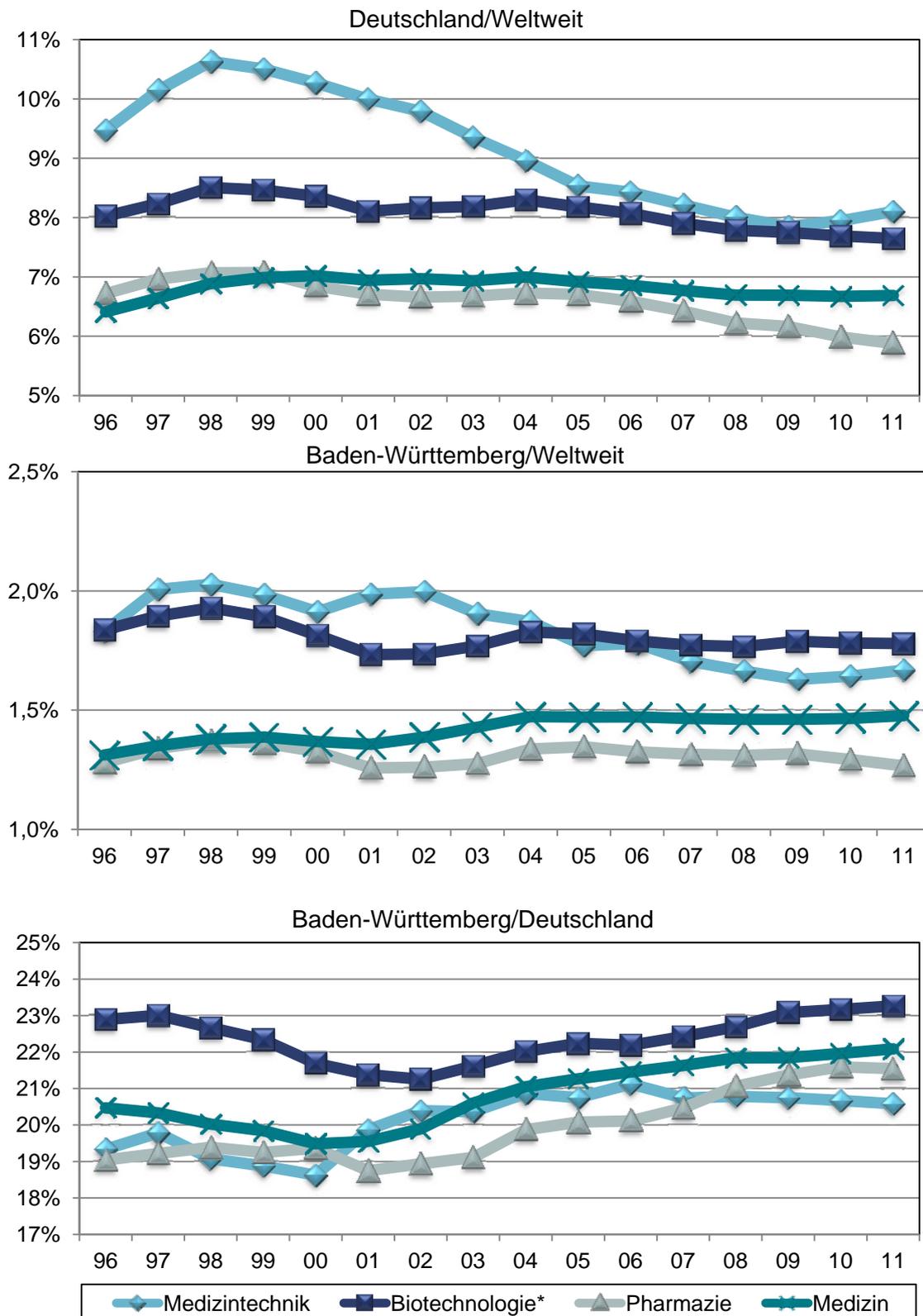
Betrachtet man nun die Anteile an den weltweiten Publikationen, die sich in den einzelnen Disziplinen über die Zeit ergeben (Abbildung 70), so lassen sich für Deutschland insgesamt zunächst sinkende Trends identifizieren, die auf eine deutliche Ausweitung der Aktivitäten in anderen Teilen der Welt zurückzuführen ist. Teilweise konnte dieser Trend jedoch gestoppt bzw. sogar umgekehrt werden. Die höchsten Anteile erreicht Deutschland in den Bereichen Medizintechnik und Biotechnologie, wo gut 8% der weltweiten Publikationen aus Deutschland stammen. Bei der klinischen Medizin sind es weniger als 7% und bei der Pharmazie sogar weniger als 6%. Die Rolle Baden-Württembergs in Deutschland und der Welt zeigt ein etwas anderes Bild. Mit Ausnahme der Medizintechnik zeigen sich stabile Werte. Dort kann ein leichter Rückgang der Anteile Baden-Württembergs an den weltweiten Publikationen auf zuletzt ca. 1,7% von ehemals 2% im Jahr 2000 festgestellt werden, der aber immerhin in den letzten beiden Jahren umgekehrt werden konnte. Bei Biotechnologien zeichnet Baden-Württemberg dagegen für 1,8% der weltweiten Publikationen verantwortlich, in der klinischen Medizin für ca. 1,5% und bei Pharmazie für etwa 1,3%. Bezogen auf die Rolle Baden-Württembergs im gesamtdeutschen Wissenschaftssystem lassen sich ansteigende Anteile verzeichnen, wobei die Anteile in der Medizintechnik seit dem Jahr 2006 leicht rückläufig sind. Im Jahr 2011 stammten 23,3% der wissenschaftlichen Publikationen im Bereich der Biotechnologie in Deutschland aus Baden-Württemberg. In der klinischen Medizin lag dieser Anteil bei 22,1%, in der Pharmazie bei 21,5% und in der Medizintechnik bei 20,6%. Damit ergibt sich für die Lebenswissenschaften und Gesundheit insgesamt ein leicht überdurchschnittlicher Beitrag Baden-Württembergs zum deutschen Wissenschaftsprofil.

Abbildung 69: Anzahl der Publikationen im Schwerpunkt Gesundheit, 1996-2011



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

Abbildung 70: Anteile der Publikationen im Schwerpunkt Gesundheit, 1996-2011

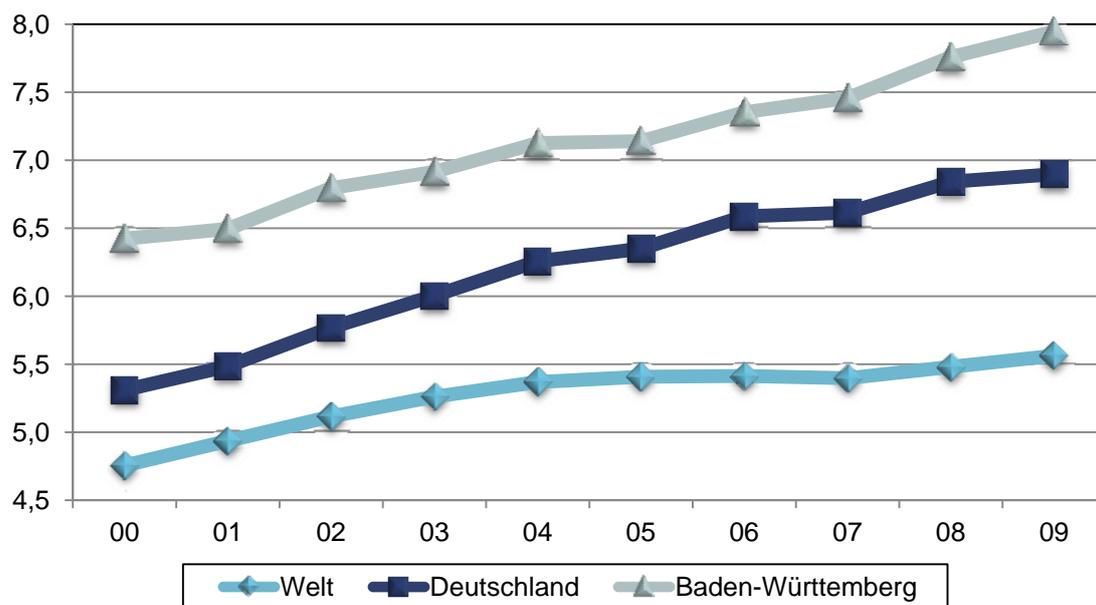


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Betrachtet man dabei die Zitratraten für dieses Schwerpunktthema insgesamt, wie sie in Abbildung 71 dargestellt sind, so lässt sich vor allem die hohe Sichtbarkeit und damit die hohe Qualität sowohl im Vergleich zu den deutschen Publikationen aber insbesondere zu den weltweiten Publikationen sehr deutlich feststellen. Ein Artikel aus Baden-Württemberg, der im Jahr 2009 publiziert wurde, wurde im Durchschnitt fast achtmal zitiert, während die Artikel aus Deutschland insgesamt knapp siebenmal zitiert wurden und die weltweiten Beiträge lediglich 5,5 mal.

Es lässt sich somit für das baden-württembergische Wissenschaftssystemen im Schwerpunktfeld Lebenswissenschaften und Gesundheit eine starke weltweite Position festhalten, die nicht nur quantitativ sondern auch qualitativ auf hohem Niveau agiert. Einzig im Bereich der Medizintechnik-Forschung muss ein abbröckeln der Position sowohl im deutschen wie auch im weltweiten Vergleich festgehalten werden.

Abbildung 71: Durchschnittliche Zitratraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt Gesundheit



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

## 7.2 Patente

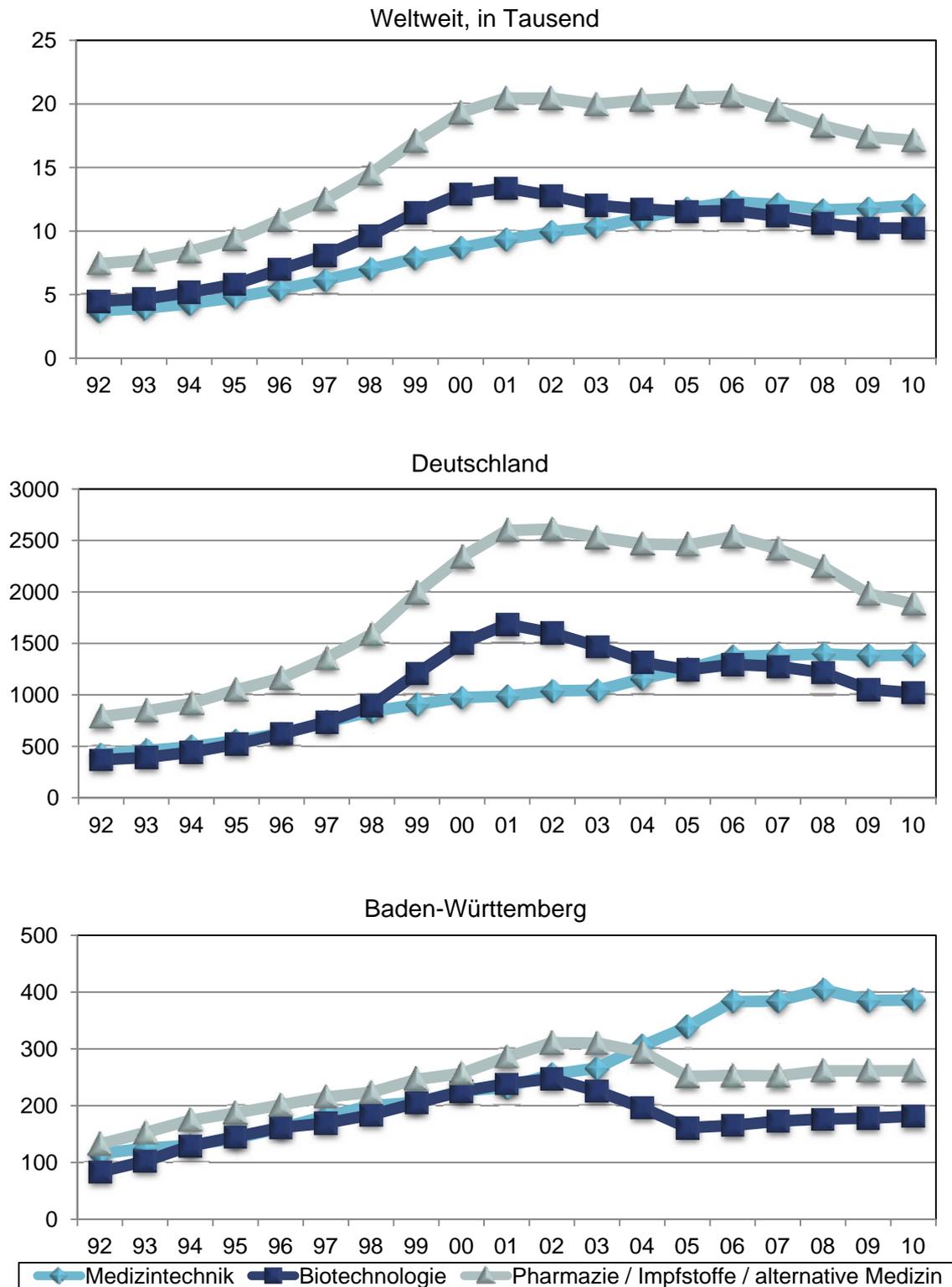
In diesem Abschnitt sind die Trends der Patentanmeldungen innerhalb der Teilbereiche des operativen Schwerpunkts dargestellt. Abbildung 72 zeigt die Anzahl der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Gesundheit weltweit, sowie die Anmeldezahlen deutscher und baden-württembergischer Anmelder. Insgesamt kann in allen drei Subfeldern, nämlich der Medizintechnik, der Biotechnologie und im Bereich

"Pharmazie, Impfstoffe, alternative Medizin" bis zur Jahrtausendwende ein steigender Trend identifiziert werden. Dies gilt weltweit, aber auch für Deutschland und Baden-Württemberg. Seit 2001 ist im Feld Biotechnologie als auch im Bereich der "Pharmazie, Impfstoffe, alternative Medizin" eine Stagnation bzw. teilweise ein leicht sinkender Trend zu beobachten. Die Medizintechnik kann weltweit und in Deutschland nur noch ein geringes Wachstum vorweisen. Dies gilt jedoch nicht in gleichem Maße für Baden-Württemberg. Zwischen den Jahren 2003 und 2006 kann ein vergleichsweise starker Anstieg der Patentanmeldungen verzeichnet werden und ab 2005 stabilisieren sich die Anmeldezahlen auf einem vergleichsweise hohen Niveau von etwa 100 Patentanmeldungen pro Jahr. Das jährliche durchschnittliche Wachstum der Patentanmeldungen lag zwischen 2000 und 2010 um 2,9% angestiegen, im Bereich der Lebenswissenschaft jedoch lediglich um 1,7%. Baden-Württembergs Patentanmeldungen konnten in dem Zeitraum um 2% zulegen und die Patentanmeldungen in den Lebenswissenschaften um 2,2%.

In Abbildung 73 sind die Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Gesundheit dargestellt. Am aktuellen Rand kann Deutschland in allen drei Teilbereichen einen weltweiten Anteil von 10-12% erreichen, wobei dieser Anteil über die Jahre hinweg leicht gewachsen ist. Für Baden-Württemberg zeigt sich hier ein etwas anderes Bild. Vor allem in der Medizintechnik können vergleichsweise hohe Patentierungsanteile verzeichnet werden. Am aktuellen Rand sind dies im weltweiten Vergleich etwa 3%, was sich in einen Anteil an den deutschen Patentanmeldungen von 28% übersetzt. Dies ist auch der einzige Teilbereich, in dem in den letzten Jahren ein Wachstum der Patentanmeldungen verzeichnet werden kann. Im Bereich "Pharmazie, Impfstoffe, alternative Medizin" sowie in der Biotechnologie zeigt sich in den 90er Jahren ein sinkender Anteil baden-württembergischer Anmeldungen, der sich zwischen 2000 und 2005 auf einem niedrigeren Niveau konsolidiert. Ab 2005 jedoch können wieder leicht steigende Anteile in beiden Feldern verzeichnet werden. Insgesamt beträgt der durchschnittliche jährliche Rückgang zwischen 2000 und 2010 in der Pharmazie 1,7%, in Baden-Württemberg waren es in diesem Zeitraum lediglich 1%. Bezüglich der Biotechnologie sind es im Durchschnitt 2,9% weniger pro Jahr weltweit und in Baden-Württemberg 2%. Die Medizintechnik konnte weltweit um jährlich 3,4% zulegen in Baden-Württemberg gar um 5,4%.

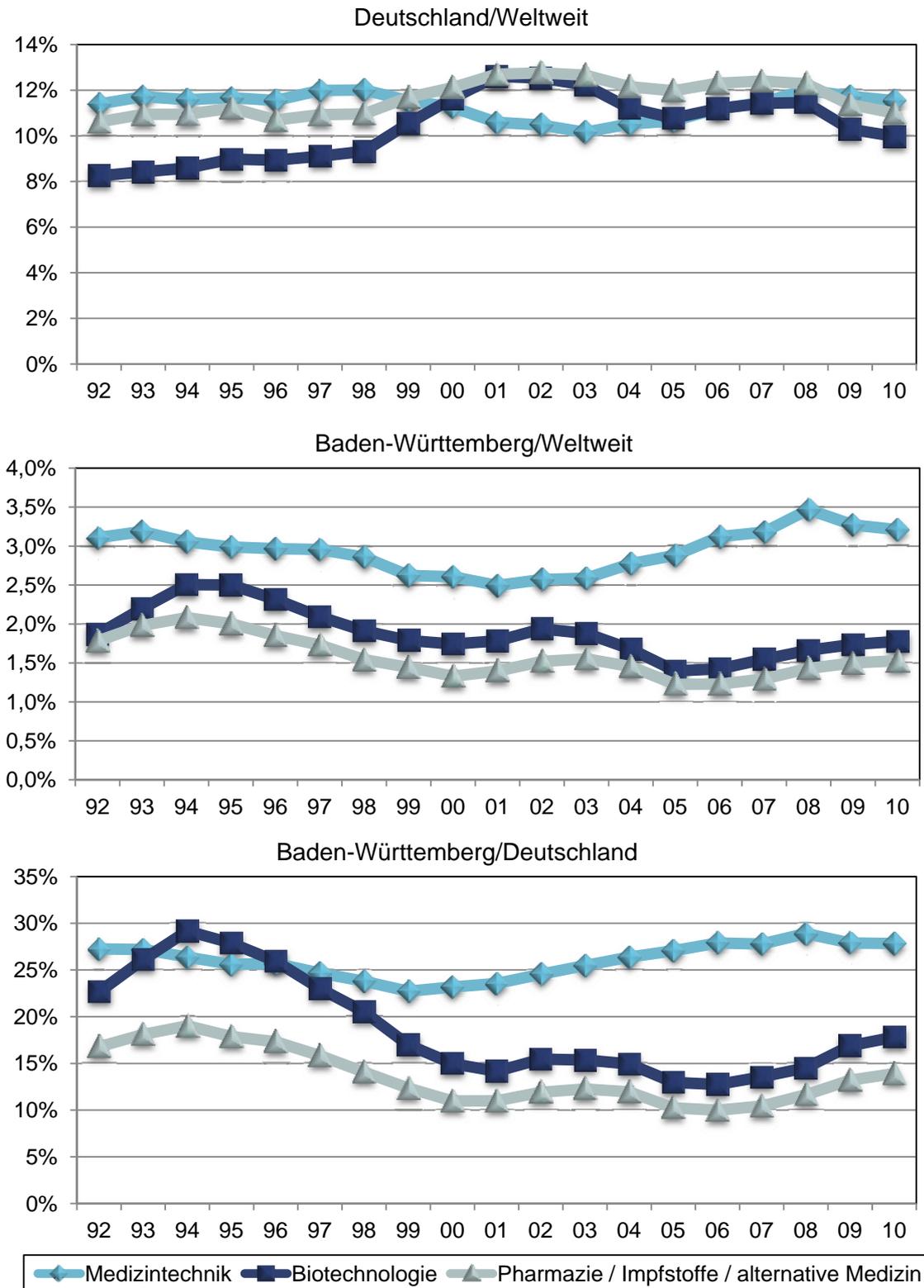
Insgesamt konnte Baden-Württemberg trotz schwieriger Rahmenbedingungen auf den Weltmärkten seine Patentposition in den Lebenswissenschaften ausbauen. Allerdings gehören die Teilbereiche der Lebenswissenschaften gemessen in Patenten nicht zu den Schwerpunkten des baden-württembergischen Profils und es bestehen keine ausgeprägten komparativen Vorteile im internationalen Vergleich.

Abbildung 72: Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen im Schwerpunkt Lebenswissenschaften und Gesundheit, 1992-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 73: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Gesundheit, 1992-2010

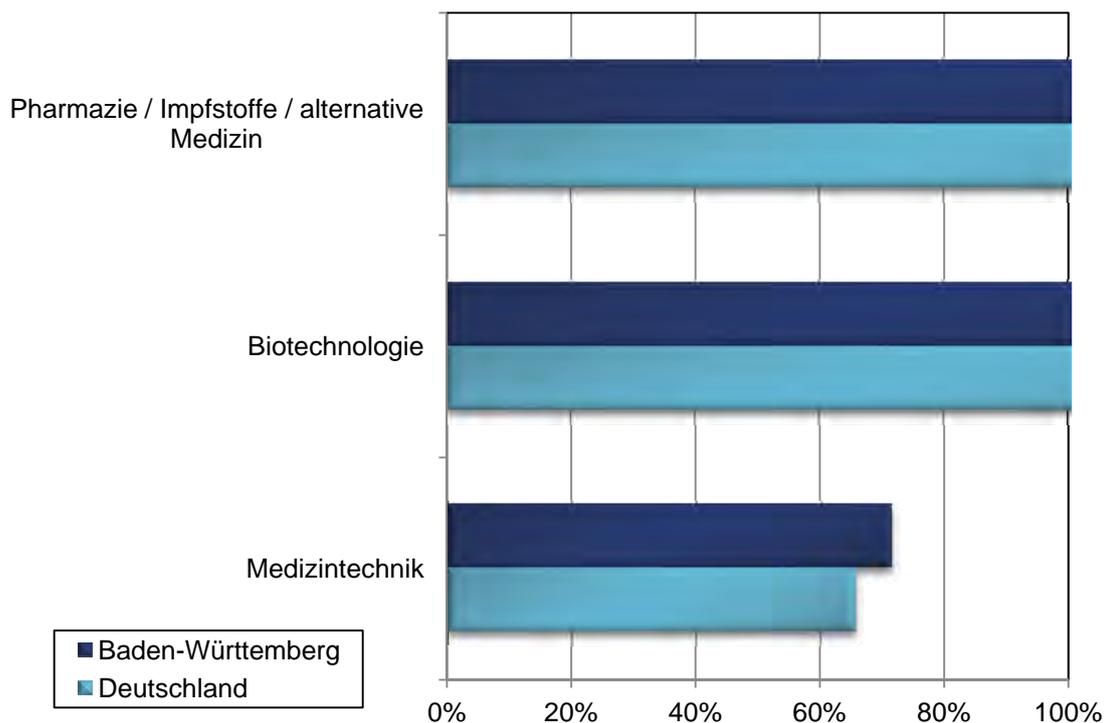


Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

### 7.3 Internationalisierung

Abbildung 74 zeigt die Internationalisierung der Patentanmeldungen Baden-Württembergs und Deutschlands, gemessen am Anteil der Transnationalen an allen Anmeldungen für Deutschland im Feld Gesundheit innerhalb des Zeitraums 2008 bis 2010. Aus der Grafik wird ersichtlich, dass das Feld Gesundheit generell als stark internationalisiert gelten kann. In Baden-Württemberg sowie in Deutschland insgesamt werden in den Subfeldern "Pharmazie, Impfstoffe, alternative Medizin" sowie in der Biotechnologie Anteile von 100% erreicht, das heißt für faktisch alle Patente deutscher Anmelder wird nicht nur in Deutschland, sondern potenziell auch im Ausland eine Schutzwirkung angestrebt. Die Medizintechnik ist im Vergleich etwas weniger stark international ausgerichtet. Der Anteil der transnationalen an allen Anmeldungen Baden-Württembergs liegt in diesem Bereich bei 71% und liegt damit etwas höher als für Deutschland insgesamt (66%).

Abbildung 74: Internationalisierung der Patentanmeldungen (Anteil der transnationalen an allen Anmeldungen für Deutschland) im Schwerpunkt Gesundheit, 2008-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

## 7.4 Zusammenfassung

Die wissenschaftliche Forschung in Baden-Württemberg im Schwerpunktthema Lebenswissenschaften und Gesundheit gehört zur Weltspitze und hat sowohl eine starke Position im internationalen wie im nationalen Vergleich. Dies gilt auch für die Medizintechnik, wenngleich hier durch deutliche Ausweitungen der Forschungsaktivitäten in anderen Ländern die relative Position ein wenig unter Druck geraten ist. Hinsichtlich der industriellen Forschung zeigt sich allerdings ein umgekehrtes bzw. davon abweichendes Bild. Zwar konnte eine deutliche Positionsverbesserung auf Grund der Schwäche der lebenswissenschaftlichen bzw. Gesundheitsforschung in anderen Ländern erreicht werden. Baden-Württemberg hat sozusagen stärker Kurs gehalten als das anderen vielen Unternehmen anderswo möglich war. Insgesamt bleibt die Position Baden-Württembergs in den Lebenswissenschaften bei Patentanmeldungen jedoch wenig ausgeprägt, da es faktisch keine multinationalen Pharmaunternehmen mit Hauptsitz im Land gibt und die Hochschulen und Forschungseinrichtungen zwar ebenfalls patentieren, dies aber auf Grund der geringen Zahl kaum ins Gewicht fällt. Diejenigen Unternehmen im Land, die dem Pharma- und dem Medizintechnik-Sektor zugeordnet werden können, machen dann im Vergleich zu den zahlreichen multinationalen Patentanmeldern weltweit bzw. auch in Deutschland nur einen kleinen Teil aus. Dies bedeutet dann aber auch, dass die ausgeprägten Kompetenzen und die erarbeiteten wissenschaftlichen Ergebnisse nicht in Baden-Württemberg in entsprechendem Maß umgesetzt werden (können). Man könnte also auch von gegenläufigen wissenschaftlichen und industriellen Profilen sprechen. Dies bedeutet nicht, dass Baden-Württemberg nicht von der wissenschaftlichen Forschung und deren Translation profitiert. Die Industriestruktur in Baden-Württemberg jedenfalls ist nicht in der Lage die wissenschaftlichen Ergebnisse in großer Zahl zu absorbieren und zu kommerzialisieren.

## 8 Informations- und Kommunikationstechnologien

Der operative Schwerpunkt Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) der Baden-Württemberg Stiftung umfasst in der in dieser Untersuchung verwendeten Definition Telekommunikationstechnologien, RFID (Radio Frequency Identification), IuK-Elektronik, Bildgebung, Informationstechnologien, sowie Maschinen- und Anlagensteuerungen inklusive Sensorik. Diese Abgrenzungen gelten sowohl für die Patente und damit die industrielle Perspektive, als auch die wissenschaftlichen Publikationen zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit des baden-württembergischen Wissenschaftssystems.

