

Strategische Forschung 2010

Studie zur Struktur und Dynamik der Wissenschaftsregion Baden-Württemberg
Rainer Frietsch, Knut Koschatzky und Niels Weertman

Projektpartner



ELSEVIER



Fraunhofer

ISI

Fraunhofer-Institut für
System- und Innovationsforschung ISI

Rainer Frietsch, Knut Koschatzky, Niels Weertman

Strategische Forschung 2010

Studie zur Struktur und Dynamik der
Wissenschaftsregion Baden-Württemberg

FRAUNHOFER VERLAG

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

Impressum

Herausgeberin:
Baden-Württemberg Stiftung gGmbH
Im Kaisemer 1, 70191 Stuttgart
www.bwstiftung.de

Verantwortlich:
Rudi Beer, Dr. Anja Ernst

Autoren:
Rainer Frietsch, Prof. Dr. Knut Koschätzky, Niels Weertman

weitere Mitarbeit:
Joachim Hemer, Dr. Judith Kamalski, Dr. Henning Kroll, Dr. Henk Moed,
Peter Neuhäusler, Oliver Rothengatter, Dr. Thomas Stahlecker

Redaktion:
Christine Schädel, Christina Schmedes

Konzeption und Gestaltung:
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
FLAD & FLAD Communication GmbH, Umschlaggestaltung

© Baden-Württemberg Stiftung gGmbH, 2010

Schriftenreihe der Baden-Württemberg Stiftung, Forschung Nr. 49

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: 978-3-8396-0149-5

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, 2010
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, URL <http://verlag.fraunhofer.de>

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 dürfen. 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

Vorwort der Baden-Württemberg Stiftung	IX
1 Ziele und Konzepte	1
2 Rahmenbedingungen für Forschung und Innovation in Baden-Württemberg	5
2.1 Methodische Grundlagen.....	5
2.2 Die Forschung Baden-Württembergs im nationalen und internationalen Vergleich	6
2.3 Personaleinsatz sowie Aufwendungen für Forschung und Entwicklung in Baden-Württemberg.....	8
2.4 Erwerbs- und Qualifikationsstruktur	15
2.5 Hochschulabsolventen, Fächerstruktur und Substitutionsbedarf	19
3 Publikationsanalysen.....	29
3.1 Methoden	29
3.2 Ergebnisse	36
3.3 Zitierungen als Maß der Qualität.....	39
3.4 Baden-Württembergs Position in der deutschen Wissenschaftslandschaft	43
3.5 Zusammenfassung	47
4 Technologische Stärken und Schwächen Baden-Württembergs	53
4.1 Methodische Grundlagen der Patentanalysen.....	53
4.2 Baden-Württembergs Patente in Deutschland.....	57
4.3 Baden-Württembergs Patente in Europa	63
4.4 Patentzitierungen	73
4.5 Patente aus der öffentlichen Forschung	80

4.6	Patente aus Hochschulen.....	86
4.7	Zusammenfassung der Patentanalyse	90
5	Analyse ausgewählter Technikfelder	91
5.1	Wissenschaftliche Publikationen in den ausgewählten Feldern	92
5.2	Patentanmeldungen in den ausgewählten Technikfeldern.....	94
5.3	Schwerpunkt Nanotechnologie	98
5.4	Schwerpunkt Optische Technologien	103
5.5	Zusammenfassung der Analysen in ausgewählten Technikfeldern	107
6	Forschungskooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Baden-Württemberg.....	109
6.1	Kooperation, Transfer, Auftragsforschung.....	109
6.2	Internationale Kooperationen öffentlicher und industrieller Forschung in Baden-Württemberg	116
7	Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen	125
7.1	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	125
7.2	Schlussfolgerungen	132
7.3	Empfehlungen für die Baden-Württemberg Stiftung	133
7.4	Generelle Empfehlungen.....	139
8	Literatur.....	143
	Anhang.....	149

Tabellen

Tabelle 2-1:	Erwerbsstatus nach Altersgruppen, Deutschland und Baden-Württemberg 2006	15
Tabelle 2-2:	Erwerbsstatus nach Bildungsabschlüssen, Deutschland und Baden-Württemberg 2006	16
Tabelle 2-3:	Akademikeranteile in Hochtechnologiesektoren in Deutschland und Baden-Württemberg 2006	22
Tabelle 2-4:	Veränderung der Fächerstruktur bei erwerbstätigen Akademikern nach Komponenten 1996-2006	24
Tabelle 2-5:	Verteilung der Arbeitnehmer mit ausgewählten Studienabschlüssen über ausgewählte Berufsgruppen 2006	27
Tabelle 3-1:	Analysierte Disziplinen der Zeitschriften	32
Tabelle 3-2:	Liste der verwendeten bibliometrischen Indikatoren	34
Tabelle 3-3:	Aggregierte Felder aus der themenorientierten Analyse und deren Zuordnung zu den Kategorien der Strukturanalyse	46
Tabelle 6-1:	Hochschulen in Baden-Württemberg mit den höchsten Drittmiteleinahmen 2006	112
Tabelle 6-2:	Einnahmen/Erträge der Hochschulen in Baden-Württemberg 2008 aus Drittmitteln	113
Tabelle 6-3:	Hochschulen in Baden-Württemberg mit höchsten Drittmiteleinahmen der gewerblichen Wirtschaft 2006	114
Tabelle A1:	Verwendete Kategorien der Scopus-Datenbank	152
Tabelle A2:	Verwendete Patentklassifikation differenziert nach 34 Technologiefeldern und 5 Gruppen	153
Tabelle A3:	Zitierungstypen am EPA und ihre Bedeutung	155
Tabelle A4:	Aggregierte Ergebnisse des themenorientierten Ansatzes auf Basis von Ko-Zitationen in wissenschaftlichen Publikationen	156

Abbildungen

Abbildung 1-1:	Grafische Darstellung der Berichtsstruktur.....	4
Abbildung 2-1:	FuE-Ausgaben in Baden-Württemberg 2006	7
Abbildung 2-2:	FuE-Intensität in Baden-Württemberg, Deutschland und Europa 2006	8
Abbildung 2-3:	Wissenschaftliche Beschäftigte an baden- württembergischen Hochschulen	9
Abbildung 2-4:	FuE-Ausgaben der Hochschulen in Baden-Württemberg 1995-2007	10
Abbildung 2-5:	FuE-Gesamtaufwendungen der Unternehmen 2007 nach Herkunft der Mittel: vom Staat und sonstigen Inländern.....	11
Abbildung 2-6:	Externe FuE-Aufwendungen der Unternehmen 2007, davon Aufträge an Hochschulen und Professoren, den Staat und sonstige Inländer.....	13
Abbildung 2-7:	Drittmitteleinnahmen der baden-württembergischen Hochschulen aus der gewerblichen Wirtschaft.....	14
Abbildung 2-8:	Erwerbstätige in wissensintensiven und weniger wissens- intensiven Wirtschaftszweigen, Deutschland und Baden- Württemberg 1996 und 2006.....	17
Abbildung 2-9:	Erwerbstätige in forschungsintensiven Wirtschaftszweigen der Industrie, Deutschland und Baden-Württemberg 1996 und 2006	18
Abbildung 2-10:	Erwerbstätige in wissensintensiven Clustern in der Wirtschaft, Deutschland und Baden-Württemberg 2006	19
Abbildung 2-11:	Absolventen in den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Fächern in Baden-Württemberg	20
Abbildung 2-12:	Erwerbstätige mit akademischem Abschluss nach Fach- richtung in Deutschland und Baden-Württemberg 2006.....	21
Abbildung 2-13:	Substitutionsbedarf in Deutschland und Baden-Württem- berg, 2000 und 2006, nach Fachbereichen (Absolventen pro Verrentung, berechnet auf Basis der Berufsgruppe der aktuell Beschäftigten).....	26
Abbildung 2-14:	Substitutionsbedarf in Deutschland und Baden-Württem- berg, 2000 und 2006 nach Fachbereichen (Absolventen pro Verrentung, berechnet auf Basis der Ausbildung der aktuell Beschäftigten).....	26

Abbildung 3-1:	Durchschnittliche Anzahl von baden-württembergischen Publikationen nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008	37
Abbildung 3-2:	Anteile Baden-Württembergs an den gesamtdeutschen Publikationen nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008	37
Abbildung 3-3:	Anteile Baden-Württembergs an den Publikationen der 14 ausgewählten Industrienationen nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008.....	38
Abbildung 3-4:	Publikations-Aktivitäts-Index Baden-Württembergs im Vergleich zu Deutschland und zu den 14 Industrienationen nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008.....	39
Abbildung 3-5:	Publikations-Aktivitäts-Index und relative Zitatrate für Baden-Württemberg nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008.....	40
Abbildung 3-6:	Veränderung des Publikations-Aktivitäts-Index und der relativen Zitatrate für Baden-Württemberg nach Feldern, 2006-2008.....	41
Abbildung 3-7:	Relative Publikationsrate in den am häufigsten zitierten Beiträgen und relative Zitatrate Baden-Württembergs nach Feldern, 2006-2008	42
Abbildung 3-8:	Boston-Matrix der Publikationen Baden-Württembergs.....	44
Abbildung 4-1:	Beispielhafte Darstellung der Phasen und zeitlichen Abfolge eines Anmeldeprozesses	54
Abbildung 4-2:	Taxonomie von Patentzitationen	56
Abbildung 4-3:	Entwicklung der absoluten Zahl der Patentanmeldungen nach Prioritätsjahr am Deutschen Patent- und Markenamt	57
Abbildung 4-4:	Anteile Baden-Württembergs an allen deutschen Anmeldungen am DPMA nach Prioritätsjahr 2000-2007	59
Abbildung 4-5:	Anteile der Technikfelder an allen Patentanmeldungen Baden-Württembergs am DPMA nach Prioritätsjahr 2000-2007	59
Abbildung 4-6:	Spezialisierungsprofil für Baden-Württemberg und Deutschland.....	60
Abbildung 4-7:	Absolute Anzahl der Patentanmeldungen Baden-Württembergs und ausgewählter Länder am Europäischen Patentamt 1995-2007	65

Abbildung 4-8:	Anteile der Technikfelder an allen Patentanmeldungen Baden-Württembergs am EPA nach Prioritätsjahr 1995-2007	67
Abbildung 4-9:	Baden-Württembergs Anteil an deutschen Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt nach Technikfeldern 1995-2007	67
Abbildung 4-10:	Spezialisierungsprofil für Baden-Württemberg und Deutschland am Europäischen Patentamt	70
Abbildung 4-11:	Spezialisierungsprofil für Baden-Württemberg, der Schweiz und Frankreich am Europäischen Patentamt	71
Abbildung 4-12:	Spezialisierungsprofil für Baden-Württemberg, die USA und Japan am Europäischen Patentamt	72
Abbildung 4-13:	Durchschnittliche Anzahl der Vorwärtszitationen pro Patent am EPA 1980-2003.....	73
Abbildung 4-14:	Anteil der Patentanmeldungen mit mindestens einer Rückwärtszitation an allen Anmeldungen am EPA, 1995 und 2005, nach Zitierungskategorien	74
Abbildung 4-15:	Anteil der Patentanmeldungen mit mindestens einer Vorwärtszitation an allen Anmeldungen am DPMA 1980-2003	75
Abbildung 4-16:	Anteil der Patentanmeldungen mit mindestens einer Rückwärtszitation an allen Anmeldungen am DPMA, 1980-2006	76
Abbildung 4-17:	Anteil der Patentanmeldungen mit mindestens einer Vorwärtszitation an allen Anmeldungen in ausgewählten Technikfeldern am EPA und DPMA 2001	77
Abbildung 4-18:	Durchschnittliche Anzahl der Vorwärtszitationen pro Patent in ausgewählten Technikfeldern am EPA und DPMA 2001	78
Abbildung 4-19:	Technologiezyklen in ausgewählten Technikfeldern, EPA und DPMA 2005	79
Abbildung 4-20:	Absolute Anzahl der Patentanmeldungen öffentlicher Forschungseinrichtungen beim DPMA und Anteile Baden-Württembergs an Deutschland insgesamt 2000-2007	82
Abbildung 4-21:	Absolute Anzahl der Patentanmeldungen öffentlicher Forschungseinrichtungen beim EPA und Anteile Baden-Württembergs an Deutschland insgesamt 2000-2007	83

Abbildung 4-22:	Patentanmeldungen aus der öffentlichen Forschung nach Institutionengruppen 2005-2007	84
Abbildung 4-23:	Spezialisierungsprofile bei Patentanmeldungen am EPA der öffentlichen Forschung in Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt 2005-2007	85
Abbildung 4-24:	Patentanmeldungen aus baden-württembergischen Hochschulen nach Anmeldertyp	87
Abbildung 4-25:	Patentanmeldungen aus deutschen Hochschulen nach Anmeldertyp.....	88
Abbildung 5-1:	Wachstumsindex wissenschaftlicher Publikationen aus Baden-Württemberg in ausgewählten Feldern 1997-2009	92
Abbildung 5-2:	Anteile wissenschaftlicher Publikationen aus Baden-Württemberg an den gesamtdeutschen Publikationen in ausgewählten Feldern 1997-2009	93
Abbildung 5-3:	Baden-Württembergs Spezialisierungsprofil bei wissenschaftlichen Publikationen in ausgewählten Feldern	94
Abbildung 5-4:	Entwicklung der Patentanmeldungen Baden-Württembergs am EPA in ausgewählten Technikfeldern 2000-2007	95
Abbildung 5-5:	Anteile der baden-württembergischen an allen deutschen Patentanmeldungen am EPA in ausgewählten Technikfeldern 2000-2007	96
Abbildung 5-6:	Baden-Württembergs Spezialisierungsprofil bei Patentanmeldungen am EPA in ausgewählten Feldern	97
Abbildung 5-7:	Anzahl der Nanotechnologiepatente am EPA 1980-2005	98
Abbildung 5-8:	Idealtypische Technologiezyklen	99
Abbildung 5-9:	Anzahl der Nanotechnologiepatente nach Teilbereichen am EPA 2003-2005	101
Abbildung 5-10:	Anteile der Nanopatente aus Baden-Württemberg an allen deutschen Anmeldungen am EPA nach Teilbereichen 2003-2005.....	102
Abbildung 5-11:	Patentanmeldungen am DPMA nach Teilbereichen der Optischen Technologien 2005-2007	104
Abbildung 5-12:	Anteile der baden-württembergischen an allen deutschen Patentanmeldungen am EPA in Teilbereichen der Optischen Technologien 2000-2007	105

Abbildung 5-13:	Entwicklung der Patentanmeldungen Baden-Württembergs in Teilbereichen der Optischen Technologien am EPA 2000-2007	106
Abbildung 6-1:	Anteile der internationalen Ko-Publikationen mit ausgewählten Partnerländern an allen Publikationen Baden-Württembergs bzw. der Ko-Publikationen mit Baden-Württemberg an den Publikationen der Länder 2007-2009	118
Abbildung 6-2:	Anteile der internationalen Ko-Publikationen Baden-Württembergs nach Wissenschaftsfeldern 2007-2009	120
Abbildung 6-3:	Anteile internationaler Ko-Publikationen an allen Publikationen ausgewählter Länder 2007-2009	120
Abbildung 6-4:	Anteile internationaler Ko-Patente an allen Anmeldungen am EPA	121
Abbildung 6-5:	Anteile internationaler Ko-Patente an allen Anmeldungen am EPA nach Partnerländern	122
Abbildung 6-6:	Anteile internationaler Ko-Patente an allen Patenten am DPMA und am EPA	123
Abbildung 6-7:	Internationalität der Patente auf Basis von Besitz und Erfinderort	124

Vorwort der Baden-Württemberg Stiftung

Mit dem zehnjährigen Jubiläum erhält die Baden-Württemberg Stiftung einen neuen Namen und ein neues Erscheinungsbild. Wir signalisieren damit den Aufbruch in ein neues, erfolgreiches Jahrzehnt. Und betonen noch deutlicher: Baden-Württemberg und die Menschen im Land stehen an erster Stelle.

Zum zehnjährigen Geburtstag erscheint auch diese Studie zur strategischen Ausrichtung der Forschung der Baden-Württemberg Stiftung. Forschung ist ein wichtiger Bereich im Engagement der Stiftung. Sie ist Impulsgeber für Wissenschaft und Wirtschaft, hilft dabei, Arbeitsplätze im Land zu schaffen und zu erhalten und sorgt dafür, dass Baden-Württemberg seine herausragende Position im internationalen Wettbewerb weiter ausbaut.

Nicht erst in diesem Jahr lotet die Baden-Württemberg Stiftung die Ausrichtung der Forschungsprogramme neu aus. Bereits in den vergangenen Jahren hat die Stiftung ihre Programme immer wieder auf den Prüfstand gestellt und ihr eigenes Vorgehen kritisch überdacht. In bislang zwei in Auftrag gegebenen Studien hat die Baden-Württemberg Stiftung den Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort untersucht. Deren Resümee: Es gilt, Stärken zu stärken. Die Forschungsprogramme sollen sich auf Bereiche konzentrieren, in denen bereits auf Spitzenniveau gearbeitet wird. Die Forschung muss dabei von besonderer wirtschaftlicher, wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Bedeutung für die Zukunft sein. Und es braucht Unternehmen im Land, die von den Ergebnissen der Forschung profitieren können. Ganz konkret werden dabei Bereiche vorgeschlagen, in die es sich zu investieren lohnt, zum Beispiel Optische Technologien, Lebenswissenschaften oder Materialforschung.

Aufgrund der hohen Dynamik in der wissenschaftlichen Forschung wird nun in dieser dritten Studie erneut untersucht, wie gut Wissenschaft und Wirtschaft im Land aufgestellt sind. Forschungsaktivitäten in Baden-Württemberg werden analysiert, aber die Studie sucht auch den Vergleich mit deutscher und internationaler Forschung. Wissenschaftliche Leuchttürme werden identifiziert und es wird geprüft, was Relevanz hat für die Unternehmen im Land. Wir haben dabei erneut einen anderen Blickwinkel gewählt und uns bei der Analyse anderer Methoden bedient als in den vorigen Jahren. So können wir nicht nur unsere Forschung neu justieren, sondern zugleich bisher Erforschtes überprüfen. Die Entscheidung darüber, welche Forschungsbereiche wir Jahr für Jahr tatsächlich unterstützen, beruht dabei auf einem komplexen Entscheidungsprozess, in den unterschiedlichste Informationen einbezogen werden. Die Studien sind uns hierfür aber ein wichtiger Anhaltspunkt.

Die aktuelle Studie zeigt uns, dass es gilt, die Spitzenposition Baden-Württembergs in vielen Forschungsbereichen weiter auszubauen, Grundlagenforschung zu unterstützen und die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der unternehmerischen Praxis voranzutreiben. So trägt die Baden-Württemberg Stiftung dazu bei, Baden-Württemberg als attraktiven und modernen Forschungsstandort zu sichern und langfristig die Spitzenstellung des Landes im internationalen Wettbewerb zu stärken.



Christoph Dahl

Geschäftsführer



Rudi Beer

Abteilungsleiter Forschung

1 Ziele und Konzepte

Von den etwa 50 Mio. Euro, die die Baden-Württemberg Stiftung pro Jahr für die Förderung von Projekten zur Verfügung stellt, fließen ca. 20 Mio. Euro pro Jahr in den Bereich Wissenschaft und Forschung. Bereits in den Jahren 2000 und 2005 haben zwei Studien die strategische Ausrichtung der Forschung in Baden-Württemberg analysiert und Empfehlungen zur Forschungsförderung erarbeitet (Fier et al. 2005; Landesstiftung Baden-Württemberg 2000). Nunmehr soll eine weitere Analyse die aktuelle Situation der natur- und ingenieurwissenschaftlichen Forschung in Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Baden-Württemberg, absehbare Forschungstrends und die nationale und internationale Aufstellung der wissenschaftlichen und industriellen Forschung Baden-Württembergs beleuchten. Für die Durchführung der Studie beauftragte die Baden-Württemberg Stiftung Elsevier B.V., Amsterdam und das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.

Das Untersuchungsthema wird durch eine Reihe von Forschungsfragen definiert, denen sich die einzelnen Kapitel dieser Studie widmen. Diese Forschungsfragen werden in Kapitel 7 aufgegriffen und in Form von Schlussfolgerungen und Empfehlungen bezüglich der strategischen Absicherung der derzeitigen und künftigen Forschungsförderung der Baden-Württemberg Stiftung zusammenfassend beantwortet. Zentrale Fragen sind:

- Durch welche Rahmenbedingungen für Forschung und Entwicklung zeichnet sich Baden-Württemberg aus? Wie sind Erwerbs- und Qualifikationsstruktur sowie der Substitutionsbedarf bei Akademikern zu beurteilen?
- Wie ist Baden-Württemberg in seinen Forschungsthemen (gemessen an Publikationen) im nationalen und internationalen Vergleich aufgestellt, welche Stärken und Schwächen lassen sich identifizieren?
- Welche Forschungsaktivitäten lassen sich in der baden-württembergischen Wirtschaft (gemessen an Patenten) identifizieren?
- Welche Trends ergeben sich in zukunftsorientierten Wissenschafts- und Technikfeldern?
- Durch welche Merkmale zeichnet sich die Zusammenarbeit zwischen universitärer und außeruniversitärer Forschung aus? Existieren korrespondierende Aktivitäten und wie werden seitens der Wirtschaft Forschungsergebnisse aus der Wissenschaft genutzt?

Um die sich aus diesen Fragestellungen ergebende anspruchsvolle Zielsetzung zu erreichen, bringen Elsevier und Fraunhofer ISI ihre entsprechenden Daten- und Analysekompetenzen gemeinsam in die Bearbeitung der Studie ein. Sie zeichnet sich aus

durch einen Methodenmix bestehend aus Publikations- und Patentanalysen in großen Datenbanken (Scopus, Patstat), durch statistische Sekundäranalysen, Befragungen zum Kooperationsverhalten zwischen Wissenschaft und Wirtschaft und zur Validierung der Datenbankrecherchen sowie durch Workshops mit Akteuren aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zur Diskussion der Analyseergebnisse.

Bei der Themenstellung dieses Forschungsvorhabens ist zu berücksichtigen, dass Forschung ein komplexes Phänomen darstellt, 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. Die jeweils verwendeten Datenbanken haben ihre Stärken und Schwächen, wobei mit dem Zugang zur Scopus-Datenbank über den Anbieter Elsevier B.V. in diesem Projekt der Versuch unternommen wurde, weite Bereiche der deutschen und internationalen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Forschung abzudecken. Befragungen oder die amtliche Statistik als ergänzende Informationsquellen können die restlichen Erhebungslücken auch nur teilweise verringern. Beim Vergleich zwischen wissenschaftlicher Forschung und industrieller Umsetzung (Patente) ist zudem zu beachten, dass Klassifikationen nicht einheitlich sind, weil sich beispielsweise die Physik oder Mathematik als klassische Grundlagenwissenschaften in der technikbasierten Patentklassifikation nicht eindeutig und klar identifizierbar niederschlagen.¹ 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.

Hinsichtlich der methodischen Grundlagen und Vorgehensweisen finden sich am Beginn jedes Kapitels entsprechende Hinweise. Hier soll nur überblicksartig auf die wesentlichen Analysemodule verwiesen werden. In einem ersten Schritt wurden allgemeine Rahmendaten mit Bezug zur wissenschaftlich-industriellen Forschung ausgewertet. Hierzu gehören die öffentlichen und privaten Forschungsaufwendungen, das Drittmitelaufkommen der Hochschulen, insbesondere aus der gewerblichen Wirtschaft, Absolventenzahlen, der Substitutionsbedarf an qualifizierten Erwerbstätigen, Erwerbs-

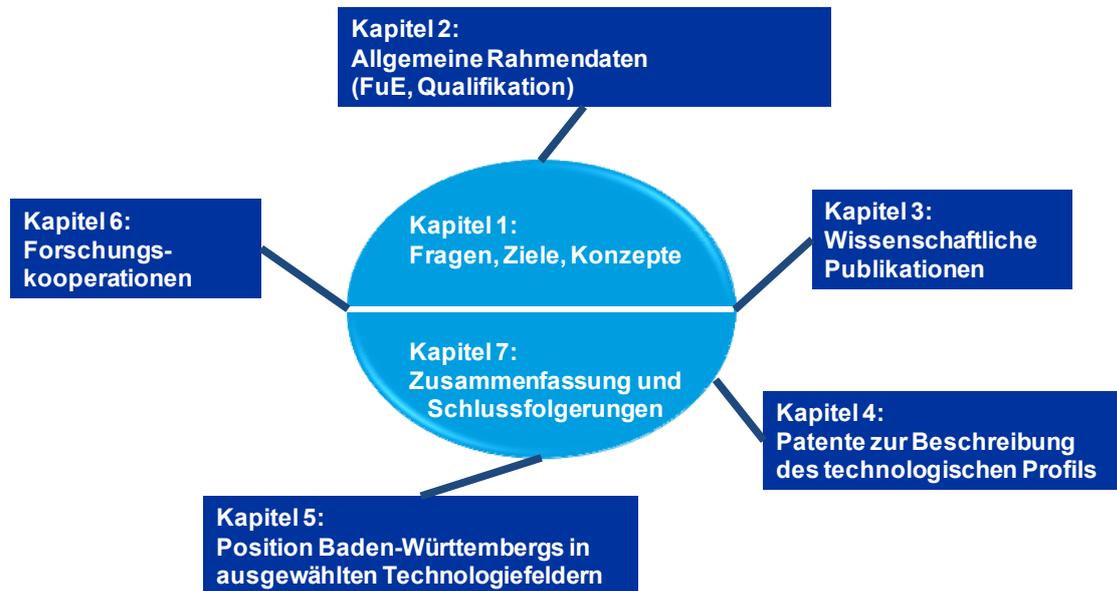
¹ Die Listen mit den verwendeten Klassifikationen und Abgrenzungen finden sich im Anhang.

tätigkeit und Qualifikationsstruktur der Beschäftigten. Neben diversen Statistiken wurde u.a. auf Daten des Mikrozensus zurückgegriffen. Die Ausführungen zu diesem Aspekt der Untersuchung sind in **Kapitel 2** dargestellt.

Die Analyse der wissenschaftlichen Kernkompetenzen des Landes Baden-Württemberg anhand von Publikationen erfolgt durch bibliometrische Verfahren in der Scopus-Datenbank von Elsevier. Dieser Untersuchungsschritt ist Gegenstand von **Kapitel 3**. Spiegelbildlich zu den Publikationsanalysen werden in **Kapitel 4** anhand von Patenten die wissenschaftlich-technologischen Trends und Strukturen der baden-württembergischen Forschung herausgearbeitet. Dabei steht das Patentportfolio Baden-Würtbergs im Mittelpunkt der Betrachtung, das zusätzlich mit Hilfe von Patentziten weiter qualifiziert wird. Daneben werden auch Patente aus der öffentlichen Forschung einer besonderen Analyse unterzogen. In **Kapitel 5** erfolgt ein Blick in ausgewählte Technologiefelder.

Das **Kapitel 6** widmet sich der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Dieser Aspekt wird bereits anhand der Drittmittelstatistik in Kapitel 2 angesprochen, nunmehr aber durch Ergebnisse aus Expert/-innen-Befragungen mit publizierenden und patentierenden Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen aus Universitäten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und der Industrie vertieft. Ergänzt werden diese Betrachtungen durch internationale Ko-Publikations- und Ko-Patentanalysen, um auch die internationale Dimension der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit ausreichend berücksichtigen zu können.

Der Bericht wird in **Kapitel 7** mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse sowie Schlussfolgerungen und Empfehlungen abgeschlossen, wobei die Empfehlungen der Studie aus dem Jahr 2005 mit berücksichtigt werden. Zentrale Ergebnisse der Analysen wurden in Workshops bei der Baden-Württemberg Stiftung diskutiert. Die Ergebnisse aus den Workshopdiskussionen sind in die Formulierung der Schlussfolgerungen und Empfehlungen eingeflossen.