### 8.1 Publikationen

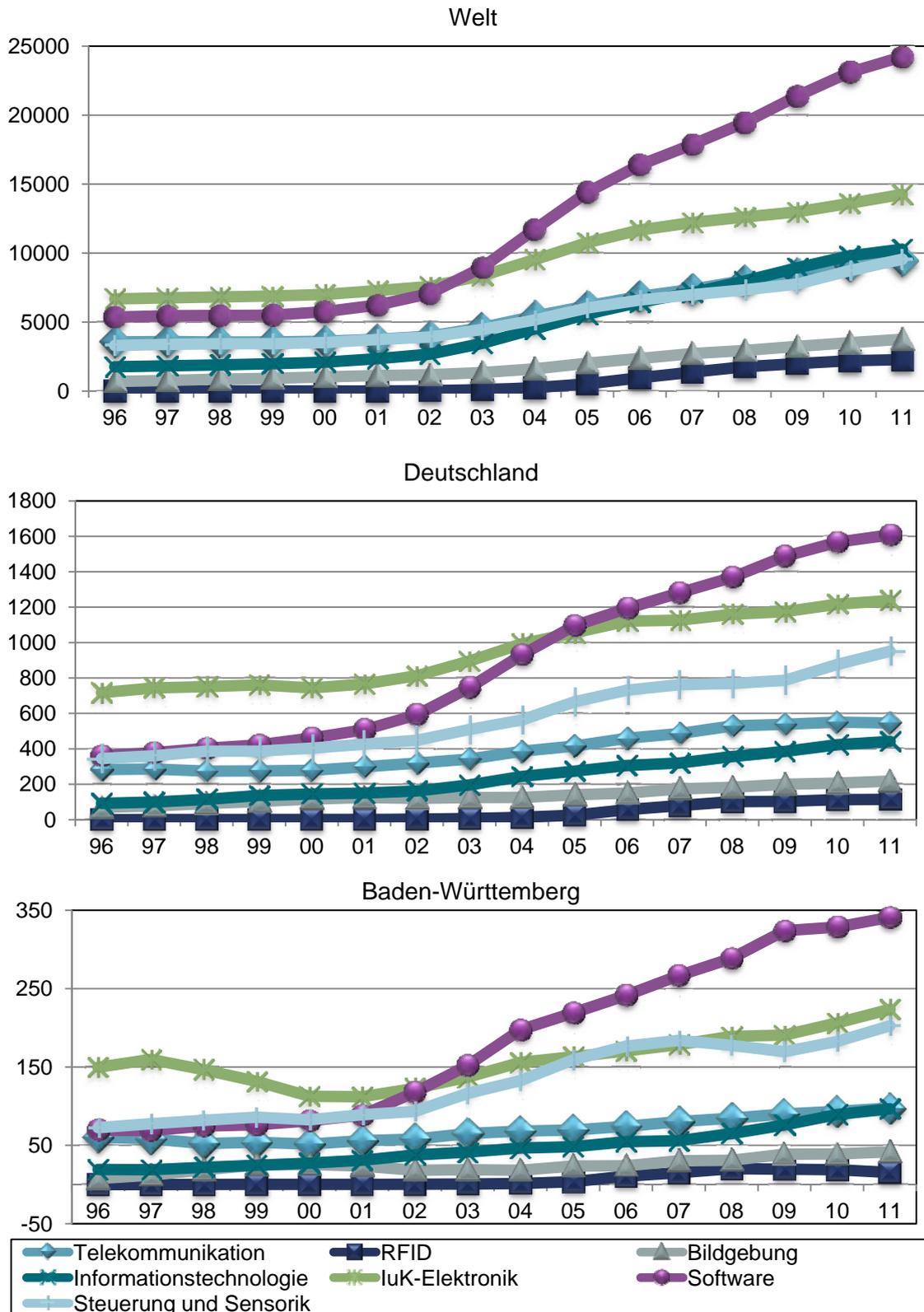
Rund um die Informations- und Kommunikationstechnologien werden weltweit derzeit jährlich mehr als 38.000 wissenschaftliche Artikel in Zeitschriften veröffentlicht, die in Scopus erfasst sind, wobei ein großer Teil und in dieser Zahl nicht enthaltene Arbeiten zusätzlich in Konferenzbeiträgen der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Daher werden in der folgenden Analyse für das Schwerpunktfeld Informations- und Kommunikationstechnologien die Konferenzbeiträge zusätzlich einbezogen – allerdings nicht für die Untersuchung der Zitatraten, denn diese sind für Konferenzbeiträge deutlich niedriger als für Zeitschriftenartikel. Nimmt man die Konferenzbeiträge hinzu, dann werden in den Informations- und Kommunikationstechnologien wie sie hier definiert sind derzeit weltweit rund 75.000 Publikationen pro Jahr veröffentlicht. In Deutschland sind es ca. 5.200 und in Baden-Württemberg etwas mehr als 1.000. Die mit Abstand größte Zahl an Publikationen inklusive Konferenzbeiträge innerhalb von IuK findet sich im Bereich Software, wo 24.000 Veröffentlichungen entstehen (Abbildung 75). Die Elektronik schlägt mit ca. 14.000 Beiträgen weltweit zu Buche. Interessant ist, dass die Unterschiede in der Anzahl zwischen diesen beiden Feldern deutlich geringer ist, wenn man nur Zeitschriftenartikel analysiert. Dies bedeutet, dass gerade im Bereich Software ein sehr hoher Anteil an Veröffentlichungen als Konferenzbeiträge erscheint. Sensorik, Telekommunikation und Informationstechnologien erreichen jeweils eine Größenordnung von ca. 10.000 Beiträgen pro Jahr. Im Bereich von Bildgebung wurden zuletzt knapp 4.000 Artikel und Konferenzbeiträge veröffentlicht, während die wissenschaftlichen Publikationen im Bereich von RFID mit ca. 2.300 Beiträgen die kleinste der hier analysierten Gruppe darstellen, wo aber ebenfalls Konferenzbeiträge eine gewichtige Rolle spielen. Baden-Württemberg zeichnete im Jahr 2011 in den Bereichen IuK-Elektronik, Steuerungen und Sensorik sowie Software für 220-330 Publikationen verantwortlich, für jeweils ca. 100 in den

Bereichen Telekommunikation und Informationstechnologien, während Bildgebung sowie RFID lediglich Anzahlen im unteren zweistelligen Bereich erreichen. Wie in nahezu allen wissenschaftlichen Disziplinen zeigt sich auch bei IuK ein deutlich steigendes Publikationsaufkommen weltweit, wenn auch in den Wissenschaftssystemen von Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt manche Teilbereiche verhaltener wachsen. Die gesamten in Scopus erfassten Publikationen sind dabei seit dem Jahr 2000 bis zum Jahr 2011 jährlich um durchschnittlich 4,7% gewachsen, in Baden-Württemberg immerhin um 4,2% und in Deutschland lediglich um 3,4% – dies wurde bereits in Kapitel 2 ausgeführt. Bezogen auf IuK lagen die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten bei Zeitschriftenartikeln in diesem Zeitraum bei 7,8% weltweit, 5,4% in Baden-Württemberg und 3,8% in Deutschland insgesamt. Nimmt man die Konferenzbeiträge hinzu, dann sind es weltweit 11,3%, bundesweit 8,1% und in Baden-Württemberg 9,6%, das heißt die Konferenzbeiträge sind deutlich stärker angestiegen – dies ist zum Teil ein Datenbankeffekt, da mehr Konferenzbeiträge erfasst wurden – und sie sind in Baden-Württemberg deutlich stärker gestiegen als in Deutschland insgesamt. Weltweit am stärksten gewachsen ist dabei RFID, das um jährlich durchschnittlich 59% seit dem Jahr 2000 zulegen konnte, da es von sehr niedrigem Niveau aus startete. Die höchste Wachstumsrate in Baden-Württemberg (ausgenommen das sehr kleine Feld RFID) erreicht die Software mit 14%, was damit hierzulande gleich stark gewachsen ist wie weltweit. Die Informationstechnologien in Baden-Württemberg sind mit durchschnittlich 13% gewachsen, was jedoch noch hinter dem weltweiten Wachstum von 15,2% zurück bleibt. Steuerungen und Sensorik sind in Baden-Württemberg mit 9,2% durchschnittlich ebenfalls etwas schwächer gewachsen als der Weltdurchschnitt von 10,2%. IuK-Elektronik wuchs in Baden-Württemberg mit 8%, Telekommunikation um jährlich ca. 4,4% und die Bildgebung um lediglich 2,7%. Bei Bildgebung war das Wachstum der Konferenzbeiträge deutlich geringer als das Wachstum der Zeitschriftenartikel.

Betrachtet man nun die Anteile an den weltweiten Publikationen, die sich in den einzelnen Disziplinen über die Zeit ergeben (Abbildung 76), so lassen sich für Deutschland insgesamt zunächst sinkende Trends identifizieren, die auf eine deutliche Ausweitung der Aktivitäten in anderen Teilen der Welt zurückzuführen ist. Teilweise konnte dieser Trend jedoch gestoppt bzw. sogar umgekehrt werden. Die höchsten Anteile erreicht Deutschland in den Bereichen Steuerung und Sensorik, wo gut 10% der weltweiten Publikationen aus Deutschland stammen. Bei der IuK-Elektronik sind es knapp 9% und bei Software, Telekommunikationstechnologien und Bildgebung um die 6%. Bei Informationstechnologien waren es 2011 etwas über 4%. Die Rolle Baden-Württembergs in Deutschland und der Welt zeigt ein

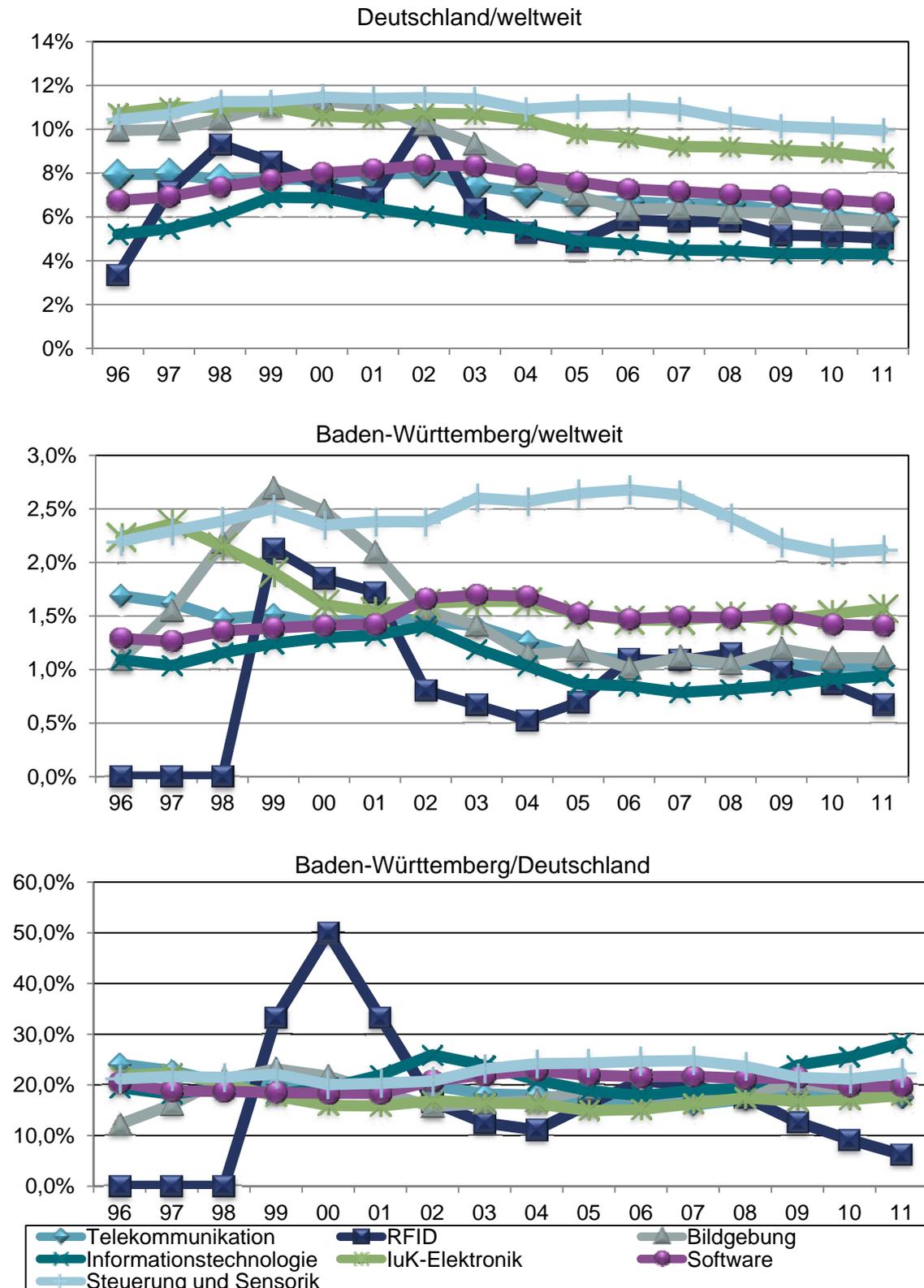
etwas anderes Bild. In Relation zu den weltweiten Publikationen gibt es in den letzten ca. fünf Jahren lediglich bei RFID und Steuerung und Sensorik einen deutlichen und bei Software einen leichten Rückgang der Anteil Baden-Württembergs, während die übrigen Bereiche stabil gehalten werden konnten bzw. sich bei Informationstechnologien und zuletzt auch bei Elektronik ein positiver Trend feststellen lässt. Bezogen auf die Rolle Baden-Württembergs im gesamtdeutschen Wissenschaftssystem lassen sich mit Ausnahme von Steuerung und Sensorik leicht ansteigende Anteile verzeichnen, wobei die Anteile bei Informationstechnologien nach einem Rückgang bis 2005 seit dem deutlich angestiegen sind. Im Jahr 2011 stammten knapp 22% der wissenschaftlichen Publikationen im Bereich der Informationstechnologien in Deutschland aus Baden-Württemberg. Bei Steuerungen und Sensorik sowie bei Software lag dieser Anteil bei 21,3%, bei Bildgebung bei 19% und bei Telekommunikationstechnologien und Elektronik bei ca. 18%. Hinsichtlich IuK insgesamt ergibt sich bezogen auf die Zeitschriftenartikel (für die Konferenzbeiträge wurde dieser der Gesamtanteil nicht errechnet) mit 20% ein leicht unterdurchschnittlicher Beitrag Baden-Württembergs zum deutschen Wissenschaftsprofil, der bei 20,6% liegt. Hinsichtlich der Konferenzbeiträge erreicht Baden-Württemberg niedrigere Anteile in Relation zu Deutschland und der Welt und in vielen Bereichen auch niedrigere Wachstumsraten. Da die wissenschaftliche Kommunikation auf Konferenzen im Allgemeinen insbesondere die anwendungsnahen und jeweils aktuellen Forschungsergebnisse adressiert, muss in dieser Hinsicht für Baden-Württemberg ein Aufholbedarf festgestellt werden.

Abbildung 75: Anzahl der Publikationen im Schwerpunkt IuK, 1996-2011



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

Abbildung 76: Anteile der Publikationen im Schwerpunkt IuK, 1996-2011

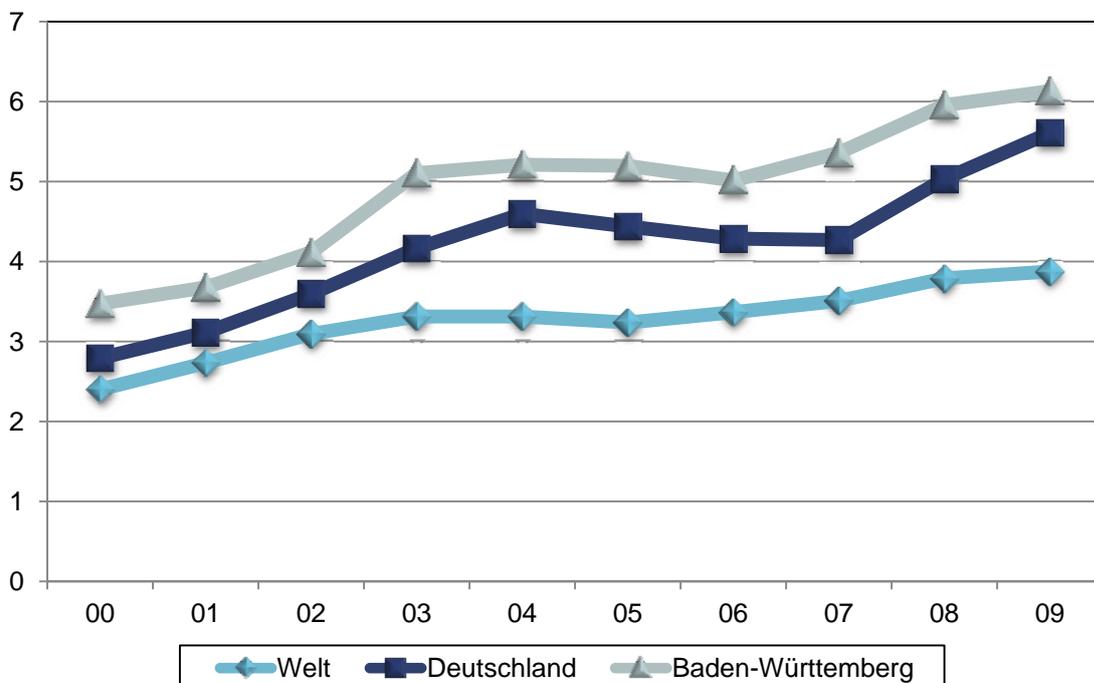


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Betrachtet man die Zitatraten – diese beziehen sich ausschließlich auf Zeitschriftenbeiträge und nicht auf Konferenzen – für dieses Schwerpunktthema insgesamt, wie sie in Abbildung 77 dargestellt sind, so lässt sich vor allem die hohe Sichtbarkeit und damit die hohe Qualität sowohl im Vergleich zu den deutschen Publikationen aber insbesondere zu den weltweiten Publikationen sehr deutlich feststellen. Ein Artikel aus Baden-Württemberg, der im Jahr 2009 publiziert wurde, wurde im Durchschnitt mehr als sechsmal zitiert, während die Artikel aus Deutschland insgesamt knapp 5,5 mal zitiert wurden und die weltweiten Beiträge lediglich knapp viermal.

Es lässt sich somit für das baden-württembergische Wissenschaftssystem im Schwerpunktfeld IuK eine ambivalente weltweite Position festhalten. Hinsichtlich Steuerungen und Sensorik sowie bei IuK-Elektronik besteht eine recht gute Position. Baden-Württemberg konnte diese Stärken in den letzten Jahren sogar noch leicht erweitern. Wissenschaftlich weniger gut positioniert ist man bei Telekommunikations- und Informationstechnologien sowie insbesondere bei RFID und ähnlich gelagerten Fragestellungen. In der Breite lässt sich aber auch hier dem baden-württembergischen Wissenschaftssystem eine Forschungsleistung auf hohem Qualitätsniveau attestieren.

Abbildung 77: Durchschnittliche Zitatraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt IuK



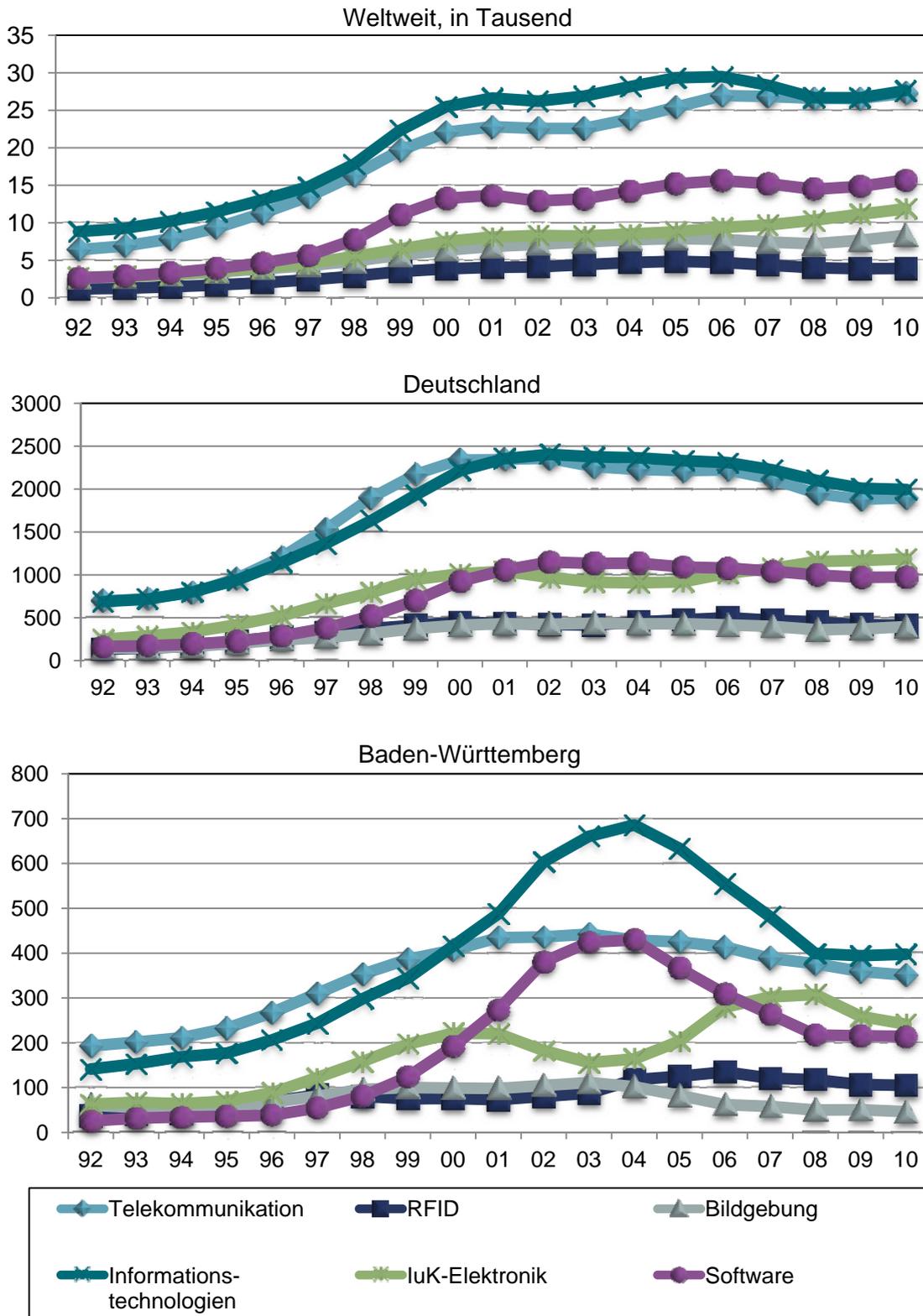
Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

## 8.2 Patente

In diesem Abschnitt sind die Trends der Patentanmeldungen innerhalb der Teilbereiche des operativen Schwerpunkts dargestellt. Die Anzahl der Patentanmeldungen in den Teilbereichen des operativen Schwerpunkts Informations- und Kommunikationstechnologien ist in Abbildung 78 dargestellt. Weltweit zeigt sich, dass im Bereich Informationstechnologien die meisten Patente angemeldet werden, wobei ein leichter Rückgang der Patentanmeldungen zwischen 2006 und 2009 beobachtet werden kann. Der Bereich Telekommunikation erreicht den zweiten Rang, wobei am aktuellen Rand in diesem Teilbereich nahezu genauso viel patentiert wird wie in den Informationstechnologien. Insgesamt ist in nahezu allen Teilbereichen besonders während der 1990er Jahre ein starkes Wachstum der Patentanmeldungen zu verzeichnen, während es etwa ab dem Jahr 2000 zu einer Stagnation bzw. einem gedämpften Wachstum der Anmeldezahlen kommt. Die Trends für Deutschland ähneln dem weltweiten Trend sehr stark. Die beiden größten Felder sind die Informationstechnologien sowie die Telekommunikation. Während im Bereich Software jedoch weltweit mehr Patente angemeldet werden als im Subfeld IuK-Elektronik ist dies für deutsche Anmelder, zumindest am aktuellen Rand, umgekehrt. Für Baden-Württemberg zeigt sich in dieser absoluten Betrachtung ein interessantes Bild. Obwohl die Trends am aktuellen Rand dem deutschen, wie auch dem weltweiten Trend ähneln, ist insbesondere im Zeitraum 2001 bis 2005 zunächst ein starker Anstieg und ein abschließendes Absinken in den Feldern Software und Informationstechnologien zu beobachten. Ein gegenläufiger Trend kann im Feld IuK-Elektronik verzeichnet werden.

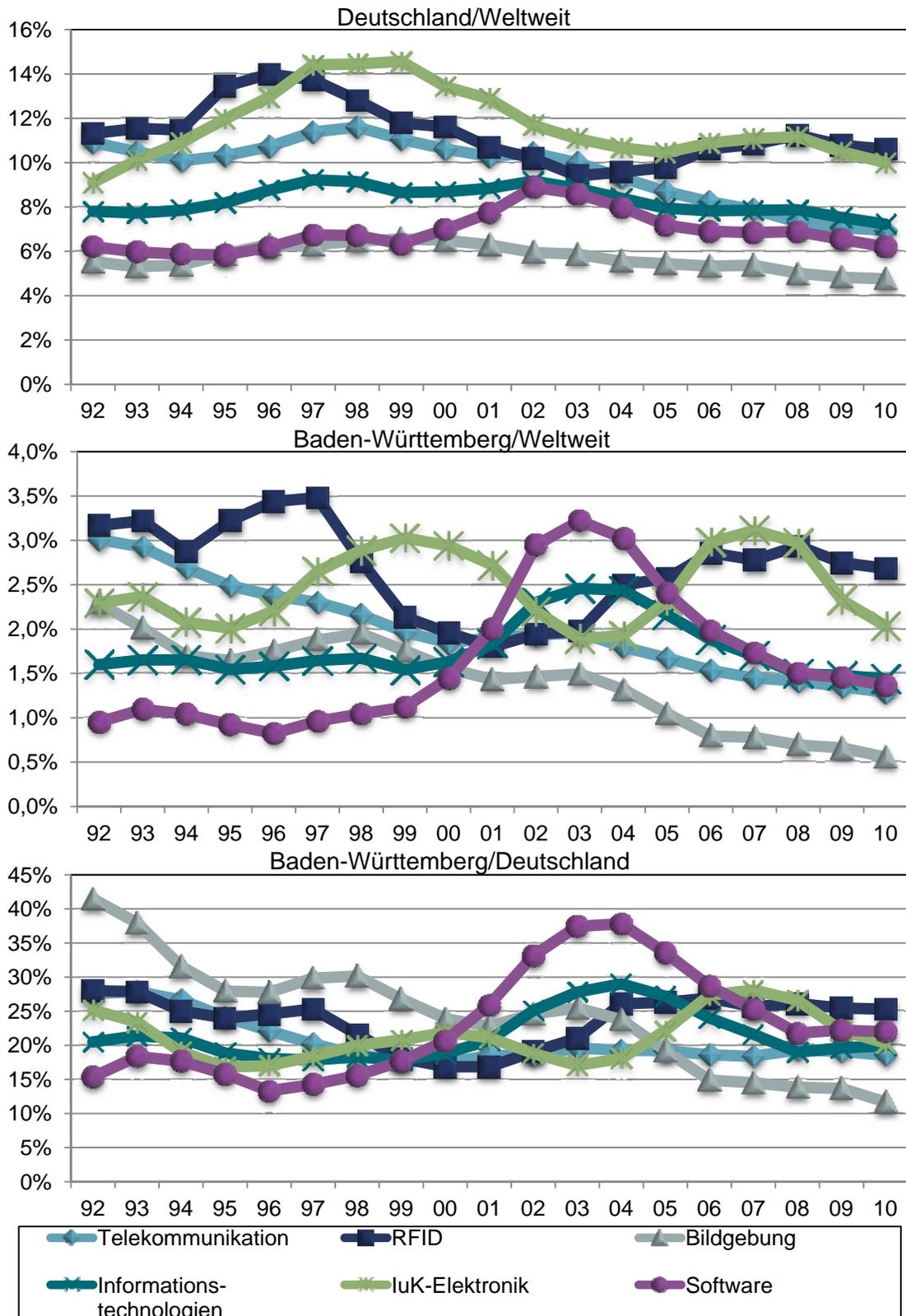
Diese Veränderung der absoluten Zahlen in den Feldern IuK-Elektronik, Software und Informationstechnologien innerhalb Baden-Württembergs schlägt sich auch in den Anteilen an deutschen bzw. weltweiten Patentanmeldungen nieder (Abbildung 79). Während die Bereiche Software und Informationstechnologien zwischen 2001 und 2005 einen Aufschwung erleben, geht dies auf Kosten der Patentierungsanteile im Feld IuK-Elektronik, wobei sich nach 2006 ein gegenläufiger Trend zeigt. Insgesamt gesehen ist Baden-Württemberg am aktuellen Rand jedoch in allen Bereichen, mit Ausnahme des Feldes Bildgebung, mit einem Patentierungsanteil an allen deutschen Patenten von 20-25% vertreten, wobei der Bereich RFID in den letzten beiden Beobachtungsjahren die höchsten Anteile vorweisen kann. Dies trifft auch auf den Anteil am weltweiten Patentierungsgeschehen zu. Baden-Württemberg ist im Feld RFID für etwa 3% der weltweiten Patentanmeldungen verantwortlich, während im Feld Bildgebung nur ein geringer Anteil von 0,5% erreicht werden kann.

Abbildung 78: Anzahl der Patentanmeldungen im Schwerpunkt IuK, 1992-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 79: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt IuK, 1992-2010

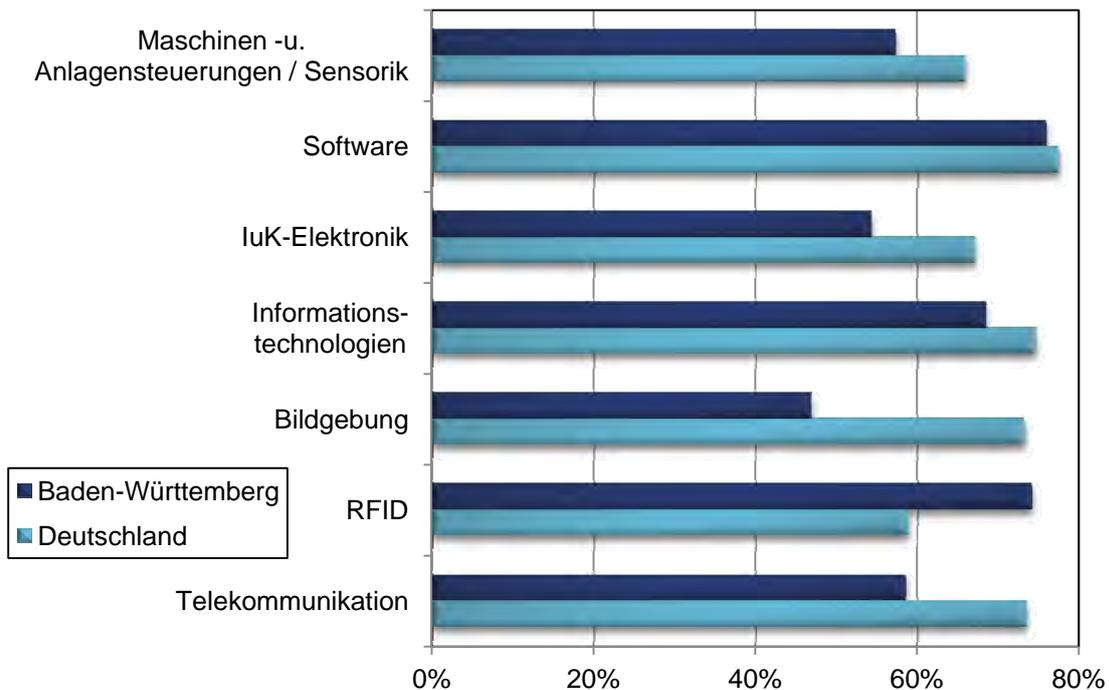


Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

### 8.3 Internationalisierung

Abbildung 80 zeigt die Internationalisierung baden-württembergischer und deutscher Patentanmeldungen, berechnet als Anteil der Transnationalen an allen Anmeldungen für Deutschland, im Schwerpunktfeld IuK. Es zeigt sich insgesamt gesehen, dass baden-württembergische Patentanmeldungen im Vergleich zu Gesamtdeutschland in nahezu allen Feldern etwas weniger häufig international angemeldet werden. Einzig im Feld RFID kann Baden-Württemberg mit einem Anteil von 74% eine stärkere internationale Ausrichtung als Deutschland (knapp 59%) verzeichnen.

Abbildung 80: Internationalisierung der Patentanmeldungen (Anteil der transnationalen an allen Anmeldungen für Deutschland) im Schwerpunkt IuK, 2008-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

### 8.4 Zusammenfassung

Das Wissenschaftssystem in Baden-Württemberg hat in jenen Teilen im Schwerpunktfeld IuK relative Stärken bzw. im internationalen Vergleich eine nennenswerte Position, wo auch die generellen industriellen Stärken liegen, nämlich bei Steuerungen und Sensorik sowie bei IuK-Elektronik, die sowohl im Maschinen- und Anlagenbau wie im Fahrzeugbau eine enorme Rolle spielen. In den breiten und eher

auf Konsumentenmärkte ausgerichteten Bereichen Telekommunikations- und Informationstechnologie bestehen in Baden-Württemberg hingegen im internationalen Vergleich keine komparativen Vorteile, was jedoch nicht bedeutet, dass nicht auch hier jene Kompetenzen, die zur Stärkung der bestehenden industriellen Stärken gebraucht werden können, nicht auch erarbeitet werden. Es bleibt aber die Frage offen, die an dieser Stelle nicht näher untersucht werden konnte, ob das wissenschaftliche und das industrielle Profil wirklich so gut ineinander greifen und dann auch die Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in marktfähige Produkte gelingt. Ein Beispiel, wo Wissenschaft und Wirtschaft offensichtlich weniger gut aufeinander abgestimmt sind ist RFID. Dieses Thema mag die erste Phase der Euphorie hinter sich gebracht haben, es wird aber – unter Umständen unter einer anderen Bezeichnung – auch in Zukunft eine Rolle spielen. Die gute industrielle Position, die zwar ebenfalls erodiert ist, wird nicht von einer nennenswerten Rolle im wissenschaftlichen Profil reflektiert.



## 9 Energie und Klimawandel

Der operative Schwerpunkt Energie und Klimawandel der Baden-Württemberg Stiftung umfasst in der in dieser Untersuchung verwendeten Definition Photovoltaik und Solartechnologien, sowie die übrigen Erneuerbare Energien, also Wind, Wasser, Erdwärme und Biomasse. Hinzu kommen verteilte Energieerzeugung, Brennstoffzelle und Wasserstoffherzeugung, Energiespeicher sowie schließlich Energieeffizienztechnologien. Diese Abgrenzungen gelten sowohl für die Patente und damit die industrielle Perspektive, als auch die wissenschaftlichen Publikationen zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit des baden-württembergischen Wissenschaftssystems.

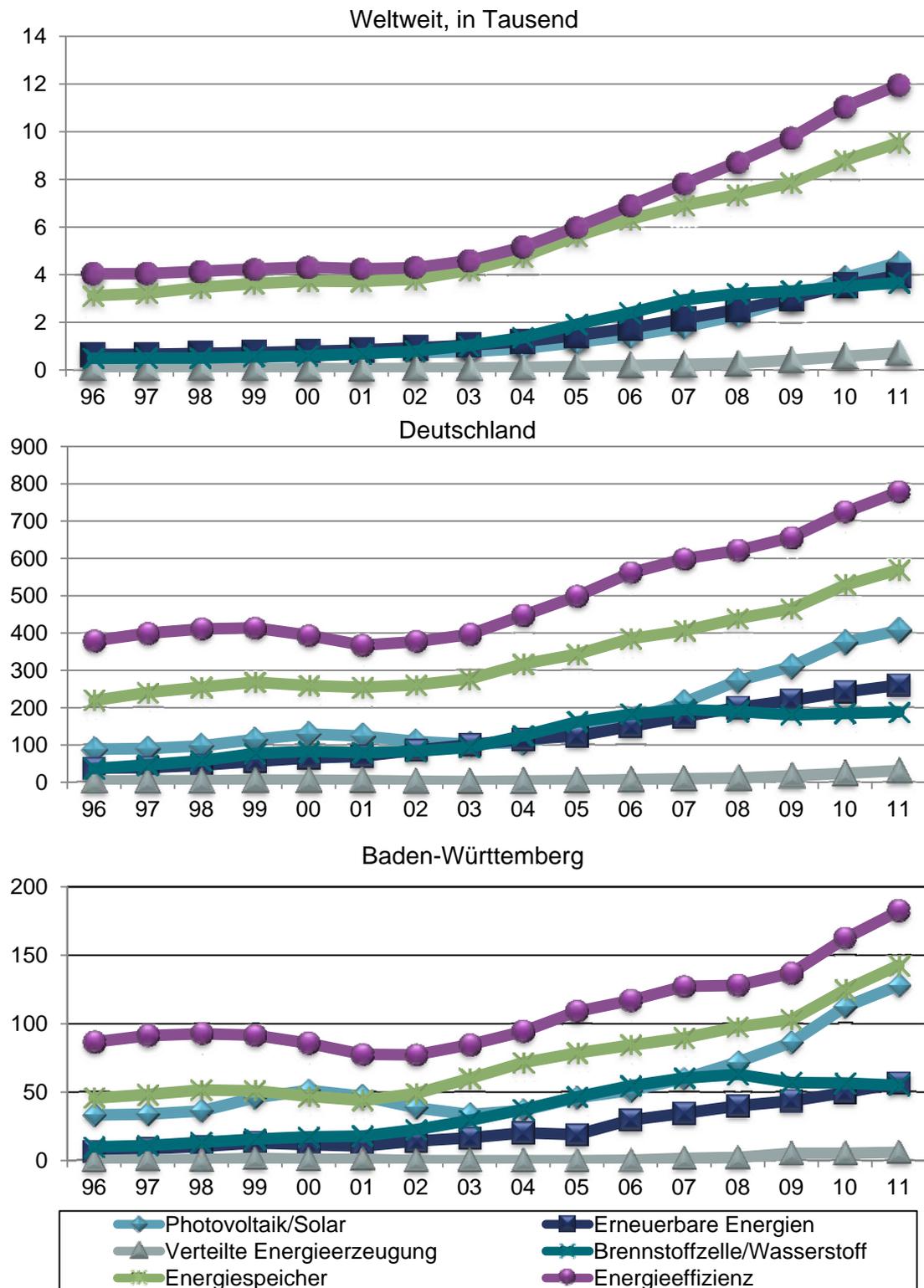
### 9.1 Publikationen

Im Bereich Energie und Klimawandel werden weltweit derzeit jährlich mehr als 33.000 wissenschaftliche Artikel in Zeitschriften veröffentlicht, die in Scopus erfasst sind (Abbildung 81). Die größte Zahl an Publikationen innerhalb von Energie und Klimawandel findet sich mit mehr als 12.000 bzw. mehr als 10.000 Veröffentlichungen pro Jahr bei Energieeffizienz-Technologien und Energiespeicher, gefolgt von einer Gruppe bestehend aus Photovoltaik/solar, (übrige) Erneuerbaren Energien sowie (stationäre) Brennstoffzelle/Wasserstoffherzeugung. Baden-Württemberg zeichnete im Jahr 2011 für knapp 600 Publikationen im Schwerpunkt Energie verantwortlich, wie er hier definiert wurde. Davon entfällt etwa ein Drittel auf die Energieeffizienz und jeweils etwa ein Viertel auf die Energiespeicher und die Photovoltaik/Solar, während die übrigen erneuerbaren Energien und die Brennstoffzelle/Wasserstoff jeweils nur mit 50 bis 60 Publikationen pro Jahr zu Buche schlagen. Wie in nahezu allen wissenschaftlichen Disziplinen zeigt sich auch bei Energie und Klima ein deutlich steigendes Publikationsaufkommen weltweit, wie auch in den Wissenschaftssystemen von Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt, wobei hier die Brennstoffzelle an Dynamik eingebüßt hat. Die gesamten in Scopus erfassten Publikationen sind dabei seit dem Jahr 2000 bis zum Jahr 2011 jährlich um durchschnittlich 4,7% gewachsen, in Baden-Württemberg immerhin um 4,2% und in Deutschland lediglich um 3,4% – dies wurde bereits in Kapitel 2 ausgeführt. Bezogen auf Energie und Klimawandel lagen die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten in diesem Zeitraum bei 11,8% weltweit, 9,8% in Baden-Württemberg und 8,4% in Deutschland insgesamt. Weltweit am stärksten gewachsen ist dabei von einem niedrigen Niveau startend die Verteilte Energieerzeugung, die um 28,3% zulegen konnte, wobei in Baden-Württemberg diesbezüglich kaum Publikationen zu finden sind. Die höchste Wachstumsrate in Baden-Württemberg errei-

chen die übrigen erneuerbaren Energien mit durchschnittlich 15,8%, die weltweit allerdings sogar um 17% gewachsen waren. Brennstoffzelle/Wasserstoff ist in Baden-Württemberg um durchschnittlich 13,4% pro Jahr gewachsen und weltweit um 18,5%. Auch bei Photovoltaik/Solar kann in Baden-Württemberg ein deutlicher Anstieg von jährlich 8,7% festgehalten werden, der allerdings von der weltweiten Dynamik von über 18% pro Jahr deutlich übertroffen wird. Einzig bei Energiespeicher konnte man in Baden-Württemberg ein höheres Wachstum (11,8%) als die Welt insgesamt realisieren (9,5%).

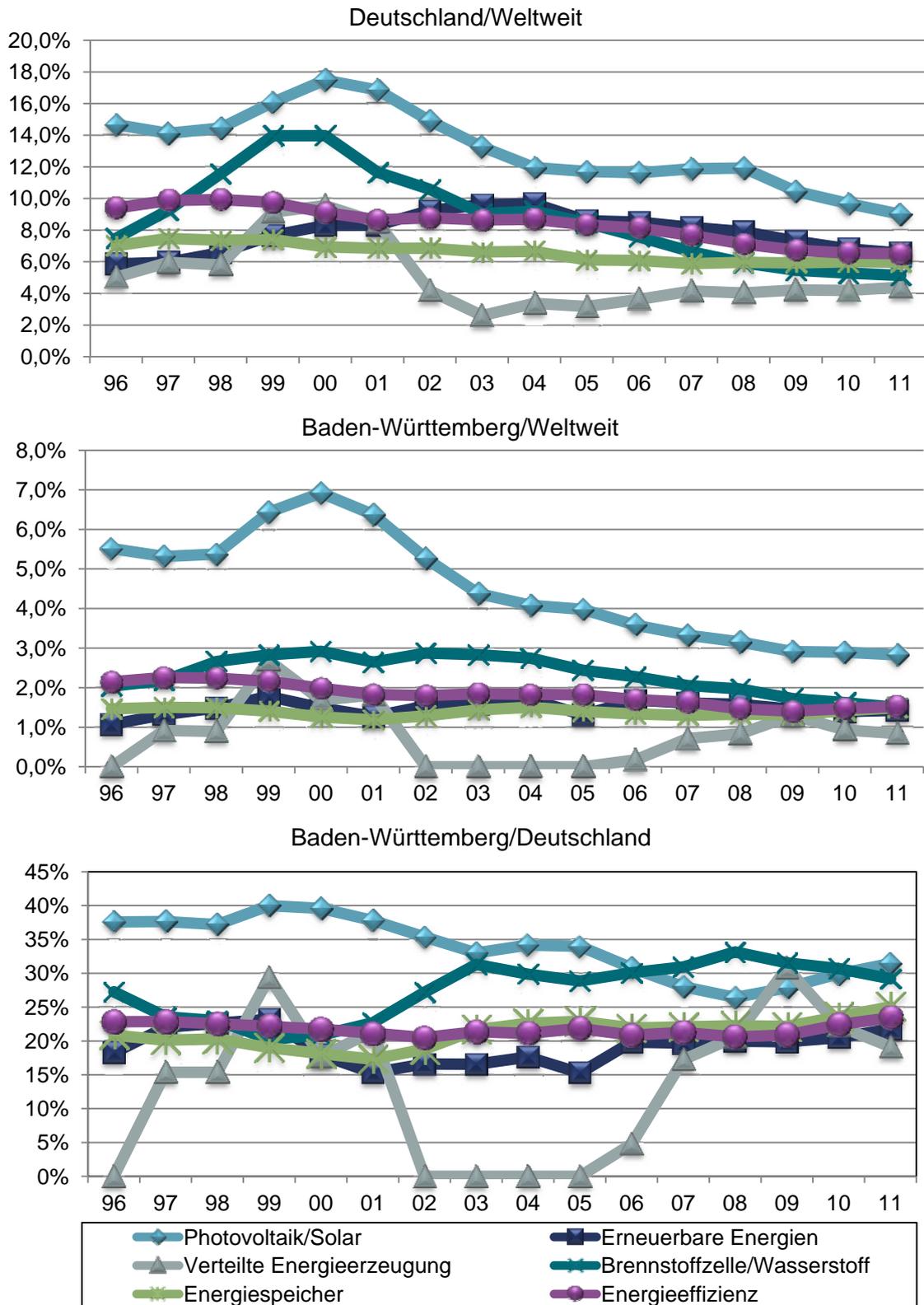
Betrachtet man nun die Anteile an den weltweiten Publikationen, die sich in den einzelnen Disziplinen über die Zeit ergeben (Abbildung 82), so lassen sich für Deutschland und auch für Baden-Württemberg insgesamt leicht sinkende bzw. stagnierende Trends identifizieren, die auf eine deutliche Ausweitung der Aktivitäten in anderen Teilen der Welt zurückzuführen sind. Im Bereich von Energieeffizienz und Energiespeicher konnte dieser Trend jedoch gestoppt bzw. sogar umgekehrt werden. Die höchsten Anteile erreicht Deutschland im Bereich Photovoltaik/Solar, wo 9% der weltweiten Publikationen aus Deutschland stammen, wobei dieser Anteil jedoch am deutlichsten zurück ging. Bei den anderen hier untersuchten Wissenschaftsfeldern zwischen 5 und 6,5%. Die Rolle Baden-Württembergs in Deutschland zeigt ein stabiles Bild, wobei mit Ausnahme von Brennstoffzelle/Wasserstoff in den letzten Jahren die Position ein wenig ausgebaut werden konnte. Im Jahr 2011 stammte über ein Viertel der wissenschaftlichen Publikationen im Bereich von Energie und Klimawandel in Deutschland aus Baden-Württemberg. Bei Photovoltaik/Solar lag dieser Anteil sogar bei 31,4% und bei Brennstoffzelle/Wasserstoff trotz Absinken bei 29,2%. Bei den übrigen Erneuerbaren und der Energieeffizienz erreicht Baden-Württemberg Anteile an den bundesdeutschen Publikationen von 22-23% und bei Energiespeichern von 25%. Insgesamt ergibt sich damit für Energie und Klimawandel ein überdurchschnittlicher Beitrag Baden-Württembergs zum deutschen Wissenschaftsprofil.

Abbildung 81: Anzahl der Publikationen im Schwerpunkt Klima, 1996-2011



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

Abbildung 82: Anteile der Publikationen im Schwerpunkt Klima, 1996-2011

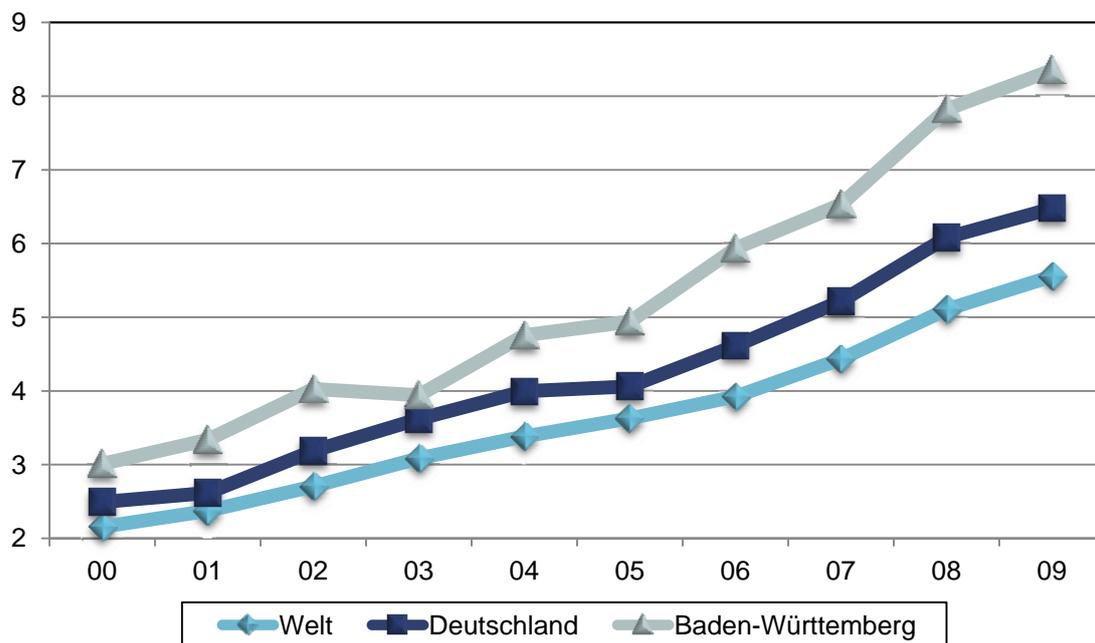


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Betrachtet man dabei die Zitatraten für dieses Schwerpunktthema insgesamt, wie sie in Abbildung 83 dargestellt sind, so lässt sich erneut die hohe Sichtbarkeit und damit die hohe Qualität sowohl im Vergleich zu den deutschen Publikationen als auch gegenüber den weltweiten Publikationen festhalten, die in den letzten Jahren des Beobachtungszeitraumes sogar noch leicht erweitert werden konnten. Ein Artikel aus Baden-Württemberg, der im Jahr 2009 publiziert wurde, wurde im Durchschnitt mehr als achtmal zitiert, während Artikel aus Deutschland insgesamt etwa 6,5mal zitiert wurden und die weltweiten Beiträge lediglich 5,5mal.

Es lässt sich somit für das baden-württembergische Wissenschaftssystem im Schwerpunktfeld Energie und Klimawandel eine gute weltweite und eine solide deutsche Position festhalten, die sich nicht nur quantitativ sondern auch qualitativ begründen lässt. Gerade die Bereiche der Energieeffizienz sowie Energiespeicher stellen sich im nationalen und internationalen Vergleich dynamisch dar, während die nach wie vor gute Position bei wissenschaftlichen Publikationen rund um die Erneuerbaren ein wenig erodierte.

Abbildung 83: Durchschnittliche Zitatraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt Energie und Klimawandel



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

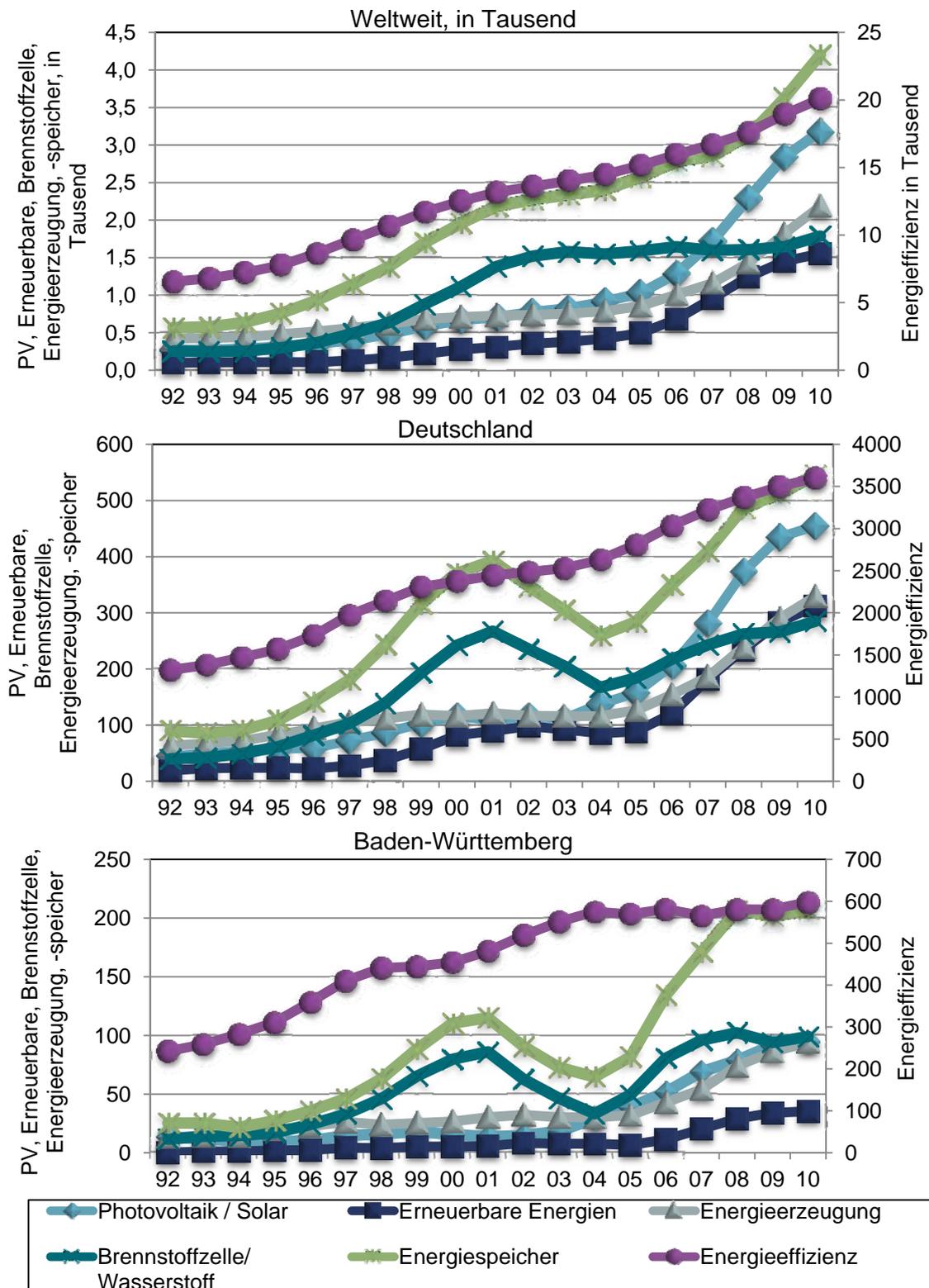
## 9.2 Patente

In diesem Abschnitt sind die Trends der Patentanmeldungen innerhalb der Teilbereiche des operativen Schwerpunkts dargestellt. In Abbildung 84 ist die Anzahl der

Patentanmeldungen in den Teilbereichen des operativen Schwerpunkts Klimawandel und Energie dargestellt. Weltweit zeigt sich für nahezu alle Teilbereiche ein deutliches Wachstum der Patentanmeldungen, spätestens seit dem Jahr 2001. Das einzige Feld in dem die Patentanmeldungen seit Anfang des Jahrtausends stagnieren ist die Brennstoffzelle. Im Bereich Energieeffizienz (auf der rechten Achse dargestellt) werden insgesamt gesehen weitaus die meisten Patente angemeldet, während der Bereich Erneuerbare Energien weltweit die niedrigsten Patentierungszahlen aufweist. Auch für deutsche Patentanmelder steigen die Zahlen für nahezu alle Teilbereiche über die Jahre hinweg deutlich an. Ein besonders starkes Wachstum der Patentanmeldungen Deutschlands findet im Bereich Photovoltaik/Solar statt, jedoch kann in den Bereichen Energiespeicher und Brennstoffzellen – nach einem Absinken der Zahlen zwischen den Jahren 2001 und 2004 – auch ein starkes Wachstum verzeichnet werden. Für Baden-Württemberg zeigt sich ein sehr ähnliches Bild wie für Deutschland. Das Feld mit den höchsten Patentierungszahlen ist der Bereich Energieeffizienz, in dem am aktuellen Rand ca. 600 Patente aus Baden-Württemberg angemeldet werden. Der größte Unterschied zu den gesamtdeutschen Anmeldezahlen findet sich im Bereich Erneuerbare Energien. Während dieses Feld in Deutschland stark im Wachstum begriffen ist, können in Baden-Württemberg nur leicht steigende Anmeldezahlen verzeichnet werden.