Abbildung 1-1: Grafische Darstellung der Berichtsstruktur

2 Rahmenbedingungen für Forschung und Innovation in Baden-Württemberg

2.1 Methodische Grundlagen

In der ökonomischen Forschung wird die Befähigung zum Innovieren schon lange als Schlüsselfaktor für längerfristige Wettbewerbsvorteile angesehen. Moderne Ansätze der Innovationsforschung (Breschi/Malerba 1997; Cooke 1992; Dosi et al. 1988; Kuhlmann/Arnold 2001; Nelson 1993) machen deutlich, welche Organisationen mit welchen Funktionen wichtige Rollen im nationalen, regionalen und sektoralen Innovationsgeschehen spielen und welche Interaktionsbeziehungen zwischen den Organisationen besonders förderlich auf Innovationsprozesse einwirken. Neben diesen spielen weitere Rahmenbedingungen (wie z.B. die Wirtschaftsstruktur oder das Qualifizierungsniveau der Beschäftigten) eine große Bedeutung im Innovationsgeschehen. Für eine Bewertung der Rahmenbedingungen für Forschung und Entwicklung (FuE) ist erstens zu fragen, in welchem Umfang in der Untersuchungsregion aktuell entsprechende Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsaktivitäten stattfinden. Hierzu gilt es, die Entwicklung der personellen wie auch monetären FuE-Aufwendungen darzustellen. Die Analyse der wechselseitigen Finanzierungsströme (Drittmittel) zwischen Wirtschaft und Wissenschaft erlaubt erste Hinweise auf den Kooperationsumfang zwischen Wirtschaft und öffentlicher Forschung. Eine vertiefende Betrachtung dieses Aspektes erfolgt angereichert durch Erkenntnisse aus Experteninterviews in Kapitel 6.

Als zweiten wichtigen Aspekt gilt es zu berücksichtigen, dass gerade im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen Innovationskapazität nicht unabhängig von den Personen betrachtet werden kann, die innovative Leistungen in Form von neuen oder verbesserten Produkten oder Prozessen erbringen. Der Bildung und Qualifikation von Personen kommt eine zentrale Rolle im Innovationsprozess zu, besonders vor dem Hintergrund, dass die Ausstattung mit qualifizierten Erwerbspersonen als maßgeblicher Einsatzfaktor für Produktivität gilt. Ein Mangel an gut ausgebildetem und qualifiziertem Personal bedeutet ein Hemmnis für Forschungs- und Entwicklungsprojekte und ist somit für die technologische Leistungsfähigkeit und die wirtschaftliche Entwicklung insgesamt relevant (Leszczensky et al. 2010). Vor diesem Hintergrund wird die Analyse von Qualifizierung und Beschäftigung den zweiten zentralen Schwerpunkt dieses einführenden Kapitels bilden.

Für die Analysen der folgenden Unterkapitel wurde auf Daten des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg, des Statistischen Bundesamtes, von Eurostat und Daten des Mikrozensus Deutschland zurückgegriffen.²

Jenseits der generellen Fehleranfälligkeit aller Statistik ist davon auszugehen, dass die Daten aus den Beständen des Statistischen Landesamtes, des Statistischen Bundesamtes sowie von Eurostat als zuverlässig und korrekt zu betrachten sind. Einige Datenauswertungen, v.a. im Bereich der Drittmittel- und der Absolventenstatistik, wurden speziell für diese Studie in Auftrag gegeben und von Fachkräften an den entsprechenden Ämtern durchgeführt. Insbesondere im Hinblick auf die der FuE-Statistik zu Grunde liegenden Erhebungsverfahren kann dennoch in Einzelfällen diskutiert werden, ob die Daten eine valide Aussage im gewünschten Kontext ermöglichen (vgl. Koschatzky et al. 2003). Eine solche Einzelfalldiskussion erfolgt im Rahmen der jeweiligen Unterkapitel.

2.2 Die Forschung Baden-Württembergs im nationalen und internationalen Vergleich

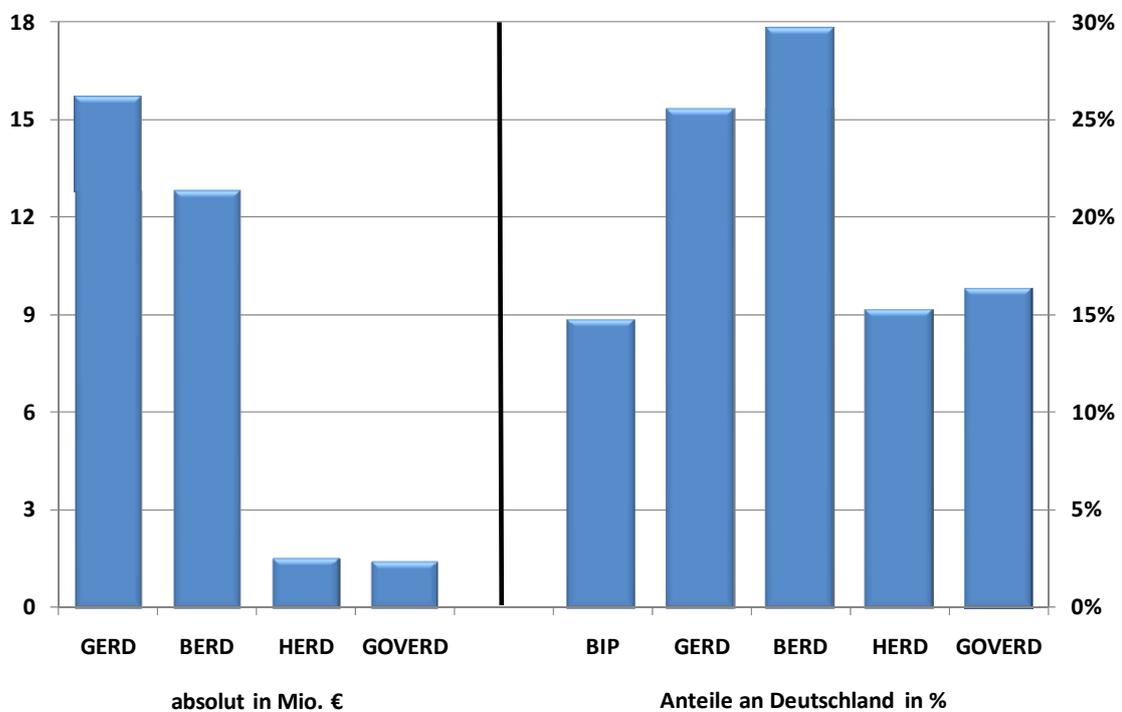
Baden-Württemberg gilt im deutschen wie auch im internationalen Vergleich als forschungsstarke Region. Abbildung 2-1 zeigt, dass der Anteil der gesamten FuE-Ausgaben (GERD) Baden-Württembergs an den deutschen FuE-Ausgaben den regionalen Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP) deutlich übersteigt. Weiterhin wird deutlich, dass dies vor allem den überdurchschnittlichen FuE-Ausgaben im Unternehmenssektor (BERD) geschuldet ist (nahezu 30% aller deutschen Ausgaben). Der Unternehmenssektor finanziert etwa 80% aller FuE-Ausgaben Baden-Württembergs. Der Anteil der FuE-Ausgaben der Hochschulen (HERD) bzw. der öffentlichen Forschungsinstitute (GOVERD) hingegen entspricht in etwa dem Anteil des Bruttoinlandsprodukts (ca. 15% aller deutschen Ausgaben) und macht jeweils etwa 10% der baden-württembergischen FuE-Ausgaben aus.³

² Der Mikrozensus wird jährlich vom Statistischen Bundesamt aufgelegt und ist die amtliche Repräsentativstatistik über Bevölkerung und Arbeitsmarkt in Deutschland, an der 1% aller deutschen Haushalte teilnehmen.

³ GERD steht als Abkürzung für Gross Domestic Expenditures on Research and Development (R&D), BERD für Business Expenditures on R&D, HERD für Higher Education Expenditures in R&D und GOVERD für Governmental Expenditures on R&D. GERD ergibt sich als Summe aus BERD, HERD und GOVERD. Diese Bezeichnungen für die unterschiedlichen Bereiche der Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen fußen auf einer einheitlichen Erhebungsmethodik und werden in der FuE-Statistik international verwendet (OECD 2002).

Gleichermaßen verdeutlicht Abbildung 2-2, dass die FuE-Intensität Baden-Württembergs (GERD bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt) mit knapp 4,4% deutlich über dem deutschen und erst recht dem europäischen Durchschnitt liegt. Erneut gilt es zu beachten, dass dies im Wesentlichen auf eine stark überdurchschnittliche FuE-Intensität im Unternehmenssektor zurückgeht (BERD). Die FuE-Intensität im Hochschulsektor (HERD) hingegen liegt im europäischen Mittel, die im Bereich der öffentlichen Forschungsinstitute (GOVERD) zwar deutlich darüber, dies aber vor allem aufgrund der in Deutschland generell höheren FuE-Aufwendungen der öffentlichen Forschungsinstitute in diesem Bereich.

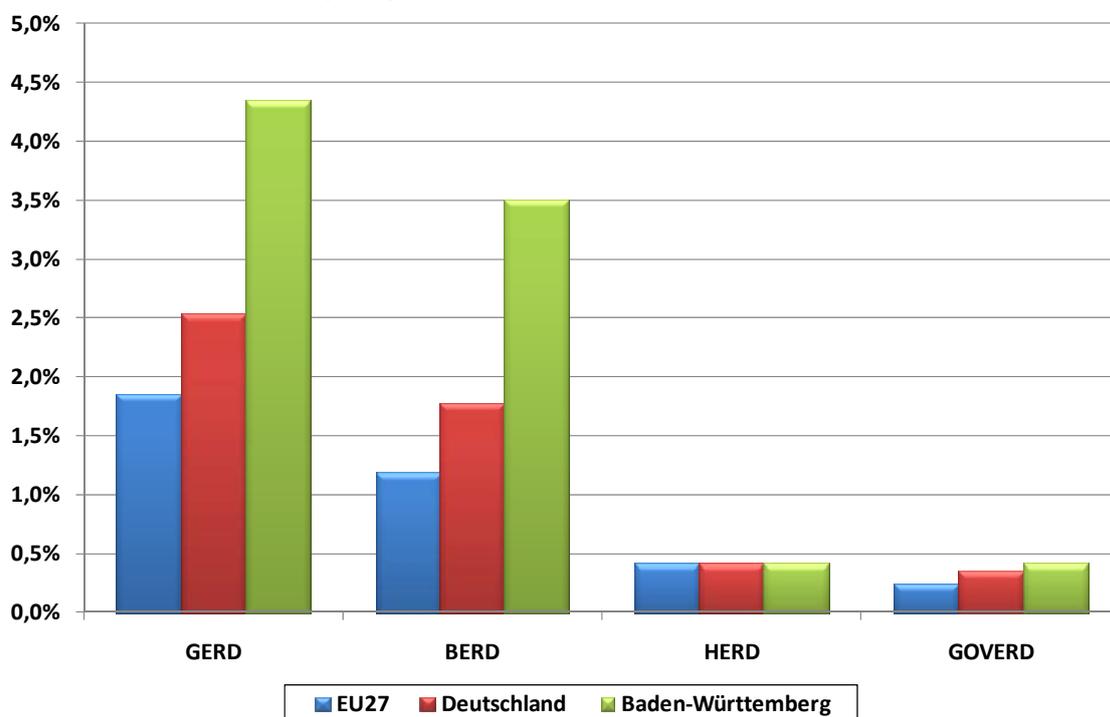
Abbildung 2-1: FuE-Ausgaben in Baden-Württemberg 2006 (in Mrd. Euro und Anteile an Deutschland insgesamt)



GERD = Gross Domestic Expenditure on R&D; BERD = Business Enterprise Expenditure on R&D; HERD = Higher Education Expenditure on R&D; GOVERD = Government Expenditure on R&D

Quelle: Eurostat, Statistisches Bundesamt, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 2-2: FuE-Intensität in Baden-Württemberg, Deutschland und Europa 2006 (in %)



GERD = Gross Domestic Expenditure on R&D; BERD = Business Enterprise Expenditure on R&D; HERD = Higher Education Expenditure on R&D; GOVERD = Government Expenditure on R&D

Quelle: Eurostat; Berechnungen des Fraunhofer ISI

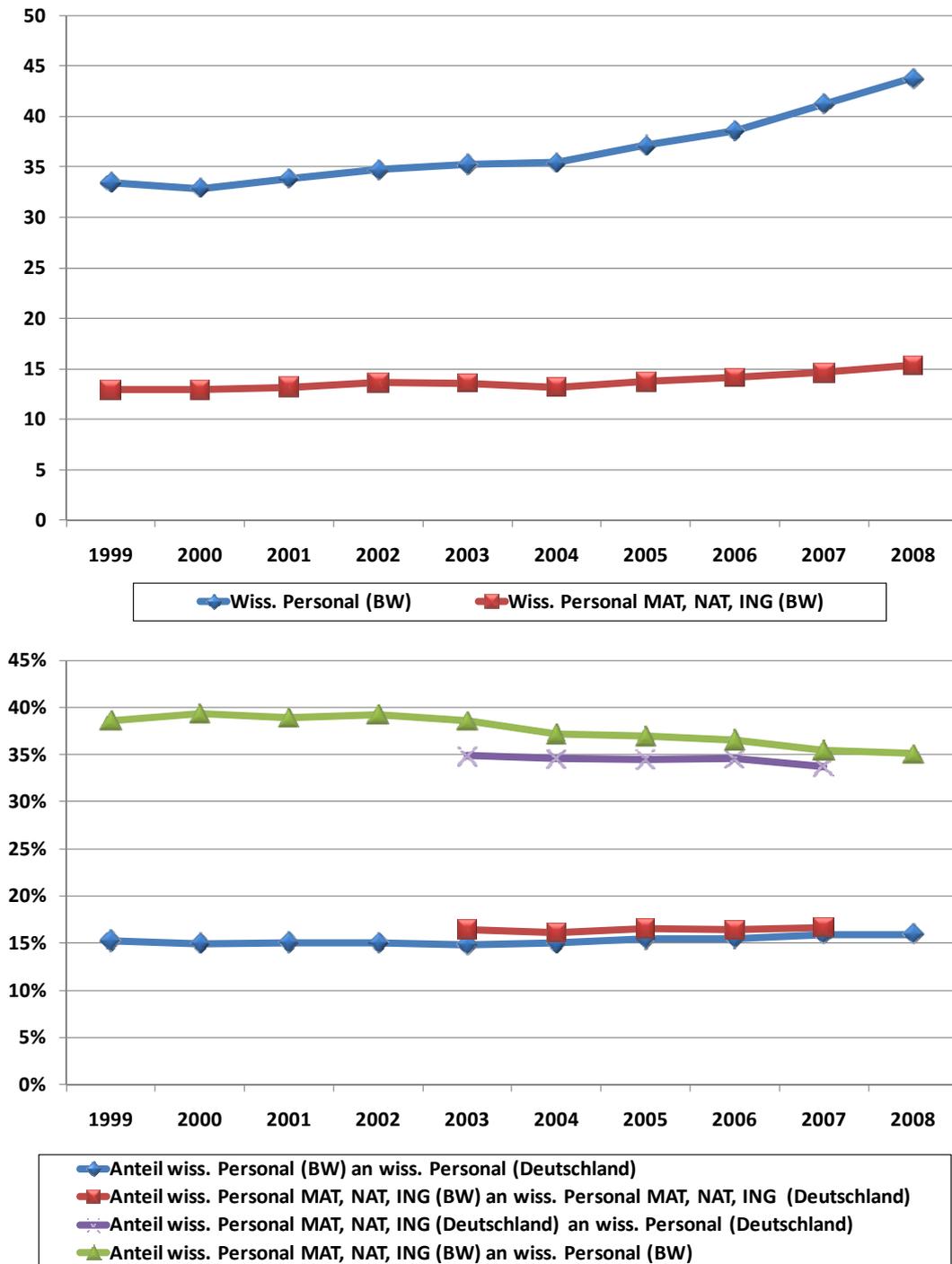
2.3 Personaleinsatz sowie Aufwendungen für Forschung und Entwicklung in Baden-Württemberg

Wissenschaftliches Personal an baden-württembergischen Hochschulen

Abbildung 2-3 zeigt, dass die Zahl der wissenschaftlichen Beschäftigten an baden-württembergischen Hochschulen seit 2004 deutlich angestiegen ist. Aktuell sind ca. 44.000 Wissenschaftler an den Hochschulen des Landes beschäftigt. Hiervon sind aktuell ca. 15.000 im Bereich der Mathematik, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften tätig. In diesen Bereichen konnte die Beschäftigung nur in vergleichsweise geringem Maße erhöht werden, sodass ihr Anteil an der wissenschaftlichen Gesamtbeschäftigung von 38,6% (2003) auf 35,1% (2008) zurückging. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Werte deutlich über dem deutschen Mittel von 34,9% (2003) bzw. 33,8% (2007) liegen. Baden-Württemberg bleibt somit ein Standort mit klaren Schwerpunkten in den Bereichen Mathematik, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften. Da die Auswertung die reine Anzahl von Beschäftigungsverhältnis-

sen abbildet (belastbare Zahlen zu Vollzeitäquivalenten liegen zur Zeit der Berichterstellung nicht vor), sind Struktureffekte nicht auszuschließen.

Abbildung 2-3: Wissenschaftliche Beschäftigte an baden-württembergischen Hochschulen (obere Abbildung in '000, untere Abbildung in %)



Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Statistisches Bundesamt; Berechnungen des Fraunhofer ISI

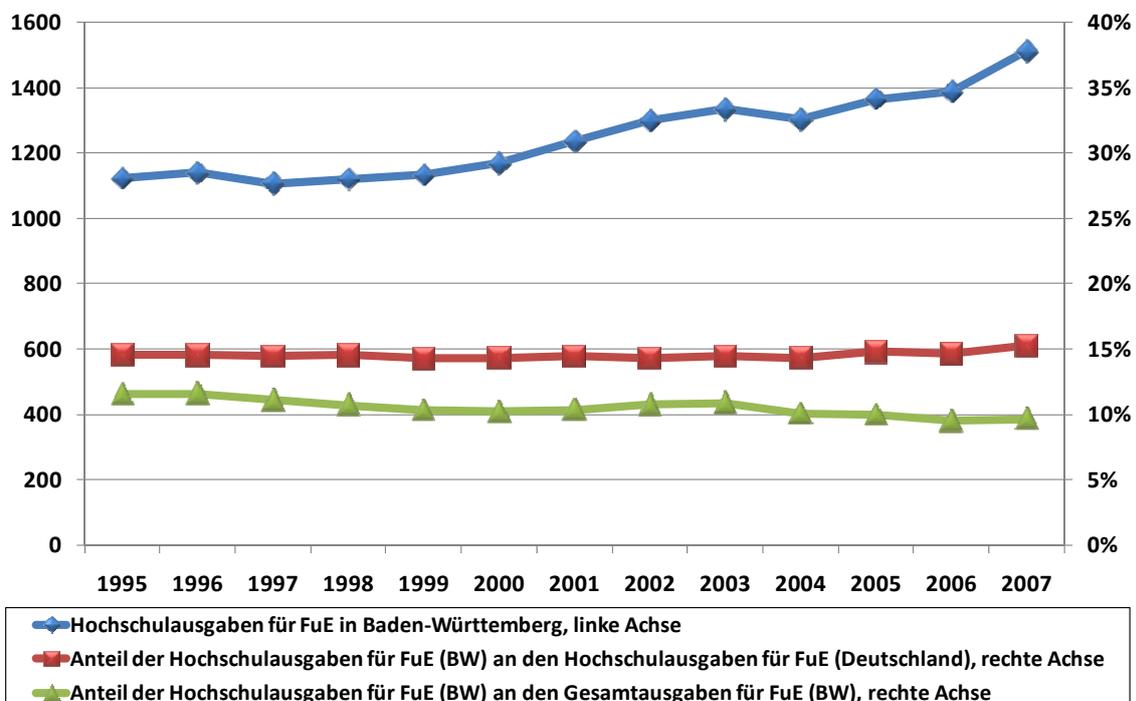
Nachdem Baden-Württembergs Anteil an der wissenschaftlichen Gesamtbeschäftigung im Hochschulsektor von 1999-2003 von ca. 15,2% auf knapp über 14,8% zurückgegangen war, konnte durch verstärkte Einstellungen von 2004 an ein Anstieg auf nahezu 16% (2008) erreicht werden. Der Anteil der Beschäftigten im Bereich Mathematik, Naturwissenschaften und Ingenieurwissenschaften lag stabil bei ca. 16,5%.

FuE-Aufwendungen der baden-württembergischen Hochschulen

Die Hochschulen in Baden-Württemberg tragen nicht unwesentlich zur Erbringung von Forschungs- und Entwicklungsleistungen bei (vgl. Abbildung 2-4). Der Beitrag lag in absoluten Zahlen zwischen 1995 und 2000 recht stabil bei knapp unter 1,2 Mrd. Euro. Von 2000 bis 2003 wurden die Ausgaben um ca. 15% auf knapp unter 1,4 Mrd. Euro und bis 2007 weiter auf ca. 1,5 Mrd. Euro gesteigert.

Mit Blick auf den Anteil Baden-Württembergs an den gesamtdeutschen FuE-Ausgaben im Hochschulsektor wird deutlich, dass die positive Entwicklung des Mitteleinsatzes im nationalen Trend liegt: Zwischen 1995 und 2006 lag der Anteil Baden-Württembergs an den gesamtdeutschen Ausgaben durchgängig recht stabil zwischen 14% und 14,5%. Weiterhin könnte sich dieser Anteil durch eine Erhöhung der absoluten Ausgaben von 2006 auf 2007 in jüngster Zeit erstmals auf über 15% erhöht haben.

Abbildung 2-4: FuE-Ausgaben der Hochschulen in Baden-Württemberg (HERD) 1995-2007 (in Mio. Euro und in %)



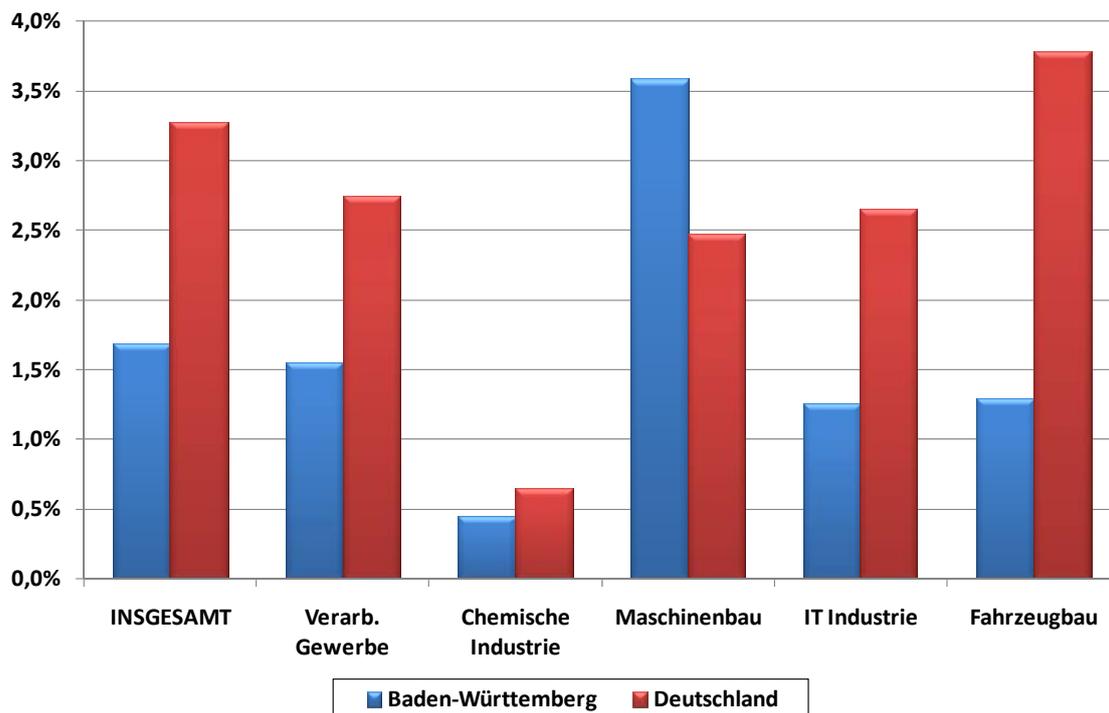
Quelle: Eurostat; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Noch deutlicher wird die relative Entwicklung der FuE-Ausgaben im Hochschulsektor mit Blick auf deren Anteil an den Gesamtausgaben für FuE in Baden-Württemberg. Dieser hat sich seit 1995 von ca. 12% auf unter 10% verringert. Nach einer kurzen mit der Erhöhung der Ausgaben von 2000-2003 eingehenden Erholung ist seit 2003 erneut ein Rückgang von mehr als einem Prozentpunkt zu verzeichnen.

Öffentliche Finanzierung der FuE-Aufwendungen der gewerblichen Wirtschaft

Ausgehend von der FuE-Statistik zeigt die Auswertung in Abbildung 2-5, dass der Anteil der FuE-Gesamtaufwendungen der Unternehmen, die vom Staat und sonstigen Inländern⁴ zur Verfügung gestellt werden, in Baden-Württemberg in fast allen Bereichen unterdurchschnittlich ist. In der IT-Industrie, im Fahrzeugbau sowie im Mittel des Verarbeitenden Gewerbes wird die FuE deutscher Firmen im Schnitt zu einem deutlich größeren Anteil vom Staat finanziert als in Baden-Württemberg.

Abbildung 2-5: FuE-Gesamtaufwendungen der Unternehmen 2007 nach Herkunft der Mittel: vom Staat und sonstigen Inländern (in %)



Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft; Berechnungen des Fraunhofer ISI

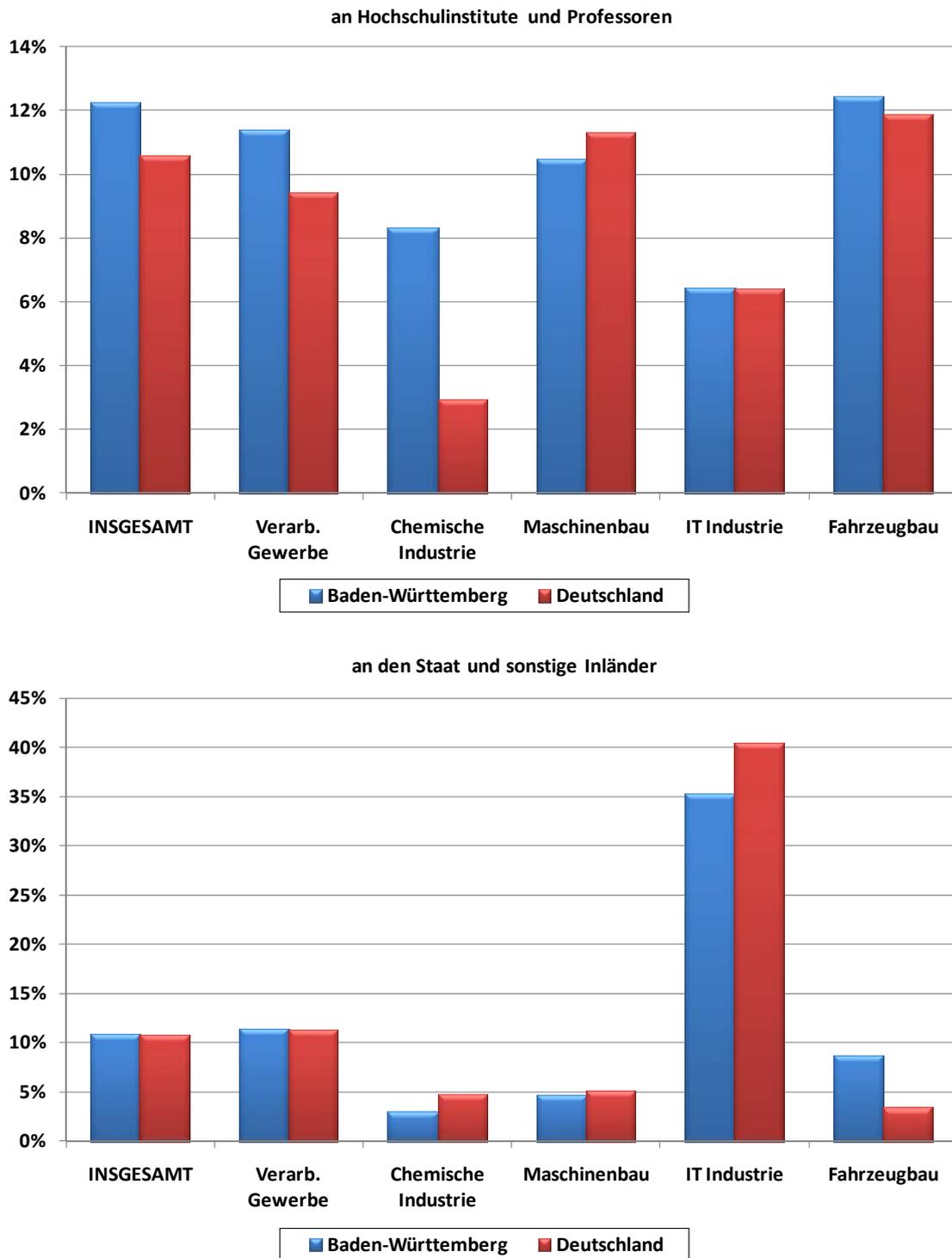
⁴ "Sonstige Inländer" sind überwiegend gemeinnützige wissenschaftliche Forschungsinstitute in privater Hand, die häufig in Form einer Stiftung oder eines eingetragenen Vereins geführt werden (z.B. Fraunhofer-Gesellschaft).

Eine Ausnahme bildet der Maschinenbau, in dem betriebliche FuE in Baden-Württemberg zu einem höheren Anteil vom Staat finanziert wird als anderenorts in Deutschland. Es liegt die Vermutung nahe, dass es sich bei staatlicher Finanzierung häufig um Zuwendungen handelt. Diese kommen in besonderem Maße den KMU (kleinen und mittleren Unternehmen) und Mittelständlern im Maschinenbau zugute. Für die Automobilindustrie und einige andere Branchen hingegen liegt es nahe zu vermuten, dass der extremen Ballung der nationalen FuE-Ausgaben am Standort Baden-Württemberg – die durch die Verrechnung vieler faktisch anderenorts getätigter Ausgaben an den Hauptsitzen noch verstärkt wird – keine vergleichbare Ballung staatlicher Zuwendung gegenübersteht.

Externe FuE-Aufwendungen der gewerblichen Wirtschaft

Im Bereich der Auftragsvergabe durch Unternehmen an Hochschulinstitute und Professoren liegt Baden-Württemberg in vielen Fällen knapp über dem deutschen Mittel (vgl. Abbildung 2-6). Eine Ausnahme bildet auch hier der Maschinenbau, was sich erneut aus der KMU-Struktur des Maschinenbaus erklären mag. Im Hinblick auf die Auftragsvergabe durch Unternehmen an den Staat und sonstige Inländer hingegen liegt Baden-Württemberg in der Tendenz im Bundesdurchschnitt. Ausnahmen bilden die Chemische und die IuK-Industrie (unterdurchschnittlich) sowie der Fahrzeugbau (überdurchschnittlich). Möglicherweise lässt sich dies auf die Tatsache zurückführen, dass die Standorte vieler für Industriekooperationen wichtiger öffentlicher Forschungsinstitute im chemischen Sektor nicht in Baden-Württemberg zu finden sind und somit in der Tendenz eher mit den ortsansässigen Universitäten kooperiert wird. Im Bereich des Fahrzeugbaus dagegen scheint dies nicht zuzutreffen.

Abbildung 2-6: Externe FuE-Aufwendungen der Unternehmen 2007, davon Aufträge an Hochschulinstitute und Professoren, den Staat und sonstige Inländer (in %)

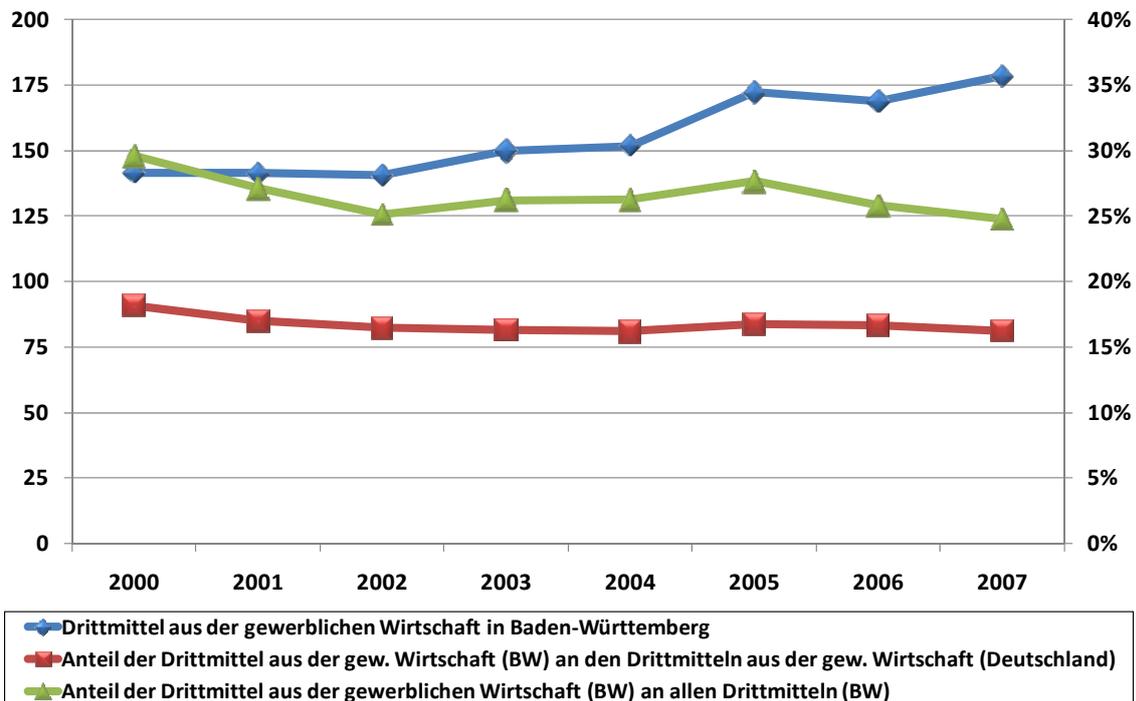


Quelle: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Entwicklung der Drittmiteleinnahmen baden-württembergischer Hochschulen

Das Drittmittelaufkommen der Hochschulen in Baden-Württemberg aus der gewerblichen Wirtschaft, die in der Regel Auftragsforschung für die Industrie darstellen, sind zwar seit dem Jahr 2000 erkennbar angestiegen, ihr Anteil an den Gesamtdrittmitteln hat sich allerdings nahezu stetig von vormals 30% auf nunmehr nur noch ca. 25% verringert (vgl. Abbildung 2-7). Mit Blick auf die in den letzten Jahren durchaus bemerkenswerten Erfolge baden-württembergischer Hochschulen im Bereich der Einwerbung von Mitteln für Grundlagenforschung und des dadurch allgemein gestiegenen Drittmittelvolumens muss dies nicht als negative Tendenz interpretiert werden. Die Tatsache, dass baden-württembergische Hochschulen im Deutschlandvergleich seit Jahren stabil bei etwa 17,5% liegen, deutet im Gegenteil eher darauf hin, dass sich der Umfang der universitär-industriellen Kooperationen in Baden-Württemberg nicht wesentlich verändert hat. Dieser Aspekt wird im Kapitel 6 noch näher beleuchtet.

Abbildung 2-7: Drittmiteleinnahmen der baden-württembergischen Hochschulen* aus der gewerblichen Wirtschaft (in Mio. Euro und in %)



* inklusive Hochschulkliniken

Quelle: Statistisches Bundesamt; Berechnungen des Fraunhofer ISI

2.4 Erwerbs- und Qualifikationsstruktur

Für die Analysen der Erwerbs- und Qualifikationsstruktur Baden-Württembergs im deutschlandweiten Vergleich wurden Daten des Mikrozensus 1996 und 2006 verwendet.⁵

Erwerbstätigenstruktur in Deutschland und Baden-Württemberg

Zur Charakterisierung der Erwerbstätigenstruktur Baden-Württembergs ist der Blick auf die Alters- und Qualifikationsverteilung der Beschäftigten von Interesse. Es lässt sich festhalten, dass in Baden-Württemberg, relativ gesehen, mehr Personen in einem Arbeitsverhältnis stehen als in Gesamtdeutschland. Der Anteil beläuft sich auf 72% (vgl. Tabelle 2-1). Nur 5,9% der Erwerbspersonen sind im Jahr 2006 ohne Arbeit. Dies sind im Vergleich über 3% weniger als im nationalen Vergleich. Hinzu kommen 22% Nicht-Erwerbspersonen. Fokussiert man auf die Altersverteilung, so wird deutlich, dass über drei Viertel der 15- bis 56-Jährigen und immerhin knapp die Hälfte der 57- bis 64-Jährigen in einem Erwerbsverhältnis stehen. Der hohe Anteil der nicht in einem Beschäftigungsverhältnis stehenden 57- bis 64-Jährigen bezieht sich jedoch nicht auf die Erwerbslosen. Vielmehr handelt es sich hierbei um Personen, die vor dem gesetzlichen Rentenalter in den Ruhestand gehen. Der Anteil der älteren Erwerbslosen in Baden-Württemberg ist mit 5,5% unterdurchschnittlich.

Tabelle 2-1: Erwerbsstatus nach Altersgruppen, Deutschland und Baden-Württemberg 2006 (in %)

	Deutschland			Baden-Württemberg		
	15-56	57-64	Gesamt	15-56	57-64	Gesamt
Erwerbstätige	71,7	41,9	67,7	75,8	47,0	72,0
Erwerbslose	9,5	7,3	9,2	6,0	5,5	5,9
Nicht-Erwerbspersonen	18,8	50,7	23,1	18,2	47,5	22,0

Quelle: Mikrozensus 2006; Berechnungen des Fraunhofer ISI

⁵ Der Mikrozensus ist die amtliche Repräsentativstatistik über Bevölkerung und Arbeitsmarkt in Deutschland. 1% aller deutschen Haushalte nimmt daran teil. Die Auswahl der zu befragenden Haushalte erfolgt durch eine einstufige geschichtete Flächenstichprobe. Insgesamt werden ca. 370.000 Haushalte und alle zugehörigen Personen (ca. 820.000) befragt (Statistisches Bundesamt 2010). Die Definition zur Erwerbstätigkeit befindet sich im Methoden- anhang.

Nach Bildungsabschlüssen gesehen unterscheidet sich die Erwerbstätigenstruktur Baden-Württembergs nur wenig von Gesamtdeutschland (vgl. Tabelle 2-2). Die größten Unterschiede finden sich unter den Erwerbslosen. Im Vergleich zu Deutschland sind in Baden-Württemberg deutlich weniger Personen mit Ausbildung erwerbslos. Aufgrund der erhöhten Industriestruktur Baden-Württembergs zeigt sich, dass Facharbeiter das Rückgrat der Industrien darstellen und somit erhöhte Chancen auf dem Arbeitsmarkt haben. Zusätzlich hatten im Jahr 2006 insgesamt knapp 2% mehr der Erwerbslosen einen akademischen Abschluss, jedoch ist auch der Anteil an Erwerbslosen ohne Abschluss in Baden-Württemberg deutlich höher. Zu den Akademikern zählen alle Personen, die einen Fachhochschul- oder Universitätsabschluss erworben haben.

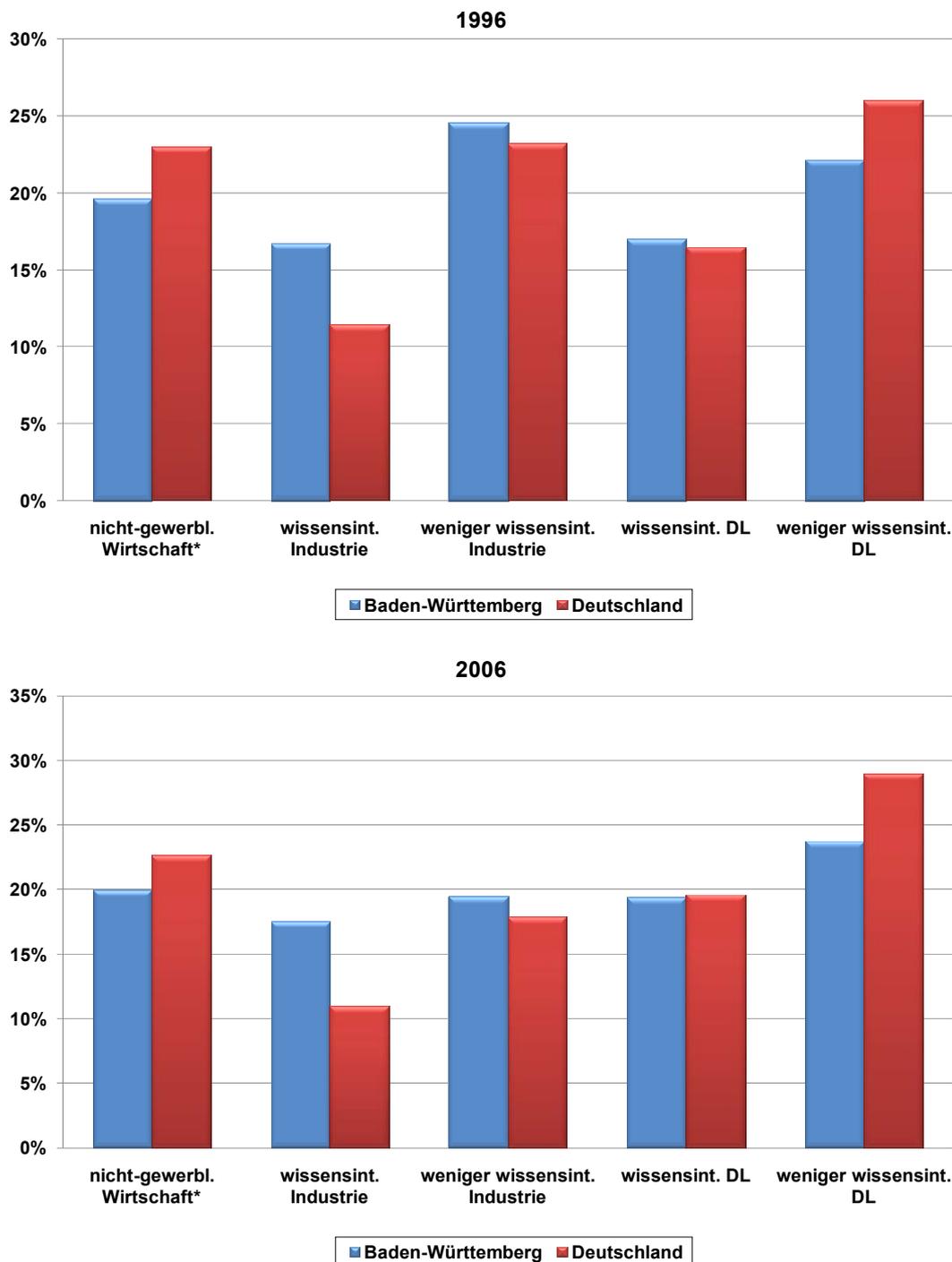
Fokussiert man auf die Verteilung der Beschäftigten innerhalb wissensintensiver und weniger wissensintensiver Wirtschaftszweige (Abbildung 2-8) lässt sich zunächst festhalten, dass sich die Strukturen zwischen 1996 und 2006 nur geringfügig verändert haben. Über beide Zeiträume hinweg wird erkennbar, dass in Baden-Württemberg deutlich mehr Beschäftigte in wissensintensiven Industrien verzeichnet werden können als in Deutschland insgesamt. Dieser Anteil steigt über die Jahre hinweg sogar leicht an, wobei er in Gesamtdeutschland ein wenig absinkt. Daraus lässt sich schließen, dass Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschland insgesamt deutlich stärker von der wissens- bzw. forschungsintensiven Industrie (Hightech) geprägt ist. Im Gegenzug erreichen die wissensintensiven Dienstleistungen leicht und die nicht-wissensintensiven Dienstleistungen deutlich niedrigere Anteile als im gesamtdeutschen Vergleich.

Tabelle 2-2: Erwerbsstatus nach Bildungsabschlüssen, Deutschland und Baden-Württemberg 2006 (in %)

Bildungsabschluss	Erwerbstätige		Erwerbslose		Nicht-Erwerbspersonen		Gesamt	
	DE	BW	DE	BW	DE	BW	DE	BW
k.A./kein Abschluss	18,9	20,9	35,6	42,7	54,5	58,6	28,7	30,5
Ausbildung	56,0	53,2	53,3	45,2	36,7	33,0	51,3	48,3
Meister/Techniker	9,3	10,2	4,3	3,5	3,7	3,3	7,5	8,3
Akademiker	15,8	15,7	6,7	8,6	5,2	5,1	12,5	12,9

Quelle: Mikrozensus 2006; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 2-8: Erwerbstätige in wissensintensiven und weniger wissensintensiven Wirtschaftszweigen, Deutschland und Baden-Württemberg 1996 und 2006 (in %)



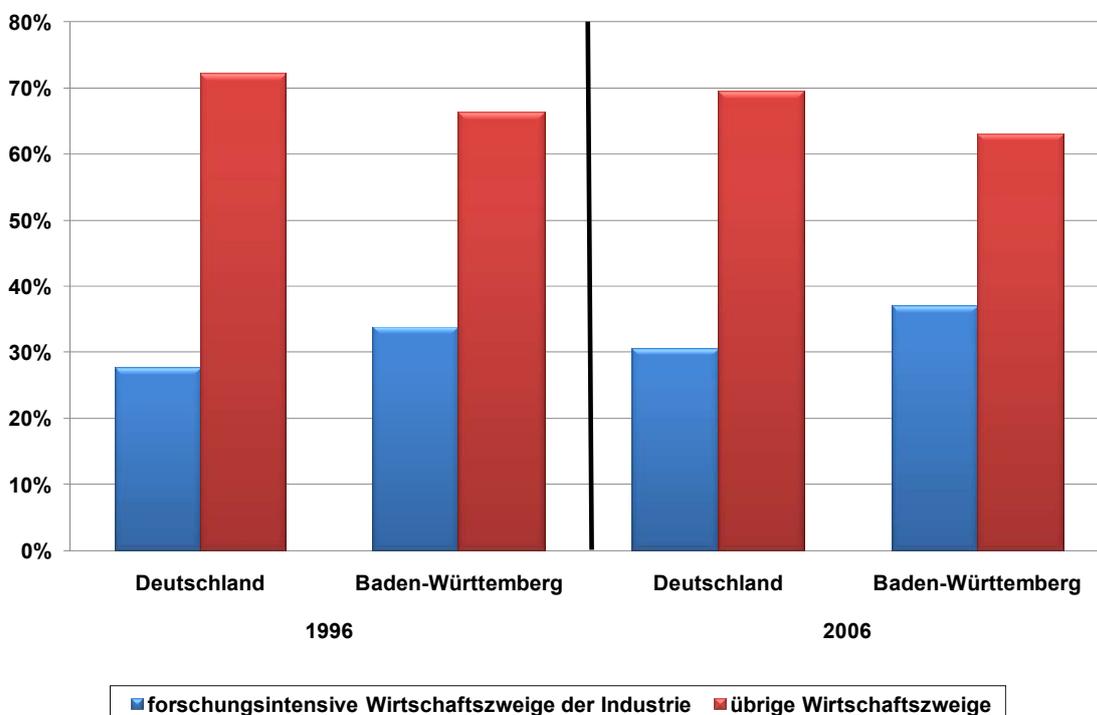
* Nicht zur gewerblichen Wirtschaft (n-gewerbl. WZ) gehören (Abteilungs-Kennziffern der WZ2003 in Klammern): Landwirtschaft (0-5), Öffentliche Verwaltung (75), Erziehung und Unterricht (80) sowie öffentliche Dienstleistungen (90) und Interessenvertretungen (91)

Quelle: Mikrozensus 1996 und 2006; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Bei der Struktur der Erwerbstätigen in forschungsintensiven Wirtschaftszweigen wird erneut die stärkere Position Baden-Württembergs im nationalen Vergleich erkennbar (vgl. Abbildung 2-9). Zu beiden Zeitpunkten sind in Baden-Württemberg deutlich mehr Beschäftigte in forschungsintensiven Industrien vertreten als in Gesamtdeutschland, auch wenn der Anteil an Beschäftigten über die Jahre hinweg insgesamt leicht zunimmt.

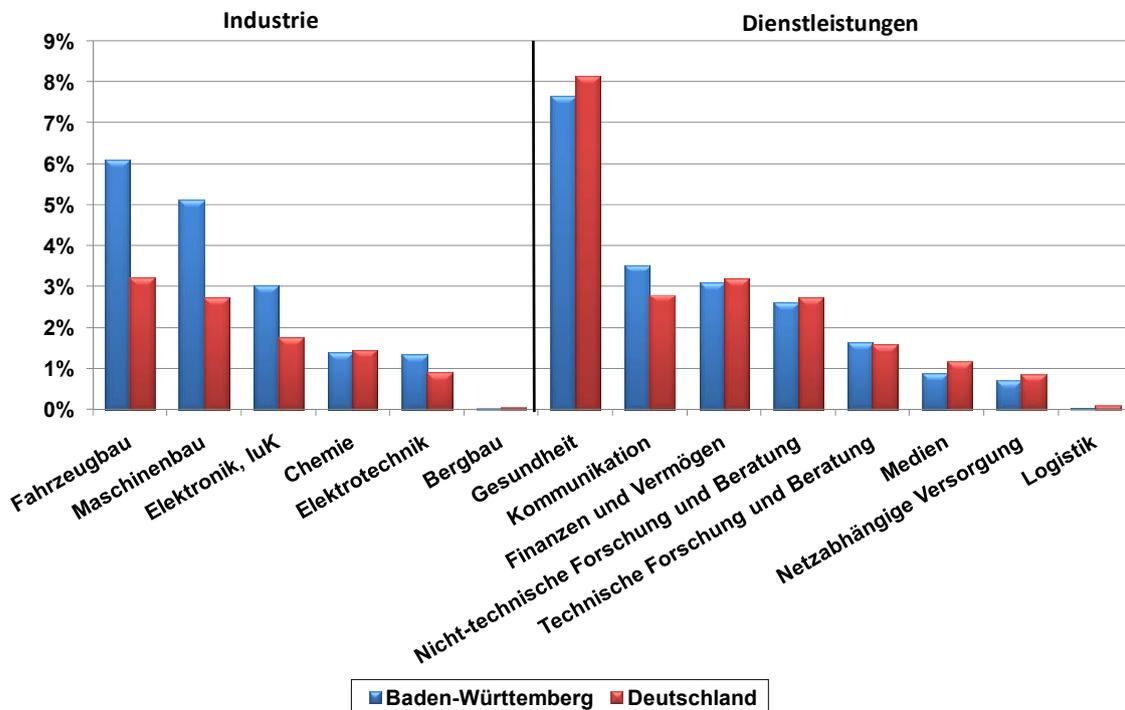
Differenziert nach einzelnen Wirtschaftszweigen der forschungsintensiven Bereiche tritt die dominante Rolle des Fahrzeug- und des Maschinenbaus innerhalb Baden-Württembergs deutlich zutage (vgl. Abbildung 2-10). In beiden Wirtschaftszweigen sind etwa doppelt so viele Personen beschäftigt wie in Gesamtdeutschland. Auch im Elektronik- und Informations- und Kommunikationssektor sind anteilig deutlich mehr Erwerbstätige zu finden. Insgesamt gesehen sind jedoch die meisten Beschäftigten im Gesundheitssektor tätig, wo der Anteil an Beschäftigten in Baden-Württemberg etwas geringer ist als im nationalen Kontext. Jedoch gibt es nahezu keinen Wirtschaftszweig innerhalb der forschungsintensiven Bereiche, in dem in Deutschland anteilig deutlich mehr Beschäftigte verzeichnet werden können als in Baden-Württemberg.

Abbildung 2-9: Erwerbstätige in forschungsintensiven Wirtschaftszweigen der Industrie, Deutschland und Baden-Württemberg 1996 und 2006 (in %)



Quelle: Mikrozensus 1996 und 2006; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 2-10: Erwerbstätige in wissensintensiven Clustern in der Wirtschaft, Deutschland und Baden-Württemberg 2006 (in %)



Quelle: Mikrozensus 2006; Berechnungen des Fraunhofer ISI

2.5 Hochschulabsolventen, Fächerstruktur und Substitutionsbedarf

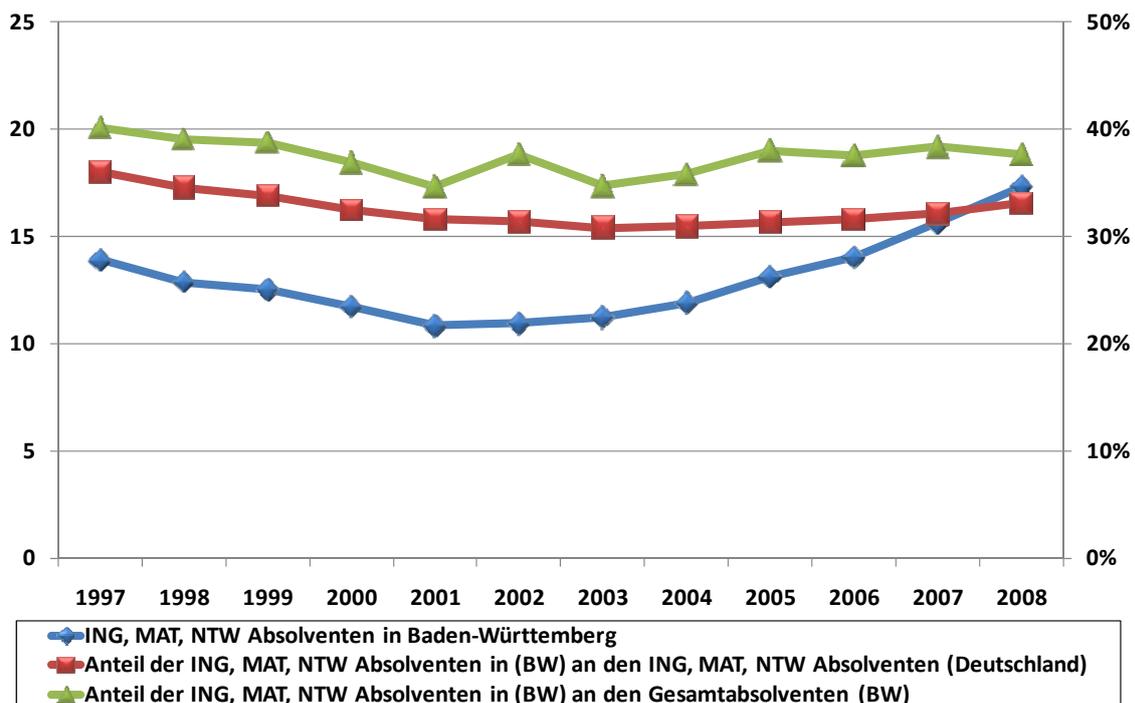
Sieht man sich die Entwicklung des Akademikeranteils an den Erwerbstätigen im Zeitverlauf an, so wird deutlich, dass der Anteil bis 2002 in Baden-Württemberg mit 14,6% leicht höher ausfiel als in Gesamtdeutschland mit 14,1%. Ab 2003 jedoch ist der Akademikeranteil im nationalen Vergleich etwa gleich hoch (14,7%) und in Baden-Württemberg sowie in Gesamtdeutschland im Wachstum begriffen, so dass im Jahr 2006 in Baden-Württemberg sowie im nationalen Kontext ein Akademikeranteil von 15,7% festgestellt werden kann.

Mit Blick auf die Zahl der Absolventen in Baden-Württemberg zeigt Abbildung 2-11, dass diese, nachdem sie von 1997 bis 2001 zunächst deutlich zurückgegangen war, seit diesem Zeitpunkt wieder deutlich ansteigt. Allerdings wurde erst im Jahr 2006 erneut das Niveau von 1997 (ca. 14.000 Absolventen) erreicht. Vor dem Hintergrund, dass ein Teil dieser Steigerung möglicherweise bereits auf den Bologna-Prozess und damit auf den Diplomabschlüssen von 1997 nicht vergleichbare Bachelorabschlüsse zurückzuführen ist, ist von einer abschließenden Kompensierung der Entwicklung mit Sicherheit allerdings erst gegen 2007 (ca. 15.600 Absolventen) auszugehen.