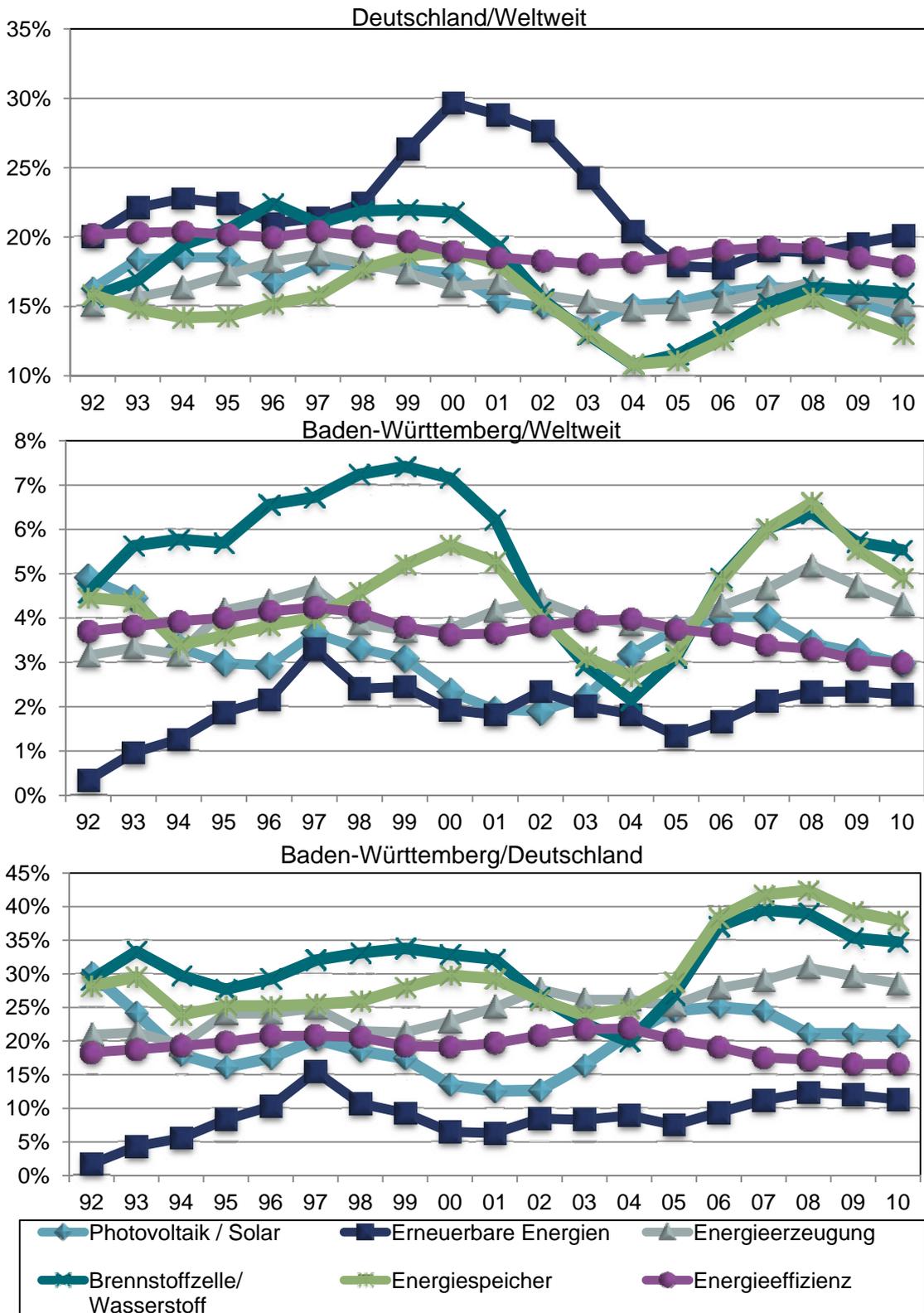
Abbildung 85 zeigt die Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Klima/Energie für Deutschland und Baden-Württemberg. Weltweit kann Deutschland in fast allen Feldern einen Patentierungsanteil von etwa 15-20% vorweisen. In den Jahren 1999 bis 2004 konnte Deutschland besonders im Feld Erneuerbare Energien sehr hohe Patentierungsanteile von bis zu 30% erreichen. Ab 2004 sinkt dieser Anteil jedoch auf bis zu 20% am aktuellen Rand. Baden-Württemberg weist im weltweiten Vergleich besonders in den Feldern Energiespeicher und Brennstoffzelle hohe Anteile von Patentanmeldungen zwischen 5% und 6% auf. Wie bereits in den absoluten Patentierungszahlen erkennbar war ist im Feld Erneuerbare Energien der niedrigste Patentierungsanteil von nur ca. 2% erkennbar. Ein ähnliches Bild zeichnet sich für die Anteile am gesamtdeutschen Portfolio. Auch hier können in den Bereichen Energiespeicher und Brennstoffzelle die höchsten Patentierungsanteile verzeichnet werden. Insgesamt ist Baden-Württemberg für 38% bzw. 35% der deutschen Patentanmeldungen in diesen beiden Feldern verantwortlich. Obwohl die Anteile im Bereich Erneuerbare Energien in den letzten Jahren leicht gesteigert werden konnten, machen baden-württembergische Anmeldungen in diesem Feld nur 11% der deutschen Anmeldungen insgesamt aus.

Abbildung 84: Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen im Schwerpunkt Energie, 1992-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 85: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Klima, 1992-2010

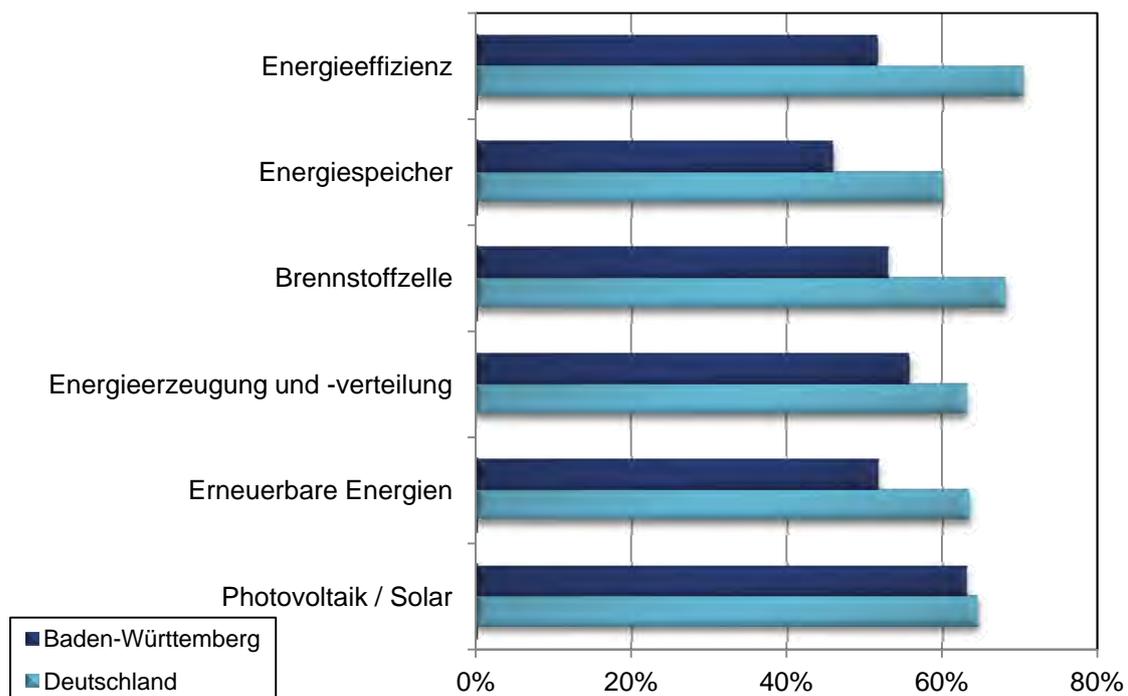


Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

### 9.3 Internationalisierung

Abbildung 86 zeigt die Internationalisierung der Patentanmeldungen als Anteil der transnationalen an allen Anmeldungen für Deutschland und Baden-Württemberg im Schwerpunkt Klima zwischen 2008 bis 2010. Insgesamt zeigen sich baden-württembergische Anmelder im Feld Klima/Energie weniger stark international orientiert als die Anmelder in Deutschland insgesamt. Das in Baden-Württemberg am stärksten internationalisierte Feld ist Photovoltaik/Solar, in dem knapp über 60% aller Anmeldungen auch international angemeldet werden. Am wenigsten stark international ausgerichtet zeigt sich das Feld Energiespeicher, in dem nur ca. 45% der Patentanmeldungen auch international angemeldet werden.

Abbildung 86: Internationalisierung der Patentanmeldungen (Anteil der transnationalen an allen Anmeldungen für Deutschland) im Schwerpunkt Klima/Energie, 2008-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

### 9.4 Zusammenfassung

Die baden-württembergische Position im weltweiten Vergleich der Wissenschaftssysteme im Schwerpunktfeld Energie und Klimawandel ist besonders gut in der Energieeffizienz-Forschung und bei Energiespeichern, die noch ausgebaut werden konnte. Ebenso ergibt sich eine gute Position bei Erneuerbaren. Ein Thema, das

viele andere Länder mittlerweile ebenfalls für sich entdeckt haben und in der Konsequenz ihre wissenschaftlichen Kompetenzen ausgebaut haben. Für die industriellen Herausforderungen ist das Wissenschaftssystem insofern gut gerüstet, wenngleich die Kompetenzen bei Brennstoffzellen bzw. Batterien u.a. wegen über Jahre fehlender Lehrstühle bspw. im Bereich von Elektro-Chemie keine dem heutigen Bedarf entsprechende wissenschaftliche Aktivitäten zur Verfügung stehen. Auch die industriellen Stärken sind unverkennbar und werden auch im Wesentlichen in den wissenschaftlichen Strukturen reflektiert. Allerdings sind die Patentanmeldungen bei Photovoltaik/Solar und noch stärker bei den übrigen Erneuerbaren Energien weniger ausgeprägt. In diesen Bereichen zeigen sich jedenfalls keine komparativen Vorteile für die baden-württembergische Industrie. Hingegen ist man in Baden-Württemberg bei Energiespeicher und bei der Verteilung von Energie technologisch gut aufgestellt, was auch für das Wissenschaftssystem nachweisbar ist.

## 10 Nachhaltige Mobilität

Der operative Schwerpunkt Nachhaltige Mobilität der Baden-Württemberg Stiftung umfasst in der in dieser Untersuchung verwendeten Definition Technologien rund um die Elektromobilität, Batterien für Elektromobile, Brennstoffzelle für Fahrzeuge, neue Materialien und Leichtbau, Biokraftstoffe, sowie schließlich auch Fahrzeugtechnik, Verkehrsinfrastruktur und neue Mobilitätskonzepte. Diese Abgrenzungen gelten zunächst sowohl für die Patente und damit die industrielle Perspektive, als auch die wissenschaftlichen Publikationen zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit des baden-württembergischen Wissenschaftssystems, wobei im Fall der wissenschaftlichen Publikationen die Batterien und die Brennstoffzelle gemeinsam mit der Elektromobilität betrachtet werden, da die Fallzahlen eine differenziertere Analyse nicht zulassen.

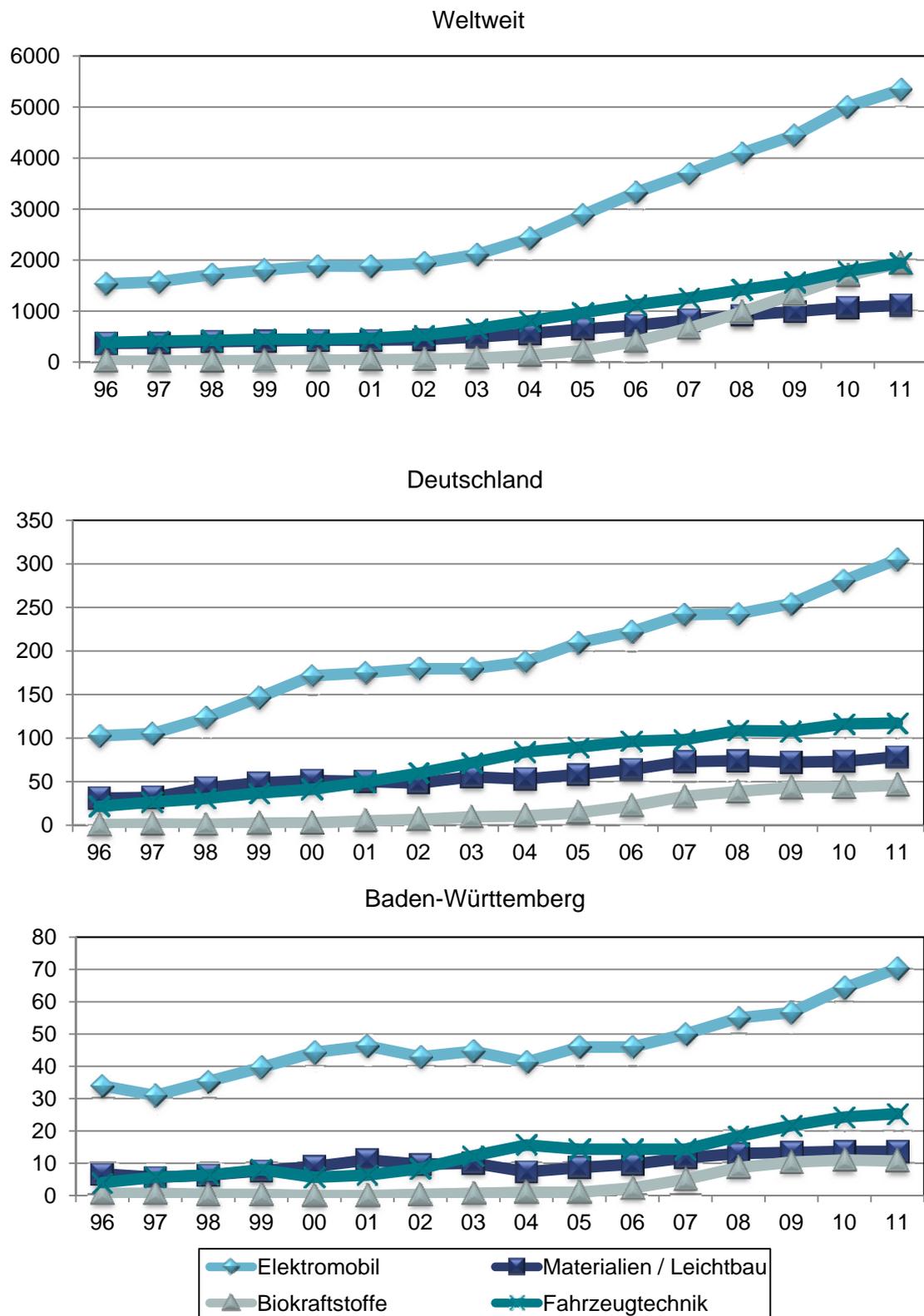
### 10.1 Publikationen

Rund um die Nachhaltige Mobilität werden weltweit derzeit jährlich lediglich knapp 10.000 wissenschaftliche Artikel in Zeitschriften veröffentlicht, die in Scopus erfasst sind (Abbildung 87) – eine große Zahl davon stammt aus China. Die mit Abstand größte Zahl an Publikationen innerhalb der Nachhaltigen Mobilität vereint dabei die Elektromobilität mit 4.500 Artikeln auf sich, gefolgt von Biokraftstoffen und Fahrzeugtechnik mit jeweils ca. 2.000 Artikeln sowie mit etwas Abstand Materialien/Leichtbau, die mit ca. 1.000 Publikationen in 2011 zu Buche schlugen. Die kleinste – und in den Abbildungen nicht ausgewiesene – Gruppe der hier betrachteten wissenschaftlichen Disziplinen befasst sich mit der Brennstoffzelle für Mobilität, wo es derzeit lediglich gut 200 Artikel im Jahr sind, die in Scopus erfasst werden. Baden-Württemberg zeichnete im Jahr 2011 für lediglich gut 120 und Deutschland insgesamt für nur ca. 530 Publikationen im Bereich der Nachhaltigen Mobilität verantwortlich, das heißt dies ist wissenschaftlich kein breit und umfassend bearbeitetes Feld in Deutschland, so dass kaum Grundlagenforschung bzw. grundlagenorientierte Anwendungsforschung aus Deutschland und Baden-Württemberg in Scopus dokumentiert vorliegt. Wie in nahezu allen wissenschaftlichen Disziplinen zeigt sich auch bei der Nachhaltigen Mobilität ein deutlich steigendes Publikationsaufkommen weltweit, wie auch in den Wissenschaftssystemen von Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt. Die starke Dynamik kommt jedoch aus Asien und kann in Deutschland und Baden-Württemberg nicht mitgegangen werden. Die gesamten in Scopus erfassten Publikationen sind dabei seit dem Jahr 2000 bis zum Jahr 2011 jährlich um durchschnittlich 4,7% gewachsen, in Baden-Württemberg immerhin um 4,2% und in Deutschland lediglich um 3,4% – dies wur-

de bereits in Kapitel 2 ausgeführt. Bezogen auf Nachhaltige Mobilität lagen die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten in diesem Zeitraum sogar bei 12,9%, was das höchste Wachstum unter den in dieser Untersuchung dargestellten Schwerpunktthemen darstellt. Baden-Württemberg konnte in diesem Zeitraum lediglich ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 7,7% und Deutschland von 7,5% realisieren, was zwar immer noch beachtlich, von dem weltweiten Trend jedoch deutlich abgehängt ist. Innerhalb der Nachhaltigen Mobilität weltweit am stärksten gewachsen sind dabei die Biokraftstoffe, die um 42,2% zulegen konnten und gerade ab 2008 eine enorme Dynamik weltweit erfahren haben. Hier haben Baden-Württemberg und Deutschland auch die deutlichsten Defizite. Dieses Thema wird nahezu komplett dem Ausland überlassen. Ähnliches gilt es auch für die Themen rund um die Elektromobilität zu sagen, wo die wissenschaftlichen Trends offensichtlich in Deutschland und Baden-Württemberg nicht abgebildet werden konnten und auch in absoluten Zahlen eine verschwindend geringe Zahl an wissenschaftlichen Publikationen aus Baden-Württemberg stammt. Im Jahr 2011 waren es gerade einmal 80. Selbst in der Fahrzeugtechnik sind die weltweiten Wachstumsraten mit 14,5% höher als hierzulande, wo aber immerhin noch beachtliche 10% pro Jahr hinzugekommen sind.

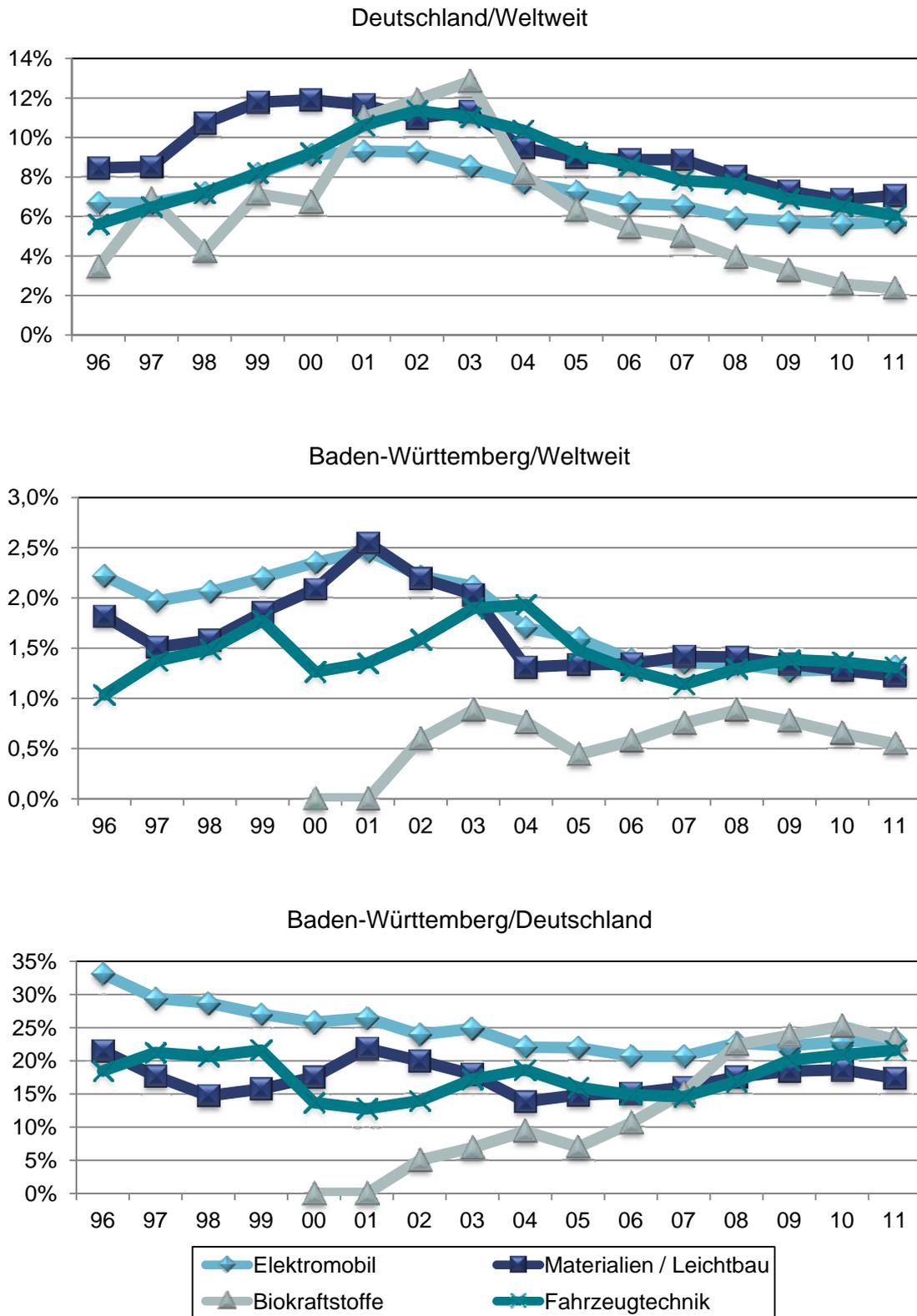
Betrachtet man nun die Anteile an den weltweiten Publikationen, die sich in den einzelnen Disziplinen über die Zeit ergeben (Abbildung 88), so lassen sich für Deutschland insgesamt zunächst sinkende Trends identifizieren, die auf eine deutliche Ausweitung der Aktivitäten in anderen Teilen der Welt zurückzuführen ist, wie bereits erwähnt insbesondere China. Teilweise konnte der sinkende Trend hinsichtlich der weltweiten Anteile an den wissenschaftlichen Publikationen in Deutschland zumindest verlangsamt werden. Die Anteile sind in den drei Teilbereichen Elektromobilität, Materialien/Leichtbau und Fahrzeugtechnik mit 6-7% ähnlich, jedoch im Vergleich zum Beitrag Deutschlands zu den gesamten in Scopus erfassten wissenschaftlichen Publikationen etwa im Durchschnitt. Bei den Biokraftstoffen sind es deutlich weniger und im Jahr 2011 gerade einmal 2,4%. Die Rolle Baden-Württembergs in Deutschland und der Welt zeigt ebenfalls ein getrübbtes Bild. Auch hier ist bei Biokraftstoffen kaum Aktivität zu verzeichnen und in den anderen drei Bereichen erreicht Baden-Württemberg mit ca. 1,3% ebenfalls nur leicht unterdurchschnittliche Werte im Vergleich zu seinen gesamten Publikationszahlen in Scopus. Es ergibt sich für die Nachhaltige Mobilität in Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschland insgesamt ein überdurchschnittlicher Beitrag Wissenschaftsprofil, wobei im Teilbereich von Materialien/Leichtbau mit ca. 18% der Anteil von Baden-Württemberg an Deutschland jedoch nicht ganz erreicht wird.

Abbildung 87: Anzahl der Publikationen im Schwerpunkt Mobilität, 1996-2011



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

Abbildung 88: Anteile der Publikationen im Schwerpunkt Mobilität, 1996-2011

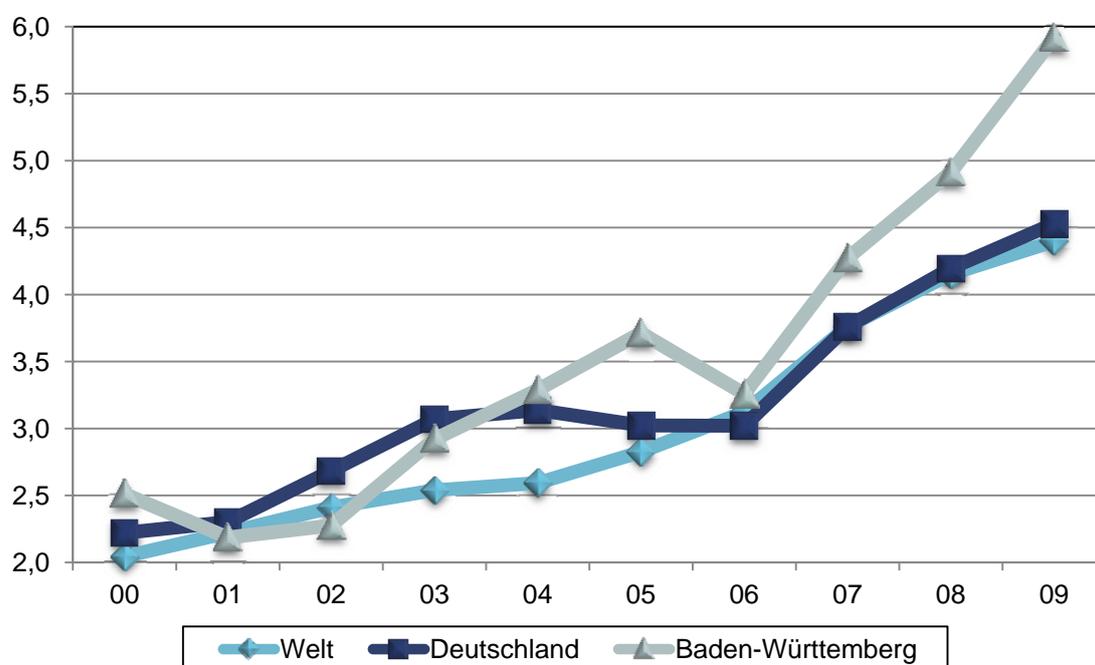


Quelle: Elsevier – SCOPUS; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Betrachtet man die Zitatraten für dieses Schwerpunktthema insgesamt, wie sie in Abbildung 89 dargestellt sind, so lässt sich für Baden-Württemberg immerhin noch eine etwas höhere Sichtbarkeit und damit Qualität sowohl im Vergleich zu den deutschen als auch den weltweiten Publikationen feststellen. Deutschland insgesamt erreicht jedoch keine höheren Zitatraten wie alle anderen in Scopus erfassten Publikationen im Bereich der Nachhaltigen Mobilität.

Es lässt sich somit für das baden-württembergische Wissenschaftssystemen im Schwerpunktfeld Nachhaltige Mobilität keine ausgeprägte und starke Position festhalten.