Des Weiteren ist festzustellen, dass die Entwicklung in Baden-Württemberg trotz des seit 2001 zu beobachtenden Anstiegs im Wesentlichen nur den im Rahmen der Hochschulreformen zu erwartenden bundesweiten Trend nachvollzieht. Von 1997 bis 2003 ist der Anteil der baden-württembergischen an den gesamtdeutschen Absolventen im Bereich der Ingenieurwissenschaften, der Mathematik und den Naturwissenschaften von 35% auf kaum mehr als 30% abgesunken. Seitdem ist er zwar wieder leicht angestiegen, hat allerdings die Werte des Jahres 1997 noch nicht wieder erreicht.

Auch der Anteil der Absolventen im Bereich der Ingenieurwissenschaften, der Mathematik und den Naturwissenschaften an allen Absolventen in Baden-Württemberg, der von 40% auf unter 35% zurückgegangen war, hat sich bis ins Jahr 2005 wieder etwas erhöht (auf ca. 38%).

Abbildung 2-11: Absolventen in den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Fächern in Baden-Württemberg (in '000 bzw. in %)



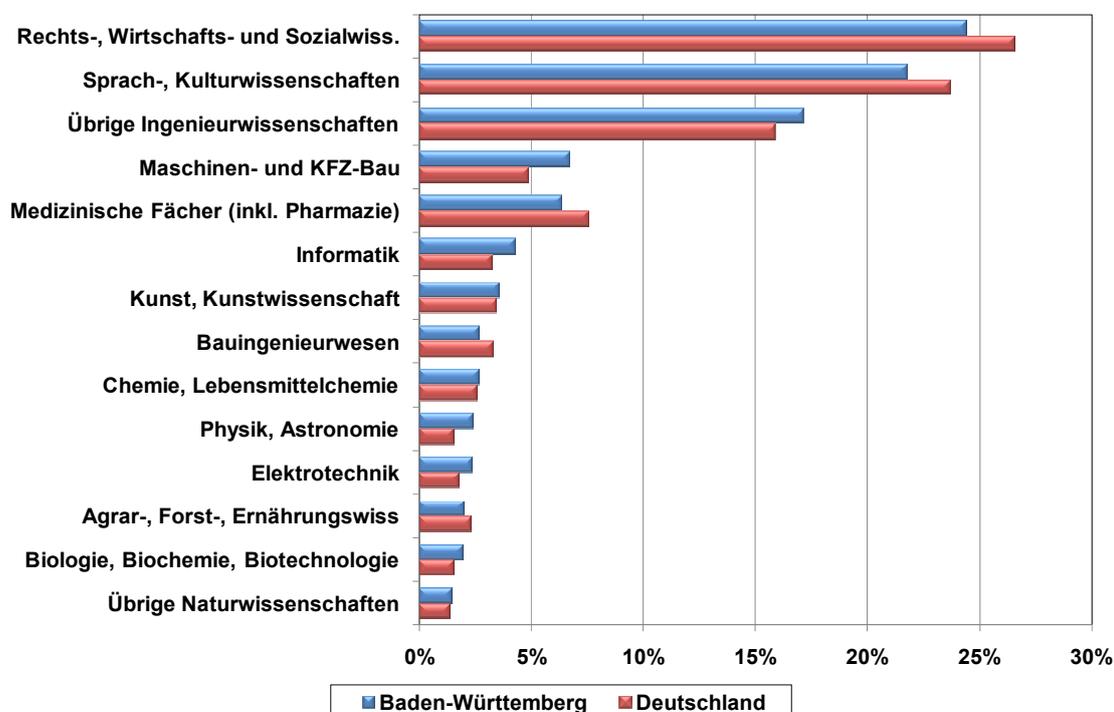
Quelle: Statistisches Bundesamt, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Lenkt man den Blick auf die Verteilung Erwerbstätiger mit akademischem Abschluss nach Fachbereichsgruppen, so wird deutlich, dass Ingenieure innerhalb Baden-Württembergs besonders nachgefragt werden. Der Anteil erwerbstätiger Ingenieure an allen erwerbstätigen Akademikern ist um 2,6 Prozentpunkte höher als im nationalen Vergleich. Ähnlich verhält es sich – jedoch in leicht geringerem Maße – auch bei den

Naturwissenschaftlern, wo der Unterschied etwa einen Prozentpunkt beträgt. Dies wird durch einen geringeren Anteil bei den sonstigen erwerbstätigen Akademikern im Vergleich zu Gesamtdeutschland kompensiert.

In Abbildung 2-12 sind die erwerbstätigen Absolventen nach einzelnen Fächern differenziert dargestellt. Generell kommen die meisten Erwerbstätigen mit akademischem Abschluss aus den Rechts-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften, gefolgt von den Sprach- und Kulturwissenschaften. Dieser Anteil ist für Gesamtdeutschland höher als für Baden-Württemberg.

Abbildung 2-12: Erwerbstätige mit akademischem Abschluss⁶ nach Fachrichtung (differenzierte Darstellung) in Deutschland und Baden-Württemberg 2006 (in %)



Quelle: Mikrozensus 2006; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die übrigen Ingenieurwissenschaften machen insgesamt die drittgrößte Gruppe erwerbstätiger Absolventen aus. Hier und im Maschinen- und Fahrzeugbau liegt Baden-Württemberg vor Gesamtdeutschland und kann etwa zwei bis drei Prozentpunkte höhere Zahlen vorweisen. Auch in der Informatik sind in Baden-Württemberg etwa ein Prozentpunkt mehr Akademiker beschäftigt als im nationalen Vergleich.

⁶ Entsprechend der Variable ef313 "Hauptfachrichtung des höchsten beruflichen Ausbildungs- oder Hochschul-/Fachhochschulabschlusses" des Mikrozensus.

Resümiert man die bisher gewonnenen Erkenntnisse, kann in Baden-Württemberg von einer deutlich überdurchschnittlichen Nachfrage nach qualifiziertem Personal auf Akademiker- und besonders auch auf Meister-/Technikerebene ausgegangen werden. Bei einem Vergleich mit den Ergebnissen aus dem Jahr 1996 wird ein Anstieg der erwerbstätigen Absolventen aus dem ingenieurwissenschaftlichen Bereich erkennbar. Während dieser in Deutschland lediglich ca. einen Prozentpunkt beträgt, sind dies in Baden-Württemberg knapp über fünf Prozentpunkte.

Tabelle 2-3: Akademikeranteile in Hochtechnologisektoren in Deutschland und Baden-Württemberg 2006 (in %)

Technologiesektor	DE	BW
Technische Forschung und Beratung	50,8	56,2
Medien	37,5	33,2
Nicht-technische Forschung und Beratung	35,3	32,0
Kommunikation	33,7	34,2
Logistik	23,2	10,5
Elektronik, IuK	22,7	19,6
Gesundheit	19,5	17,3
Chemie	18,0	25,1
Netzabhängige Versorgung	17,7	15,9
Elektrotechnik	16,8	17,2
Finanzen und Vermögen	16,8	12,4
Fahrzeugbau	16,1	17,2
Maschinenbau	14,3	14,0
Gesamt	13,3	13,3
Bergbau	10,7	30,0
übrige Wirtschaftszweige	6,8	6,3

Quelle: Mikrozensus 2006; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Werden die obigen Analysen mit den hier durchgeführten Analysen der Akademikerzahlen verglichen, so wird in Tabelle 2-3 deutlich, dass bei weitem die meisten Akademiker in der technischen Forschung und Beratung, gefolgt von der Medienbranche, beschäftigt sind. Die geringsten Akademikeranteile in den wissensintensiven Industriesektoren finden sich im Bergbau, Maschinen- und Fahrzeugbau. Dies ist jedoch nicht verwunderlich, da gerade im Maschinen- und Fahrzeugbau aufgrund der Industrie-

struktur viele Facharbeiter angestellt sind. Baden-Württemberg schneidet vor allem im Bereich der technischen Forschung und Beratung und der Chemie deutlich besser ab als Deutschland. In Baden-Württembergs Kernsektoren, also dem Maschinenbau und dem Fahrzeugbau, sind nur wenig mehr, im Maschinenbau sogar leicht weniger Akademiker beschäftigt wie in Gesamtdeutschland.

Veränderung der Fächerstruktur von Akademikern

Zu einer differenzierten Darstellung der Veränderung der Fächerstruktur von Akademikern in Baden-Württemberg und zu deren Einordnung in den gesamtdeutschen Kontext wird auf die Methode der Shift-Share-Analyse (oder auch Dekompositionsanalyse) zurückgegriffen, welche die Differenzierung eines Wachstums zwischen zwei verschiedenen Zeitpunkten erlaubt. Dazu wird das gesamte Wachstum in drei Komponenten aufgeteilt, nämlich den Trendeffekt, den Struktureffekt und den so genannten Intensivierungseffekt (Gehrke/Legler 2007; Leszczensky et al. 2009).⁷

Das auf den generellen Wandel der Fächerstruktur zurückführbare Wachstum von Akademikern in bestimmten Fächern zwischen zwei Untersuchungszeitpunkten wird durch den Trendeffekt abgebildet. Der Struktureffekt (oder auch intersektoraler Effekt) spiegelt den Anteil der Veränderung der Nachfrage nach Akademikern in bestimmten Fachbereichen, der durch den strukturellen Wandel der Fächerstruktur ausgelöst wird, wider. Auf der anderen Seite reflektiert der Intensivierungseffekt (oder auch intra-sektoraler Effekt) die Veränderung des Einsatzes von Akademikern begründet durch den fächerspezifischen Einsatz dieser Qualifikationen (detaillierte Erläuterung siehe Methodikteil).

Der Trendeffekt erreicht ein Wachstum von 20,7% zwischen 1996 und 2006 (Tabelle 2-4). Über alle Fachbereiche hinweg stellt dies den stärksten Effekt dar. Der Struktureffekt spiegelt den Wandel vor dem Hintergrund des Trendeffekts eines Gesamtwachstums an Akademikern von etwas mehr als 20% wider. Positive Vorzeichen bedeuten, dass ein Fachbereich schneller als die Akademikerzahlen insgesamt gewachsen ist. Werte, die kleiner als der Trendeffekt, also kleiner 20,7% sind, reflektieren insgesamt gesehen jedoch ein Schrumpfen des jeweiligen Feldes. Der Struktureffekt stellt innerhalb der Fächer den stärksten Effekt dar. Im Detail zeigt sich, dass besonders die übrigen Ingenieurwissenschaften, die Informatik sowie auch die Biologie und Biotechnologie in den letzten Jahren strukturell im Wachstum begriffen sind, während die übrigen Naturwissenschaften und die Elektrotechnik strukturell am stärksten zurückgehen.

⁷ Eine detailliertere Beschreibung befindet sich im Methodenanhang.

Am Intensivierungseffekt lässt sich ablesen, wie sich die Nachfrage nach Akademikern einzelner Fachbereiche jenseits von Trend- und Struktureffekt entwickelt hat. Die Werte müssen jedoch immer in Relation zu den anderen Effekten interpretiert werden. Positive Vorzeichen implizieren einen relativen Aufschwung in der Nachfrage nach Akademikern der jeweiligen Fachbereiche. In der Physik und Astronomie und der Chemie findet die stärkste Qualifikationsintensivierung statt. Jedoch können stark positive Effekte auch für den Maschinen- und Fahrzeugbau und das Bauingenieurwesen verzeichnet werden. Besonders die Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie auch die medizinischen Fächer weisen negative Effekte auf.

Tabelle 2-4: Veränderung der Fächerstruktur bei erwerbstätigen Akademikern nach Komponenten 1996-2006 (als prozentuales Wachstum in Bezug auf das Basisjahr in %)

Fächer	Gesamt	Trend	Struktur	Intensivierung
Sprach-, Kulturwissenschaften	-3,7	20,7	-15,5	-8,9
Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften (inkl. Verwaltung)	24,5	20,7	18,7	-14,9
Informatik	119,0	20,7	100,7	-2,4
Physik, Astronomie	58,3	20,7	-5,9	43,5
Chemie, Lebensmittelchemie	74,4	20,7	20,7	33,0
Biologie, Biochemie, Biotechnologie	93,6	20,7	54,4	18,5
Übrige Naturwissenschaften	-69,5	20,7	-88,8	-1,4
Medizinische Fächer (inkl. Pharmazie)	-8,6	20,7	-13,4	-15,9
Agrar-, Forst-, Ernährungswiss.	7,6	20,7	-25,5	12,4
Maschinen- und KFZ-Bau	3,8	20,7	-43,6	26,6
Elektrotechnik	-51,9	20,7	-87,7	15,1
Bauingenieurwesen (inkl. Bauwesen u. Bauausstattung)	45,2	20,7	-11,1	35,6
Übrige Ingenieurwissenschaften	270,4	20,7	223,4	26,3
Kunst, Kunstwissenschaft	79,1	20,7	31,3	27,1
Gesamt	22,0	20,7	0,9	0,4

Quelle: Mikrozensus 1996 und 2006; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass vor allem die naturwissenschaftlichen Fächer, allen voran die Ingenieurwissenschaften, am stärksten im Wachstum begriffen sind, was jenseits vom generellen Trend insbesondere durch den Struktureffekt ausgelöst wird.

Schätzung des Substitutionsbedarfes auf dem Arbeitsmarkt

Die Schätzung des Substitutionsbedarfes basiert auf der Gegenüberstellung einer fachdifferenzierten Schätzung der Hochschulabsolventen und einer fachdifferenzierten Schätzung der zu erwartenden Verrentungen von Akademikern auf Basis des Mikrozensus. Erwerbsquoten finden hierbei Berücksichtigung.

Grundsätzlich sind zwei verschiedene Ansätze möglich:

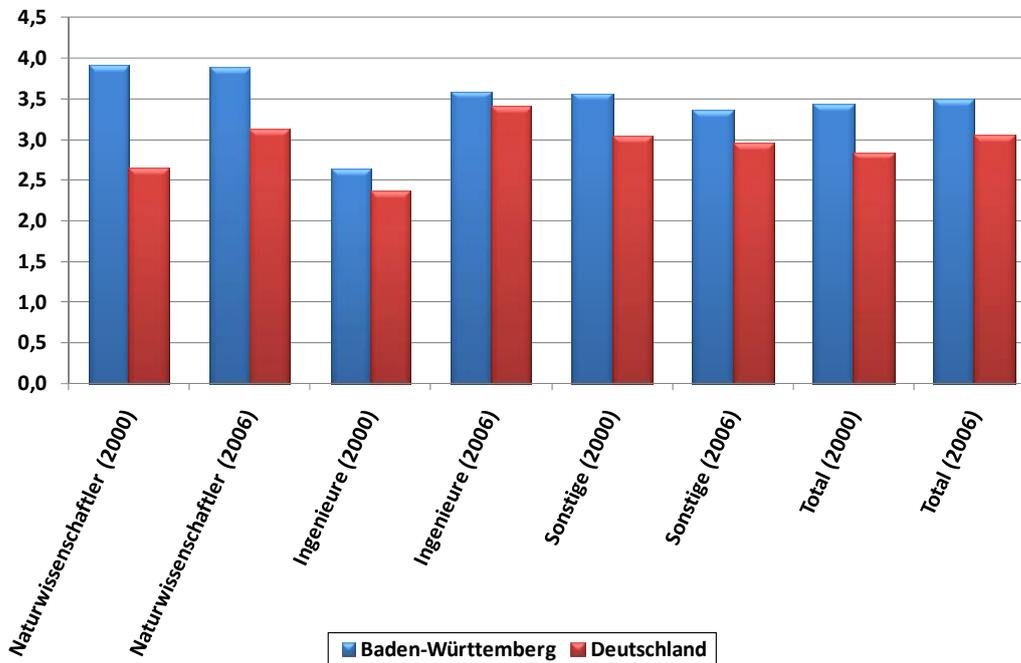
- Einerseits eine Schätzung basierend auf der **Berufsgruppe**, in der die aktuell 57- bis 64-jährigen berufstätigen Akademiker, also diejenigen, die in den nächsten sieben Jahren ins Rentenalter eintreten, aktiv sind.
- Andererseits eine Schätzung basierend auf der **Ausbildung**, die die ins Rentenalter kommenden Arbeitnehmer ursprünglich absolviert haben.

Die Einteilung nach Fachbereichen der Studienabgänger lässt sich mit Hilfe der Frage nach der Hauptfachrichtung des akademischen Abschlusses im Mikrozensus leicht abbilden. Die Einteilung nach Berufsgruppen erfolgt mit Hilfe der Klassifizierung der Berufe des statistischen Bundesamts in der Ausgabe von 1992 (KIdB92). Auf dieser Grundlage können die aktuell berufstätigen 57- bis 64-jährigen Akademiker in eine der Kategorien "Naturwissenschaftler", "Ingenieure" und "Sonstige" eingeteilt und somit in Relation zu den erwarteten Absolventen gesetzt werden.

Im Ergebnis zeigen die Schätzungen (dargestellt in Abbildung 2-13 und Abbildung 2-14), dass der Substitutionsbedarf in Baden-Württemberg sowohl im ingenieurwissenschaftlichen als auch im naturwissenschaftlichen Bereich besser gedeckt werden kann als im gesamtdeutschen Mittel. Weiterhin bestätigen sie die oft geäußerte Vermutung, dass die Anzahl der Absolventen pro zu erwartender Verrentung im ingenieurwissenschaftlichen Bereich unter der in anderen Studienrichtungen liegt. Vor dem Hintergrund der Vielzahl ingenieurwissenschaftlicher Fachrichtungen ist ein Verhältnis von ungefähr 2 zu 1 sicherlich nicht als hoch zu betrachten. Auch in diesem Bereich stellt sich jedoch die Lage in Baden-Württemberg besser dar als im gesamtdeutschen Mittel.

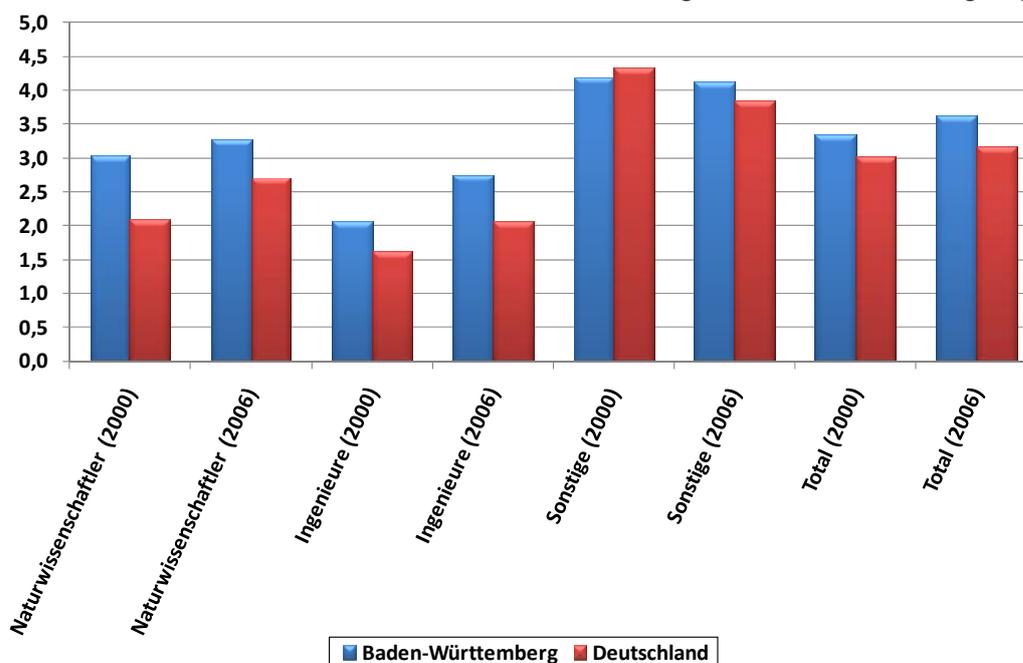
Dennoch zeigen die Berechnungen in Abbildung 2-13 und Abbildung 2-14, dass sich die Ausgangssituation im Gegensatz zur verbreiteten Wahrnehmung aktuell zumindest rechnerisch noch nicht verschlechtert hat. Auch im Bereich der Ingenieurwissenschaften ist in den letzten Jahren eine deutliche Verbesserung der Substitutionsbedingungen erkennbar. Die Daten deuten allerdings darauf hin, dass dieser Trend der letzten zehn Jahre nicht von Dauer sein wird. Während sich die Zahl der Absolventen im Laufe des kommenden Jahrzehnts nach dem Schätzmodell bestenfalls verstetigt, wird die Anzahl der substitutionsrelevanten Verrentungen in den nächsten zehn Jahren vermutlich um über drei Viertel ansteigen.

Abbildung 2-13: Substitutionsbedarf in Deutschland und Baden-Württemberg, 2000 und 2006, nach Fachbereichen (Absolventen pro Verrentung, berechnet auf Basis der Berufsgruppe der aktuell Beschäftigten)



Quelle: Statistisches Bundesamt, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 2-14: Substitutionsbedarf in Deutschland und Baden-Württemberg, 2000 und 2006 nach Fachbereichen (Absolventen pro Verrentung, berechnet auf Basis der Ausbildung der aktuell Beschäftigten)



Quelle: Statistisches Bundesamt, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Trotz der erkennbaren Fachkräfteknappheit verbleiben längst nicht alle Absolventen ingenieur- und naturwissenschaftlicher Studiengänge auch beruflich dauerhaft in diesen Bereichen (vgl. Tabelle 2-5). In einem gewissen Umfang spiegelt dieses Ergebnis die zu erwartenden Effekte klassischer Erwerbsbiographien wider (Aufstieg in Managementpositionen im Verlauf des Berufslebens). Einerseits ist die Tatsache, dass die Anzahl an substitutionsrelevanten Verrentungen (jene der noch in dieser Berufsgruppe tätigen Arbeitnehmer) geringer ist als die derer mit einer entsprechenden Ausbildung im unmittelbaren Sinne zunächst eine positive Nachricht. Andererseits macht das Ergebnis auch deutlich, dass erfolgreiche Maßnahmen zur Bewältigung der Herausforderung des Fachkräftemangels und zur Sicherstellung des Substitutionsbedarfes nicht allein an der Absolventenseite ansetzen können. Auch der mangelnde Verbleib natur- und ingenieurwissenschaftlicher Fachkräfte in ihrem Ausbildungsberuf stellt eine ernstzunehmende Herausforderung dar.

Tabelle 2-5: Verteilung der Arbeitnehmer mit ausgewählten Studienabschlüssen über ausgewählte Berufsgruppen 2006 (in %)

Deutschland	Ausbildung (Fachrichtung)			
Berufsgruppen	NTW	ING	Sonstige	Gesamt
Naturwissenschaftler (NTW)	65,4	8,6	3,0	16,7
Ingenieure (ING)	5,4	60,0	1,2	14,5
Sonstige	29,2	31,4	95,8	68,8
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0
Baden-Württemberg	Ausbildung (Fachrichtung)			
Berufsgruppen	NTW	ING	Sonstige	Gesamt
Naturwissenschaftler (NTW)	65,4	6,2	3,0	18,0
Ingenieure (ING)	3,8	65,6	1,0	18,3
Sonstige	30,8	28,2	96,1	63,7
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0

Quelle: Mikrozensus 2006; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die Zahlen der Tabelle 2-5 lassen auch erkennen, dass ausgebildete Ingenieure in Baden-Württemberg intensiver in der Berufsgruppe der Ingenieure genutzt werden als im Bundesdurchschnitt (65,6% zu 60,0%). Zudem wird deutlich, dass der Bedarf an Ingenieuren größer ist als in Deutschland insgesamt. 18,3% aller akademisch ausgebildeten Beschäftigten in Baden-Württemberg sind Ingenieure, während es in Deutsch-

land nur 14,5% sind. Aber auch bei den Naturwissenschaftlern sind die entsprechenden Anteile in Baden-Württemberg höher. Damit werden nochmals die ingenieur- und naturwissenschaftliche Spezialisierung der baden-württembergischen Wirtschaft und der entsprechende Substitutionsbedarf deutlich.

3 Publikationsanalysen

Publikationen sind nicht nur ein zentrales Mittel des wissenschaftlichen Diskurses, sondern die wichtigste Ausbringungsmenge der öffentlichen Forschung, deren oberste Aufgabe es ist, Wissen zu generieren. In Publikationen wird dieses Wissen dokumentiert. Mit Hilfe einer bibliometrischen Analyse – dies ist die wissenschaftliche Analyse von Publikationen – können Forscher, Forschergruppen, Forschungseinrichtungen und auch ganze Forschungssysteme bewertet werden. In diesem Teil des Berichts werden wissenschaftliche Publikationen zur Bewertung der Quantität und der Qualität der öffentlichen Forschung in Baden-Württemberg – beides jeweils im nationalen und internationalen Vergleich – sowie zur Entdeckung von Forschungstrends verwendet.

Die überwiegende Mehrheit der Publikationen stammt aus der öffentlichen Forschung – aus Universitäten, Fachhochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Das veröffentlichte Wissen hat den Charakter eines öffentlichen Gutes, d.h. es ist allen zugänglich und von allen nutzbar. Unternehmen produzieren im Allgemeinen keine öffentlichen Güter bzw. haben kein Interesse an einer breiten Nutzung ihres Wissens, weshalb Unternehmen deutlich weniger häufig wissenschaftliche Publikationen erstellen. Es gibt hierzu einige Ausnahmen, aber die deutliche Mehrheit der auch in dieser Untersuchung verwendeten Publikationen stammt aus der öffentlichen Forschung, weshalb bibliometrische Untersuchungen in erster Linie eine Einschätzung der Leistungsfähigkeit und Qualität der öffentlichen und weniger der privaten Forschung erlauben. Dass die private Forschung die Ergebnisse der öffentlichen Forschung verwendet, ist damit nicht ausgeschlossen. Im Gegenteil sind bibliometrische Untersuchungen – wie unter anderem auch an dieser Stelle – häufig dadurch motiviert, dass sie eine wichtige Säule eines Innovationssystems abbilden, in welchem öffentliche Forschungsergebnisse als eine der Grundlagen des Innovationserfolgs betrachtet werden.

In diesem Kapitel wird zunächst auf die verwendeten Methoden eingegangen, ehe eine Strukturanalyse die baden-württembergische Leistungsfähigkeit bei Publikationen nach Quantität (Abschnitt 3.2) und Qualität (Abschnitt 3.3) international vergleicht. Abschnitt 3.4 (themenorientierter Ansatz) analysiert die nationalen Forschungstrends und beschreibt die Beiträge Baden-Württembergs zum deutschen Forschungsprofil bei ausgewählten, dynamischen Forschungsthemen. Eine Zusammenfassung schließt dieses Kapitel ab.

3.1 Methoden

Dieser Abschnitt bietet eine Darstellung der verwendeten Methoden bei der bibliometrischen Analyse von Forschungsartikeln, die von baden-württembergischen Institutionen

veröffentlicht wurden und in Scopus erfasst sind. Scopus ist eine bibliografische Datenbank mit mehr als 18.000 erfassten Zeitschriften, Periodika, Tagungsberichten, Konferenzbeiträgen und Buchreihen aus verschiedenen Disziplinen. Es werden jährlich mehr als eine Million Forschungsbeiträge weltweit in der Datenbank zusammen geführt und damit für bibliometrische Analysen, also der wissenschaftlichen Untersuchung und Auswertung der bibliografischen Informationen, zugänglich gemacht. Neben den einzelnen Beiträgen selbst sind die in diesen Beiträgen zitierten Forschungsarbeiten erfasst, so dass Zitatanalysen zur Messung der Qualität von Beiträgen durchgeführt werden können. Ko-Zitierungsanalysen erlauben eine Untersuchung der Verbindung zwischen Disziplinen, also der Interdisziplinarität eines Themenfeldes. In der Datenbank sind Titel, Abstract, Autoren und deren institutionelle Zuordnung, das Publikationsjahr, der Zeitschriftentitel, der Dokumententyp (Zeitschrift, Periodika etc.) und eben die Zitierungen enthalten. Die Scopus-Datenbank hat nicht nur eine weitere Länderabdeckung als andere große Datenbanken wie beispielsweise der Science Citation Index (SCI) oder spezielle thematisch ausgerichtete Publikationsdatenbanken wie COMPENDEX oder Medline, sondern bietet auch eine breite Abdeckung der Publikationen innerhalb von Disziplinen. Für die meisten Publikationsdatenbanken gilt, dass Buchbeiträge und Monographien nicht enthalten sind und auch Konferenzbeiträge nicht vollständig erfasst werden können. Bei letzterem bietet Scopus allerdings eine recht breite Abdeckung im Vergleich zu vielen anderen Datenbanken. Eine vollständige Abdeckung des wissenschaftlichen Outputs ist mit keiner verfügbaren Datenbank möglich. Dies ist aber auch nicht notwendig, wenn man die Ergebnisse – wie in der hier vorliegenden Studie – als Indikator für die Forschungsleistungen und die relative Position verwendet und nicht etwa als absoluten und vollständigen Forschungsoutput interpretiert. Wesentlich relevanter ist, dass Scopus – ähnlich wie der SCI – die wichtigsten und international relevantesten Veröffentlichungen bezogen auf die Zitatbedeutung (citation impact) beinhaltet.