Abbildung 89: Durchschnittliche Zitatraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt Mobilität



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

## 10.2 Patente

In diesem Abschnitt sind die Trends der Patentanmeldungen innerhalb der Teilbereiche des operativen Schwerpunkts dargestellt. Zur besseren Unterscheidung der drei eventuell ähnlich zu verstehenden Teilbereiche Elektromobilität, Batterien und Fahrzeugtechnik (im Kontext nachhaltige Mobilität), werden sie an dieser Stelle etwas näher erläutert. Elektromobilität umfasst in der hier verwendeten technologischen Definition beispielsweise Elektromotoren, deren Einbau und Anordnung im Fahrzeug oder auch die Kraftübertragung inkl. einen möglicherweise notwendigen

Getriebe. Die hierzu notwendigen Steuer- oder Regeltechnologien bspw. für Geschwindigkeit oder Stromverbrauch sind ebenfalls enthalten. Ebenfalls enthalten sind Technologien für Hybridfahrzeuge. Die Kategorie Batterien umfasst Primär- und Sekundärzellen inklusive aktiver und nichtaktiver Komponenten (Elektroden, Ableiterfolien, Gehäuse etc.). Die Fahrzeugtechnik beinhaltet nicht nur Technologien rund um das Auto, sondern alle Fahrzeuge, also auch Schienenfahrzeuge, Schiffe und Flugzeuge, wobei hier lediglich nachhaltigkeitsrelevante Technologien wie beispielsweise Leichtlaufreifen, Bremsenergie rückgewinnung, die Heiz- und Klimatechnik jenseits von Verbrennungsmotoren sowie Untergestelle (nicht die Aufbauten) der Fahrzeuge verstanden werden sollen.

Wie Abbildung 90 zeigt, werden weltweit die meisten Patente in dem Teilbereich der Fahrzeugtechnik auch innerhalb der Nachhaltigen Mobilität angemeldet, gefolgt von den Batterien und der zugehörigen Leistungselektronik, die sich ein wenig abgesetzt haben gegenüber dem reinen Elektrofahrzeug (an dieser Stelle ohne Berücksichtigung der Batterien). Die Brennstoffzelle hatte weltweit im Jahr 2003, dem Zeitpunkt der höchsten Anmeldezahlen, weniger als 850 Patent und die Zahlen gingen im Zeitverlauf sogar zurück bis auf einen Wert von knapp 570 Anmeldungen in 2010. Biokraftstoffe sind ebenfalls ein eher kleines, dafür aber dynamisches Feld und erreichen im Jahr 2010 ein Niveau von mehr als 660 Patenten. Demgegenüber bleiben auch in den letzten Jahren die Anmeldezahlen im Bereich Materialien/Leichtbau unterhalb der Marke von 50 Patenten pro Jahr weltweit.

In Baden-Württemberg ist eine deutliche Dynamik im Feld Nachhaltige Mobilität ab dem Jahr 2005 zu verzeichnen. Es wurden im Jahr 2010 im Bereich von Elektromobilen (ohne Batterien) 233 Patente angemeldet und damit sogar mehr als im Bereich der Fahrzeugtechnik, wo es etwas weniger als 200 waren und im Bereich der Batterien, die zuletzt etwas abgenommen hatten. Die Brennstoffzelle für den möglichen Einsatz in Fahrzeugen folgt einem Auf und Ab über die Zeit und erreicht dabei im Maximum den Wert 38 und lag zuletzt auf einem Niveau von 20 Anmeldungen, das heißt diese Technologie ist von einer breiten Marktanwendung derzeit wohl noch weit entfernt. Hinsichtlich Materialien/Leichtbau sowie Biokraftstoffe zeigen baden-württembergische Unternehmen nahezu keine Aktivität.

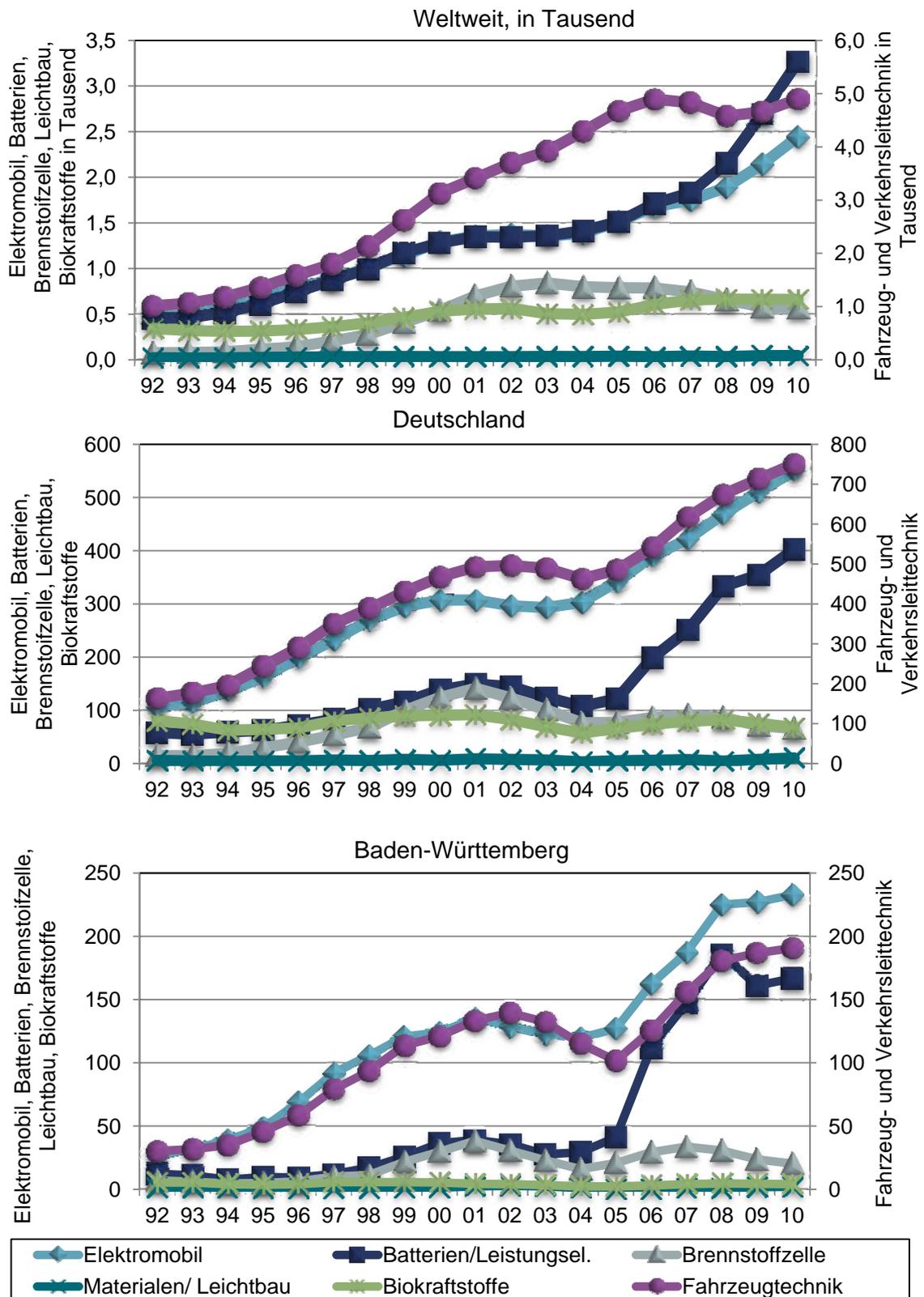
Die durchschnittliche Wachstumsrate im Bereich der Nachhaltigen Mobilität lag zwischen den Jahren 2000 und 2010 jährlich bei ca. 5,5% in Baden-Württemberg und Deutschland allerdings nur bei 4,4%. Die Werte sind damit aber deutlich höher als die Wachstumsraten aller Patentanmeldungen, die weltweit bei 2,9% lag und in Baden-Württemberg und Deutschland bei 2% bzw. 1,8% lag. Innerhalb der Nachhaltigen Mobilität waren Batterien inklusive der Leistungselektronik der größte

Wachstumstreiber mit einem jährlichen durchschnittlichen Zugewinn von 9,9% weltweit. Interessant ist, dass im Zeitraum 2000 bis 2010 die Wachstumsraten in Baden-Württemberg und Deutschland in diesem Teilbereich sogar höher lagen und Werte von 15,8% bzw. 13,1% erreichten. Technologien rund um das Elektromobil lagen mit einer Wachstumsrate von 7,2% an zweiter Stelle, wobei Deutschland hier nur einen durchschnittlichen jährlichen Zugewinn von 6,1% und Baden-Württemberg gar nur 4,1% verbuchen können. Die Fahrzeugtechnik wuchs in Deutschland (5,1%) insgesamt stärker als im weltweiten Durchschnitt (4,4%), in Baden-Württemberg jedoch geringer mit einem Wert von 3,8%. Patentanmeldungen bei Biokraftstoffe sind weltweit mit gut 3% gewachsen und in Deutschland und Baden-Württemberg im Zeitverlauf zurückgegangen, das heißt diese Technologie wird in Deutschland weder in den Hochschulen und Forschungseinrichtungen noch in der Industrie breit beforscht. Dieses Feld hat man anderen Ländern überlassen, wie beispielsweise Brasilien oder China, aber auch USA, Japan und Korea. Die Brennstoffzelle stagniert weltweit und in Baden-Württemberg hat man hier gegenüber dem Jahr 2000 ein niedrigeres Niveau in 2010, was einem durchschnittlichen jährlichen Rückgang von 6,5% entspricht.

Abbildung 91 zeigt die Anteile Deutschlands und Baden-Württembergs an den weltweiten Patenten bzw. die Anteile Baden-Württembergs an allen deutschen Patentanmeldungen im Schwerpunktthema Nachhaltige Mobilität. Baden-Württembergs Anteile an den weltweiten Patentanmeldungen insgesamt lagen in den letzten Jahren zwischen 3,4% und 3,7%. Bezogen auf die Elektromobilität waren es in den Jahren 2007-2009 waren es zwischen 10,6% und 11,9% der weltweiten Patentanmeldungen, die von Unternehmen aus Baden-Württemberg angemeldet wurden, allen voran Bosch und Daimler. Entsprechend waren auch die Anteile Baden-Württembergs innerhalb Deutschlands in diesen Jahren auf Werte von 44-48% hochgeschneit. Im Jahr 2010 konnte Baden-Württemberg seine Patentanmeldungen bezüglich Elektromobilen (hier ohne Patente bezüglich Batterien) zwar nochmals weiter steigern, andere Länder haben ihre Aktivitäten in diesem Teilbereich jedoch deutlicher ausgeweitet, weshalb die Anteile sowohl weltweit wie auch in Relation zu Deutschland ein wenig rückläufig sind. Baden-Württemberg hat jedoch nach wie vor eine ausgezeichnete Position. Ähnliche Entwicklungen – wenngleich auf einem etwas niedrigeren Niveau – nahmen auch die Anteile hinsichtlich der Batterien für die Elektromobilität und der Brennstoffzelle für Fahrzeuge. Bei Batterien erreichte Baden-Württemberg zwischenzeitlich weltweite Anteile von über 8% und in Relation zu Deutschland sogar Werte von nahezu 60%, d.h. fast zwei Drittel aller transnationalen Patentanmeldungen Deutschlands stammten aus Baden-Württemberg. Bei der Brennstoffzelle ist das absolute Niveau deutlich niedriger

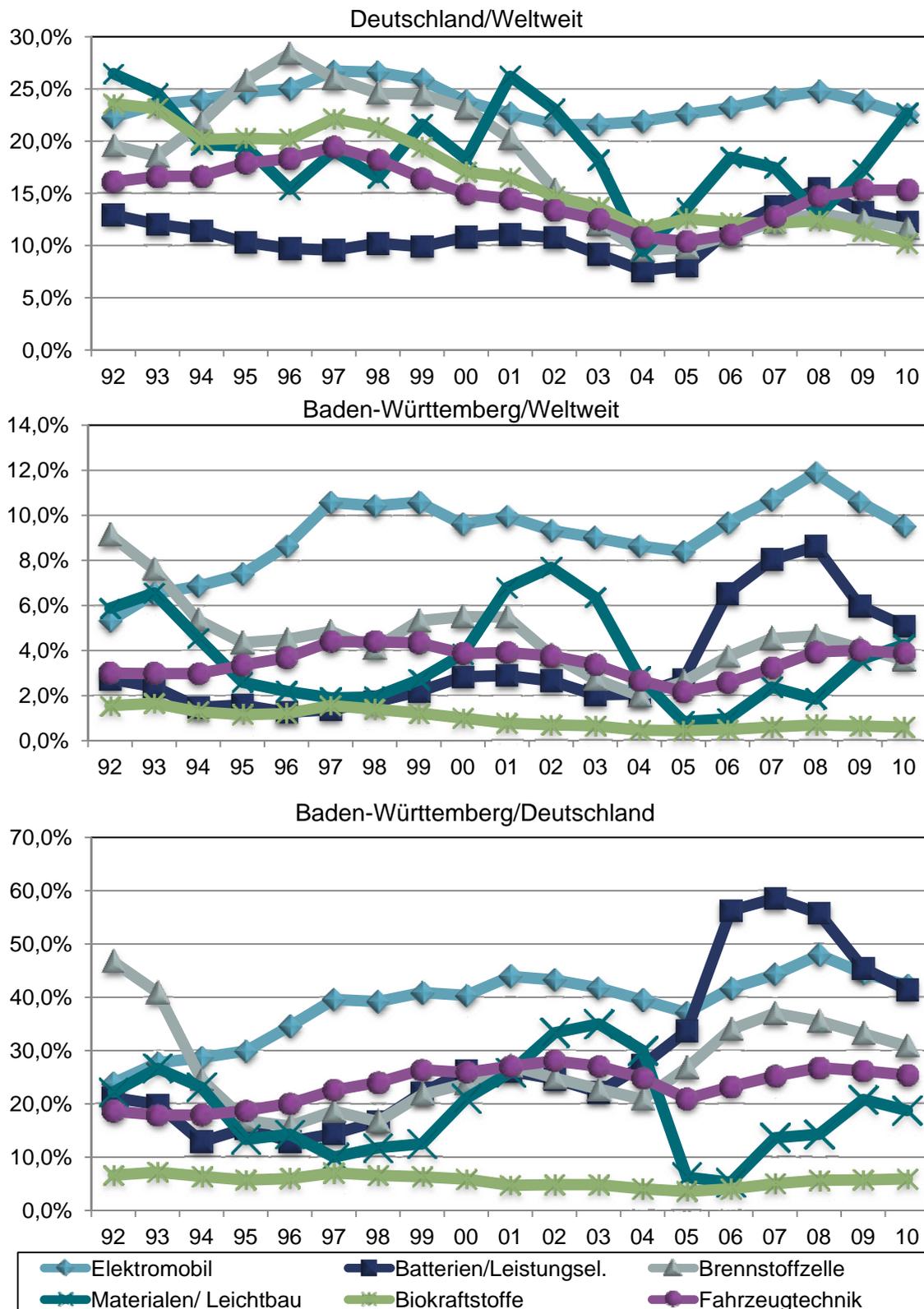
und es gab – wie gesagt – deutliche Aufs und Abs, wobei es derzeit eher wieder ein Tal zu durchschreiten gilt. Die Herausforderung ist dabei nicht unbedingt die Brennstoffzelle selbst, sondern einerseits die Produktion und Verteilung des notwendigen Wasserstoffs (oder eines alternativen Gases), sowie die Speicherung der entstehenden Energie im Fahrzeug, das heißt auch die Brennstoffzelle ist auf die Entwicklungen und Fortschritte bei der Batterietechnologie angewiesen. Es müssen also zunächst andere technologische Fragen beantwortet werden, ehe auch die Brennstoffzellentechnologie in Richtung Serienreife gebracht werden kann. Die baden-württembergische Industrie hält hier die Forschung aufrecht bzw. geht voran. Sie kann damit sicher die Kompetenzen erarbeiten und aufrechterhalten, die dann rechtzeitig abgerufen werden können. Baden-Württemberg hält Anteile an den weltweiten Patentanmeldungen von etwa 4%, also dem gesamt durchschnittlichen Niveau Baden-Württembergs bei Transnationalen Patenten. Ähnliche Anteile werden auch bei Fahrzeugtechnik und Materialien/Leichtbau erreicht. Einzig bei Biokraftstoffen liegen die Anteile mit 0,6% deutlich darunter.

Abbildung 90: Anzahl der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Mobilität, 1992-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 91: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Mobilität, 1992-2010

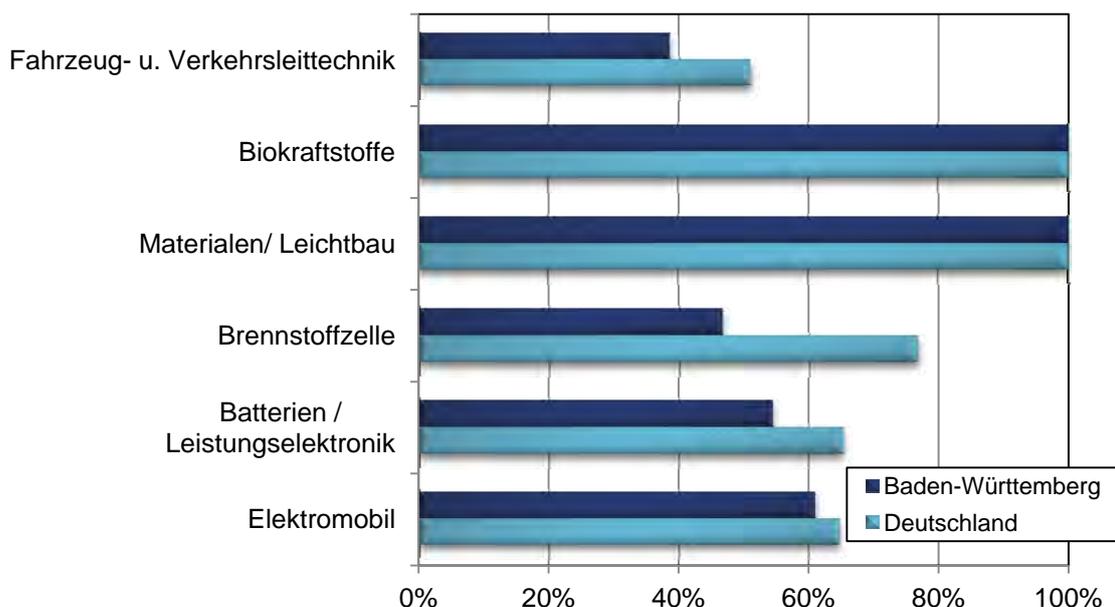


Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

### 10.3 Internationalisierung

Die Anteile der Transnationalen an allen Patentanmeldungen mit potenzieller Schutzwirkung in Deutschland ist in Abbildung 92 abgetragen. Die beiden kleinen Felder Biokraftstoffe und Materialien/Leichtbau sind faktisch zu 100% internationalisiert, das heißt alle Erfindungen werden nicht nur mit Blick auf den deutschen Markt, sondern auf die internationalen Märkte angemeldet. Auch bei der Brennstoffzelle ist bundesweit der Anteil mit 77% sehr hoch, während in Baden-Württemberg lediglich etwas mehr als die Hälfte der Brennstoffzellen-Erfindungen auch international angemeldet werden. Bei Batterien sowie bei der Elektromobilität sind es etwa zwei Drittel und bei der Fahrzeugtechnik etwa die Hälfte. In allen Bereichen liegen die Werte für Baden-Württemberg einmal mehr niedriger als die Werte für Deutschland, das heißt hier scheint ein Potenzial für die weitere Internationalisierung der Märkte auch im Bereich der Nachhaltigen Mobilität gegeben zu sein. Zwar reicht es in vielen, eher grundlagenorientierten bzw. grundlegenden Technologien aus, eine kostengünstigere nationale Anmeldung vorzunehmen und erst bei marktnäheren Technologien die internationalen Märkte mit ins Visier zu nehmen. Die deutschen Unternehmen außerhalb Baden-Württembergs scheinen hier jedoch eine etwas andere Strategie zu verfolgen oder sind in einigen Bereichen eventuell bereits etwas näher an der Anwendung.

Abbildung 92: Internationalisierung der Patentanmeldungen (Anteil der transnationalen an allen Anmeldungen für Deutschland) im Schwerpunkt Mobilität, 2008-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

## 10.4 Zusammenfassung

Für das baden-württembergische Wissenschaftssystem konnte im Schwerpunktfeld Nachhaltige Mobilität keine ausgeprägte und starke Position festgestellt werden, wenngleich auch hier die Qualität, mit der die Wissenschaft betrieben wird, oberhalb des Weltdurchschnitts liegt. Betrachtet man die industrielle Forschung mit Hilfe von Patenten, dann kommt ein genau umgekehrtes Bild heraus. Baden-Württemberg hat eine ausgesprochen gute und starke Position sowohl im nationalen wie im internationalen Vergleich. Diese Position ist aber offensichtlich nicht durch umfassende und weltweit führende öffentliche Forschung in diesem Bereich unterfüttert. Dies mag an verschiedenen Einflussfaktoren liegen, insbesondere daran, dass das Thema der Nachhaltigen Mobilität bzw. der Elektromobilität derzeit noch recht jung ist, aber sehr schnell nach vorne gebracht wurde. Man hat beispielsweise über viele Jahre hinweg die Elektrochemie an den deutschen Hochschulen nicht hinreichend auf den jetzt erfolgten Bedarf hin gepflegt. Außerdem ist die Elektromobilität von der Anwendungsseite her entwickelt und befördert worden und weniger aus den wissenschaftlichen Erkenntnissen heraus auf die Anforderungen und Bedarfe ausgerichtet worden. Umso wichtiger erscheint es jetzt, die notwendigen wissenschaftlichen Kompetenzen und im weiteren Verlauf die wissenschaftliche Ausbildung auf die neuen Themen auszurichten.

## 11 Ressourcenschonung und Umweltschutz

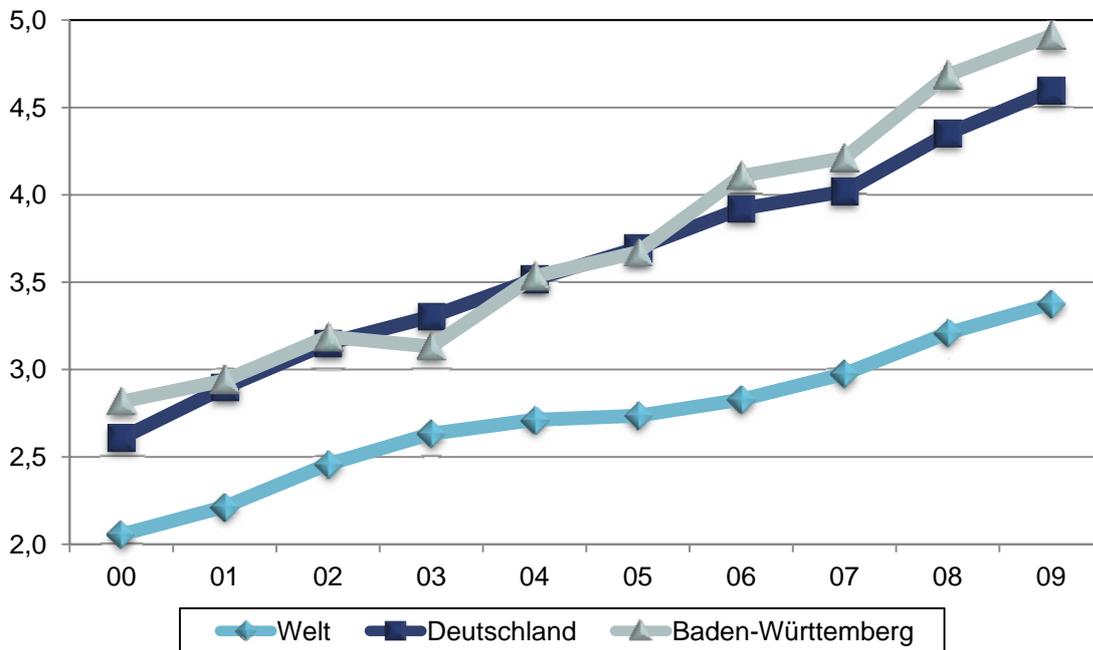
Der operative Schwerpunkt Ressourcenschonung und Umweltschutz (ökologische Modernisierung der Wirtschaft) der Baden-Württemberg Stiftung umfasst in der in dieser Untersuchung verwendeten Definition klassische Umweltschutztechnologien wie Recycling und Abfallverwertung, Wasserreinhaltung und -reinigung, Lärmschutz, Luftreinhaltung und Emissionsreduktion inklusive Filtertechnologien sowie jenseits des klassischen Umweltschutzes auch Roh- und Werkstoffeffizienztechnologien. Dies betrifft zunächst die Patente und damit die industrielle Perspektive. Zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit des baden-württembergischen Wissenschaftssystems können diese Teilbereiche nicht eindeutig definitorisch voneinander getrennt werden, weshalb die Publikationen lediglich auf der Ebene des gesamten Feldes dargestellt und analysiert werden können. Enthalten sind jedoch auch hier Publikationen in den Teilbereichen des traditionellen Umweltschutzes, Recycling, Lärm, Luft, Wasser und auch rohstoff- und energieeffiziente Technologien.

### 11.1 Publikationen

Der in Bezug auf Publikationszahlen kleinere Bereich Ressourcenschonung und Umwelt ist nicht weiter in Teilbereiche untergliedert. Die Ergebnisse der Indikatoren des Gesamtfeldes sind in Kapitel 2 dargestellt. Baden-Württemberg ist, wie Deutschland insgesamt, nur durchschnittlich auf Umweltschutzforschung spezialisiert, das heißt sie nimmt im Profil Baden-Württembergs die gleiche Rolle ein wie in der Welt insgesamt. Die Zitatraten, dies belegt Abbildung 93, liegen dabei etwas oberhalb der weltweiten Zitatraten, das heißt Veröffentlichungen im Schwerpunktthema Ressourcenschonung und Umweltschutz werden durchschnittlich etwas häufiger wahrgenommen als die weltweiten Veröffentlichungen. Man schließt daraus, dass sie von höherer Qualität sind. Die Werte liegen seit einiger Zeit auch oberhalb der Referenzwerte für Deutschland, wenngleich die Differenz nur gering ist, denn die Publikationen aus Baden-Württemberg werden durchschnittlich 4,9mal zitiert, die aus Deutschland 4,6mal, wobei der weltweite Durchschnitt bei 3,4 liegt.

Insgesamt ist damit die Qualität hoch, wenn auch die Menge der Publikationen kein auffallendes Engagement Baden-Württembergs anzeigt.