Die Forschungsleistungen der baden-württembergischen Institutionen werden an zwei Vergleichsgrößen gemessen. Einerseits ist die Bezugsgröße Deutschland insgesamt und andererseits werden die Publikationen von 14 forschungs- und innovationsorientierten Ländern ("G14")⁸ als Vergleichsmaßstab herangezogen.

⁸ Diese sind: China, Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Japan, Kanada, Niederlande, Schweden, Schweiz, Spanien, Südkorea, USA, Vereinigtes Königreich.

Insgesamt sollten die folgenden Punkte bei der Interpretation der Ergebnisse bibliometrischer Analysen berücksichtigt werden.

- Dieser Bericht präsentiert Analysen auf der Ebene von Forschungsdisziplinen. Kleine Felder, in denen die absolute Zahl der Publikationen Baden-Württembergs niedrig ist, haben die statistische Tendenz, eine größere Fluktuation der Werte der berechneten Indikatoren als große Felder über die Zeit zu zeigen.
- Dieser Bericht nutzt "relative" Indikatoren, um den Publikationsoutput und die Zitationswirkung baden-württembergischer Institutionen mit dem Output zwei verschiedener Vergleichsgruppen zu messen, nämlich Deutschland und einer Auswahl von 14 Industrieländern. Die Werte Baden-Württembergs bei den relativen Indikatoren hängen daher von der jeweils gewählten Vergleichsgruppe ab. Zum Beispiel können die Zitierungen baden-württembergischer Artikel im Vergleich zum Durchschnitt aller publizierten Beiträge hoch sein, aber eine relativ niedrige Zitierungsquote im Vergleich zu Deutschland haben.

Strukturanalysen

Tabelle 3-1 beinhaltet die Liste der 27 in dieser Studie für Strukturanalysen verwendeten Felder, unterteilt in vier Gruppen. Eine weitere Unterteilung dieser Felder in 334 Sub-Felder ist ebenfalls möglich und wurde für die Interpretation der Daten herangezogen, wird aber aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Jede der 18.000 Zeitschriften in Scopus wird einer oder mehrerer dieser Disziplinen zugeordnet. Die Kategorie "Multidisziplinär" beinhaltet eine Reihe von Zeitschriften mit breiter inhaltlicher Ausrichtung, unter anderem Science und Nature. Der Fokus der Baden-Württemberg-Stiftung auf naturwissenschaftlich-technische Forschungsbereiche und die absolute Zahl einzelner kleiner Felder, hat uns dazu veranlasst, in den Analysen lediglich 17 der 27 Felder auszuweisen und zu diskutieren. Die nachfolgenden Darstellungen schließen daher den Bereich der Sozial- und Geisteswissenschaften sowie die Disziplinen Zahnmedizin, Gesundheitsberufe und Krankenpflege sowie Tiermedizin aus. Diese Gruppen werden nicht separat ausgewiesen, die Publikationen in den letztgenannten Disziplinen sind aber faktisch in den Gruppen Medizin bzw. Lebenswissenschaften enthalten.

Tabelle 3-1: Analyisierte Disziplinen der Zeitschriften

Obergruppen	Wissenschaftsfelder
Lebenswissenschaften	Biologie und Agrarwissenschaften
	Biochemie, Genetik und Molekularbiologie
	Immunologie und Mikrobiologie
	Neurowissenschaften
	Pharmakologie
	Tiermedizin
Gesundheitsdienste	Zahnmedizin
	Gesundheitsberufe
	Medizin
	Krankenpflege
Naturwissenschaften	Chemie
	Chemieingenieurwesen
	Informatik
	Geowissenschaften
	Energie
	Ingenieurwesen
	Umweltwissenschaften
	Materialwissenschaften
	Mathematik
	Physik und Astronomie
Sozial- und Geisteswissenschaften	Kunst- und Geisteswissenschaften
	Betriebswirtschaftslehre
	Entscheidungswissenschaften
	Ökonomie
	Psychologie
	Sozialwissenschaften
Multidisziplinär	Multidisziplinär

Die absoluten Zahlen der Artikel aus Baden-Württemberg, Deutschland und den 14 Vergleichsländern werden für die Jahre 2004-2008 erfasst (P), wobei lediglich Artikel, Reviews und Konferenzbeiträge einbezogen werden. Der Publikations-Aktivitäts-Index (PAI) wird berechnet, indem die Anteile der einzelnen Disziplinen innerhalb des baden-württembergischen Profils mit den jeweiligen Anteilen in der Vergleichsgröße (Deutschland bzw. das Set der 14 Vergleichsländer) in Beziehung gesetzt werden. Die Relative Zittrate (RCR) versucht, die Qualität bzw. die Sichtbarkeit mit Hilfe von Zitierungen zu

erfassen, wobei dies aufgrund unterschiedlicher Zitiergewohnheiten disziplinen-spezifisch berechnet wird. Zitierungen werden in einem so genannten Zitatfenster analysiert, d.h. es werden lediglich Zitierungen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes betrachtet. Die Relative Zittrate (RCR) nimmt dabei das Zitierungsjahr als Basis und berechnet die durchschnittliche Zahl der Zitierungen pro Artikel aus den jeweils vorhergehenden Jahren. Die durchschnittliche Zittrate wird gebildet, indem die Summe der Zitierungen durch die Summe der Publikationen geteilt wird. Die RCR basiert auf dem Mittelwert einer schiefen Verteilung von Zitierungen. Die schiefe Verteilung ist die Folge daraus, dass ein großer Teil der Publikationen einer Beobachtungseinheit (bspw. die Publikationen einer Disziplin in Baden-Württemberg) nur selten oder nie zitiert wird, während eine kleine Zahl von Artikeln relativ hohe Zitatquoten erreicht. So eine schiefe Verteilung findet sich in vielen, wenn nicht gar allen Typen von Artikeln, in Zeitschriften mit hohem oder niedrigem Impact-Faktor, in Artikeln aus Ländern mit starken Kompetenzen oder weniger starken Kompetenzen in dem Feld usw. Anstelle der durchschnittlichen Zitratraten kann man daher die Analyse auch auf die besonders hoch zitierten Publikationen beschränken, indem eine Menge von Publikationen mit den höchsten Zitierungen in der Vergleichsgruppe identifiziert (beispielsweise 10% der meist zitierten Beiträge) und der Anteil Baden-Württembergs in dieser Gruppe berechnet wird. Auf dieser Grundlage lässt sich ein weiterer Indikator bilden (RTPR), der überprüft, ob der Anteil baden-württembergischer Publikationen in der Gruppe der besonders häufig zitierten Beiträge oberhalb oder unterhalb der aufgrund der gesamten Publikationsanteile zu erwartenden Quote liegt. Tabelle 3-2 fasst die verwendeten bibliometrischen Indikatoren zur Beurteilung der baden-württembergischen Forschungslandschaft im nationalen und internationalen Vergleich zusammen. Die Zuordnung zu Baden-Württemberg erfolgt über die Adresse der Institution.

Tabelle 3-2: Liste der verwendeten bibliometrischen Indikatoren

Abkürzung	Indikator	Was misst der Indikator	Technische Beschreibung
P	Anzahl der Publikationen	Ausmaß/Größe der wissenschaftlichen Aktivität	Die Anzahl der wissenschaftlichen Artikel (Artikel, Reviews und Konferenzbeiträge), die durch Institutionen aus Baden-Württemberg (BW) in den rund 18.000 von Scopus erfassten Zeitschriften veröffentlicht wurden
PAI	Publikations-Aktivitäts-Index für ein spezifisches Feld	Das Ausmaß der Fokussierung der baden-württembergischen Publikationen auf eine bestimmte Disziplin, im Vergleich zum Publikationsprofil der Vergleichsgruppe (Spezialisierung)	Der Index variiert zwischen -1 und +1. Ein Wert von Null zeigt an, dass der Anteil von Publikationen einer bestimmten Disziplin in Baden-Württemberg dem Anteil dieser Disziplin in der Vergleichsgruppe entspricht. Wenn F den Anteil der Publikationen eines Feldes an allen Publikationen in Baden-Württemberg darstellt und A den Anteil der Publikationen eines Feldes an allen Publikationen der Vergleichsgruppe, dann wird PAI berechnet als $(F-A)/(F+A)$
RCR	Relative Zitatrate	Intellektueller Einfluss oder Sichtbarkeit einer baden-württembergischen Publikation gemessen in Zitierungen, in Relation zu den Zitierungen aller anderen Publikationen in der Vergleichsgruppe	Durchschnittliche Zahl der Zitierungen pro baden-württembergischer Publikation in einer bestimmten Disziplin, geteilt durch die durchschnittliche Zahl der Zitierungen der Publikationen der Vergleichsgruppe in der jeweiligen Disziplin. Ein Wert von 1 zeigt an, dass Baden-Württembergs Zitatquote pro Publikation dem Durchschnitt in der Vergleichsgruppe entspricht
RTPRx	Relativer Top-Publikationsanteil in den oberen x Prozent	Drückt den Beitrag Baden-Württembergs zu den Top-Publikationen (d.h. die am häufigsten zitierten) Publikationen in einer Gruppe in einer bestimmten Disziplin aus	Verhältnis der tatsächlichen und der erwarteten Zahl baden-württembergischer Publikationen in den oberen x (1, 5, 10, 25) Prozent der am höchsten zitierten Beiträge in einer Vergleichsgruppe innerhalb einer bestimmten Disziplin

Themenorientierter Ansatz

Um aktuelle Trends und thematische Entwicklungen erfassen zu können, wird zusätzlich zur Strukturanalyse zur Beschreibung der relativen Position Baden-Württembergs in Deutschland und der Welt eine zweite Herangehensweise verfolgt, die im Folgenden auch als themenorientierter Ansatz bezeichnet wird. Das diesem Ansatz zugrunde liegende Clustering und die Berechnungsmethodologie wurden eigens für diese Art von Analysen entwickelt (Börner et al. 2002; Boyack et al. 2005; Klavans/Boyack 2006a; Klavans/Boyack 2006b; Shiffrin/Börner 2004).

Die Identifikation von Kompetenzfeldern, die international eine hohe Dynamik aufweisen und somit neue Trends in der Wissenschaft andeuten können, wird mit Hilfe von Ko-Zitationsanalysen durchgeführt. Ko-Zitationen sind dabei solche Artikel, die häufig gemeinsam in anderen Artikeln zitiert werden. Wenn zwei Dokumente A und B im gleichen Beitrag S zitiert werden, d.h. beide in der Liste der zitierten Referenzen in S enthalten sind, dann sagt man, A und B werden ko-zitiert.⁹ In einem ersten Schritt werden alle Artikel ausgewählt, die, gemessen an einer bestimmten Zitationsschwelle,¹⁰ in einem Jahr hoch zitiert werden. Diese Artikel werden als Kern-Dokumente bezeichnet. Als nächstes werden Kern-Dokumente auf der Grundlage von Ko-Zitationsanalysen zu Clustern zusammen gefasst. Gruppen von Kern-Dokumenten, die oberhalb einer bestimmten Ko-Zitationsschwelle zitiert werden, werden dem gleichen Cluster zugeordnet. Daraus folgen zunächst 84.000 Cluster für die bundesweiten Daten in unserem Datensatz, die dann in den folgenden Analysen weiter aggregiert werden. Artikel der letzten verfügbaren Jahre werden auf Basis ihrer Zitierungen diesen Clustern zugeordnet. Jedes dieser Cluster wird dann aufgrund der im Cluster am häufigsten vorkommenden Stichworte einer von 554 Disziplinen und 13 Themenbereichen zugeordnet.

Es werden alle Artikel, die diese Kern-Dokumente zitieren – oder von ihnen zitiert werden – und innerhalb des Zeitraumes 2004 bis 2008 veröffentlicht wurden, dem jeweiligen Cluster zugeordnet. Diese Artikel werden als Wolken-Dokumente bezeichnet. In vielen Fällen überlappen sich die Wolken-Dokumente von unterschiedlichen Clustern, so können interdisziplinäre Ansätze und Vernetzungen sichtbar gemacht werden.

"Kompetenzen" bestehen mindestens aus zwei Ko-Zitations-Clustern, sie beinhalten die Kern- und die Wolken-Dokumente. Wenn man ein Ko-Zitations-Cluster als einen Fokus des intellektuellen Interesses interpretiert, dann repräsentiert eine Kompetenz ein Forschungsfeld mit mehreren Schwerpunkten. Wenn die konstituierenden Cluster aus unterschiedlichen Disziplinen stammen, dann kann das jeweilige Kompetenzfeld als multidisziplinär angesehen werden.

Eine Kompetenz wird Baden-Württemberg nur dann zugeordnet, wenn die Artikel von baden-württembergischen Institutionen tatsächlich eine Verbindung zwischen den verschiedenen Clustern einer Kompetenz herstellen, d.h. wenn mindestens ein Artikel einer baden-württembergischen Institution die Dokumente der konstituierenden Cluster zitiert. Kompetenzfelder, in denen baden-württembergische Autoren keine dieser Zitierungs-Verbindungen herstellen, werden nicht Baden-Württemberg zugeordnet, auch wenn Baden-Württemberg Artikel innerhalb dieser Cluster veröffentlicht haben mag.

⁹ Für eine detaillierte Beschreibung siehe Elsevier (2009).

¹⁰ In dieser Untersuchung wurden nur Publikationen mit mindestens vier Zitierungen verwendet.

Für die Analysen werden die Kernkompetenzen anhand des relativen Marktwachstums und des relativen Marktanteils in einer Boston-Matrix erfasst (Bartscher/Bomke 1995; Hedley 1977; Henderson 1973). Die Boston-Matrix verdeutlicht anhand eines Funktionsgraphs die relative Position unterschiedlicher Kernkompetenzen. Die vertikale Achse zeigt den Marktanteil an, wobei Kernkompetenzen mit hohem Marktanteil sich oberhalb der Mittelachse befinden. Die horizontale Achse misst Wachstum. Kernkompetenzen mit starkem Wachstumspotential finden sich in den rechten Quadranten. Die Wachstumsraten einzelner Kernkompetenzen werden mit den durchschnittlichen Wachstumsraten aller Kernkompetenzen verglichen. Kernkompetenzen oberhalb der Mittelachse weisen höhere Wachstumsraten auf als der Durchschnitt. Dieses ursprünglich für die Klassifizierung des Produktportfolios von Unternehmen entwickelte Konzept wird hier in einer angepassten Form auf Publikationsanalysen angewendet und erlaubt damit eine Kategorisierung der wissenschaftlichen Kompetenzfelder in die vier Gruppen – die, angelehnt an das ursprüngliche Konzept, auch hier mit Poor Dogs, Cash Cows, Question Marks und Stars bezeichnet werden – anhand der Wachstumsdynamik und des Publikationsanteils.

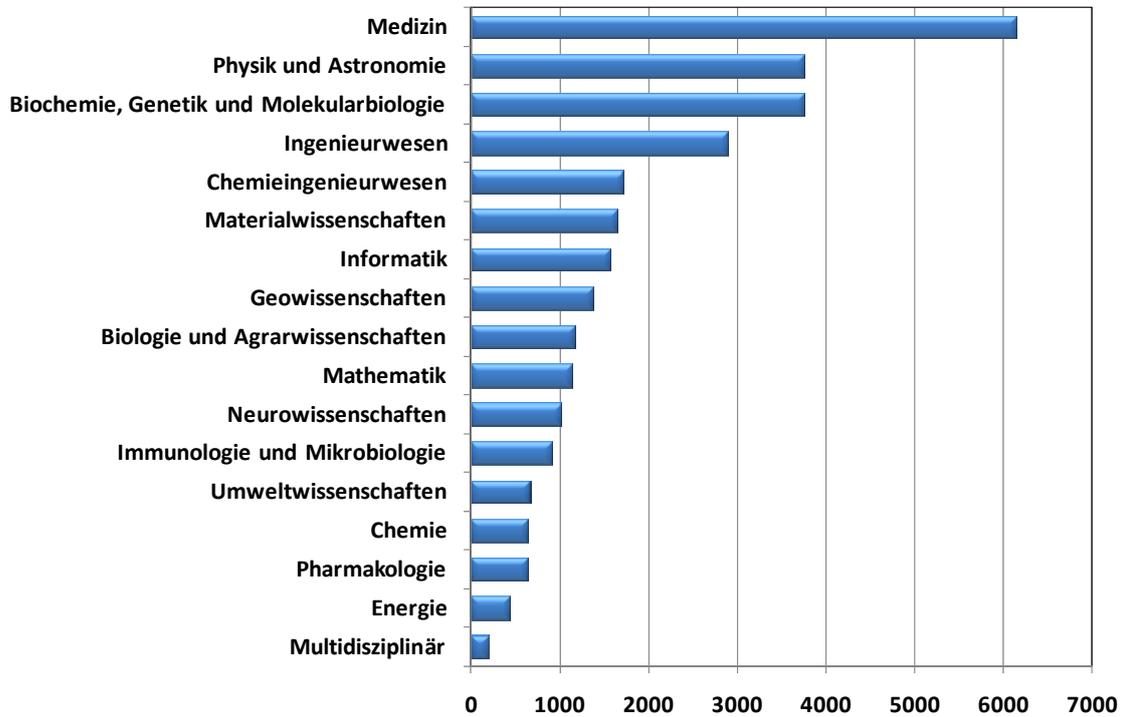
3.2 Ergebnisse

Abbildung 3-1 zeigt die durchschnittliche Zahl von Publikationen baden-württembergischer Institutionen pro Jahr im Zeitraum 2006-2008 und gibt damit einen Eindruck über die Größenordnung der verschiedenen Disziplinen in Baden-Württemberg. Die Medizin ist das größte unter den betrachteten Wissenschaftsfeldern mit mehr als 6.000 Artikeln, gefolgt von Physik und Astronomie, Biochemie, Genetik und Molekularbiologie.

Während Abbildung 3-1 die absolute Zahl der baden-württembergischen Dokumente beinhaltet, verwenden Abbildung 3-2 bis Abbildung 3-4 relative Werte. Abbildung 3-2 zeigt zunächst für jedes der betrachteten Wissenschaftsfelder den Anteil Baden-Württembergs an allen bundesdeutschen Publikationen eines Feldes im Durchschnitt der Jahre 2006-2008. Die höchsten Anteile werden mit 27% bei Energie erreicht, gefolgt von Physik und Astronomie sowie den Lebenswissenschaften (konkret: Neurowissenschaften, Biochemie, Genetik und Molekularbiologie, Medizin und auch Immunologie und Mikrobiologie erreichen mit gut 21% ein ähnliches Niveau wie die vorgenannten Felder). Über alle Felder betrachtet steigt der Anteil Baden-Württembergs an allen deutschen Publikationen um 0,4 Prozentpunkte und erreicht einen Wert von 17,5% im Jahr 2008 (nicht in der Abbildung dargestellt).¹¹

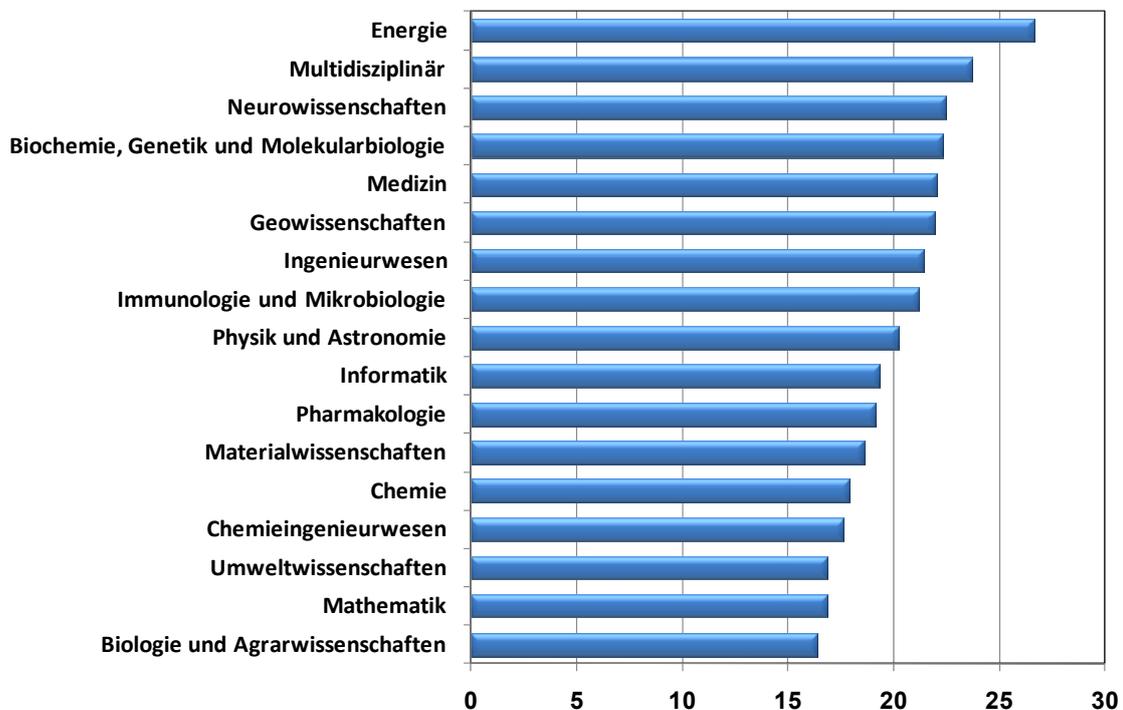
¹¹ Dieser Prozentwert beinhaltet Doppelzählungen aufgrund von Mehrfachzuordnungen der Zeitschriften zu verschiedenen Disziplinen.

Abbildung 3-1: Durchschnittliche Anzahl von baden-württembergischen Publikationen nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008



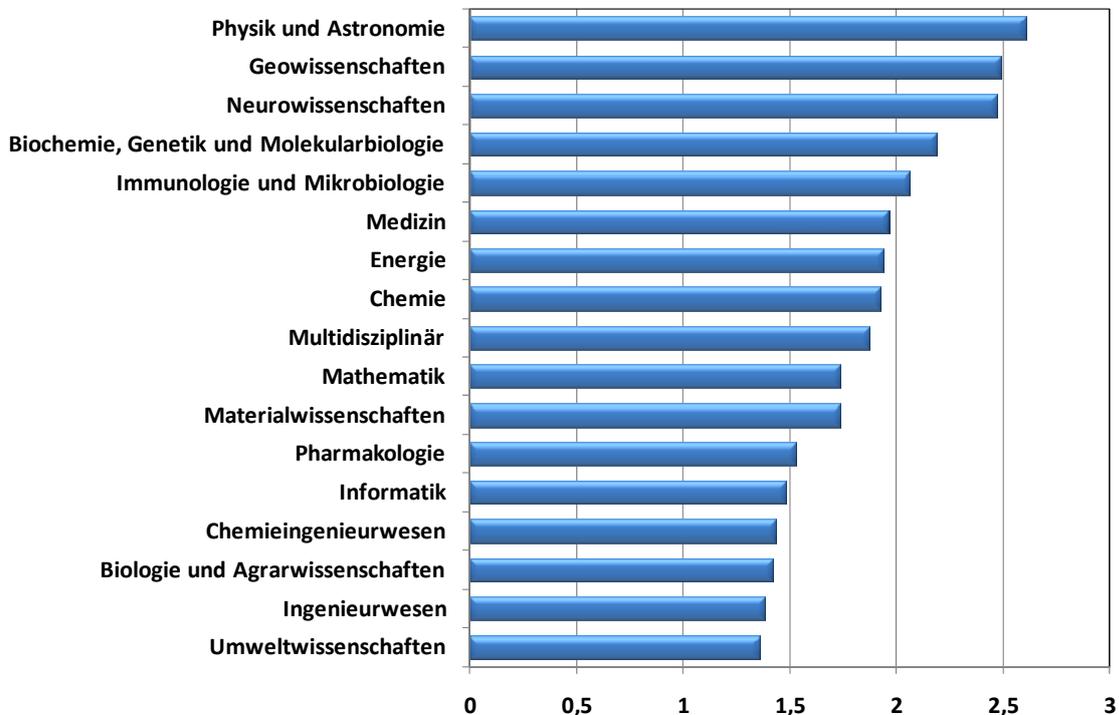
Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellungen von Elsevier

Abbildung 3-2: Anteile Baden-Württembergs an den gesamtdeutschen Publikationen nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008 (in %)



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellungen von Elsevier

Abbildung 3-3: Anteile Baden-Württembergs an den Publikationen der 14 ausgewählten Industrienationen nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008 (in %)



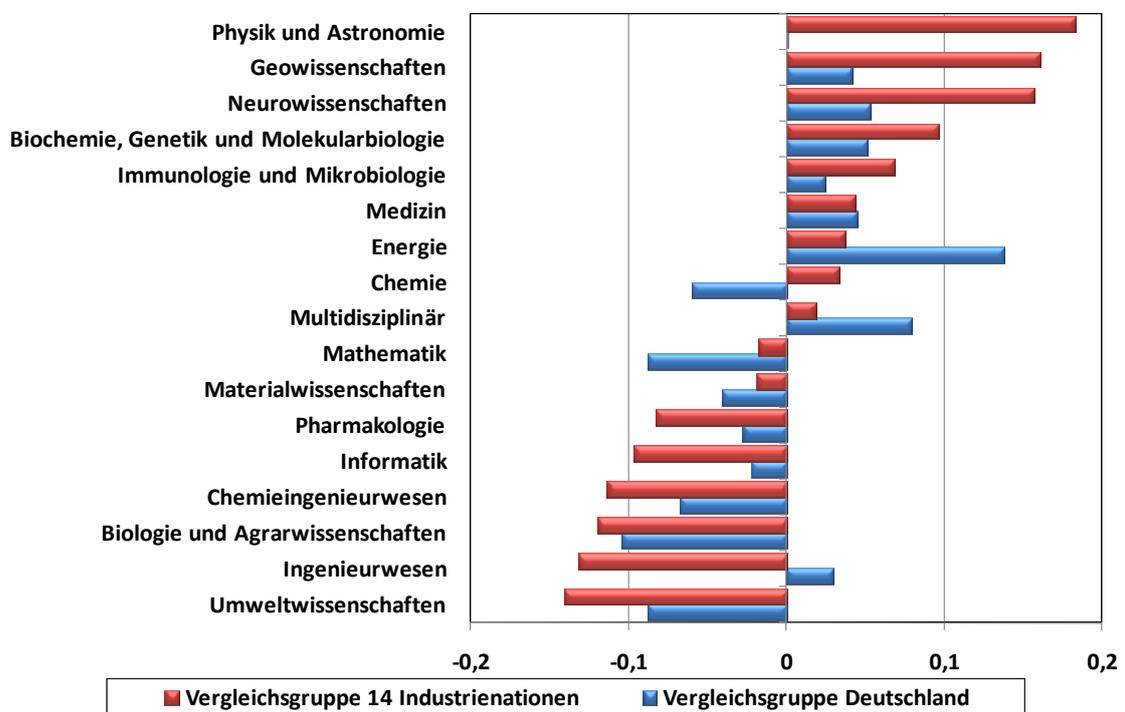
Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellungen von Elsevier

Abbildung 3-3 präsentiert entsprechende Werte Baden-Württembergs im Vergleich zur Gruppe der 14 ausgewählten Länder China, Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Japan, Kanada, Niederlande, Schweden, Schweiz, Spanien, Südkorea, USA und Vereinigtes Königreich. Insgesamt erreicht Baden-Württemberg einen Anteil von 1,4% an den Publikationen aller genannten Länder, der nach einem Absinken der ersten Jahre zuletzt wieder angestiegen ist und damit ein nahezu konstantes Niveau erreicht. Dies ist nicht zuletzt aufgrund des enormen Anstiegs der Publikationen aus Asien, speziell China, beachtlich. Die Publikationen aus Baden-Württemberg sind in diesem Zeitraum um durchschnittlich 4,6% gewachsen, während die Publikationen der Gruppe der 14 Vergleichsländer lediglich um 3,7% gewachsen sind. Deutschland insgesamt erreicht ein Wachstum von 2,3%. Ähnlich sind auch die Publikationen anderer Vergleichsländer wie beispielsweise die USA (3,1%), das Vereinigte Königreich (4,1%) oder Japan (-0,5%) im Zeitraum von 2004 bis 2008 weniger stark gewachsen. Baden-Württemberg erreicht einen Anteil an den deutschen Publikationen von zuletzt 17,5%. Dieser Anteil ist um 1,6 Prozentpunkte von 15,9% im Jahr 2004 angestiegen.

Der Publikation-Aktivitäts-Index (Abbildung 3-4) attestiert Baden-Württemberg im Vergleich zu den 14 wesentlichen Industrienationen in den Wissenschaftsfeldern Physik

und Astronomie (inkl. Optik), Geowissenschaften und Neurowissenschaften deutlich überdurchschnittliche Schwerpunkte (Werte größer 0,1) sowie bei den Lebenswissenschaften insgesamt (Biochemie, Genetik und Molekularbiologie, Immunologie und Mikrobiologie, Medizin) positive Werte. Ein Wert von 0,1 besagt dabei, dass der Anteil der baden-württembergischen Publikationen in einem Feld um 22% höher liegt als der Anteil dieses Feldes in der Vergleichsgruppe.

Abbildung 3-4: Publikations-Aktivitäts-Index (Spezialisierungsmaß) Baden-Württembergs im Vergleich zu Deutschland und zu den 14 Industrienationen nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellungen von Elsevier

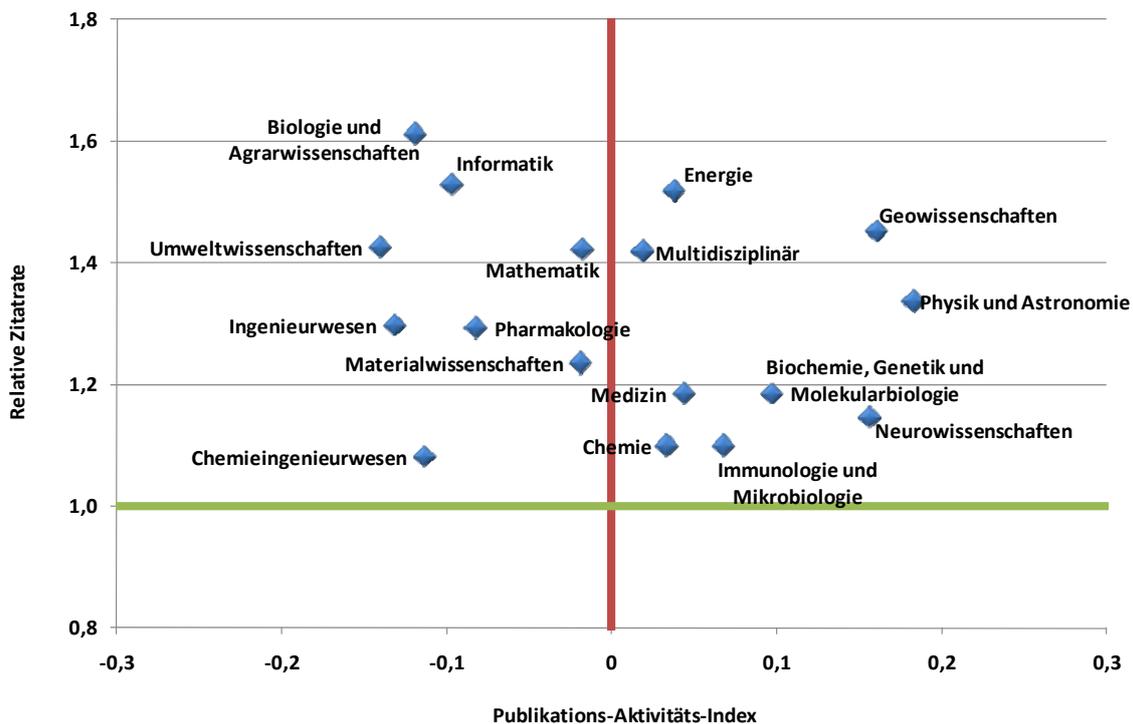
Im Vergleich zu Deutschland zeigt Baden-Württemberg bei Energie sowie ebenfalls in den Lebenswissenschaften ein überdurchschnittliches Aktivitätsniveau. Interessant ist auch der positive Wert bei Ingenieurwissenschaften, der sich international nicht gezeigt hatte. Demgegenüber ist die Chemie im deutschlandweiten Vergleich weniger stark vertreten, wobei im internationalen Vergleich noch ein leicht überdurchschnittliches Niveau erreicht werden konnte.

3.3 Zitierungen als Maß der Qualität

Abbildung 3-5 trägt auf der horizontalen Achse nochmals den Publikations-Aktivitäts-Index für Baden-Württemberg in den Jahren 2006-2008 ab. Die vertikale Achse fügt

eine neue Dimension hinzu, die Relative Zittrate (RCR) der baden-württembergischen Publikationen innerhalb der Wissenschaftsfelder. Beide Maße wurden im Vergleich zur Gruppe der 14 wichtigen Industrieländer berechnet. Das wohl auffälligste Ergebnis ist, dass in allen betrachteten Wissenschaftsfeldern die durchschnittliche Zittrate oberhalb des Durchschnitts der 14 Länder liegt, was auf eine hohe Qualität des baden-württembergischen Publikationsoutputs hindeutet.

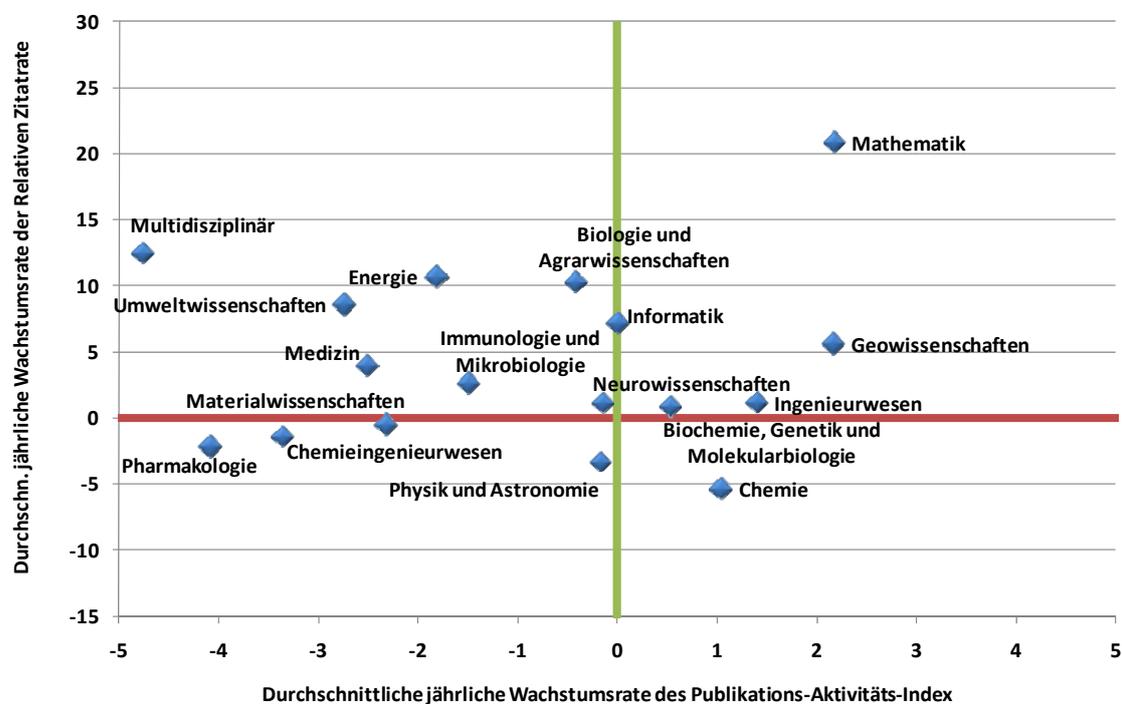
Abbildung 3-5: Publikations-Aktivitäts-Index und relative Zittrate für Baden-Württemberg nach Wissenschaftsfeldern, 2006-2008



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellungen von Elsevier

Die höchsten relativen Zitratraten finden sich in den Bereichen Energie, Biologie und Agrarwissenschaften sowie Informatik, wobei die drei Wissenschaftsfelder mit dem höchsten absoluten Publikationsaufkommen in Baden-Württemberg (Medizin, Physik und Astronomie sowie Biochemie, Genetik und Molekularbiologie) in der unteren Hälfte des Rankings auf Basis der Relativen Zitratraten zu finden sind. Hierzu muss man anmerken, dass diese Felder auch international zu den größten Feldern gehören, d.h. auch die anderen Forschungsnationen haben hier ihren größten absoluten Output zu verzeichnen. Daran ist zu sehen, dass es in den großen Feldern deutlich schwieriger ist, eine überdurchschnittliche Qualität der Publikationen zu erreichen, während es den kleineren Wissenschaftsfeldern in Baden-Württemberg offensichtlich leichter gelingt, ihre Forschungsergebnisse international sichtbar zu platzieren.

Abbildung 3-6: Veränderung des Publikations-Aktivitäts-Index und der relativen Zittrate für Baden-Württemberg nach Feldern, 2006-2008



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellungen von Elsevier

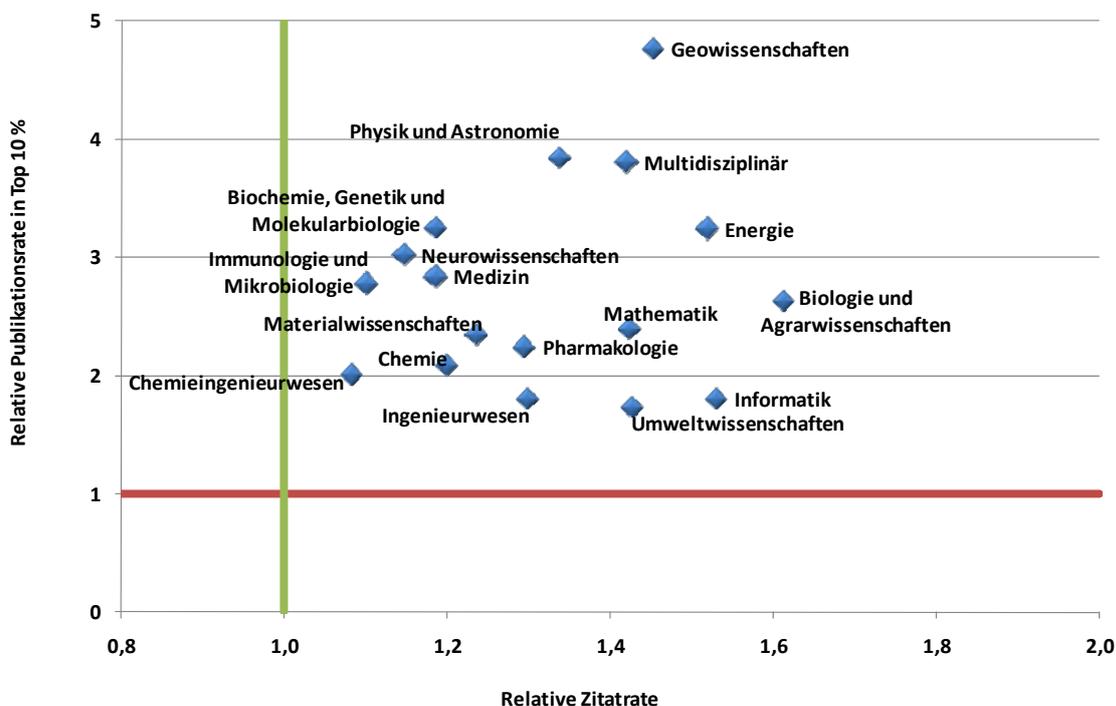
Die bisher in diesem Kapitel vorgestellten Abbildungen liefern ein eher statisches Bild der Publikationsaktivitäten und der Zitratraten. Abbildung 3-6 nimmt eine dynamische Perspektive ein und bildet auf der horizontalen Achse die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des baden-württembergischen Publikations-Aktivitäts-Index pro Wissenschaftsfeld in den Jahren 2004-2008 ab. Auf der vertikalen Achse ist die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der relativen Zittrate im gleichen Zeitraum abgetragen. Beide Indikatoren vergleichen Baden-Württemberg erneut mit der Gruppe der 14 Industrieländer.

Abbildung 3-6 gibt einen Eindruck der jüngsten Trends bei den Publikationsaktivitäten und den Zitratraten wieder. Zu den besonders wachstumsstarken Wissenschaftsfeldern gehören die Mathematik, die Informatik und die Geowissenschaften. Diese Felder sind jährlich um durchschnittlich mindestens 1,5% im Vergleich zu den Publikationen der 14 Vergleichsländer gewachsen und haben dabei ihre relativen Zitratraten um mehr als 5% steigern können. Hinzu kommen die Biologie und Agrarwissenschaften, die ein starkes relatives Wachstum bei den Zitratraten von mehr als 10% aufweisen bei nahezu unverändertem relativem Publikationsaufkommen.

Den Darstellungen in Abbildung 3-5 und Abbildung 3-6 liegen die durchschnittlichen Zitatraten der baden-württembergischen Publikationen zu Grunde. Eine andere Perspektive auf die Zitatquoten fokussiert auf die Spitze (Top 10%) der Zitatverteilung der Publikationen in der Vergleichsgruppe und bestimmt dann die Zahl der Dokumente in diesem Spitzensegment, die von baden-württembergischen Institutionen veröffentlicht werden (siehe auch die Methodenbeschreibung).

Abbildung 3-7 erlaubt einen Blick auf den Top-Publikations-Index im Vergleich zur relativen Zitatrate, wie sie auch in Abbildung 3-5 verwendet wurde. Beide Indikatoren beziehen sich auf die Zitationsjahre 2006-2008.

Abbildung 3-7: Relative Publikationsrate in den am häufigsten zitierten Beiträgen und relative Zitatrate Baden-Württembergs nach Feldern, 2006-2008



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellungen von Elsevier

Relativ am häufigsten in der Gruppe der meist-zitierten Publikationen (10%-Grenze) finden sich baden-württembergische Autorinnen und Autoren in den Geowissenschaften, in Physik und Astronomie sowie bezüglich Multidisziplinär, aber auch die verschiedenen Teilbereiche der Lebenswissenschaften schneiden in dieser Hinsicht sehr gut ab. Am unteren Ende der Liste der hier betrachteten Wissenschaftsfelder – aber immer noch mit einer positiven, d.h. überdurchschnittlichen Repräsentanz unter den qualitativ hochwertigsten Publikationen – stehen die eher ingenieurwissenschaftlich geprägten

Felder Chemieingenieurwesen, Ingenieurwesen, Informatik und Umweltwissenschaften. In diesen Wissenschaftsfeldern wird zu einem großen Teil in deutschsprachigen Zeitschriften publiziert – die teilweise auch in Scopus erfasst sind –, was zu einer geringen internationalen Sichtbarkeit und damit auch Zitierhäufigkeit führt. Anders formuliert kann man auch behaupten, die für Deutschland und Baden-Württemberg relevante ingenieurwissenschaftliche Forschungscommunity sitzt nicht notwendigerweise im Ausland. Nimmt man die zweite Dimension der relativen Zitatrate in Abbildung 3-7 hinzu, dann ist eine wenig überraschende Feststellung, dass sich in all jenen Feldern mit relativen Schwerpunkten in Baden-Württemberg, gemessen am RCR, auch überdurchschnittliche Anteile unter den Top-Publikationen zeigen. Alle hier betrachteten Wissenschaftsfelder liegen im oberen rechten Quadranten und damit auf beiden Dimensionen oberhalb des Durchschnitts der 14 Vergleichsländer.

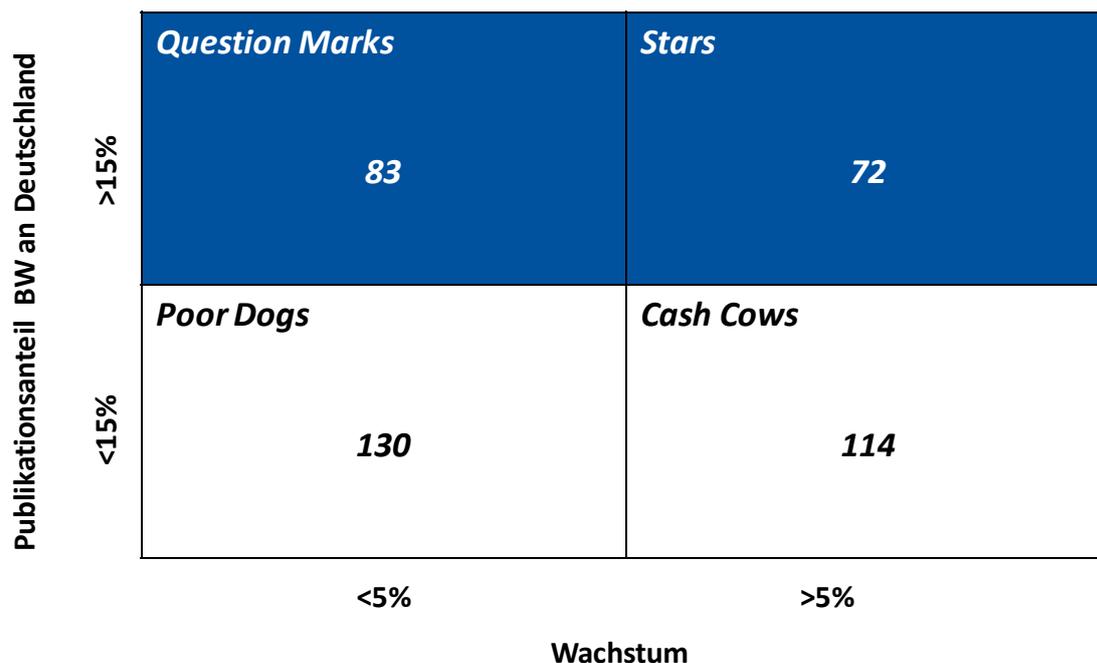
3.4 Baden-Württembergs Position in der deutschen Wissenschaftslandschaft

Dieser Abschnitt analysiert den Beitrag baden-württembergischer Institutionen zu den deutschen Kompetenzfeldern, wie sie auf der Basis einer Ko-Zitations-Analyse identifiziert wurden. Ergänzend zu der bisher angewandten, klassischen Strukturanalyse der Publikationen wird im Folgenden zusätzlich mit dieser Ko-Zitations-Analyse ein themenorientierter Ansatz verfolgt (siehe Methodenbeschreibung). Mit diesem können Themen identifiziert werden, die aufgrund der vorgegebenen Klassifikation in der Strukturanalyse nicht in den detaillierten Fokus kommen konnten. Die Ergebnisse sind ergänzend zu der klassischen Analyse zu betrachten. Zum Einen können sie die vorher ermittelten Daten unterstützen oder eine weitere Differenzierung der Unterthemen ermöglichen, zum Anderen aber auch völlig neue Themen – vor allem Querschnittsthemen – benennen, da im Vorfeld keine Stichwörter oder Felder vorgegeben werden. Die Ko-Zitations-Analyse betrachtet dabei den Beitrag Baden-Württembergs zu den deutschen Veröffentlichungen, es wird also eine nationale Dynamik der Felder erfasst.

Nach mehrfachen Aggregationsschritten ergeben sich aus den ursprünglichen rund 84.000 Ko-Zitations-Paaren für Deutschland 399 Kompetenzfelder. Wie Abbildung 3-8 veranschaulicht, trägt Baden-Württemberg zu allen bundesweiten Kompetenzfeldern durch Publikationen bei (Summe der vier Felder in Abbildung 3-8). Setzt man eine Schwelle von 5% Wachstum pro Jahr an, dann ergeben sich 186 besonders schnell wachsende Kompetenzfelder innerhalb Deutschlands. Der Gesamtanteil baden-württembergischer Artikel an allen deutschen Publikationen liegt bei 17,5%. Diese Marke kann daher als Maß dafür verwendet werden, ob der Beitrag zu den einzelnen Disziplinen als über- oder unterdurchschnittlich anzusehen ist. Baden-Württemberg trägt zu 155 der 399 Kompetenzfelder überdurchschnittlich bei, d.h. Baden-Württem-

berg ist für mehr als 17,5% der Publikationen Deutschlands in diesen Feldern verantwortlich (der gesamte Publikationsanteil Baden-Württembergs an allen deutschen Publikationen liegt bei 15,3%). Davon wachsen 72 besonders schnell und 83 wachsen weniger schnell (Abbildung 3-8).

Abbildung 3-8: Boston-Matrix der Publikationen Baden-Württembergs



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen von Elsevier, Darstellung von Fraunhofer ISI

Aus der politischen Perspektive sind jene Kompetenzfelder, in denen Baden-Württemberg nahe des Durchschnitts zum deutschen Publikationsaufkommen beiträgt, besonders interessant, da hier der forschungspolitische Hebel eine breite Wirkung verspricht. Es finden sich 26 schnell wachsende Kompetenzfelder, in welchen der Anteil Baden-Württembergs bis zu zwei Prozentpunkte oberhalb des Durchschnitts liegt. In diesen Bereichen kann unterstellt werden, dass Baden-Württemberg die gute Position halten will, d.h. Anstrengungen unternommen werden (müssen), um das hohe nationale und internationale Tempo zu halten. Andererseits finden sich 32 weitere schnell wachsende Bereiche, in denen der Anteil der baden-württembergischen Beiträge bis zu zwei Prozentpunkte unterhalb des Durchschnitts liegt und bei denen ein Sprung an die Spitze der deutschen Entwicklung zumindest möglich erscheint.

Bei einer übergeordneten Betrachtungsweise zeigen die Analysen, dass die Gruppe der 26 Felder mit überdurchschnittlichem Anteil einen thematisch engeren Fokus abdecken, während die Gruppe der 32 Kompetenzfelder eine höhere Anzahl von unterschiedlichen Sub-Disziplinen umfasst, d.h. diese Gruppe von Kompetenzfeldern ist

wesentlich multi-disziplinärer ausgerichtet. Daraus lässt sich ableiten, dass gerade bei multi-disziplinären Fragestellungen der größte förderpolitische "Hebel" ansetzbar ist. Allerdings zeigen die Analysen auch, dass internationale Spitzenleistungen mit einer Fokussierung und Spezialisierung einhergehen müssen.

Innerhalb dieser 58 Kompetenzfelder sind noch Felder aus den Sozial- und Geisteswissenschaften sowie Felder zu rein klinischer Forschung (Klinische Studien, neue Ansätze zu OP-Verfahren, Klinikabläufe, Rehabilitation, etc.) enthalten, die nicht im Fokus dieser Studie stehen. Ohne diese verbleiben noch 33 Kompetenzfelder, die im Weiteren behandelt werden und sich im Wesentlichen um die bereits bestehenden Schwerpunkte in Baden-Württemberg in den Lebenswissenschaften ranken, aber auch weitere Themenfelder berühren, beispielsweise aus der Informatik, der Physik oder dem Ingenieurwesen.

Tabelle A4 im Anhang gibt detailliertere Informationen über den Inhalt und die Themen der 33 verbliebenen Kompetenzfelder. Die Tabelle nennt dabei die fünf wichtigsten der zugehörigen Forschungsdisziplinen, die anhand einer differenzierten Kategorisierung der von Scopus abgedeckten Zeitschriften identifiziert wurden. Die für jedes Kompetenzfeld wichtigste Forschungsdisziplin steht an erster Stelle im Fettdruck (höchster Anteil an den Publikationen eines Kompetenzfeldes), die im Folgenden als "Primärdisziplin" bezeichnet wird. Darüber hinaus sind die 10 wichtigsten Stichwort-Paare, die in den Titeln und Abstracts der Artikel zu finden sind, angegeben.

Wie Tabelle A4 im Anhang zu entnehmen ist, sind die erhaltenen Themenfelder und Stichwörter teilweise auf taxonomisch sehr unterschiedlichen Hierarchieebenen, die einer Gewichtung für die nachfolgende Identifikation der für diese Studie relevanten Felder bedurften. Eine Sortierung und Einschätzung der Bedeutung für Baden-Württemberg wurde in Absprache mit den beteiligten Einrichtungen (Elsevier, Fraunhofer ISI und BW Stiftung) anhand folgender Fragestellungen vorgenommen:

- Sind die Stichwörter/Disziplinen für eine thematische Eingrenzung bestimmend oder eher allgemein gehalten?
- Können Disziplinen bei Mehrfachnennung zusammengefasst werden?
- Verbergen sich hinter den Stichwörtern Themenfelder einer Größenordnung, die für die Förderstrategie der Baden-Württemberg Stiftung relevant sind?

Nach mehreren Durchläufen zur Kondensation und Sortierung der Stichwörter und Disziplinen anhand dieser Fragen wurden insgesamt 13 Themenfelder inklusive ihrer Stichwörter identifiziert (Tabelle 3-3). Die meisten Themenfelder können mit Kategorien aus der klassischen Publikationsanalyse in Deckung gebracht werden. Andere lassen sich thematisch weniger eindeutig zuordnen und bilden eher ein Querschnittsthema ab. Diese Themenfelder konnten nur über den themenorientierten Ansatz gefunden werden.

Tabelle 3-3: Aggregierte Felder aus der themenorientierten Analyse und deren Zuordnung zu den Kategorien der Strukturanalyse

Nr.	Themenfeld	Stichwörter	Disziplin
1	Anorganische Chemie	Methoden (MS, NMR, x-ray...); Halbleitermaterialien	Chemie
2	Organische Chemie	Methoden (MS, NMR, x-ray...), Computational Chemistry; Makromoleküle und Polymere	
3	Hochenergiephysik	Gravitationswellen; Gravitationsstrahlung; Null-Unendlichkeit; black-hole binaries	Physik
4	Optik	Angewandte Optik, Methoden allgemein, Medizinische Bildgebung	
5	Neurowissenschaften	Molekular und zellulär, Pharmazeutische Forschung; Neuroimmunologie; Klinische Neurophysiologie (Schmerzforschung)	Neurowissenschaften
6	Umweltwissenschaften	Frischwasser Biologie; Ecological Modeling; Bodenkunde/Agrologie; Molekulare Umweltwissenschaften, Artenreichtum; Systematische und Evolutionäre Mikrobiologie; Weed Management; Transgene Pflanzen	Umweltwissenschaften
7	Allergie und klinische Immunologie	Kontakt Dermatitis; Kontaktallergie; berufsbezogene Hautkrankheiten; Allergietest (Haut); Hautkrankheiten; Dermatitis; Hautschutz;	Immunologie und Mikrobiologie
8	Data Mining	Signalverarbeitung; Computersystemtheorie; event-related potentials; Objekterkennung; Modellanpassung	Informatik
9	Robotics	mobile Roboter; Umgebungszintelligenz; Kontextbasierte Information; User Interface Design; humanoide Roboter; Objektmanipulation; Gestenerkennung; maschinelles Lernen	
10	Nanotechnologie	Halbleitermaterialien; Oberflächen	Materialwissenschaften
11	Stammzellen	embryonale Stammzellen; (Herz-) Zelldifferenzierung; Stammzellen; Humane embryonale; Zellkultur gezüchtete Kardiomyozyten	Medizin; Biochemie, Genetik und Molekularbiologie
12	Proteinbiochemie	Stoffwechsel-Netzwerke; Stoffwechselwege	
13	Blut-/Kreislaufsystem	Blutkreislauf; Bildverarbeitung; Strömungsmechanik; Thrombose	

Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Innerhalb der Chemie sind es verschiedene Methoden (MS, NMR, x-ray, Computational Chemistry ...), die sowohl in der anorganischen wie auch in der organischen Chemie aktuell eine gewisse Dynamik begründen. Für den Bereich organische Chemie ist es darüber hinaus die Forschung an Makromolekülen und Polymeren, die in der themenorientierten Analyse aufscheinen, für den Bereich der anorganischen Chemie ist es die Forschung an Halbleitermaterialien.