Abbildung 93: Durchschnittliche Zitatraten für Baden-Württemberg, Deutschland und die Welt im Schwerpunkt Ressourcenschonung und Umweltschutz



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

## 11.2 Patente

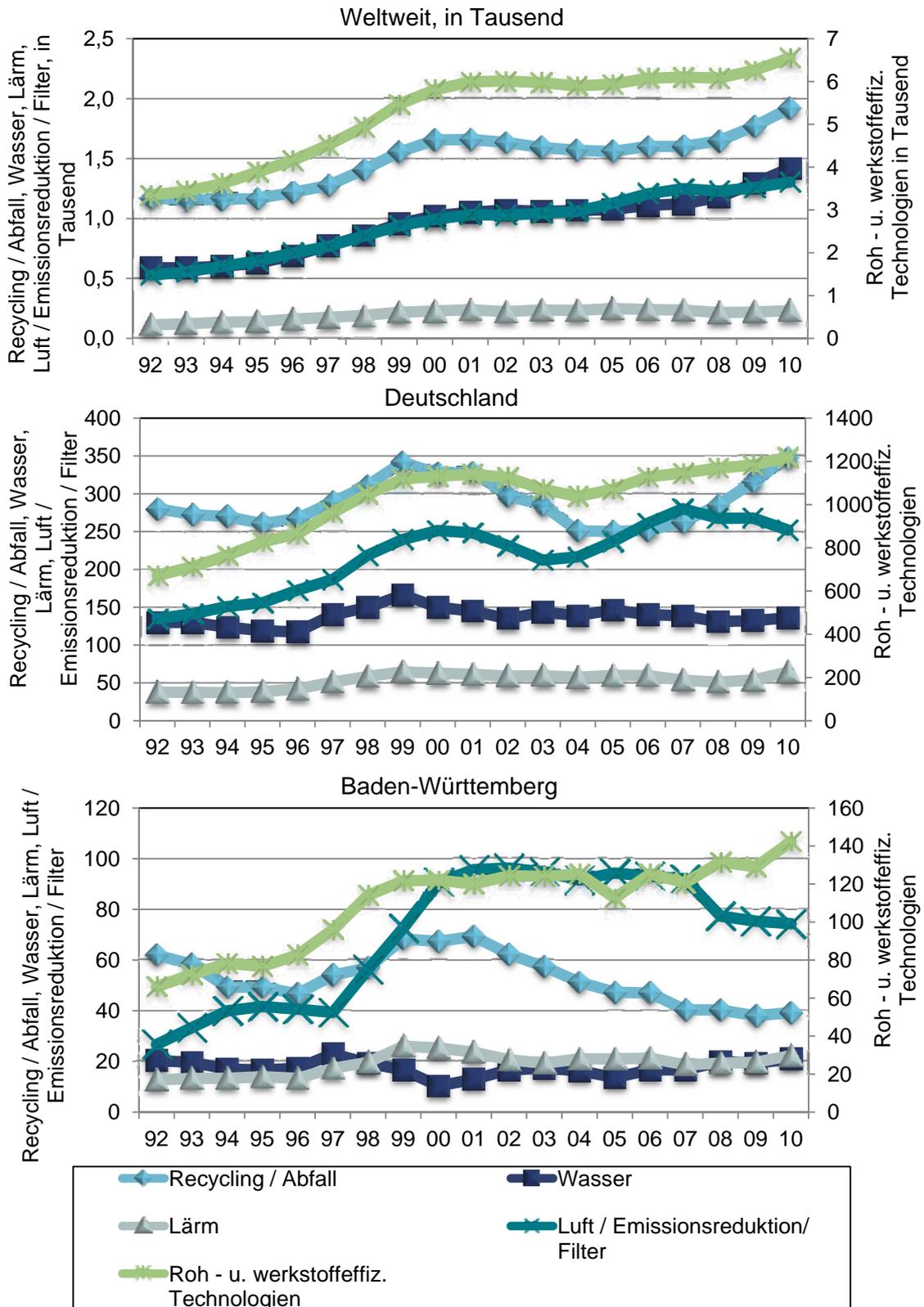
In diesem Abschnitt sind die Trends der Patentanmeldungen innerhalb der Teilbereiche des operativen Schwerpunkts dargestellt. Eine Differenzierung der Patente in verschiedene technologische Teilbereiche ist möglich und umfasst neben der Kategorie der roh- und werkstoffeffizienten Technologien die traditionellen Bereiche Lärm, Luft, Wasser und Abfall/Recycling des klassischen Umweltschutzes. In absoluten Zahlen sind weltweit die roh- und werkstoffeffizienten Technologien am stärksten vertreten mit mehr als 6.500 transnationalen Patentanmeldungen im Jahr 2010, die eine Dynamik in den letzten Jahren entwickelt hat, nachdem es seit Beginn des neuen Jahrtausends kaum Zunahmen in den jährlichen Patentanmeldungen gab (Abbildung 94). Auch in Deutschland steht dieser Teilbereich mit ca. 1.200 Anmeldungen pro Jahr absolut an der Spitze. In Baden-Württemberg ist der Abstand mit 140 Patentanmeldungen gegenüber dem zweitplatzierten Teilbereich, der Luftreinhaltung, in den letzten Jahren zwar größer geworden, da einerseits die Effizienztechnologien zugelegt haben und gleichzeitig die Luftreinhaltung an Gewicht verloren hat. Es erreichte zuletzt ein Niveau von weniger als 80 Patentanmeldungen. Der Bereich Abfall/Recycling folgt in Baden-Württemberg einem abnehmenden Trend, während es in Deutschland seit der Mitte der ersten Dekade eine neue

Dynamik erfährt und weltweit sogar ungebrochen und zuletzt sogar etwas stärker gewachsen ist. Allerdings reden wir hier weltweit über knapp 2.000, in Deutschland über ca. 350 und in Baden-Württemberg gerade einmal über 39 Patentanmeldungen im Jahr 2010. Die Bereiche Wasser und Lärm sind jedoch mit jeweils 20 Patentanmeldungen pro Jahr noch kleinere Teilbereiche und zeigen auch kaum Veränderung über die Zeit.

Insgesamt sind die Patente in Baden-Württemberg im Zeitraum zwischen 2000 und 2010 jährlich um durchschnittlich 2% gewachsen (2,9% weltweit). Die Patentanmeldungen Baden-Württembergs im gesamten Schwerpunktfeld Ressourcenschonung und Umweltschutz haben in diesem Zeitraum um jährlich 0,7% abgenommen – weltweit sind sie um 1,8% gewachsen. Dieser Rückgang liegt zuallererst an Recycling/Abfall, wo ein Minus von 8% pro Jahr deutlich zu Buche schlägt. Aber auch die Teilbereiche Lärmschutz (-4,1%) und Luftreinhaltung (-1,3%) haben im Zeitverlauf an jährlichen Patentanmeldungen eingebüßt. Demgegenüber haben die roh- und werkstoffeffizienten Technologien um jährlich durchschnittlich 2,1% zugelegt – insbesondere aber in den letzten drei Jahren des Beobachtungszeitraumes – und Patente im Teilbereich der Wasserreinhaltung sind gar um 4,7% gewachsen, wenngleich sie eine sehr unstete Entwicklung genommen haben und nach wie vor auf einem niedrigen absoluten Niveau liegen.

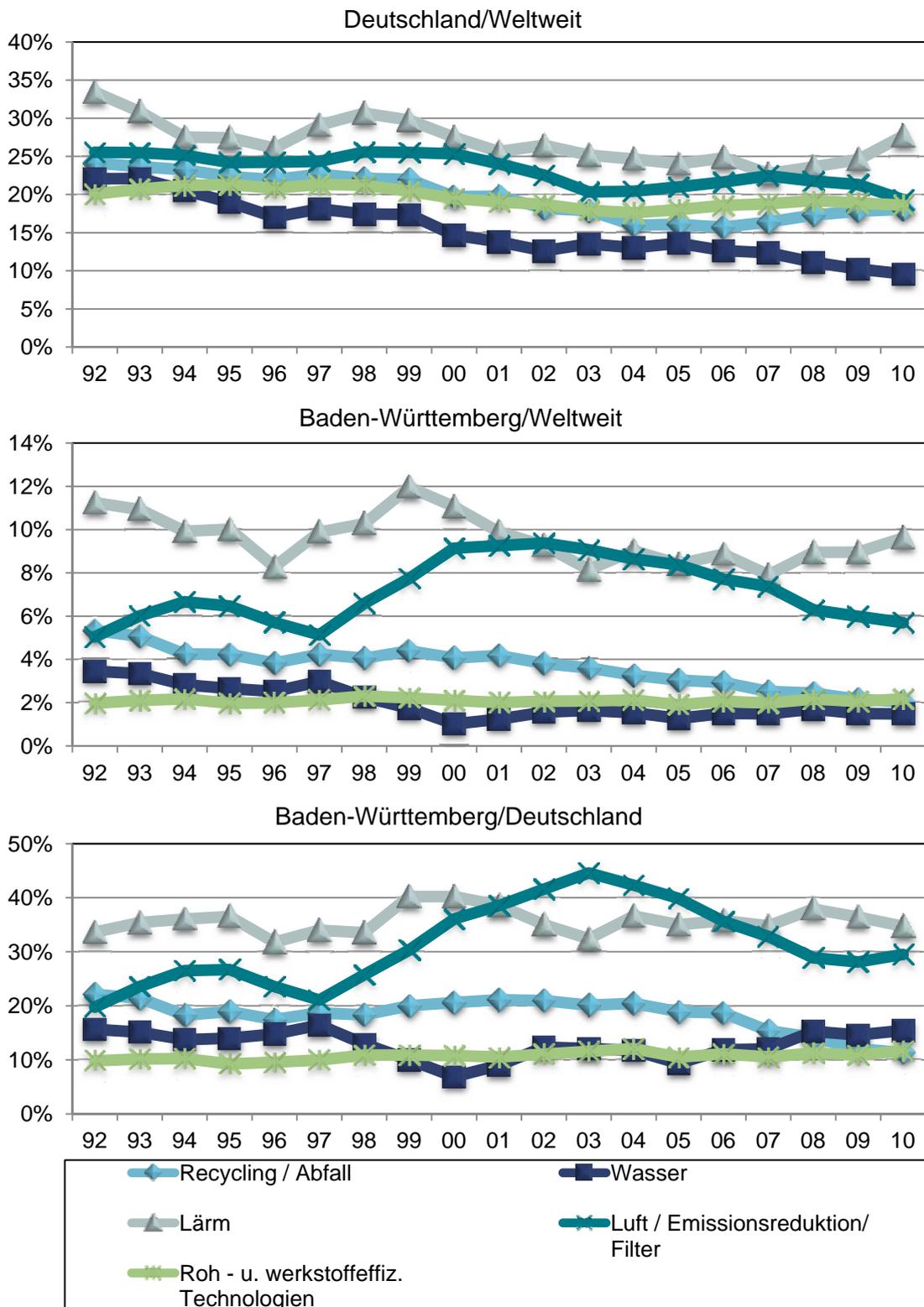
Betrachtet man die Anteile (Abbildung 95) Deutschlands an den weltweiten Patenten in den fünf Teilbereichen des Schwerpunktthemas Ressourcenschonung und Umweltschutz, dann ergibt sich für alle Teilbereiche ein negativer Trend, das heißt Deutschland hat hier Anteile verloren, konnte jedoch bei Lärmschutz wie auch bei Recycling/Abfall den Trend zuletzt umkehren. Baden-Württemberg hat in den Teilbereichen der roh- und werkstoffeffizienten Technologien ebenso wie bei Wasserbehandlung und -reinhaltung konstante, wenngleich sehr niedrige, weltweite Anteile von 2% oder weniger (insgesamt lagen die Anteile Baden-Württembergs zuletzt bei 3,4%). Ebenfalls unterhalb des baden-württembergischen Erwartungswertes von 3,4% liegt mittlerweile der Teilbereich Recycling/Abfall, wo auch ein deutlicher Rückgang der Anteile an den weltweiten Patenten hingenommen werden muss. Ebenfalls ein Rückgang, aber nach wie vor ein überdurchschnittliches Niveau, zeigt sich bei der Luftreinhaltung. Mittlerweile über einen langen Zeitraum ein hohes, wenngleich unstetes Niveau, erreicht Baden-Württemberg bei Lärmschutz und trägt mit 8-10% zu den weltweiten Patenten in diesem Bereich bei. Im Vergleich zu Deutschland sind es in Baden-Württemberg in erster Linie die Bereiche der Luftreinhaltung und des Recyclings, die negativ auffallen, während die Anteile bei allen anderen Teilfeldern mehr oder weniger gehalten werden konnten.

Abbildung 94: Anzahl der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Umwelt, 1992-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Abbildung 95: Anteile der Patentanmeldungen im Schwerpunkt Umwelt, 1992-2010

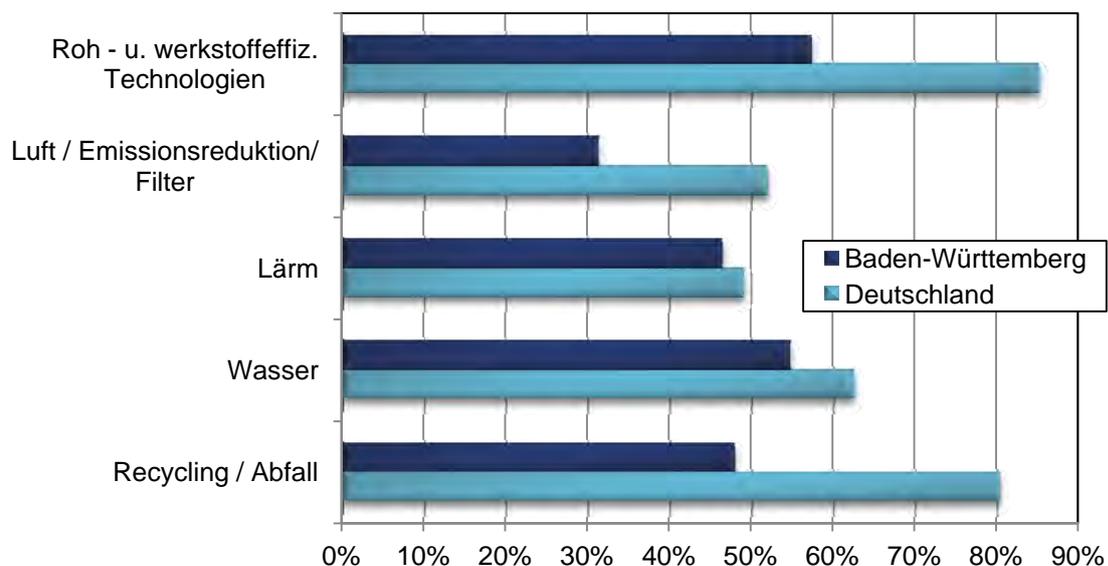


Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

### 11.3 Internationalisierung

Die Anteile der Transnationalen an allen Patentanmeldungen mit potenzieller Schutzwirkung in Deutschland ist in Abbildung 96 abgetragen. Insgesamt zeigt sich einmal mehr, dass die Unternehmen in Baden-Württemberg deutlich seltener internationale Märkte anvisieren als die bundesweiten Unternehmen in den gleichen Technologiefeldern. Bei roh- und werkstoffeffizienten Technologien sind es in Deutschland insgesamt mehr als 80% aller Erfindungen, die nicht nur national, sondern auch international angemeldet werden. In Baden-Württemberg sind es in diesem Technologiefeld gerade einmal etwas mehr als die Hälfte. Auch bei Recycling/Abfall erreichen bundesdeutsche Anmelder eine Internationalisierungsquote von 80% und die baden-württembergischen Unternehmen lediglich von knapp 48% in dem Zeitraum 2008-2010.

Abbildung 96: Internationalisierung der Patentanmeldungen (Anteil der transnationalen an allen Anmeldungen für Deutschland) im Schwerpunkt Umwelt, 2008-2010



Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Ebenfalls große Unterschiede gibt es bei den Quoten bei der Luftreinhaltung, während die Teilbereiche Wasser und Lärmschutz insgesamt weniger international ausgerichtet sind und dabei die Unterschiede zwischen Deutschland und Baden-Württemberg weniger deutlich hervortreten. Es zeigt sich mit diesen Ergebnissen insgesamt, dass ein Potenzial für die weitere Internationalisierung der Märkte auch im Bereich von Ressourcenschonung und Umweltschutz für Baden-Württemberg gegeben ist. Zwar reicht es in vielen, eher grundlagenorientierten bzw. grundlegenden Technologien aus, eine

kostengünstigere nationale Anmeldung vorzunehmen und erst bei marktnäheren Technologien die internationalen Märkte mit ins Visier zu nehmen. Die deutschen Unternehmen außerhalb Baden-Württembergs scheinen hier jedoch in den Technologien dieses Schwerpunktthemas stärker international ausgerichtet zu sein oder sind in einigen Bereichen eventuell näher an der Anwendung.

## 11.4 Zusammenfassung

Der Bereich Ressourcenschonung und Umweltschutz ist aus technologischer bzw. naturwissenschaftlicher Perspektive ein recht kleines Feld, in dem Baden-Württemberg zwar eine relative solide Position vorweisen kann, wo aber den heutigen Bedarfen entsprechende wissenschaftliche Ergebnisse nicht dokumentiert vorliegen. Dies mag in den hier nicht betrachteten sozialwissenschaftlichen Disziplinen, die sich mit Umweltschutz und Klimawandel befassen, anders aussehen. Es bleibt aber die Notwendigkeit von technisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzen zu nennen.

Die Industrieforschung hat in diesem Schwerpunktthema in den letzten Jahren immer weniger Patente angemeldet, was in erster Linie an den klassischen Umweltschutztechnologien liegt, während das Feld der roh- und werkstoffeffizienten Technologien, die einen Teilbereich der neuerdings unter der Überschrift der Bioökonomie diskutierten Technologien darstellen, eine nennenswerte Dynamik erreichen konnten und auch gleichzeitig das größte unter den hier betrachteten fünf Teilthemen ist. Weltweit wird gerade dieses Thema weiter an Bedeutung gewinnen, ohne dass die klassischen Umweltschutztechnologien völlig an Bedeutung verlieren werden. Sie spielen in der industriellen Forschung in zahlreichen Sektoren aber mittlerweile eine deutlich untergeordnete Rolle, nicht weil der Umweltschutz an Bedeutung verloren hat, sondern weil andere Technologien die Umweltschutzkomponenten direkt beinhalten und daher keine separaten end-of-pipe Technologien mehr notwendig sind. So sind z.B. die Flüsse in Deutschland mittlerweile sauberer, als dies noch in den 1970er und 1980er Jahren der Fall war. Damit ist der Aufwand sie zu säubern geringer geworden, da sie gar nicht erst so stark wie in früheren Zeiten verschmutzt werden, Umweltschutz ist technologisch in vielen Bereichen zur Selbstverständlichkeit geworden. Offensichtlich besteht derzeit jedoch ein Bedarf daran am Beginn der Prozessketten mit effizienteren und ressourcenschonenderen Werkstoffen arbeiten zu können.



## Literatur

- Adams, S.R. (Hrsg.) (2006): *Information Sources in Patents*. Munich: KG Saur.
- Ahlgren, P./Persson, O./Tijssen, R. (2012): Geographical distance in bibliometric relations within epistemic communities, *Scientometrics*, DOI: 10.1007/s11192-012-0819-1.
- Bavelas, A. (1948): A mathematical model for group structure, *Human Organizations*, 7, 16-30.
- Belitz, H./Edler, J./Grenzmann, C. (2006): Internationalisation of Industrial R&D. In: Schmoch, U./Rammer, C./Legler, H. (Hrsg.): *National Systems of Innovation in Comparison. Structure and Performance Indicators for Knowledge Societies*. Dordrecht: Springer.
- Blind, K./Edler, J./Frietsch, R./Schmoch, U. (2006): Motives to Patent: Evidence from Germany, *Research Policy*, 35, 655-672.
- Blondel, V.D./Guillaume, J.L./Lambiotte, R./Lefebvre, E. (2008): Fast unfolding of communities in large networks, *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2008.
- Brandes, U. (2001): A faster algorithm for betweenness centrality, *Journal of Mathematical Sociology*, 25, 163-177.
- Bührer, S./Schraudner, M. (2010): Die Dimension Gender bei der Festlegung und Bearbeitung von Forschungsthemen. In: Schraudner, M. (Hrsg.): *Diversity im Innovationssystem*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 19-44.
- Busolt, U./Kugele, K. (2009): The gender innovation and research productivity gap in Europe, *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 4, 109-122.
- Cantwell, J./Janne, O. (1999): Technological Globalisation and Innovation Centres: the Role of Corporate Technological Leadership and Locational Hierarchy, *Research Policy*, 28, 119-144.
- Carpenter, M.P./Narin, F./Woolf, P. (1981): Citation rates to technologically important patents, *World Patent Information*, 3, 160-163.
- Dalton, D.H./Serapio, M.G. (1999): *Globalizing Industrial Research and Development. U.S. Department of Commerce, Technology Administration*. Washington: Office of Technology Policy.
- Edquist, C. (Hrsg.) (1997): *Systems of Innovation. Technologies, Institutions and Organizations*. London: Pinter.

- Europäisches Patentamt (EPA) (Hrsg.) (2010): *Richtlinien für die Prüfung im Europäischen Patentamt*. München Europäisches Patentamt
- Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.) (2013): *Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit 2013*. Berlin: EFI.
- Fagerberg, J. (2004): Innovation: A Guide to the Literature. In: Fagerberg, J./Mowery, D.C./Nelson, R.R. (Hrsg.): *Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 1-28.
- Fier, A./Hinze, S./Breitschopf, B./Grupp, H./Licht, G./Löhlein, H. (2005): *Strategische Forschung in Baden-Württemberg*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Fortunato, S./Castellano, C. (2009): Community structure in graphs. In: Meyers, R.A. (Hrsg.): *Encyclopedia of Complexity and Systems Science, Vol. 1*. Berlin, Germany: Springer, eprint arXiv:0712.2716.
- Fraunhofer ISI/Idea Consult/SPRU (2009): The Impact of Collaboration on Europe's Scientific and Technological Performance, Final Report to the European Commission, DG Research, Karlsruhe, Brussels, Brighton.
- Freeman, C. (1982): *The Economics of Industrial Innovation*. London: Pinter.
- Freeman, L.C. (1977): A set of measures of centrality based on betweenness, *Sociometry*, 40, 35-41.
- Freeman, L.C. (1979): Centrality in social networks: Conceptual clarification, *Social Networks*, 1, 215-239.
- Frietsch, R./Neuhäusler, P./Rothengatter, O. (2011a): SME Patenting - An Empirical Analysis in Nine Countries. Presentation at the Atlanta Conference on Science and Innovation Policy, October 2011.
- Frietsch, R. (2007): *Patente in Europa und der Triade - Strukturen und deren Veränderung* (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 9-2007). Berlin., Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Frietsch, R./Haller, I./Funken-Vrohling, M./Grupp, H. (2009): Gender-specific patterns in patenting and publishing, *Research Policy*, 38, 590-599.
- Frietsch, R./Köhler, F./Blind, K. (2008): *Weltmarktpatente - Strukturen und deren Veränderung* (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 7-2008). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Frietsch, R./Koschatzky, K./Weertman, N. (2010a): *Strategische Forschung 2010: Studie zur Struktur und Dynamik der Wissenschaftsregion Baden-Württemberg*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart.

- Frietsch, R./Rammer, C./Schubert, T./Bührer, S./Neuhäusler, P. (2012): *Innovationsindikator 2012*, Deutsche Telekom Stiftung; BDI (Hrsg.). Bonn: Deutsche Telekom Stiftung.
- Frietsch, R./Schmoch, U. (2010): Transnational Patents and International Markets, *Scientometrics*, 82, 185-200.
- Frietsch, R./Schmoch, U./Neuhäusler, P./Rothengatter, O. (2011b): *Patent Applications - Structures, Trends and Recent Developments* (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 9-2011). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Frietsch, R./Schmoch, U./van Looy, B./Walsh, J.P./Devroede, R./Du Plessis, M./Jung, T./Meng, Y./Neuhäusler, P./Peeters, B./Schubert, T. (2010b): *The Value and Indicator Function of Patents* (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 15-2010). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Frietsch, R./Wang, J. (2007a): *Internationalisierung der deutschen öffentlich finanzierten Wissenschaft: Ergebnisse einer indikatorbasierten Analyse: Internationalisierung der deutschen Forschungs- und Wissenschaftslandschaft*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, LI-LX.
- Frietsch, R./Wang, J. (2007b): *Intellectual Property Rights and Innovation Activities in China: Evidence from Patents and Publications* (= Discussion Paper "Innovation Systems and Policy Analysis" Nr. 13). Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Gambardella, A./Harhoff, D./Verspagen, B. (2008): The Value of European Patents, *European Management Review*, 5 (2), 69-84.
- Granovetter, M.S. (2004): The Impact of Social Structures on Economic Development, *Journal of Economic Perspectives*, 19, 33-50.
- Granovetter, M.S. (1973): The Strength of Weak Ties, *American Journal of Sociology*, 78, 1360-1380.
- Griliches, Z. (1981): Market Value, R&D and Patents, *Economics Letters*, 12, 183-187.
- Grupp, H. (1997): *Messung und Erklärung des technischen Wandels: Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag GmbH.
- Günterberg, B./Kayser, G. (2004): *SMEs in Germany - Facts and Figures 2004* (= IfM-Materialien Nr. 161). Bonn: Institut für Mittelstandsforschung (IfM).

- Hall, B.H./Jaffe, A./Trajtenberg, M. (2005): Market value and patent citations, *Journal of Economics*, 36, 16-38.
- Hunt, J./Garant, J.P./Herman, H./Munroe, D.J. (2013): Why are women underrepresented amongst patentees?, *Research Policy*, 42, 831-843.
- Jeffrey, P./Butcher, J. (2005): The use of bibliometric indicators to explore industry - academia collaboration trends over time in the field of membrane use for water treatment, *Technovation*, 25, 1273-1280.
- Leszczensky, M./Cordes, A./Kerst, C./Meister, T./Wespel, J. (2013): *Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands*. (=Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 1-2013). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Long, J.S. (1997): *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. Advanced Quantitative Techniques in the Social Sciences Series 7, Thousand Oaks, London, New Delhi: SAGE Publications.
- Long, J.S./Freese, J. (2003): *Regression Models for Categorical Dependent Variables using Stata*, Revised Edition. College Station, Texas: Stata Press.
- Lundvall, B.-A. (Hrsg.) (1992): *National Systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter.
- Malerba, F. (2004): Sectoral Systems - How and why Innovation differs across Sectors. In: Fagerberg, J./Mowery, D.C./Nelson, R.R. (Hrsg.): *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 380-406.
- Malerba, F./Mani, S. (2009): Sectoral systems of innovation and production in developing countries: an introduction. In: Malerba, F./Mani, S. (Hrsg.): *Sectoral Systems of Innovation and Production in Developing Countries: Actors, Structure and Evolution*. London: Edward Elgar, 3-26.
- Malerba, F./Nelson, R.R. (2008): *Catching up: in different sectoral systems* (= Globelics Working Paper Series Nr. 08-01).
- Mattsson, P./Laget, P./Nilsson, A./Sundberg, C.-J. (2008): Intra-EU vs. Extra-EU scientific co-publication patterns in EU, *Scientometrics*, 75, 555-574.
- Mauleón, E./Bordons, M. (2009): Inter-gender differences in technological activity: male and female contribution to patents in the Spanish OEPM database, *Proceedings of ISSI*, 338-342.
- Meri, T. (2008): *Frauen in Wissenschaft und Technik* (= Statistik Kurzgefasst Nr. 10/2008). Luxembourg: Eurostat.

- Meyer, M./Bhattacharya, S. (2004): Commonalities and differences between scholarly and technical collaboration: An exploration of co-invention and co-authorship analyses, *Scientometrics*, 61, 443-456.
- Michels, C./Schmoch, U. (2013): Impact of bibliometric studies on the publication behaviour of authors.
- Michels, C./Fu, J. (2013): *Systematic analysis of coverage and usage of conference proceedings in web of science* (= Discussion Paper "Innovation Systems and Policy Analysis" Nr. 33). Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Moed, H.F./Glänzel, W./Schmoch, U. (Hrsg.) (2004): *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publications and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Nelson, R.R. (Hrsg.) (1993): *National Innovation Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Newman, M.E.J. (2004): Analysis of weighted networks, *Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 70, 056131.
- Newman, M.E.J. (2006): Modularity and community structure in networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 8577-8582.
- Newman, M.E.J./Girvan, M. (2004): Finding and evaluating community structure in networks, *Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 69, 026113.
- OECD (Hrsg.) (2009): *OECD Patent Statistics Manual*. Paris: OECD.
- OECD/Eurostat (Hrsg.) (2005): *Oslo Manual. Proposed guidelines for collecting and interpreting innovation data*. Paris: OECD/Eurostat.
- Patel, P./Frietsch, R. (2007): *Exploratory study to test the feasibility of using Patent data for monitoring the Globalization of R&D*, Report to IPTS by the ERAWATCH Networks ASBL within the Framework Service Contract Nr - 150176-2005-F1SC-BE, Brighton/Karlsruhe: SPRU/Fraunhofer ISI.
- Patel, P./Vega, M. (1999): Patterns of internationalisation of corporate technology: location vs. home country advantages, *Research Policy*, 28, 145-155.
- Pavitt, K. (1982): R & D, patenting and innovative activities. A statistical exploration, *Research Policy*, 11, 33-51.
- Polanyi, M. (1985): *Implizites Wissen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

- Rammer, C. (2003): *Patente und Marken als Schutzmechanismen für Innovationen* (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 11-2003). Mannheim: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW).
- Rapoport, A. (1957): Contributions to the Theory of Random and Biased Nets, *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 19, 257-277.
- Ray, J./Berkwits, M./Davidoff, F. (2000): The fate of manuscripts rejected by a general medical journal, *The American journal of medicine*, 109, 131-135.
- Sabidussi, G. (1966): The centrality index of a graph, *Psychometrika*, 31, 581-603.
- Schmoch, U. (2008): *Concept of a Technology Classification for Country Comparisons. Final Report to the World Intellectual Property Office (WIPO)*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Schmoch, U./Frietsch, R./Rammer, C./Saß, U. (2002): Marken als Innovationsindikator. Bericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Fraunhofer ISI (Hrsg.), Karlsruhe.
- Schmoch, U./Mallig, N./Michels, C./Neuhäusler, P./Schulze, N. (2011): *Performance and Structures of the German Science System in an International Comparison 2010 with a Special Analysis of Public Non-university Research Institutions* (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 8-2011). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Schmoch, U./Michels, C./Neuhäusler, P./Schulze, N. (2012): *Performance and Structures of the German Science System 2011* (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 9-2012). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Schmoch, U./Qu, W. (2009): *Performance and Structures of the German Science System in an International Comparison* (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 6-2009). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Schmoch, U./Rammer, C./Legler, H. (Hrsg.) (2006): *National Systems of Innovation in Comparison. Structure and Performance Indicators for Knowledge Societies*. Dordrecht: Springer.
- Schmoch, U./Schubert, T. (2008): Are international Co-Publications an Indicator for Quality of Scientific Research?, *Scientometrics*, 74, 377.
- Schubert, T./Michels, C. (2013): Placing articles in the large publisher nations: Is there a "free lunch" in terms of higher impact?, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64, 596-611.