Ebenso konnten Themenfelder aus den Disziplinen Umweltwissenschaften, Physik und Neurowissenschaften mit der Ko-Zitations-Analyse identifiziert werden. Bei den Umweltwissenschaften werden die Stichwörter "Wasser" sowie "Ecological modeling" genannt, andere, wie zum Beispiel "transgene Pflanzen", können dem Begriff "Mutagenesis" gegenübergestellt werden. Es zeigt sich für die Umweltwissenschaften ein Trend in Richtung Molekulare und Mikrobiologische Umweltwissenschaften. Aus der Physik gehen als Unterthemen u.a. die Hochenergiephysik sowie die Optik aus der Ko-Zitations-Analyse hervor. Die genannten Stichwörter differenzieren weitere Teilbereiche. Bei den Neurowissenschaften liegt ein starker Fokus auf den klinischen und pharmazeutischen Bereichen, die in der Strukturanalyse unter der Disziplin Medizin zu finden sind und dort nur einen kleinen Teil der Gesamtzahlen ausmachen. Darüber hinaus gehören die Molekularen und Zellulären Neurowissenschaften zu den dynamischen Themenfeldern in diesem Bereich.

Es ergibt sich beim Themenfeld Allergie und klinische Immunologie ebenfalls die Erkenntnis aus der Ko-Zitations-Analyse, dass diese insgesamt eher auf klinische Forschung ausgerichtet ist und die Dermatologie prominent ausweist. Data Mining und Robotics als Teilbereiche unter anderem der Informatik stellen insbesondere auf die stark gewachsenen Unter-Themen Artificial Intelligence sowie Human-Computer-Interaction, aber auch Bereiche wie Vision and Pattern Recognition, Applications und Signal Processing ab. Im Themenfeld Nanotechnologie sind es die Stichwörter Halbleitermaterialien und Oberflächen, die besonders hervortreten und eine Parallele zur anorganischen Chemie bilden. Stammzellen, Proteinbiochemie und Kardiovaskuläre Forschung als Teilbereiche der Medizin oder der Biochemie, Genetik und Molekularbiologie treten ebenfalls als dynamische Themen in Erscheinung.

3.5 Zusammenfassung

Baden-Württembergs Forschungslandschaft ist breit aufgestellt und hat deutliche Schwerpunkte in den Lebenswissenschaften sowie bei Physik (inkl. Optik) und Energie. Im internationalen Vergleich treten die verschiedenen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen hingegen weniger deutlich in Erscheinung. Nimmt man allerdings die Zitierungen als Maß der Qualität der Publikationen hinzu, dann ergibt sich ein etwas ande-

res Bild. Während gerade die Ingenieurwissenschaften – allen voran die Energie und die Informatik – hohe Zitatquoten erreichen, liegen die großen Disziplinen Physik, Medizin und Biochemie bei den Zitierungen eher im unteren Mittelfeld. In den am höchsten zitierten Publikationen tritt diese Verschiebung allerdings wieder ein wenig in den Hintergrund. In Physik und den Lebenswissenschaften sind die Anteile Baden-Württembergs unter den 10% der am häufigsten zitierten Beiträgen der jeweiligen Disziplin mit am höchsten.

Die themenoffene Analyse hat ebenfalls ein ähnlich breites Bild ergeben, ebenfalls mit Schwerpunkten in den Lebenswissenschaften sowie der Optik und der Informatik. Einzelne Methoden haben sich hier als besonders dynamisch und für die förderpolitische Unterstützung zur Erhaltung oder Erlangung einer Spitzenposition in Deutschland und der Welt besonders hervor getan.

Im Einzelnen zeigt die Analyse für Baden-Württemberg die folgenden Ergebnisse:

- **Medizin:** In diesem weltweit starken Feld ist die Position Baden-Württembergs im guten Mittelfeld angesiedelt. Während die allgemeine Zitierungsrate im Vergleich zu den G14 als auch die Publikationsaktivitäten leicht überdurchschnittlich sind, gibt es über den Zeitverlauf einen kleinen Trend zu "mehr Klasse statt Masse". Die Zitierungen der baden-württembergischen Publikationen nehmen zu, während die Anzahl der Publikationen leicht zurück ging. Die Zitierungen im Allgemeinen als auch die Platzierungen in den Top-10%-Publikationen gelingt für baden-württembergische Verhältnisse nur leicht unterdurchschnittlich.
- **Biologie und Agrarwissenschaften:** In diesem Feld hat Baden-Württemberg innerhalb des deutschen Gesamtpublikationsoutputs nur einen geringen Anteil, ebenso im Vergleich weltweit. Aber alles, was aus Baden-Württemberg kommt, wird international bemerkt und zitiert, Tendenz steigend. Die Platzierung in den Top-10%-Publikationen ist für baden-württembergische Verhältnisse dennoch leicht unterdurchschnittlich, während die Zitierungsrate leicht überdurchschnittlich ist.
- **Biochemie, Genetik und Molekularbiologie:** In diesem publikationsintensiven Feld liegt Baden-Württembergs Output innerhalb des gesamtdeutschen bei 21%, und im weltweiten Vergleich für Baden-Württemberg im guten Mittelfeld. Im Vergleich mit den G14 nimmt die Publikationsaktivität etwas stärker zu und die Zitierungsrate wächst ebenfalls leicht überdurchschnittlich. Für baden-württembergische Verhältnisse bleiben die Zitierungsrate und die Top-10%-Platzierungen dennoch leicht unterdurchschnittlich.
- **Immunologie und Mikrobiologie:** Auch in diesem Feld hat Baden-Württemberg innerhalb Deutschlands einen hohen Anteil am Gesamtoutput und im weltweiten Vergleich liegt dieser für Baden-Württemberg im guten Mittelfeld. Im relativen Vergleich mit den G14 nimmt die Publikationsaktivität leicht ab, die Zitierungsrate hin-

gegen wächst leicht an. Für baden-württembergische Verhältnisse bleiben die Zitierungsrate und die Top-10%-Platzierungen aber dennoch leicht unterdurchschnittlich.

- **Neurowissenschaften:** In diesem thematisch schärfer abgegrenzten Bereich ist Baden-Württemberg im positiven Wachstum. Sowohl was den Anteil an Publikationen in Deutschland als auch weltweit betrifft, können sehr gute Werte erzielt werden. Im relativen Vergleich mit den G14 werden insgesamt leicht überdurchschnittliche Zitierungsraten erzielt, die auch über die letzten Jahre noch ausgebaut werden konnten. Die relative Publikationsmenge hingegen hat leicht abgenommen. Das Feld ist selbst für baden-württembergische Verhältnisse in den Top-10%-Publikationen leicht überdurchschnittlich vertreten, bei den Zitierungen insgesamt aber leicht unterdurchschnittlich.
- **Pharmakologie:** Die Publikationsanteile von Baden-Württemberg an den gesamtdeutschen liegen mit 19% für BW im Mittelfeld, global gesehen im unteren Mittelfeld. Derselbe Trend zeigt sich im Vergleich mit den G14, die Zitierungsrate ist aber gut. Innerhalb der letzten Jahre sank die Zitierungsrate leicht, die Publikationsaktivität dagegen deutlich. In diesem Feld scheint man in den letzten Jahren also mehr darauf zu achten, hochwertige Publikationen einzureichen und dafür eine geringe Anzahl in Kauf zu nehmen. Für Baden-Württemberg sind sowohl die Anteile an Top-10%-Publikationen als auch die Gesamtzitierungsrate unterdurchschnittlich.
- **Chemie:** Während der Anteil an den gesamtdeutschen Publikationen eher gering ist, liegt Baden-Württemberg bei den globalen Anteilen im guten Mittelfeld, ebenso im Vergleich zu den G14. Deutschland selber scheint im Bereich Chemie sehr gut aufgestellt, so dass der Anteil von Baden-Württemberg weniger stark ins Gewicht fällt. Die Zitierungsrate ist im G14-Vergleich leicht überdurchschnittlich, fiel allerdings über die letzten Jahre leicht, die Publikationsaktivität deutlich ab. Auch hier scheint man in den letzten Jahren mehr darauf zu achten, hochwertige Publikationen einzureichen und dafür eine geringere Anzahl in Kauf zu nehmen. Für Baden-Württemberg sind sowohl die Anteile an Top-10%-Publikationen als auch die Gesamtzitierungsrate unterdurchschnittlich.
- **Chemieingenieurwesen:** In diesem Bereich ergibt sich ein ähnliches Bild wie für die Chemie, allerdings ist hier eine leicht unterdurchschnittliche Publikationsaktivität im Vergleich zu den G14 zu verzeichnen, die über die letzten Jahre jedoch etwas anstieg. Für Baden-Württemberg sind sowohl die Anteile an Top-10%-Publikationen als auch die Gesamtzitierungsrate unterdurchschnittlich.
- **Informatik:** Der Publikationsanteil an den gesamtdeutschen Publikationen von 19% liegt im guten Mittelfeld. Global gesehen ist er eher niedrig. Im Vergleich zu den G14 ist die Publikationsstärke auch leicht unterdurchschnittlich, die Zitierungsrate dagegen überdurchschnittlich gut. Über die letzten Jahre konnten sowohl die Publikationsanzahl als auch die Zitierungsrate erhöht werden. Letztere liegt selbst für baden-württembergische Verhältnisse im guten Bereich, die Top-10%-Anteile bleiben allerdings leicht unterdurchschnittlich.

- **Geowissenschaften:** Die Geowissenschaften sind nach den vorliegenden Daten eine eindeutige Stärke Baden-Württembergs. Die Anteile sowohl an allen deutschen als auch an den globalen Publikationen sind hier sehr gut, dementsprechend auch im Vergleich mit den G14. Die Zitierungsrate ist ebenfalls überdurchschnittlich und selbst für Baden-Württemberg können sehr gute Werte bei den Anteilen der Top-10%-Publikationen und der Gesamtzitierungsrate erzielt werden – und sowohl die Zitierungsrate als auch die Publikationsanzahl sind über die letzten Jahre weiter gestiegen.
- **Energie:** Die Publikationsanzahl ist die zweitniedrigste von den hier betrachteten Bereichen für Baden-Württemberg, aber mit 27% wird der höchste Anteil an den deutschen Publikationen erreicht. Auch im Vergleich mit den G14 liegt der Bereich im guten bis sehr guten Mittelfeld. Die Zitierungsrate ist gut und über die letzten Jahre gewachsen, die Publikationsaktivität ist derzeit noch etwas überdurchschnittlich, aber leicht am sinken. Für Baden-Württemberg können sehr gute Werte bei den Anteilen der Top-10%-Publikationen und der Gesamtzitierungsrate erzielt werden.
- **Ingenieurwesen:** Der Anteil von 21% an den deutschen Publikationen im Bereich ist sehr gut, global gesehen allerdings eher niedrig. Im Vergleich zu den G14 zeigt sich daher eine leicht unterdurchschnittliche Publikationsaktivität, die Veröffentlichungen werden aber überdurchschnittlich gut zitiert. Sowohl die Anzahl der Publikationen als auch die Zitierungen sind über die letzten Jahre im Vergleich mit den G14 leicht gewachsen, erreichen für Baden-Württemberg selbst aber noch keine guten Werte beim Anteil an Top-10%-Publikationen oder der Zitierungsrate.
- **Umweltwissenschaften:** Dieser Bereich zeigt insgesamt eine geringe Publikationsaktivität, sowohl für Baden-Württemberg selbst als auch gemessen an den deutschen, globalen und G14-Publikationen. Die Zitierungsrate der wenigen Veröffentlichungen ist im Vergleich mit den G14 allerdings überdurchschnittlich gut. In der Tendenz ist diese über die letzten Jahre sogar gestiegen, so dass selbst für baden-württembergische Verhältnisse eine gute Zitierungsrate erzielt werden kann und nur ein leicht unterdurchschnittlicher Wert bei dem Top-10%-Anteil vorliegt.
- **Materialwissenschaften:** Der Publikationsanteil liegt insgesamt bei allen Vergleichen im Mittelfeld, im Vergleich mit den G14 ist über die letzten Jahre auch noch ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Die Zitierungsrate dagegen ist überdurchschnittlich gut, jedoch sank auch diese über die letzten Jahre leicht. Für baden-württembergische Verhältnisse werden dementsprechend bei den Top-10%-Anteilen sowie der Zitierungsrate insgesamt nur unterdurchschnittliche Werte erzielt.
- **Mathematik:** Der Anteil an den deutschen Publikationen ist für Baden-Württemberg eher gering, global betrachtet liegt der Anteil im unteren Mittelfeld. Vergleicht man nur mit den G14, werden sowohl für die Publikationsanteile als auch für die Zitierungsrate überdurchschnittliche Werte erzielt. Beide sind über den betrachteten Zeitraum gewachsen. Die Zitierungsrate ist selbst für baden-württembergische Verhältnisse gut, der Anteil an Top-10%-Publikationen nur leicht unterdurchschnittlich.

- **Physik und Astronomie:** Sowohl was die Publikationsaktivität als auch die Zitierungsraten betrifft, ist dies einer der besten Bereiche Baden-Württembergs. Der globale Anteil von 2,6% ist der höchste Baden-Württembergs überhaupt, die Aktivität und Zitierungsrate im Vergleich zu den G14 ist überdurchschnittlich gut, allerdings ist bei beidem über den betrachteten Zeitraum ein Rückgang der Werte zu verzeichnen. Für Baden-Württemberg wird ein überdurchschnittlich hoher Anteil an Top-10%-Publikationen erzielt, die Gesamtzitierungsrate ist leicht unterdurchschnittlich.

4 Technologische Stärken und Schwächen Baden-Württembergs

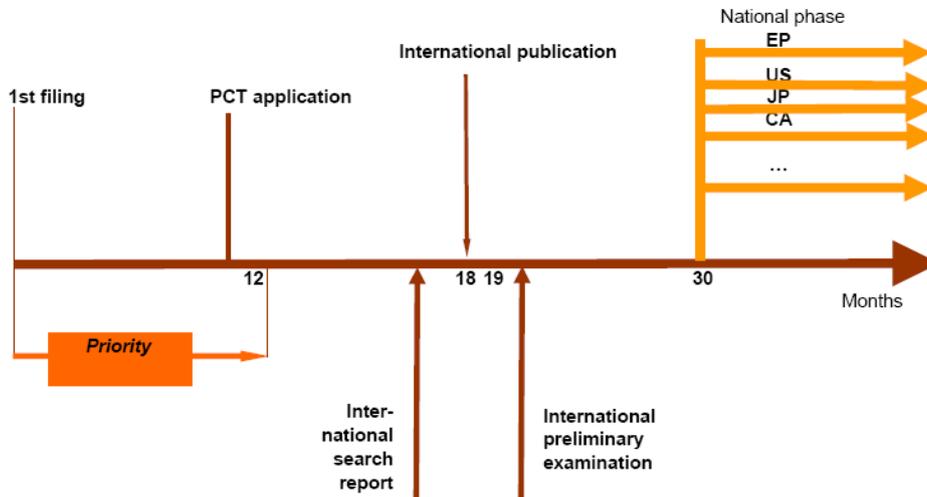
4.1 Methodische Grundlagen der Patentanalysen

Aus rein juristischer Perspektive sind Patente eines von mehreren geistigen Eigentumsrechten. Sie gewähren den Anmeldern ein temporäres Monopol bei der Verwendung einer Technologie. Der Anmelder kann durch dieses Monopol die Aufwendungen des Forschungs- und Entwicklungsprozesses absichern. Im Gegenzug muss allerdings die Technologie beschrieben und offen gelegt werden (vgl. bspw. Adams 2006; Schmoch 1990).

Als Innovationsindikator beziehen sich Patente in erster Linie auf technische Innovationen, während weitere Komponenten und Dimensionen des Innovationsprozesses nicht unmittelbar abgebildet werden können. Patente stellen somit nur einen Teil des Innovationsoutputs dar. Es werden an sie aber hohe formelle Anforderungen gestellt, weshalb sie für Analysen der technologischen Wettbewerbsfähigkeit von Innovationssystemen besonders interessant sind. Aufgrund dieser formalen Anforderungen und des Anmeldeprozesses als solchem, in dem Experten in dem Feld eine Art Review des Patents durchführen, haben Patentdaten eine hohe Verlässlichkeit. Daneben haben sie einen hohen Informationsgehalt, da sie neben Informationen über Gegenstand auch Informationen über Zeitpunkte, die Erfinder, Anmelder usw. beinhalten. Es ist dabei wichtig zu bedenken, dass Patente nicht unmittelbar mit Produkten verbunden sind, sondern in erster Linie nach ihren technischen Implikationen unterschieden werden.

Abbildung 4-1 zeigt beispielhaft den zeitlichen Ablauf einer Anmeldung. Im Allgemeinen beträgt der Zeitverzug zwischen Erst-Anmeldung (Priorität) und Veröffentlichung – und damit auch die Möglichkeit der Verwendung der Daten für analytische Zwecke – 18 Monate. Somit ist ein Jahrgang im Juli des übernächsten Jahres vollständig enthalten. Das sind jedoch zunächst nur die Anmeldungen. Bis zur Erteilung eines Patentes vergehen weitere zwei bis vier Jahre und teilweise sogar mehr.

Abbildung 4-1: Beispielhafte Darstellung der Phasen und zeitlichen Abfolge eines Anmeldeprozesses



Quelle: Felix (2007, S. 2)

Patente – Ergebnisse der industriellen Forschung

Patente bilden als Innovationsindikator im Wesentlichen die Ergebnisse technologieorientierter Forschungsprozesse in der Wirtschaft ab. Lediglich ca. 2,7% aller Patentanmeldungen werden von der öffentlichen Forschung angemeldet (siehe Abschnitt 4.5) und ca. 19% von KMU sowie rund 62% von Großunternehmen.¹² Patente stellen einen Indikator für die Ergebnisse von FuE-Prozessen dar, an deren Ende auch andere Ergebnisse als ein Patent (oder mehrere) stehen könnten. Sie erfüllen aber eine Indikator-Funktion, d.h. sie stehen als Stellvertreter für die eigentlich interessierenden Aktivitäten, nämlich Innovationen. Unter der Annahme, dass sich die Relation zwischen Patenten und nicht-patentrelevanten Innovationen nicht verändert, stünden Patente dann auch als Stellvertreter für die nicht-patentrelevanten Innovationen. Allerdings – und dies haben die eben genannten Zahlen bereits gezeigt – gibt es eine starke Schiefverteilung bei Patenten hin zu Großunternehmen und Multinationalen Unternehmen. Diese Verzerrung hat sich im Lauf der zweiten Hälfte der 1990er Jahre noch verstärkt (Blind et al. 2003; Frietsch 2006), was vermutlich auch auf die Relation von patent- und nicht-patentrelevanten Innovationen einen Einfluss hatte. Seit dieser Zeit nutzen Unternehmen die Patente verstärkt auch strategisch, beispielsweise zur Verschleierung ihrer Technologie-Strategien, als Signal für Finanzmärkte oder auch zu Marketing-Zwecken

¹² Der Rest wird von Einzelerfindern angemeldet. In manchen Fällen stehen auch hier kleine und Kleinstunternehmen dahinter, die jedoch in ihrer Rechtsform so nicht in den Patentschriften zu erkennen sind.

(Arundel/Patel 2003; Lang 2001). Die Schutzfunktion von geistigem Eigentum, die mit Patenten eigentlich erreicht werden soll, hat demgegenüber ein wenig an Bedeutung verloren, bleibt aber nach wie vor das wichtigste Motiv bei der Anmeldung von Patenten (Blind et al. 2006; Frietsch et al. 2008).

Patente sichern Märkte. Allerdings kann ein Patent nur den Markt sichern, für den es Gültigkeit hat. Eine Anmeldung in Deutschland erlaubt keinen Patentschutz in Frankreich, den USA etc. Daher ist es neben der Tatsache der zum Patent angemeldeten Erfindung selbst stets auch von besonderem Interesse, an welchem Patentamt ein Patent hinterlegt wird. Für Baden-Württemberg und Deutschland ist das aufgrund des Heimatmarktes zunächst das Deutsche Patent- und Markenamt. Allerdings gilt das nicht in gleichem Maß für andere Länder, weshalb eine Vergleichbarkeit der technologischen Wettbewerbsfähigkeit mit einer Analyse dieser Daten nicht möglich ist. Nicht zuletzt aufgrund der Internationalisierung der Märkte und einer Internationalisierung gerade der forschungsintensiven Güter bzw. der Unternehmen, die diese Güter und Technologien anbieten, ist aber ein Blick über die deutschen Grenzen hinaus sinnvoll, der gleichzeitig eine bessere Vergleichbarkeit von technologischen Stärken und Schwächen erlaubt. Aus diesem Grund werden in dieser Untersuchung auch die Anmeldungen am Europäischen Patentamt (EPA), recherchiert in der Datenbank EPO – PATSTAT, in Betracht gezogen. Ergänzt werden die Analysen durch Recherchen in der Datenbank STN – PATDPA für deutsche Anmeldungen.

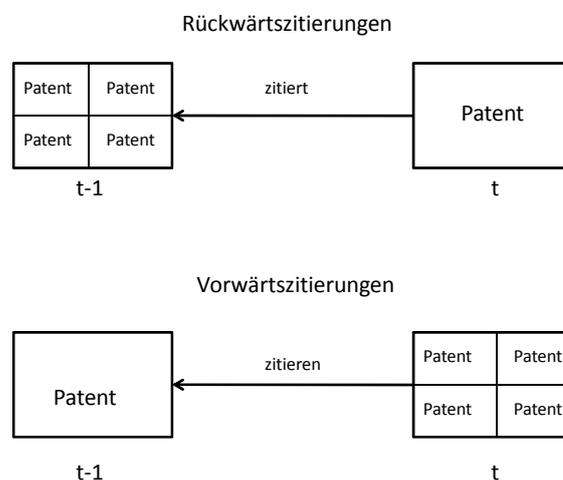
Methodische Grundlagen der Patentzitiierungen

Ähnlich wie bei wissenschaftlichen Publikationen werden auch Patente zitiert, wobei im deutschen und im europäischen System die Zitiierungen nicht von anderen Erfindern oder Anmeldern, sondern zum überwiegenden Teil von den Patentprüfern – diese sind Experten in ihrem Bereich und kennen entsprechend den Stand der Technik sowie die neuesten Entwicklungen – vergeben werden. Patentzitiierungen können daher auch als "Qualitätsindikator" herangezogen werden.

Der in der Literatur prominenteste und am weitesten verbreitete Indikator zur Bewertung von Patentanmeldungen sind Vorwärtszitiierungen (Narin/Noma 1987; Trajtenberg 1990) (vgl. Abbildung 4-2). Dabei wird davon ausgegangen, dass die Anzahl der Vorwärtszitiierungen (Zitiierungen, die auf ein Patent verweisen) als Gradmesser fungiert, inwiefern ein Patent zur weiteren Entwicklung fortgeschrittener Technologien beiträgt (Albert et al. 1991; Carpenter et al. 1981). Je mehr Zitiierungen ein Patent erhält, umso relevanter und zentraler für das jeweilige Technologiefeld ist es ("von wem wird man zitiert").

Die Anzahl der Zitierungen, die in einem Patentedokument aufgelistet sind (Rückwärtszitierungen) hingegen, beziehen sich auf vorherige Patente und werden meist als Indikator der technologischen Breite oder des technologischen Hintergrunds einer Patentanmeldung gewertet. Daher geben sie Aufschluss über den technologischen Anwendungsbereich und auch die "Neuheit" einer Technologie und sind dazu geeignet, so genannte Technologiezyklen zu berechnen ("wen zitiert man selbst"). Auf der anderen Seite wird jedoch auch diskutiert, dass eine hohe Anzahl von Rückwärtszitierungen den Inhalt des Patents begrenzt und damit auch dessen möglichen Wert (Harhoff et al. 2003). Rückwärtszitierungen werden häufig auch verwendet, um Spillover-Effekte zu messen (Jaffe et al. 1993).

Abbildung 4-2: Taxonomie von Patentzitierungen



Quelle: Eigene Darstellung, Fraunhofer ISI

Insgesamt muss an dieser Stelle jedoch angemerkt werden, dass Patentzitierungen häufig auch als sehr störungsanfälliger Indikator für die Qualität von Patentanmeldungen angesehen werden (Alcacer et al. 2009; Alcacer/Gittelman 2006; Hall/Ziedonis 2001).

Die in den folgenden Abschnitten dargestellten Untersuchungen dienen der Charakterisierung der baden-württembergischen Schwerpunkte in der industriellen Forschung, insbesondere im nationalen und internationalen Vergleich. Da sowohl Unterschiede in den Größen zwischen den Ländern wie auch zwischen den betrachteten Technologiefeldern bestehen, werden meistens relative Werte verwendet. Absolute Zahlen dienen im Wesentlichen zur Abschätzung der Größenordnungen der jeweiligen relativen Werte und Effekte. Eine Differenzierung der Analysen erfolgt auf Basis einer im Auftrag des World Intellectual Property Office (WIPO) erarbeiteten Klassifikation¹³ (Schmoch 2008)

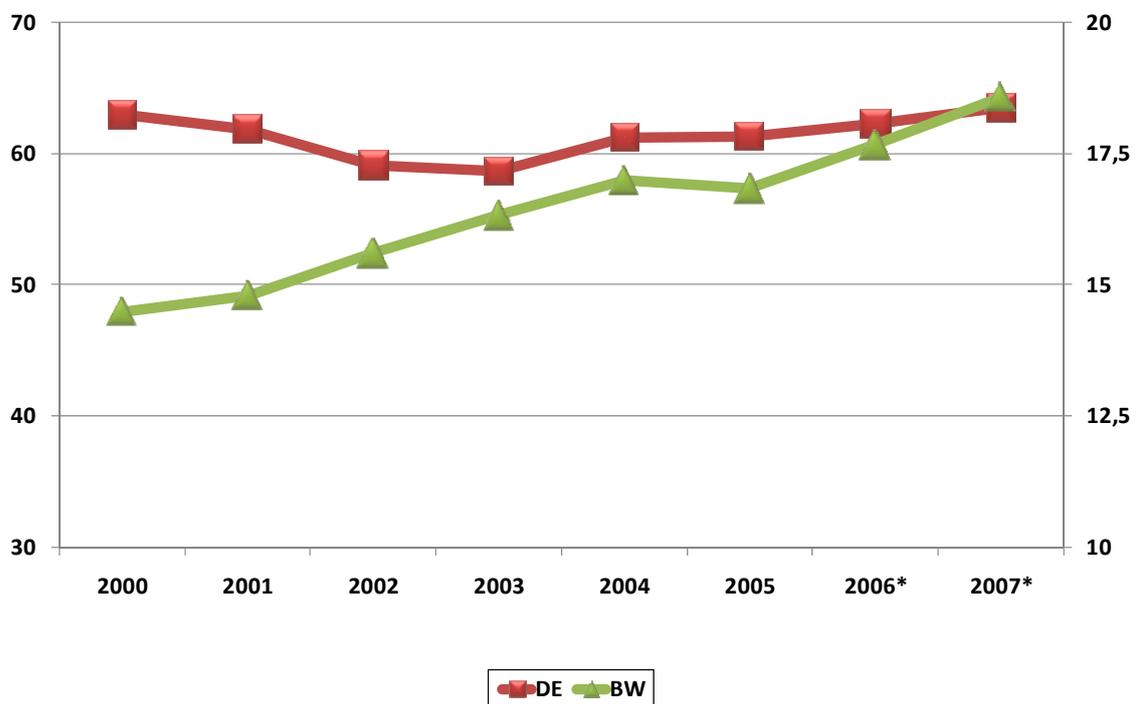
¹³ Eine Liste der Technologiefelder und der zugehörigen IPC-Klassen findet sich im Anhang.

von 34 Technikfeldern, die zu fünf Gruppen zusammengefasst werden können. Sofern die Fallzahlen und die Übersichtlichkeit der Darstellung es erlauben, werden die Patentanalysen anhand der 34 Technikfelder präsentiert. In manchen Fällen ist dies nicht sinnvoll möglich, weshalb dann die fünf Gruppen – Elektrotechnik; Mess-, Steuer-, Regeltechnik, Optik; Chemie (inkl. Pharma); Maschinenbau (inkl. Transport), sonstige Technikfelder – verwendet werden.