- Scott, J. (1991): *Social Network Analysis: A Handbook*: Sage Publications.
- Trajtenberg, M. (1990): A penny for your quotes: patent citations and the value of innovations, *Journal of Economics*, 21, 172-187.
- UNCTAD (Hrsg.) (2005): *World Investment Report 2005: Transnational Companies and the Internationalisation of R&D*. Geneva: UNCTAD.
- van Raan, A. (Hrsg.) (1988): *Handbook of quantitative studies of science and technology*. Amsterdam: North-Holland.
- Wasserman, S./Faust, K. (1994): *Social Network Analysis: Methods and Applications*: Cambridge University Press.
- Weissenberger-Eibl, M./Frietsch, R./Hollanders, H./Neuhäusler, P./Rammer, C./Schubert, T. (2011): *Innovationsindikator*, Deutsche Telekom Stiftung; BDI (Hrsg.). Bonn: Deutsche Telekom Stiftung.
- Whittington, K.B./Smith-Doerr, L. (2005): Gender and commercial science: Women's patenting in the life sciences, *Journal of Technology Transfer*, 30, 355-370.
- Whittington, K.B./Smith-Doerr, L. (2008): Women inventors in context: Disparities in patenting across academia and industry, *Gender and Society*, 22, 194-218.



## Anhang Methoden

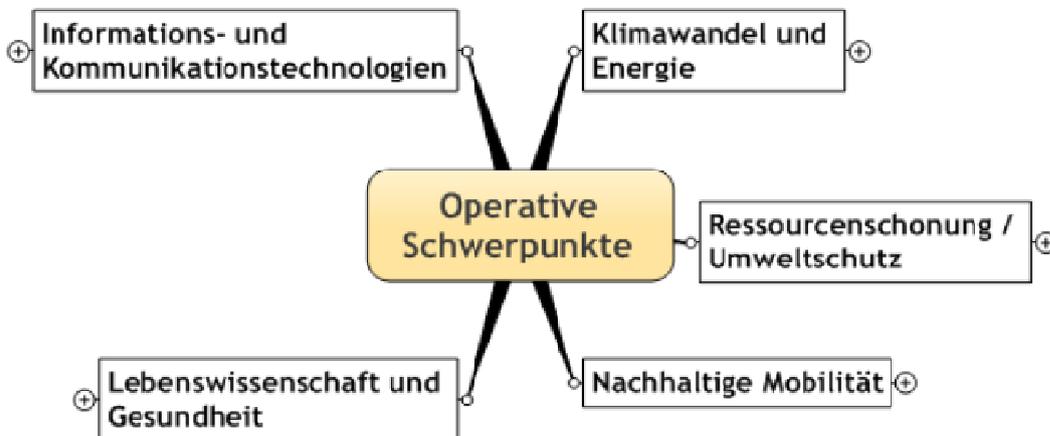
### A.1 Patentanalyse

Patente gehören zu den wichtigsten Innovationsindikatoren und sind eine verlässliche Quelle zur Messung von FuE-Leistungen. Gerade für technologische Innovationen sind Patente ein wichtiger Indikator, der nicht nur die reine Quantität von Innovationen abbildet, sondern auf Grund der formalen Anforderungen an Patentanmeldungen und der Vielschichtigkeit der Patentsysteme auch qualitative Aspekte umfasst. Da Patente dem Anmelder ein temporäres, exklusives Nutzungsrecht einräumen, ist im Gegenzug eine Offenlegung der relevanten Informationen notwendig, die dann auch für statistische Analysen verwendet werden können. Aus Sicht des Anmelders werden also die Einzelheiten der Erfindung veröffentlicht und dafür erhält er das Recht, andere von der Verwendung dieser Technologie abzuhalten (Frietsch et al. 2011b).

Patente können auf der einen Seite als Output-Indikator von FuE-Prozessen interpretiert werden. Sie verweisen auf zukünftige technologische Entwicklungen, die Erschließung neuer Märkte oder die Gewinnung neuer Marktanteile durch neue Produkte. Auf der anderen Seite dienen sie ihrer ursprünglichen Bedeutung entsprechend gleichzeitig auch als Input in weitere wirtschaftliche Prozesse, in welchen diese Erfindungen umgesetzt werden und dann auch erst als Innovationen im engeren Sinn angesehen werden können (Grupp 1997). Zwar können Patente nur zur Messung technischer Innovationen herangezogen werden – und auch hier decken sie nur einen Teil aller innovativen Aktivitäten ab, denn Patente werden lediglich von rund einem Viertel der innovierenden Unternehmen im verarbeitenden Gewerbe regelmäßig eingesetzt (Frietsch et al. 2008; Frietsch et al. 2010b; Rammer 2003). Die übrigen schützen ihre Innovationen auf andere Weise. Jedoch kann besonders in Hochtechnologiebereichen die gegenwärtige und zukünftige Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen, Branchen oder ganzen Volkswirtschaften mit Hilfe von Patenten gemessen werden (Blind et al. 2006; Fagerberg 2004).

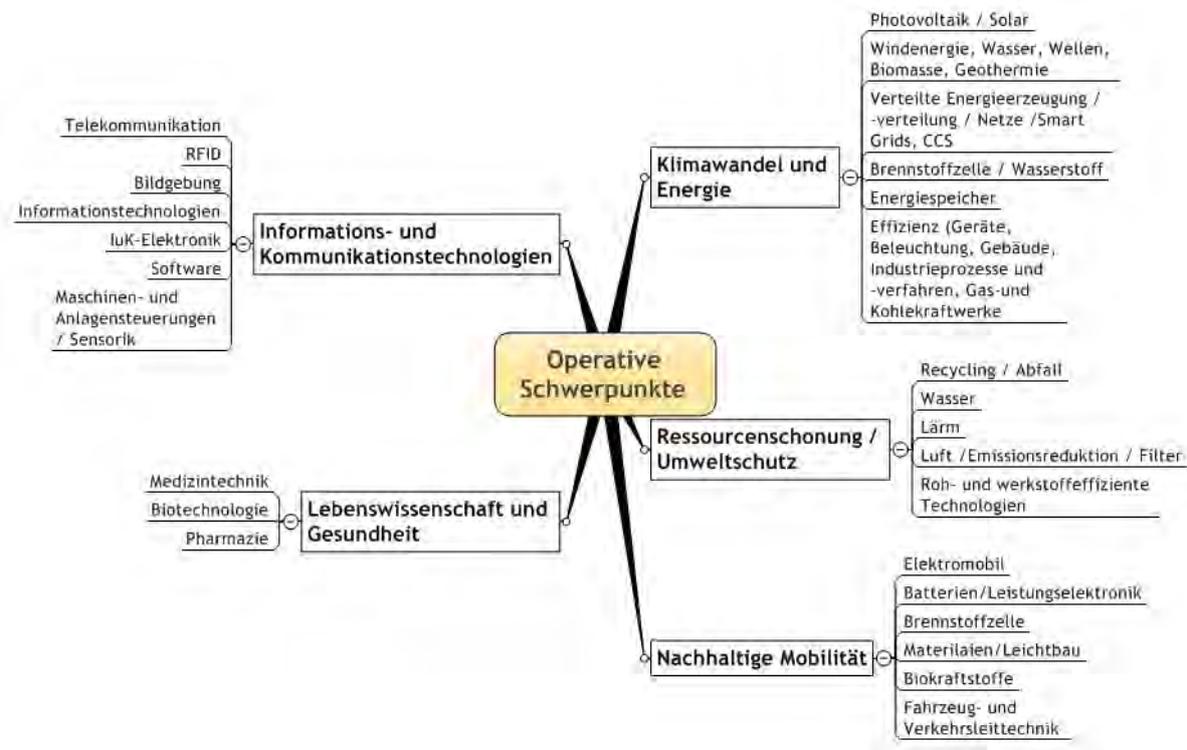
Für die vorliegenden Analysen wurden die fünf technologieorientierten, operativen Forschungsschwerpunkte der BW-Stiftung (Klimawandel und Energie, Ressourcenschonung und Umweltschutz, nachhaltige Mobilität, Lebenswissenschaften und Gesundheit, sowie Informations- und Kommunikationstechnologien) jeweils in der aggregierten Form (siehe Abbildung A-1), wie auch in einer differenzierten Darstellung (siehe Abbildung A-2) erhoben.

Abbildung A-1: Die technologieorientierten, operativen Schwerpunkte der Baden-Württemberg Stiftung



\* Der operative Schwerpunkt "Soziale und ökologische Modernisierung der Wirtschaft" ist als solcher technologie-orientiert nicht fassbar. Er geht daher in dem Schwerpunkt "Klimawandel, Energie und Ressourcenschonung" auf, der in dieser Untersuchung zudem aufgeteilt wurde.  
 Quelle: eigene Darstellung

Abbildung A-2: Detaillierte Operationalisierung der (technologieorientierten) operativen Schwerpunkte der Baden-Württemberg Stiftung



Quelle: eigene Darstellung

### A.1.1 Patentdaten und Abgrenzungen

Als Datenbasis für die Patentanalysen dient die "EPO Worldwide Patent Statistical Database Patent Statistical Database" (PATSTAT), die Patentdaten für über 83 Patentämter und über 100 Länder weltweit zur Verfügung stellt.

Patente sind nur auf nationaler Ebene gültig und müssen somit in mehreren Ländern angemeldet werden, um Patentschutz auch in diesen Ländern zu erreichen. Ausnahmen hierzu sind das Europäische Patentamt, an dem Patente für den gesamten europäischen Markt<sup>6</sup>, angemeldet werden können. Diese werden dann gegebenenfalls am EPA erteilt und später in nationale Patente umgewandelt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit einer internationalen Anmeldung bei der World Intellectual Property Organisation (WIPO), die nach dem Patent Cooperation Treaty (PCT) geregelt ist. Im Unterschied zum EPA kann die WIPO Patente jedoch nicht erteilen. Das PCT-System dient ausschließlich als internationales Anmeldeamt, wobei die Anmeldungen an die jeweiligen nationalen Ämter (bzw. auch das EPA) weitergeleitet werden, wo eine Entscheidung über die Erteilung der Patente getroffen wird (Adams 2006; Frietsch 2007). Innerhalb dieser Studie werden – mit wenigen Ausnahmen für spezielle Indikatoren – Patente für den deutschen Markt analysiert. Diese sind definiert als alle direkten Anmeldungen am Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA) plus alle PCT- und EPA Anmeldungen deutscher Anmelder unter Ausschluss von Doppelzählungen. Mit Hilfe dieser Abgrenzung werden somit alle Patente gezählt, die früher oder später Schutzwirkung in Deutschland haben.<sup>7</sup>

Zur Abgrenzung der operativen Schwerpunkte innerhalb dieser Datenbank wird die Internationale Patentklassifikation (IPC) verwendet, in der Patente – unterschieden nach ihren technischen Implikationen – eingeordnet werden.<sup>8</sup> Alle Patente werden nach dem Jahr ihrer weltweit ersten Anmeldung, dem so genannten Prioritätsjahr, ausgewertet, da dieses das Datum ist, welches dem tatsächlichen Forschungs geschehen am nächsten kommt. Weiterhin werden die vorliegenden Patentstatistiken basierend auf dem "Anmelderkonzept", das heißt dem Sitzland (bzw. Bundesland) des anmeldenden Unternehmens, ausgewertet. Weiterhin wird für spezielle Analysen (bei-

---

6 Dies gilt nur für diejenigen Staaten, die die Europäische Patentübereinkunft (EPÜ) unterzeichnet haben. Insgesamt handelt es sich dabei um 38 Staaten (Europäisches Patentamt (EPA) 2010).

7 Diesem Konzept liegt die Annahme zugrunde, dass alle Anmeldungen deutscher Anmelder am EPA bzw. über das PCT-Verfahren früher oder später an das DPMA weitergeleitet werden.

8 Diese Einordnung findet bei der Anmeldung am jeweiligen Patentamt statt.

spielsweise der Regressionsanalyse) nach dem Typ des Patentanmelders, das heißt Großunternehmen, KMU, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sowie Einzelerfindern unterschieden, da vermutet werden kann, dass sich die Wissensnutzung beispielsweise zwischen großen Unternehmen und KMU unterscheidet. Anmelder mit mehr als 500 Mitarbeitern und mehr als drei Patentanmeldungen innerhalb des Jahresfensters 1996 bis 2008 wurden hierbei als große Unternehmen klassifiziert. Alle Anmelder mit weniger als 500 Mitarbeitern wurden als KMU eingestuft, was der deutschen Definition für klein- und mittelständische Unternehmen entspricht (Günterberg/Kayser 2004).

## A.1.2 Patentindikatoren

### Strukturen und Trends

Zur Einschätzung der technologischen Leistungsfähigkeit Baden-Württembergs werden neben der Analyse der Anzahl von Patentanmeldungen sowie deren Anteile weitere Indikatoren auf Basis der Patentdatenbank berechnet. Dazu gehören Patentintensitäten und Spezialisierungen. Die Patente werden nach der so genannten "whole-count" Methode berechnet, das heißt jedes Patent wird allen auf dem Patent vorkommenden Institutionen/Unternehmen zugeordnet. Eine Aufteilung (Fraktionierung) einzelner Patente bspw. anhand der Anzahl der Anmelder, der beteiligten Länder oder der Erfinderinnen und Erfinder findet nicht statt.

Als Patentintensitäten werden die Patentanmeldungen pro eine Million Einwohner bezeichnet. Mit der Hilfe dieses Indikators können somit Größeneffekte bei Patentanmeldungen von Ländern ausgeschlossen werden. Das technologische Profil und die operativen Schwerpunkte werden mithilfe der Spezialisierung dargestellt. Hierfür wird der Index der relativen Patentaktivität (RPA; Revealed Patent Advantage) berechnet. Der RPA zeigt an, in welchen Bereichen ein Land im Vergleich zum gesamten weltweiten Patentaufkommen stark oder schwach vertreten ist. Er errechnet sich folgendermaßen:

$$RPA_{kj} = 100 * \tanh \ln [(P_{kj}/\sum_j P_{kj})/(\sum_k P_{kj}/\sum_{kj} P_{kj})]$$

wobei  $P_{kj}$  für die Anzahl der Patentanmeldungen im Land  $k$  im Technologiefeld  $j$  steht. Positive Vorzeichen bedeuten, dass ein Technologiebereich ein höheres Gewicht innerhalb eines Landes als in der Welt einnimmt. Dementsprechend stellt ein negatives Vorzeichen eine unterdurchschnittliche Spezialisierung dar. Durch den RPA wird es somit möglich, die relative Position der Technologien innerhalb des Technologie-Portfolios eines Landes, und darüber hinaus dessen internationale Position ungeachtet von Größenunterschieden abzubilden (Frietsch 2007).

## **Internationalisierung**

Zur Messung der Internationalisierung des baden-württembergischen Patentportfolios werden mehrere Indikatoren berechnet. Dazu gehört zunächst der Anteil transnationaler Patentanmeldungen an allen Patentanmeldungen am DPMA (inkl. aller weitergeleiteten internationalen Patentanmeldungen). Transnationale Patentanmeldungen (Frietsch/Schmoch 2010) umfassen Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt und bei der WIPO, wobei auch hier Doppelzählungen ausgeschlossen werden. Dies ist somit ein sehr direktes Maß für die Internationalisierung eines Patentportfolios. Technologien mit potentiell hoher wirtschaftlicher Reichweite werden zumeist nicht ausschließlich am nationalen Amt sondern auch international angemeldet, um im späteren Verlauf einer Patentanmeldung mehrere internationale Märkte abdecken zu können.

Zusätzlich wird die durchschnittliche Größe der Patentfamilie analysiert. Eine Patentfamilie bezeichnet alle Patentanmeldungen an allen Patentämtern weltweit, die für die gleiche Erfindung angemeldet wurden (sozusagen das gleiche Patent in unterschiedlichen Ländern). Dies dient somit als zusätzlicher Indikator für die Internationalisierung und bestimmt die tatsächliche Breite der Marktabdeckung eines Patents bzw. eines Patentportfolios. Zusätzlich kann die Größe der Patentfamilie auch als Indikator für den ökonomischen Wert eines Patents oder Patentportfolios interpretiert werden, da Anmelde- und Aufrechterhaltungsgebühren für jedes zusätzliche Land bezahlt werden müssen in dem ein Patent angemeldet wird. Es kann angenommen werden, dass ein Anmelder diese Kosten nur tragen wird, wenn er sich einen entsprechenden Umsatz von der zusätzlichen Marktabdeckung verspricht.

## **Patentqualität und Technologiezyklen**

Als Indikator zur Bewertung der Qualität eines Patentportfolios wird die durchschnittliche Anzahl der Vorwärtszitationen (mit 4-Jahres Zeitfenster) berechnet. Vorwärtszitationen sind Zitationen, die ein Patent von nachfolgenden Patenten erhält. Dies ist der am weitesten verbreitete Indikator, um den Wert eines Patentes zu bestimmen (Frietsch et al. 2010b; Gambardella et al. 2008; Hall et al. 2005). Die Annahme dabei ist, dass die Anzahl der Vorwärtszitationen den Grad zu dem ein Patent zur Entwicklung neuer Technologien beiträgt, abbildet. Daher erlauben Vorwärtszitationen Rückschlüsse auf die technologische Signifikanz eines Patents (Carpenter et al. 1981; Trajtenberg 1990).

Weiterhin wird ein stärker rückwärts gerichteter Qualitätsindikator zur Einschätzung der Qualität baden-württembergischer Patentanmeldungen berechnet. Dies ist die

durchschnittliche Anzahl der Rückwärtszitierungen auf Patentanmeldungen. Rückwärtszitierungen verweisen auf frühere Patentedokumente und werden meist als Maß für die technologische Breite eines Patents verwendet. Der Indikator kann jedoch auch dahingehend interpretiert werden, dass ein Patent mit weniger Rückwärtszitierungen "origineller" ist, da es sich auf einen kleineren Bestand an bereits vorhandenem Wissen stützt. Ein weiterer rückwärts gerichteter Indikator ist die Technologiezykluszeit. Sie wird als Durchschnittsalter der Rückwärtszitierungen eines Patentedokuments, aggregiert auf der Ebene von Technologiefeldern, berechnet. Kürzere Technologiezyklen deuten darauf hin, dass sich Technologiefelder schneller von älterer zu neuerer Technologie bewegen.

Einzelne der vorgenannten Indikatoren können nicht in der vollen Differenzierung Jahr für Jahr dargestellt werden. Da sich einige der Technologien noch in einer sehr frühen Phase ihrer Entwicklung befinden, lassen sich an einigen Stellen eher niedrige Fallzahlen erwarten. In diesen Fällen werden am aktuellen Rand die Ergebnisse mehrerer Jahre (2-3 Jahre) zusammengefasst, um stabilere Ergebnisse zu erreichen und klare Aussagen treffen zu können.

### **Analyse internationaler Ko-Patente**

Die Einbindung in internationale Wissensflüsse ist für den Erfolg moderner Innovationssysteme unumgänglich (Weissenberger-Eibl et al. 2011). Über die Zeit analysiert, können die Kooperationsstrukturen die Internationalisierung von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten anzeigen und Aufschluss darüber liefern, welche Länder – aus deutscher bzw. baden-württembergischer Sicht – attraktive Forschungspartner sind. Da bei jeder Zusammenarbeit zusätzlich davon ausgegangen werden kann, dass Wissen ausgetauscht wird, ermöglicht die Analyse von Kooperation auch gleichzeitig Aussagen über internationale Wissensflüsse. Dabei ist davon auszugehen, dass zumeist implizites oder Erfahrungswissen (Polanyi 1985) ausgetauscht wird, das später "explizit" in Form einer Patentanmeldung festgehalten wird. Mit Hilfe der hier untersuchten Ko-Patente kann also entsprechend in erster Linie das explizierbare und explizierte Wissen (Grupp 1997) abgebildet werden.

Für die vorliegenden Untersuchungen internationaler Kooperationsstrukturen werden internationale Ko-Patente mit Fokus auf Baden-Württemberg analysiert. Ein

internationales Ko-Patent ist definiert als Patent bei der mindestens zwei Erfinder<sup>9</sup>, die auf einer Patentanmeldung benannt sind in unterschiedlichen Ländern leben.

### **Patentanmeldungen von Frauen**

Die stärkere Beteiligung von Frauen in den Innovationsprozessen aus der Perspektive der Gleichstellung von Mann und Frau dringend geboten. Weitere Aspekte wie die demographische Entwicklung, der Fachkräftemangel oder auch ein ansteigender internationaler Wettbewerb machen eine Nutzung aller bestehenden Potenziale im deutschen Innovationssystem unumgänglich. Hier bietet die stärkere Beteiligung von Frauen in Bildung, Forschung und Wissenschaft eine große Chance.

Durch die Verbindung der Patentdatenbank mit einer Vornamensdatenbank, ist die Identifikation des Geschlechts der Erfinderinnen und Erfinder möglich. Auf Basis dieser Daten wird für Baden-Württemberg die Frauenbeteiligung bei der Technologiegenese im nationalen und internationalen Vergleich dargestellt, um zu untersuchen, in welchen Bereichen Frauen besonders patentaktiv sind.

### **Regionalanalyse der Patente**

Eine regional differenzierte Analyse der Patentanmeldungen baden-württembergischer Anmelder soll Aufschluss über die technologischen Schwerpunkte der einzelnen Forschungsstandorte geben und gleichzeitig einem interessierten Leser einen schnellen Überblick über die Hotspots in bestimmten Technologiefeldern innerhalb Baden-Württembergs liefern.

## **A.2 Publikationen**

Die Analyse wissenschaftlicher Publikationen gibt einen Einblick in die wissenschaftliche Leistungsfähigkeit von Volkswirtschaften, genauer gesagt spiegelt sie Ergebnisse insbesondere von Forschungsinstituten und Universitäten wider. Die überwiegende Mehrzahl der Publikationen stammt aus der öffentlichen Forschung, also von Universitäten, Fachhochschulen und anderen Forschungseinrichtungen. Unternehmen sind deutlich seltener an der Erstellung von wissenschaftlichen Publikationen beteiligt. Neben den Publikationen selbst sind in den hier verwendeten Daten auch

---

<sup>9</sup> Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Definition internationaler Ko-Patente. Beispielsweise kann zwischen dem Anmelder- und dem Erfinderkonzept oder aber einer Mischung aus beiden gewählt werden (Fraunhofer ISI et al. 2009). An dieser Stelle wird jedoch auf das Erfinderkonzept abgestellt, da dies stärker die Wissensflüsse zwischen Personen betont und sicherstellt, dass die FuE-Aufwendungen, die hinter der jeweiligen Patentanmeldung stehen, in zwei verschiedenen Ländern durchgeführt wurden.

die Zitierungen enthalten, was aus der bibliographischen Datenbank eine bibliometrische Datenbank macht. Bibliometrische Studien ermöglichen in erster Linie eine Bewertung der Leistungsfähigkeit und Qualität der öffentlichen Forschung. Publikationen sind nicht nur ein zentrales Mittel des wissenschaftlichen Diskurses, sondern auch ein wesentlicher Output von Universitäten und öffentlichen Forschungseinrichtungen, deren Hauptaufgabe es ist, Wissen zu generieren. Dieses Wissen wird in der Literatur dokumentiert. Mit Hilfe bibliometrischer Analysen können nicht nur Forschergruppen und Forschungsinstitute, sondern auch komplette Forschungssysteme analysiert und bewertet werden (Schmoch et al. 2012).

### **A.2.1 Publikationsdaten und Abgrenzungen**

Für die vorgeschlagene Studie werden Daten aus der von Elsevier bereitgestellten Datenbank Scopus verwendet. Dem Fraunhofer ISI steht im Rahmen des BMBF-finanzierten Projektes "Kompetenzzentrum Bibliometrie"<sup>10</sup> eine auf Basis der Rohdaten von Elsevier erzeugte SQL-Datenbank zur Verfügung, die ein umfassendes und tiefgreifendes Analysepotenzial für die hier interessierenden Fragestellungen bietet. Systematische bibliometrische Analysen werden bereits seit etwa 30 Jahren durchgeführt und für einen langen Zeitraum war der Science Citation Index (SCI) des Web of Science (WoS) des Anbieters Thomson Reuters (vormals Institute for Scientific Information, ISI) die einzige bibliometrische Datenbank. In der Folge setzten bibliometrische Analysen zumeist auf dem SCI auf, weshalb der SCI in der Regel noch immer als Referenz dient. Seit etwa zehn Jahren bietet das internationale Verlagshaus Elsevier mit Hauptsitz in Amsterdam Scopus als zweitgrößte bibliometrische Datenbank als Alternative zum SCI an (Schmoch et al. 2012). Scopus bietet gegenüber dem SCI einige Vorteile, wie zum Beispiel eine insgesamt größere Zahl an Zeitschriften (ca. 16.000) sowie eine breitere Abdeckung von technischen Publikationen und eine breitere Abdeckung von Nicht-US-Autoren und Zeitschriften, vor allem aus Asien und Europa. Im hier interessierenden Zusammenhang besteht eine eindeutige Zuordnung der Autoren zu Institutionen (und damit zu den Länder- und Adressinformationen), die der SCI erst ab dem Publikationsjahr 2008 bietet. Nachteilig sind jedoch kürzere Zeitreihen und eine weniger differenzierte Systematik (Schmoch et al. 2011), die jedoch auf Grund von spezifischen Stichwortsuchen für das hier vorgeschlagene Projekt nicht nachhaltig zum Tragen kommen.

---

<sup>10</sup> <http://www.bibliometrie.info/>

## A.2.2 Bibliometrische Indikatoren

### Strukturen und Trends

In diesem Modul werden zunächst die Zahl der wissenschaftlichen Publikationen und deren Wachstumsraten baden-württembergischer Autoren im nationalen und im internationalen Vergleich dargestellt. Die Publikationen werden nach der so genannten "whole-count" Methode berechnet, das heißt jede Publikationen wird allen auf der Publikation vorkommenden Institutionen zugeordnet. Eine Aufteilung (Fraktionierung) einzelner Publikationen bspw. anhand der Anzahl der Institutionen, der beteiligten Länder oder der Autorinnen und Autoren findet nicht statt. Zusätzlich werden Anteile Baden-Württembergs an den Publikationen Deutschlands bzw. der Welt im Zeitverlauf berechnet. Für diese Analysen werden analog zur Patentanalyse die wissenschaftlichen Publikationen in den fünf Themenfeldern jeweils in der aggregierten Form (siehe Abbildung A-1), wie auch in einer differenzierten Darstellung (siehe Abbildung A-2) oder einer Zusammenfassung hiervon präsentiert.<sup>11</sup>

Zur weiteren Einschätzung der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit Baden-Württembergs werden weitere Indikatoren auf Basis der Publikationsdatenbank berechnet. Analog zu den Patentanalysen können auch für Publikationen Intensitäten pro eine Million Einwohner berechnet werden, um Größeneffekte auszuschließen. Zusätzlich werden das technologische Profil und die Schwerpunkte mit Hilfe der Spezialisierung dargestellt. Hierfür wird der Index der relativen Publikationsaktivität (RLA; Revealed Literature Advantage) berechnet.

Der RLA zeigt an, in welchen Bereichen ein Land im Vergleich zum gesamten weltweiten Publikationsaufkommen stark oder schwach vertreten ist. Er errechnet sich folgendermaßen:

$$RLA_{kj} = 100 * \tanh \ln [(P_{kj}/\sum_j P_{kj})/(\sum_k P_{kj}/\sum_{kj} P_{kj})]$$

wobei  $P_{kj}$  für die Anzahl der Publikationen im Land  $k$  im Wissenschaftsfeld  $j$  steht. Positive Vorzeichen bedeuten, dass ein Wissenschaftsfeld ein höheres Gewicht innerhalb eines Landes als in der Welt einnimmt. Dementsprechend stellt ein negatives Vorzeichen eine unterdurchschnittliche Spezialisierung dar. Durch den RLA wird es somit möglich, die relative Position der Wissenschaftsfelder innerhalb des Wissenschafts-Portfolios eines Landes, und darüber hinaus dessen internationale Position ungeachtet von Größenunterschieden abzubilden (Frietsch 2007).

---

<sup>11</sup> Die Wissenschaftsfelder werden auf Basis der Zeitschriften und deren thematischen Ausrichtungen abgegrenzt.

## **Internationalisierung**

Bei den bibliometrischen Analysen werden die Strukturen internationaler Zusammenarbeit mit Hilfe von internationalen Ko-Publikationen analysiert. Internationale Ko-Publikationen sind dabei definiert als Publikationen mit Autoren aus unterschiedlichen Ländern. Im Gegensatz zu den Patenten, liegt der Fokus hierbei allerdings auf Kooperationen innerhalb des Wissenschaftssystems.

Mit Hilfe der Analyse der Ko-Publikationen wird deutlich, ob sich Kooperationsbeziehungen zwischen Ländern jeweils auf ein Land bzw. mehrere "Kernkooperationspartner" konzentrieren oder ob eine Volkswirtschaft differenzierte Kooperationsbeziehungen unterhält und, relativ gesehen, stark über viele Länder hinweg kooperiert. Zusätzlich zu den Ko-Publikationen, wird die internationale Ausrichtung (IA) baden-württembergischer Publikationen erhoben. Dieser Indikator beschreibt, ob baden-württembergische Autoren im Vergleich zum weltweiten Durchschnitt ihre Arbeiten in international mehr oder weniger stark sichtbaren Zeitschriften veröffentlichen. Die Analyse dieses Indikators erlaubt somit Einschätzungen über die Internationalisierung baden-württembergischer Forschung.

Neben deskriptiven Auswertungen zur Anzahl der Ko-Publikationen Baden-Württembergs wird zur Analyse der Ko-Publikationsstrukturen eine Netzwerkanalyse durchgeführt, deren Methoden in Abschnitt A.4 dargestellt sind.

## **Qualität der Publikationen**

Die Beachtung von Publikationen oder deren Qualität kann anhand von Zitierungen und darauf aufbauender Maßzahlen wie der zeitschriftenspezifischen Beachtung erhoben und analysiert werden. Es werden durchschnittliche Zitaten berechnet, die eine Einschätzung über die Qualität der wissenschaftlichen Publikationen im Zeitvergleich erlauben. Der Indikator der Zeitschriftenspezifischen Beachtung (ZB) erlaubt ebenfalls eine Einschätzung der Qualität, relativiert die Zitaten jedoch am Erwartungswert der jeweiligen Zeitschrift, in der die Publikation veröffentlicht wird. Es werden damit Effekte ausgeblendet, die nicht notwendigerweise mit der Qualität der Publikation zusammen hängen sondern mit der Herkunft und der Vermarktung der jeweiligen Zeitschrift. Als ergänzender Indikator hierzu bietet sich dann schließlich der Indikator Internationale Ausrichtung (IA) an, der abbildet, inwiefern es den Autorinnen und Autoren gelingt, in international sichtbaren (viel zitierten) Zeitschriften unterzukommen. Die beiden Indikatoren ZB und IA differenzieren also die Ergebnisse der durchschnittlichen Zitaten.

Einzelne der vorgenannten Indikatoren können nicht in der vollen Differenzierung Jahr für Jahr dargestellt werden. Da sich einige der Technologien bzw. Wissenschaftsfelder noch in einer sehr frühen Phase ihrer Entwicklung befinden, lassen sich an einigen Stellen eher niedrige Fallzahlen erwarten. In diesen Fällen werden am aktuellen Rand die Ergebnisse mehrerer Jahre (2-3 Jahre) zusammengefasst, um stabilere Ergebnisse zu erreichen und klare Aussagen treffen zu können.

### **Frauen-Publikationen**

Es wird durch eine Verbindung der Publikationsdatenbank mit einer Vornamens-Datenbank die Identifikation des Geschlechts der Autorinnen und Autoren möglich. Auf Basis dieser Daten wird für Baden-Württemberg die Frauenbeteiligung beim wissenschaftlichen Output im nationalen und internationalen Vergleich darstellbar.

### **Regionalanalyse der Publikationen**

Eine regional differenzierte Analyse der wissenschaftlichen Publikationen Baden-Württembergs kann Aufschluss über die Schwerpunkte der einzelnen Forschungsstandorte geben und gleichzeitig einem interessierten Leser einen schnellen Überblick über die Hotspots in bestimmten Wissenschaftsfeldern in Baden-Württemberg liefern. Mithilfe der institutionellen Zugehörigkeit der Autorinnen und Autoren wird eine Zuordnung zu einer von 12 Regionen innerhalb Baden-Württembergs erreicht. Auf Grund der Zählung mithilfe der "whole-count" Methode kann es zu Mehrfachzählungen einer Publikation kommen, die von Autorinnen oder Autoren aus unterschiedlichen Regionen erarbeitet wurde.

## **A.3 Regressionsanalyse**

Die patentspezifische Internationalisierung Baden-Württembergs wird neben deskriptiven Statistiken mit Hilfe eines multivariaten Regressionsmodells geschätzt. Dieser Ansatz erlaubt eine Einschätzung der Internationalisierung Baden-Württembergs in Bezug auf Patentanmeldungen. Im Unterschied zur rein deskriptiven Betrachtung können hier jedoch mehrdimensionale Effekte bezüglich der Felder oder der Anmeldertypen kontrolliert werden.

### **A.3.1 Die Datenbasis**

Die multivariaten Analysen beruhen auf einem Datensatz auf Ebene einzelner Patentanmeldungen, der speziell für diese Analysen aus der PATSTAT Datenbank extrahiert wurde. Er umfasst alle Patentanmeldungen deutscher Anmelder am

deutschen Markt, das heißt analog zu übrigen Patentanalysen sind alle Anmeldungen abgedeckt, die entweder am DPMA, beim EPA oder über das PCT-Verfahren eingereicht werden. Für die Analysen wurden alle Anmeldungen der Prioritätsjahre 2008 und 2009 berücksichtigt.

Um den Internationalisierungsgrad baden-württembergischer Patentanmeldungen zu erfassen, wurde dem Datensatz die Information hinzugefügt, ob ein Patent international (über PCT oder am EPA) oder ausschließlich national angemeldet wurde. Hinzu kommt die Information über den Anmeldertyp einer Patentanmeldung, das heißt, ob ein Patent von einem KMU, einem Großunternehmen, einem akademischen Anmelder (Universität oder außeruniversitäre Forschungseinrichtung) oder einer einzelnen Person angemeldet wurde (Frietsch et al. 2011a).<sup>12</sup>

Die Technologiefelder innerhalb des Datensatzes wurden entlang der vorab definierten operativen Schwerpunkte abgegrenzt. Somit enthält der Datensatz die Information, ob eine Patentanmeldung dem Feld Energie, Mobilität, Umwelt, Gesundheit, den IuK Technologien oder einem anderen Technologiefeld (Residualkategorie) zugeordnet werden kann. Die Abgrenzung der Schwerpunktfelder basiert auf der Internationalen Patentklassifikation (IPC). Da eine Patentanmeldung in der Regel mehreren IPC-Klassen zugeordnet wird, kann eine Patentanmeldung entsprechend auch mehreren Schwerpunktfeldern zugeordnet werden. Diesem Umstand wurde die Operationalisierung der Klassifikation mithilfe von Dummy-Variablen Rechnung getragen.

Um die Internationalisierung Baden-Württembergs in Bezug auf Patentanmeldungen im Vergleich zum restlichen Deutschland analysieren zu können, wurde dem Datensatz die Information hinzugefügt, ob der Patentanmelder aus Baden-Württemberg oder dem restlichen Deutschland stammt. Die Abgrenzung des Bundeslandes Baden-Württemberg erfolgt entlang der NUTS-Klassifikation ("Nomenclature des Unités Territoriales Statistiques" oder Systematik der Gebietseinheiten für die Statistik) auf Basis der auf dem Patent angegebenen Adresse des Patentanmelders/-inhabers. Hierzu wurden sowohl Postleitzahlen wie auch Städtenamen verwendet.

---

<sup>12</sup> Um Doppelzählungen innerhalb des Datensatzes zu vermeiden, wurde bei Patenten mit mehreren Anmeldern jeweils der erste auf dem Patent genannte Anmelder zur Definition des Anmeldertyps herangezogen.

### A.3.2 Das Modell

Da es sich bei der abhängigen Variablen "Internationale Anmeldung" um eine dichotome Variable mit den Ausprägungen "international angemeldet" (kodiert als "1") und "nicht international angemeldet" (kodiert als "0") handelt, wird ein logistisches Regressionsmodell zur Schätzung der Effekte angewendet.<sup>13</sup>

Im so genannten "Logit Modell", werden die Log-Odds der abhängigen Variablen als lineare Kombination der Prädiktorvariablen modelliert, um den Effekt einer Variable dahingehend zu beurteilen ob sie die Chance erhöht oder verringert, dass die abhängige Variable den Wert "1" annimmt (Long 1997).

Dem Basismodell liegt somit (in vereinfachter Form) folgende Regressionsgleichung zugrunde:

$$\text{Logit}(INT_{1/0} | X) = \beta_0 + \beta_1 BW + \beta_2 KMU + \beta_3 EERF + \beta_4 AKAD + \beta_5 KLI + \beta_6 MOB + \beta_7 UMW + \beta_8 GES + \beta_9 IUK + \beta_{10} SONST$$

wobei *INT* als Platzhalter für die abhängige Variable "internationale Anmeldung" dient, *BW* für Anmeldungen baden-württembergischer Anmelder, *KMU* für Anmeldungen kleiner und mittelständischer Unternehmen, *EERF* für Anmeldungen von Einzelerfindern und *AKAD* für Anmeldungen akademischer Anmelder. *KLI*, *MOB*, *UMW*, *GES*, *IUK* und *SONST* stehen jeweils für die Anmeldungen aus den Schwerpunktfeldern Energie, Mobilität, Umwelt, Gesundheit, IuK und "andere Felder".

Die zentrale Information zur Messung der Internationalisierung Baden-Württembergs in Bezug auf Patentanmeldungen ist eine kategoriale Variable, die anzeigt, ob ein Patent international via PCT oder EPA (kodiert als "1") oder ausschließlich national (kodiert als "0") angemeldet wurde. Diese Variable dient als abhängige (oder zu erklärende) Variable im folgenden Regressionsmodell.

Die zentrale erklärende (oder unabhängige) Variable des Modells hat ebenfalls zwei Ausprägungen und zeigt an, ob eine Patentanmeldung von einem Anmelder aus Baden-Württemberg (kodiert als "1") oder von einem Anmelder aus dem restlichen Deutschland (kodiert als "0") angemeldet wurde. Diese Variable ermöglicht den Vergleich, ob Baden-Württemberg gegenüber dem restlichen Deutschland und unter Kontrolle der feldspezifischen- und anmeldertypspezifischen Effekte mehr

---

<sup>13</sup> Da eine Normalverteilung der Residuen und Homoskedastizität, das heißt gleiche Streuung innerhalb der Datenmessung, bei einer dichotomen abhängigen Variablen nicht gegeben sind, kann ein lineares Regressionsmodell unter Umständen zu verzerrten Schätzern führen (Long 1997).

oder weniger wahrscheinlich ein Patent international anmeldet. Die Information, welchem Schwerpunktfeld eine Patentanmeldung zugeordnet wird, sowie die Information von welcher Art Patentanmelder eine Anmeldung stammt, dienen im Modell als Kontrollvariablen. Der Anmeldertyp unterscheidet, ob ein Patent von einem kleinen oder mittelständischen Unternehmen (KMU), einem großen Unternehmen, einer einzelnen Person oder einem akademischen Anmelder, das heißt einer Universität oder einer öffentlichen Forschungseinrichtung, angemeldet wurde. Ein Überblick über die verwendeten Variablen, inklusive zentraler Kennzahlen zur Beschreibung dieser Variablen ist in Tabelle A-1 abgebildet.

Tabelle A-1: Überblick über die verwendeten Variablen

Variable	Beobachtungen	Mittelwert	Std. Abw.	Min	Max
Internationale Anmeldung	89.839	0,53	0,50	0	1
KMU	73.353	0,18	0,39	0	1
GU	73.353	0,68	0,47	0	1
Einzelperson	73.353	0,10	0,30	0	1
Akademischer Anmelder	73.353	0,04	0,20	0	1
Energie	89.839	0,14	0,34	0	1
Mobilität	89.839	0,05	0,22	0	1
Umwelt	89.839	0,05	0,23	0	1
Gesundheit	89.839	0,22	0,41	0	1
IuK	89.839	0,15	0,36	0	1
Andere Felder	89.839	0,53	0,50	0	1
Baden-Württemberg/Restdeutschland	89.022	0,32	0,46	0	1

Quelle: EPA-PATSTAT, eigene Berechnungen.

Da es sich bei den Variablen KMU, Einzelerfinder und akademische Anmelder um ein Set von Dummy-Variablen handelt, müssen diese zur Referenzkategorie (in diesem Fall: große Unternehmen) interpretiert werden. Die Vorzeichen der Koeffizienten des folgenden Regressionsmodells zeigen hierbei an, ob der jeweilige Anmeldertyp im Vergleich zu großen Unternehmen eine mehr oder weniger starke Internationalisierung aufweist. Die Dummy-Variable BW muss zur Referenzkategorie "restliches Deutschland" interpretiert werden. Ein Spezialfall tritt für die Dummy-Variablen der Schwerpunktfelder (inkl. Residualfeld) auf, da die Anmeldungen in den Feldern nicht notwendigerweise überschneidungsfrei sind. Somit muss jede dieser Variablen zum Gesamtdurchschnitt aller Anmeldungen als Referenz interpretiert werden.

Im Zuge der Analyse wird das Basismodell, das alle in Tabelle A-1 gezeigten Variablen umfasst, um Interaktionen zwischen den im Modell befindlichen Variablen erweitert. Dazu werden in einem ersten Schritt Interaktionseffekte der Dummy-Variablen "Baden-Württemberg" mit den jeweiligen Dummy-Variablen der Schwerpunktfelder hinzugefügt. In einem weiteren Schritt wird der Einfluss der Interaktionseffekte der Variable "Baden-Württemberg" mit den jeweiligen Anmeldertypen getestet. Das finale Modell betrachtet schließlich alle Haupteffekte inklusive aller angesprochenen Interaktionen. Insgesamt werden also vier aufeinander aufbauende Modelle berechnet. Dies dient zum einen dazu, die zusätzliche Erklärungskraft einzelner Variablen für das Gesamtmodell abschätzen zu können und zum anderen dazu aufzuzeigen ob bestimmte Variablen sich in ihrem Effekt unter Hinzunahme weiterer, möglicherweise vermittelnder, Variablen verändern.

Interaktionseffekte können nur vor dem Hintergrund der jeweiligen Haupteffekte interpretiert werden. In diesem Fall zeigen die Interaktionseffekte im Modell an, ob Baden-Württemberg in bestimmten Schwerpunktfeldern bzw. bei bestimmten Typen von Anmeldern einen positiven oder negativen Internationalisierungstrend (vor dem Hintergrund des vorliegenden generellen Trends) aufweist.

### **A.3.3 Detaillierte Ergebnisse**

Die Ergebnisse der vier aufeinander aufbauenden Regressionsmodelle unter Hinzunahme der jeweiligen Interaktionseffekte ist in Tabelle A-2 dargestellt. Um die Interpretation der Effekte zu vereinfachen, zeigt die Tabelle die marginalen Effekte der jeweiligen erklärenden Variablen auf die Internationalisierung, das heißt also die Wahrscheinlichkeit, dass ein Patent international angemeldet wird. Etwas genauer formuliert, beschreibt der marginale Effekt den Effekt einer Erhöhung der erklärenden Variable um eine Einheit auf die Wahrscheinlichkeit einer internationalen Anmeldung, unter Konstanthaltung aller anderen Faktoren (Long/Freese 2003).

Bei der Interpretation der jeweiligen Effekte in Kapitel 5.3.2 wird nur auf das finale Modell (M4) eingegangen, das alle Haupteffekte und Interaktionseffekte mit einbezieht und den höchsten Anteil erklärter Varianz aufweist.

Tabelle A-2: Ergebnisse der Logit-Modelle, marginale Effekte

<i>aV: Internationale Anmeldung (ja/nein)</i>	M1		M2		M3		M4	
	dy/dx	Std. F.						
KMU	0,005	0,005	0,005	0,005	-0,013 **	0,006	-0,015 **	0,006
Einzelperson	-0,295 ***	0,006	-0,296 ***	0,006	-0,318 ***	0,006	-0,321 ***	0,006
Akademischer Anmelder	0,039 ***	0,010	0,041 ***	0,010	0,021 **	0,010	0,023 **	0,010
Klima	-0,059 ***	0,007	-0,051 ***	0,008	-0,058 ***	0,007	-0,050 ***	0,008
Mobilität	-0,080 ***	0,010	-0,108 ***	0,012	-0,077 ***	0,010	-0,111 ***	0,012
Umwelt	-0,084 ***	0,009	-0,068 ***	0,010	-0,083 ***	0,009	-0,068 ***	0,011
Gesundheit	0,026 ***	0,007	0,005	0,009	0,024 ***	0,007	0,006	0,009
IuK	-0,072 ***	0,008	-0,111 ***	0,009	-0,072 ***	0,008	-0,113 ***	0,009
Andere Felder	-0,161 ***	0,008	-0,185 ***	0,009	-0,160 ***	0,008	-0,186 ***	0,010
Baden-Württemberg	-0,047 ***	0,004	-0,127 ***	0,019	-0,069 ***	0,005	-0,151 ***	0,019
Interaktion: Baden-Württemberg*Energie			-0,036 **	0,016			-0,035 **	0,016
Interaktion: Baden-Württemberg*Mobilität			0,090 ***	0,020			0,101 ***	0,020
Interaktion: Baden-Württemberg*Umwelt			-0,071 ***	0,023			-0,070 ***	0,023
Interaktion: Baden-Württemberg*Gesundheit			0,074 ***	0,017			0,059 ***	0,017
Interaktion: Baden-Württemberg*IuK			0,137 ***	0,017			0,139 ***	0,017
Interaktion: Baden-Württemberg*Andere Felder			0,083 ***	0,019			0,086 ***	0,019
Interaktion: Baden-Württemberg*KMU					0,065 ***	0,011	0,071 ***	0,011
Interaktion: Baden-Württemberg*Einzelperson					0,120 ***	0,015	0,129 ***	0,015
Interaktion: Baden-Württemberg*Akademischer Anmelder					0,160 ***	0,032	0,154 ***	0,032
N	73.277		73.277		73.277		73.277	
Wald chi2	3.253,85		3.353,78		3.388,84		3.499,68	
Prob > chi2	0,000		0,000		0,000		0,000	
Pseudo R <sup>2</sup>	0,037		0,039		0,038		0,040	

Quelle: EPA – PATSTAT; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI.

Signifikanzlevel: \*\*\*<0,01, \*\*<0,05, \*<0,1. Robuste Standardfehler.

## **A.4 Soziale Netzwerkanalyse**

Die Analyse der internationalen Kooperationsbeziehungen Baden-Württembergs wird neben deskriptiven Statistiken mit Hilfe einer sozialen Netzwerkanalyse (SNA) durchgeführt. Soziale Netzwerkanalysen sind in der Lage, komplexe Beziehungsmuster zwischen den einzelnen Akteuren eines Netzwerks zu analysieren. Somit ermöglicht sie differenzierte Aussagen über die Stärke von Kooperationsbeziehungen über so genannte "strong" bzw. "weak ties" (Granovetter 2004; Granovetter 1973). Dies ist insofern interessant, als sich laut der sozialen Netzwerktheorie die Wahrscheinlichkeit der Kooperation mit einem dritten Partner erhöht, wenn einer der beiden Kooperationspartner bereits eine Zusammenarbeit mit diesem unterhält (Rapoport 1957). Zweitens wird durch die Netzwerkanalyse deutlich, ob sich die Kooperationsbeziehungen Baden-Württembergs in bestimmten Technologiefeldern auf ein Land oder mehrere "Kernkooperationspartner" konzentrieren oder ob differenzierte Kooperationsbeziehungen bestehen.

Für die vorliegenden Untersuchungen internationaler Kooperationsstrukturen mit Hilfe der SNA werden internationale Ko-Patente und Ko-Publikationen mit Fokus auf Baden-Württemberg analysiert.

### **A.4.1 Methoden, Daten und Abgrenzungen**

Ein soziales Netzwerk besteht zunächst aus einer bestimmten Anzahl von Akteuren, wobei es sich hierbei um beliebige Einheiten wie Personen, Organisationen oder Länder handeln kann, sowie eine oder mehrere Arten von Beziehungen zwischen diesen Akteuren (Brandes 2001). Die Akteure sowie ihre Beziehungen untereinander bilden somit das soziale Netzwerk. Im Jargon der SNA werden die Akteure innerhalb des Netzwerks als "Knoten" ("nodes") bezeichnet, während ihre Beziehungen untereinander als "Kanten" ("edges") beschrieben werden.<sup>14</sup> Innerhalb der vorliegenden Analyse sind die Akteure innerhalb des sozialen Netzwerks einzelne Länder, Ländergruppen oder Bundesländer, die mindestens ein transnationales Patent in Kooperation mit einem anderen Land (oder einer Ländergruppe) angemeldet haben bzw. eine Ko-Publikationen in Zusammenarbeit mit einem Autor eines anderen Landes veröffentlicht haben. Länder, Ländergruppen und Bundesländer bilden innerhalb dieser Untersuchung somit die Analyseebene. Hierdurch werden zwar einerseits die Analyseebenen miteinander vermischt. Jedoch erlaubt diese Art der Analyse eine Einschätzung der internationalen Kooperationsstrukturen

---

<sup>14</sup> Eine Übersicht über Methoden und Anwendungen von sozialen Netzwerkanalysen findet sich in (Wasserman/Faust 1994) oder (Scott 1991).

Baden-Württembergs mit nationalen sowie internationalen Partnern innerhalb einer Analyse. Wie in den vorigen Analysen basieren die Daten im Falle der Ko-Patente auf der PATSTAT Datenbank. Patente werden auch hier nach dem Jahr der weltweit ersten Anmeldung, dem so genannten Prioritätsjahr, ausgewertet. Zusätzlich wird auf transnationale Patentanmeldungen, also Patentanmeldungen via PCT oder am EPA unter Ausschluss von Doppelzählungen, fokussiert, um die internationale Dimension der Patentierung abzubilden. Die Daten zu den wissenschaftlichen Publikationen basieren auf der Datenbank Scopus. Zusätzlich zu den Analysen der Gesamtzahlen werden die internationalen Ko-Patente und Ko-Publikationen außerdem nach den operativen Schwerpunkten differenziert betrachtet.

Die in der Analyse enthaltenen Länder umfassen in beiden Fällen die übrigen 15 Bundesländer Deutschlands als Gruppe, die Ländergruppe der fünf EU-Staaten, bestehend aus Frankreich, Großbritannien, Italien, den Niederlanden und Schweden, die Gruppe der restlichen EU-Staaten, die Gruppe der BRICS-Länder, die USA und Japan, sowie eine weitere Gruppe der restlichen Länder in der Welt.

#### A.4.2 Verwendete Indikatoren

Es werden im Wesentlichen zwei SNA-spezifische Indikatoren für die Analyse verwendet werden. Der erste dieser Indikatoren ist die so genannte "betweenness centrality", die zu der Gruppe der Zentralitätsmaße gehört. Zentralitätsmaße sind essentiell für die Analyse sozialer Netzwerke, da sie Auskunft über die Position oder die Wichtigkeit eines bestimmten Akteurs für das gesamte Netzwerk liefern (Bavelas 1948; Freeman 1979; Sabidussi 1966). Die Grundidee hinter der "betweenness centrality", dass ein Akteur dann von hoher Wichtigkeit für das Gesamtnetzwerk ist, wenn er auf einer großen Anzahl "kürzester Wege" innerhalb des Netzes liegt. Dies lässt sich vereinfachend durch Verkehr, der durch einen Knotenpunkt fließt beschreiben. Hat ein Knotenpunkt aufgrund vieler verschiedener Verbindungen zu anderen Knotenpunkten eine hohe Verkehrsdichte, hat er eine zunehmende Bedeutung für das gesamte System. Vielleicht ist es anschaulicher, es als die Menge des Verkehrs, die durch einen Knoten aufgrund seiner Verbindung zu mehreren verschiedenen Akteuren fließt denken. Wenn der Verkehr, der diesen Knoten leitet hoch ist, hat es eine zunehmende Bedeutung für das gesamte System. Formal wird die "betweenness centrality" folgendermaßen definiert (Brandes 2001; Freeman 1977):

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v \neq t \in V} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}$$

Wobei  $V$  die absolute Anzahl der Akteure innerhalb des Systems,  $s$  und  $t$  die Start- und Endpunkte eines Pfades und  $\sigma_{st}(v)$  die Anzahl der kürzesten Pfade von  $s$  nach  $t$  auf dem  $v \in V$  liegen, darstellen.

Die zweite verwendete Maßzahl innerhalb der Netzwerkanalyse ist die so genannte "Modularität", mit deren Hilfe Gruppen oder "Gemeinden" – das heißt Sets stark miteinander verwobener Akteure – innerhalb eines Netzwerks entdeckt werden können (Fortunato/Castellano 2009). Gemessen über die Anzahl gemeinsamer Verbindungen der Akteure untereinander, haben die einzelnen Knoten (oder Gruppenmitglieder) innerhalb einer Gemeinde stärkere Beziehungen zueinander als zu den Mitgliedern anderer Gruppen können (Fortunato/Castellano 2009). Die Modularität einer Gruppe kann Werte zwischen -1 und 1 annehmen, und misst die Dichte der Verbindungen innerhalb einer Gruppe im Vergleich zu Verbindungen zwischen den Gruppen (Blondel et al. 2008; Newman 2006; Newman/Girvan 2004). Im Falle gewichteter Netzwerke – hier wird die Anzahl der Ko-Patente bzw. Ko-Publikationen als Gewichtung verwendet – ist die Modularität formal definiert als (Newman 2004):

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} \left[ A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j)$$

Wobei  $A_{i,j}$  das Gewicht der Verbindung zwischen  $i$  und  $j$ ,  $k_i = \sum_j A_{ij}$  die Summe der Gewichte der Verbindungen die zum Knoten  $i$  gehören und  $c_i$  die Gruppe, zu der Knotenpunkt  $i$  zugeordnet ist darstellen. Die  $\delta$  Funktion ist 1 wenn ( $u = v$ ) und 0 wenn ( $u \neq v$ ) und  $m = \frac{1}{2} \sum_{ij} A_{ij}$ .

Da die exakte Optimierung der Modularität ein sehr rechenintensives Problem darstellen, wurde hier die Annäherung der Modularität von Blondel et al. (2008) verwendet.