4.2 Baden-Württembergs Patente in Deutschland

Die Entwicklung der gesamten Patentanmeldungen deutscher Anmelder am Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA) hat in den vergangenen acht Jahren einen moderaten Verlauf genommen (siehe Abbildung 4-3). Der Verlauf war auch von der Krise zu Beginn des neuen Jahrzehnts betroffen, die sich insbesondere auf die Anmeldungen in den Spitzentechnologiebereichen wie beispielsweise Biotechnologie, Pharmazie und Informations- und Kommunikationstechnik ausgewirkt hatte.

Abbildung 4-3: Entwicklung der absoluten Zahl der Patentanmeldungen nach Prioritätsjahr am Deutschen Patent- und Markenamt (in '000, Deutschland linke, Baden-Württemberg rechte Seite)



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Direktanmeldungen, der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

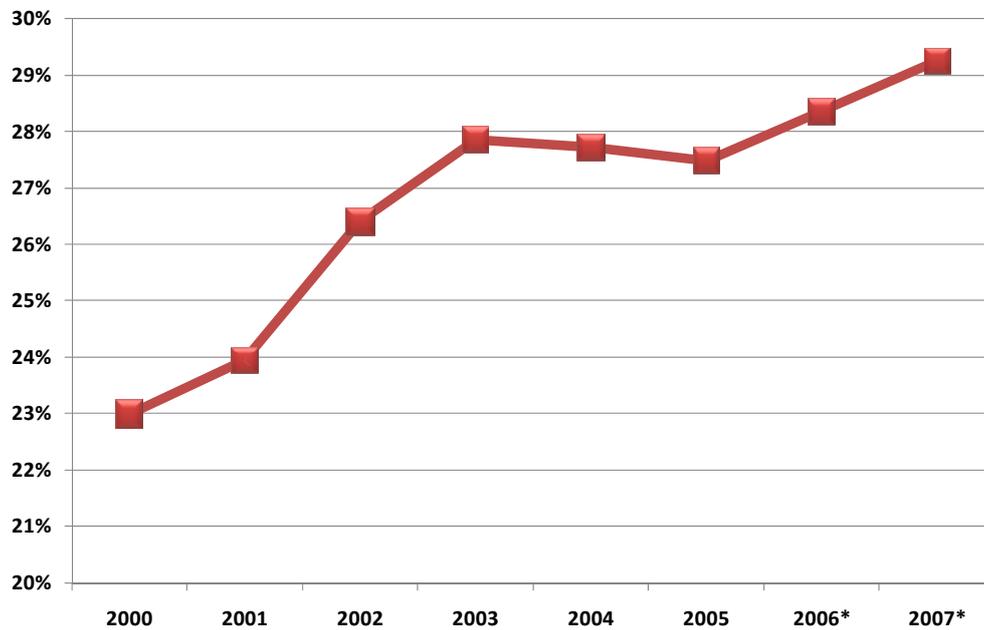
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die Einflüsse der weltweiten Krise der Jahre 2008 und 2009 ist in den bisher vorliegenden Daten am DPMA noch nicht abzulesen. Allerdings werden auch hier nur die deutschen Anmelder in Deutschland betrachtet. Erste Analysen haben gezeigt, dass die Unternehmen auf die aktuelle Krise kurzfristig insbesondere durch die Reduktion ihrer Anmeldungen auf internationaler Ebene reagieren, nicht zuletzt um die Anmeldekosten zu sparen (Frietsch/Schmoch 2010). Die Anmeldungen ausländischer Patente in Deutschland werden davon also eher tangiert als die deutschen Anmeldungen in Deutschland.

Die Zahlen für Baden-Württemberg zeigen, im Gegensatz zu den gesamtdeutschen Anmeldungen, über den gesamten Beobachtungszeitraum seit dem Jahr 2000 einen deutlich positiven Trend. Zwar ist zwischen 2004 und 2005 ein leichter Rückgang bzw. eine Stagnation der Entwicklung zu erkennen, Baden-Württemberg ist seit dem allerdings wieder auf den Wachstumspfad zurückgekehrt. Insgesamt nimmt Baden-Württemberg damit innerhalb des deutschen Innovationssystems im Bereich der technologie-orientierten Industrieforschung eine herausgehobene und steigende Bedeutung ein. Abbildung 4-4 belegt, dass seit 2003 28-30% aller deutschen Anmeldungen in Deutschland aus Baden-Württemberg stammen, mit steigender Tendenz. Selbst in der frühen Krise des Jahres 2001 waren die Patentanmeldungen aus Baden-Württemberg unbeirrt gewachsen, was nicht zuletzt an dem durch Automobil- und Maschinenbau dominierten Profil liegt. Diese Bereiche waren von der damaligen Krise weniger stark betroffen. Außerdem hatte die baden-württembergische Industrie zu diesem Zeitpunkt zwar mit einem vermeintlichen Fachkräftemangel umzugehen, reduzierte ihre Investition in Forschung und Entwicklung aber nicht in gleichem Maß, wie dies Unternehmen an anderen Standorten und in anderen Ländern getan hatten. In der baden-württembergischen Industrie war in diesem Zeitraum eine deutlichere Erhöhung der FuE-Ausgaben zu verzeichnen, so dass ein wesentlich stetigerer Innovationsfluss aufrecht erhalten werden konnte.

Das baden-württembergische Profil am Deutschen Patent- und Markenamt ist nach absoluten Anmeldezahlen geprägt durch Patente im Bereich Maschinen- und Fahrzeugbau, dem mehr als die Hälfte aller Anmeldungen zuzuordnen ist (Abbildung 4-5). Bundesweit liegt der entsprechende Anteil bei etwa 40%. Demgegenüber finden sich lediglich knapp 10% der Anmeldungen im Bereich Chemie und Pharmazie, was bundesweit mit ca. 15% einen höheren Anteil ausmacht. Die Veränderung der Anteile über die Zeit ist eher moderat, wobei der Maschinen- und insbesondere der Fahrzeugbau eher noch an Bedeutung im baden-württembergischen Portfolio zulegen.

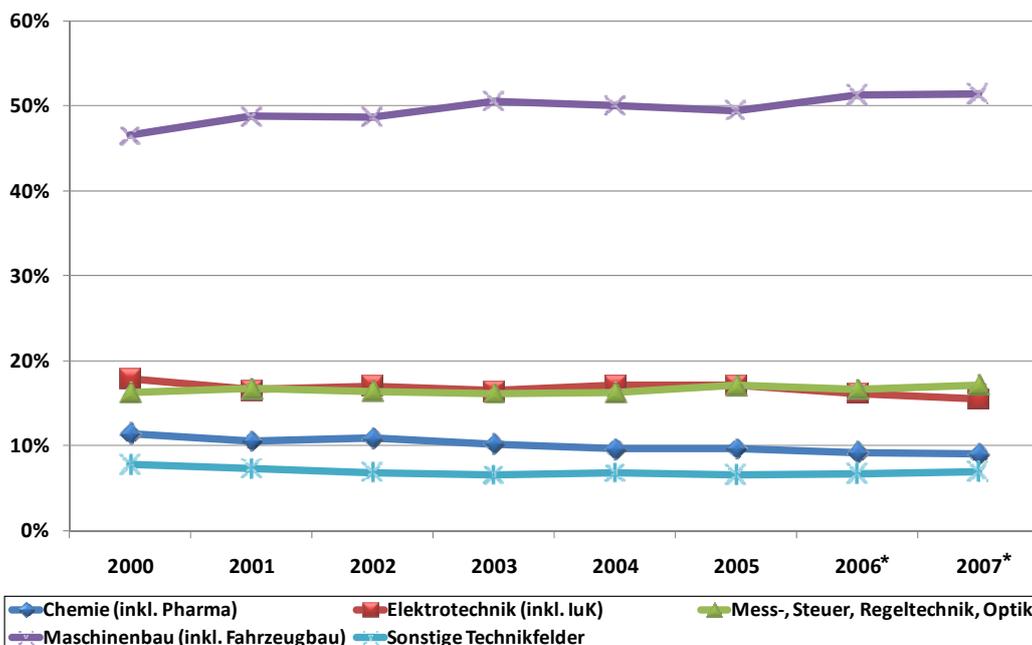
Abbildung 4-4: Anteile Baden-Württembergs an allen deutschen Anmeldungen am DPMA nach Prioritätsjahr 2000-2007 (in %)



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Direktanmeldungen, der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

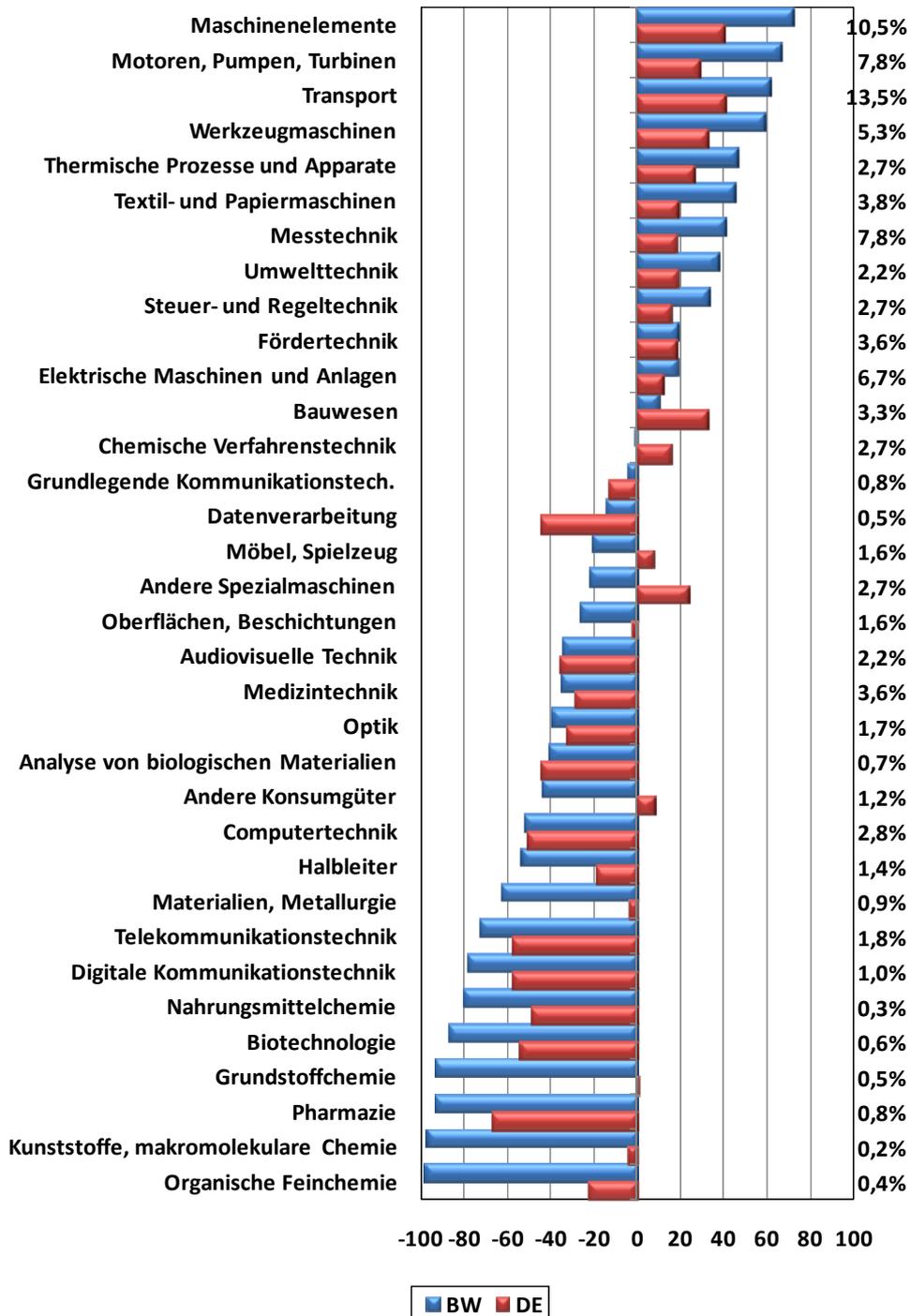
Abbildung 4-5: Anteile der Technikfelder an allen Patentanmeldungen Baden-Württembergs am DPMA nach Prioritätsjahr 2000-2007 (in %)



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Direktanmeldungen, der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 4-6: Spezialisierungsprofil (DPMA und überführte EPA-Patente) für Baden-Württemberg und Deutschland (Spezialisierungsindex und Anteile in %)*



* Es sind die Daten des Jahres 2005 abgebildet, da dies das letzte komplett verfügbare Prioritätsjahr darstellt. Hochrechnungen wurden an dieser Stelle vermieden. Die Veränderung des Profils im Zeitverlauf ist eher gering, weshalb das Jahr 2005 auch weiterhin als "repräsentativ" angesehen werden kann. Die Prozentwerte auf der rechten Seite stellen den Anteil des jeweiligen Feldes an allen rund 17.000 Patenten Baden-Württembergs im Jahr 2005 dar.
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 4-6 erlaubt einen Blick auf die Anmeldezahlen in Baden-Württemberg jenseits von Größeneffekten der einzelnen Felder, die nicht nur eine unterschiedliche Anzahl an Anmeldungen hervorbringen, sondern sich auch durch eine unterschiedliche Patentierneigung und eine unterschiedliche Patentierfähigkeit auszeichnen. Darüber hinaus ist es besonders interessant herauszuarbeiten, in welchen Bereichen relative Schwerpunkte bzw. weniger ausgeprägte Aktivitäten zu finden sind.

Im Sinne einer Spezialisierung zur Realisierung von Skalenerträgen, Wissens-Spill-overs, dem Aufbau auf Erfahrungen und Kompetenzen und einer insgesamt stärker ausgeprägten internationalen Arbeitsteilung fokussieren moderne Innovationssysteme – dies ist in diesem Fall die Makro-Perspektive auf die baden-württembergischen Patentaktivitäten insgesamt – auf bestimmte Wissenschafts- und Technikfelder. Diese relativen Schwerpunkte werden dann als komparative Vor- bzw. Nachteile gewertet. Zwar können – und teilweise müssen sie dies auch zur Erzeugung neuer Erkenntnisse durch multi- und transdisziplinäre Forschung – sich größere Volkswirtschaften bzw. Innovationssysteme ein breites Portfolio erlauben. Im Allgemeinen bestehen jedoch trotz aller Breite eindeutige Schwerpunkte, die den Gesamterfolg maßgeblich bestimmen.

Das hier verwendete Spezialisierungsmaß setzt den Anteil eines Feldes innerhalb des Portfolios eines Landes in Relation zu dem jeweiligen Anteil dieses Feldes weltweit. Durch geeignete Transformationen variiert dieser Indikator zwischen -100 und +100 mit Null als dem Weltdurchschnitt, der den jeweiligen Benchmark bildet. Nach diesen Analysen bestehen in Baden-Württemberg insbesondere bei Maschinenteilen und Werkzeugmaschinen, bei Motoren und Turbinen sowie im Fahrzeugbau ausgeprägte komparative Vorteile. Diese finden sich entsprechend auch in Deutschland insgesamt – nicht zuletzt da Baden-Württemberg fast ein Drittel der bundesdeutschen Patente ausmacht – sind aber insgesamt weniger stark ausgeprägt. Bei Mess-, Steuer- und Regeltechnik finden sich ebenfalls komparative Vorteile in Baden-Württemberg, während die klassische Optik eher unterdurchschnittlich abschneidet. Nah am Durchschnitt liegen bei dieser Betrachtung auch Teile der Informations- und Kommunikationstechnik während Computertechnik und Halbleiter eher nicht zu den komparativen Vorteilen zu zählen sind. Ein ähnliches Bild lässt sich auch für Deutschland insgesamt festhalten. Allerdings hat Deutschland bei den Lebenswissenschaften – unter anderem bei Biotechnologie oder einzelnen Teilen der Chemie – eine weniger ausgeprägte negative Spezialisierung, d.h. Baden-Württemberg erreicht hier extrem unterdurchschnittliche Werte. Dies mag sich zu einem kleinen Teil durch die ausgeprägte Dominanz des Maschinen- und Fahrzeugbau erklären. Das alleine vermag die schlechte Position der Lebenswissenschaften innerhalb der baden-württembergischen Industrieforschung allerdings nicht befriedigend auflösen, zumal diese Dominanz dann auch in Relation zu

anderen Bereichen aufscheinen müsste. Nimmt man die starke Ausrichtung und die breiten Kompetenzen in der Wissenschaft gemessen in Publikationen (siehe Kapitel 3) als Maßstab, dann würde man im Gegenteil sogar eine überdurchschnittliche Rolle der Lebenswissenschaften im Patentprofil Baden-Württembergs erwarten. Die Rolle beispielsweise der organischen Chemie oder der Pharmazie ist über den gesamten Beobachtungszeitraum eher als niedrig anzusehen. Die Patentanmeldungen der Biotechnologie und der Gentechnik sind im Zeitverlauf noch stärker rückläufig als die entsprechenden Zahlen in Deutschland insgesamt. Nun könnte man argumentieren, dass die Lebenswissenschaften ein besonders internationales Technikfeld darstellen. Allerdings sieht die baden-württembergische Position bei Patenten auf der internationalen Ebene auch nicht besser aus. Besonders erstaunlich ist dies auch deshalb, da die internen FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in Baden-Württemberg mit 14,9% der bundesweiten Aufwendungen in der Chemie zwar deutlich unterdurchschnittlich ausfallen, die Anteile bei pharmazeutischen Erzeugnissen mit 23,5% aber ein sehr deutlich überdurchschnittliches Niveau erreichen (siehe Grenzmann et al. 2009, S. 53). Allerdings war Baden-Württemberg im Jahr 2007 in der gesamten Industrie für 28,5% der bundesdeutschen FuE-Aufwendungen verantwortlich. Ähnliche Relationen zeigen sich auch bezüglich der Beschäftigten. Lediglich 12,7% der Beschäftigten in der Chemie arbeiten laut Mikrozensus in Baden-Württemberg, während es in der Industrie insgesamt 18,9% sind. Allerdings sind es in der Pharmabranche 19,7%, also ein leicht überdurchschnittlicher Anteil bezogen auf die Industriebeschäftigten insgesamt. Daneben finden sich 18,5% der Industrie-Unternehmen in Baden-Württemberg, in der Chemie sind es lediglich 14,5%, in der Pharmabranche aber immerhin 15,6%¹⁴.

Es bleibt also insgesamt festzuhalten, dass Baden-Württemberg eine ausgeprägte Innovationsorientierung aufweist und innerhalb Deutschlands eine exponierte Bedeutung bezüglich des Patentaufkommens einnimmt. Der Patentoutput ist dabei in den letzten Jahren sogar noch deutlicher gestiegen als die entsprechenden Anmeldungen in Deutschland insgesamt. Was die Schwerpunkte des Patentportfolios angeht, so lassen sich ausgeprägte Aktivitäten bei Maschinen- und Fahrzeugbau ausmachen, während die Lebenswissenschaften in der Breite eine eher untergeordnete Rolle einnehmen. Die Ergebnisse bezüglich der Lebenswissenschaften sind umso erstaunlicher, als andere Indikatoren – insbesondere die wissenschaftlichen Publikationen – mehr hätten erwarten lassen. Die Translation, d.h. die Überführung der Forschungsergebnisse in marktfähige Produkte, scheint für Baden-Württemberg eine Herausforderung zu bleiben.

¹⁴ Eigene Berechnungen auf Basis der Hoppenstedt-Firmendatenbank.

4.3 Baden-Württembergs Patente in Europa

Der deutsche Markt hat innerhalb Europas allein aufgrund der Größe und natürlich als Heimatmarkt für die baden-württembergischen Unternehmen eine besondere Bedeutung. Allerdings sind gerade bei Hochtechnologie-Produkten bzw. besonders forschungsintensiven Gütern die internationalen Märkte für den wirtschaftlichen Erfolg zahlreicher Unternehmen ein entscheidender Faktor. Hinzu kommt eine ausgeprägte Exportorientierung Baden-Württembergs wie auch Deutschlands insgesamt. Auf diesen internationalen Märkten treffen die Unternehmen verstärkt auf internationale Konkurrenz; der spezifische Heimvorteil des deutschen Marktes besteht auf diesen internationalen Märkten im Allgemeinen nicht.

Eine generelle Analyse der internationalen Patentaktivitäten baden-württembergischer Unternehmen ist an dieser Stelle nicht möglich, für eine Einschätzung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit allerdings auch nicht unbedingt notwendig. Der europäische Markt ist ein internationaler und die Ausrichtung der anderen technologieorientierten Volkswirtschaften auf den europäischen Markt – nicht zuletzt der Hauptkonkurrenten baden-württembergischer Unternehmen – ist gegeben. Mit leichten Nachteilen – aufgrund der Distanz – für die USA und die asiatischen Länder gilt auf dem europäischen Markt eine Gleichheit der Chancen für alle Volkswirtschaften und damit aus analytischer Perspektive eine Vergleichbarkeit der technologischen Stärken und Schwächen bzw. der internationalen Wettbewerbsfähigkeit gerade bei Hochtechnologie-Gütern.

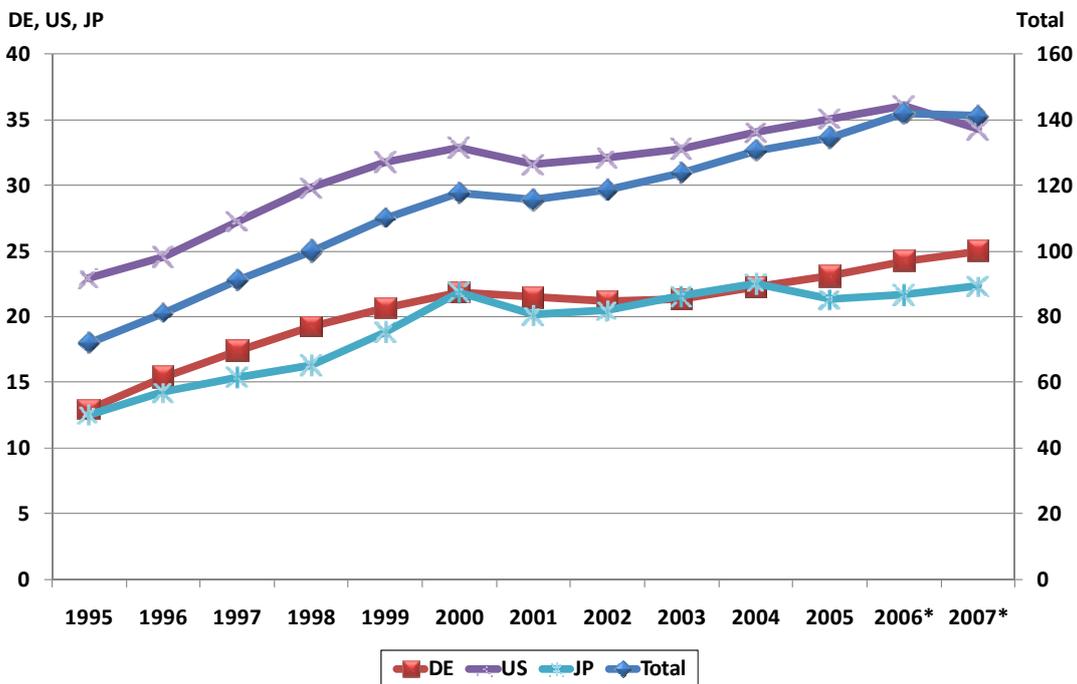
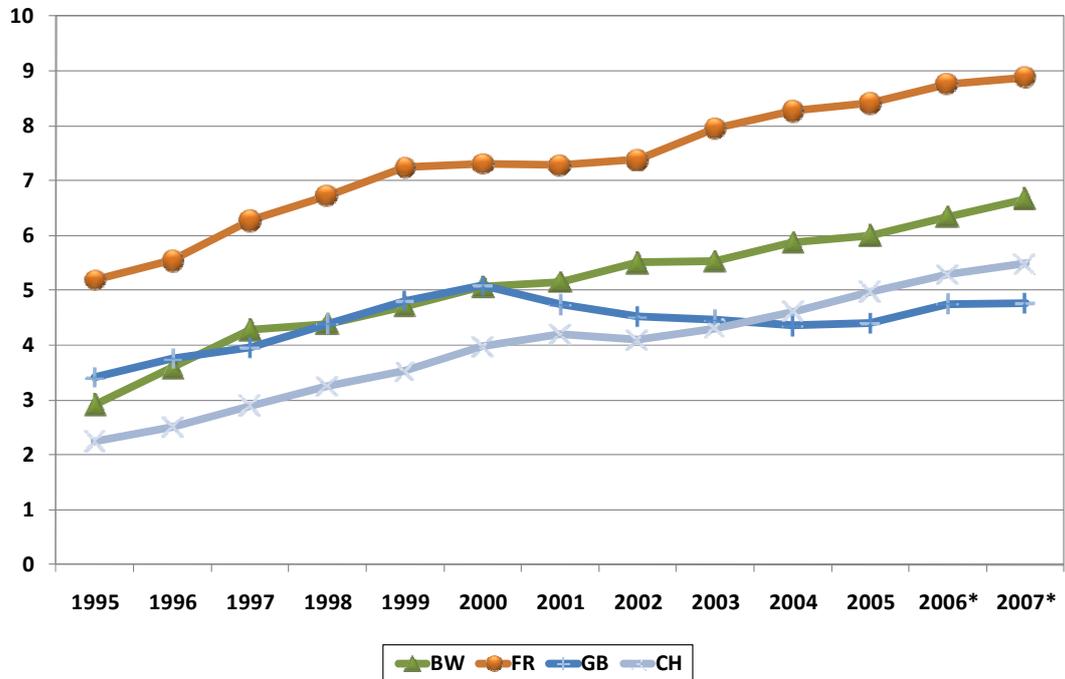
An dieser Stelle werden die Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt (EPA) herangezogen. Dabei sollten zwei Dinge besonders berücksichtigt werden. Einerseits kann das EPA zwar Anmeldungen entgegennehmen, die Patente prüfen und gegebenenfalls auch erteilen. Am Ende steht aber unter Umständen eine Reihe von nationalen Patenten, die aus der EPA-Anmeldung hervorgehen, denn nach der Erteilung geht die Verantwortung an die nationalen Ämter über. Der Patentanmelder muss auch dann erst endgültig entscheiden, an welchen Ämtern das Patent Gültigkeit erhalten soll und damit auf welchen Märkten Patentschutz notwendig ist. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass das Europäische Patentamt keine EU-Einrichtung ist und auch einen deutlich erweiterten Kreis an Ländern abdeckt als nur die EU-27 bzw. teilweise EU-27-Länder nicht über das EPA erreicht werden können. Insgesamt steht – anders als im vorangegangenen Abschnitt – in diesem Kapitel der internationale Vergleich im Mittelpunkt.

Abbildung 4-7 zeigt die absolute Anzahl der Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt für Baden-Württemberg und einiger weiterer Länder. Seit 1995 sind die Anmeldungen baden-württembergischer Unternehmen kontinuierlich angewachsen, was für die meisten anderen Vergleichsländer auch gilt. Allerdings zeigt sich auch hier, dass einige Länder von der Wirtschaftskrise Anfang des Jahrzehnts deutlich stärker betroffen waren und ihren Patentoutput entsprechend nicht weiter steigern konnten, was für Baden-Württemberg – ähnlich wie bereits auf die DPMA-Anmeldungen bezogen – so nicht festzustellen ist. Der Rückgang der Anmeldungen im Jahr 2001 hat sich auf die Gesamtzahlen deutlich ausgewirkt und es waren hier insbesondere die USA, etwas weniger ausgeprägt die Schweiz und vor allem das Vereinigte Königreich betroffen, die deutliche Rückgänge zu verzeichnen hatten. Auch Deutschland zeigt ein retardierendes Moment zwischen 2001 und 2003, ehe die Zahlen dann wieder ansteigen. Frankreichs Trend zeigt sich von der Krise zu Beginn des neuen Jahrhunderts im Wesentlichen ebenfalls unbeeindruckt.

Diese Effekte erklären sich in allen Ländern nahezu ausschließlich über die beiden Bereiche Lebenswissenschaften, allen voran die Biotechnologie, und insbesondere die Informations- und Kommunikationstechnik. Die Patentanmeldungen in diesen Bereichen gingen aufgrund von Finanzierungsengpässen, geringeren FuE-Investitionen und gesunkenen Erwartungen bzw. gesunkener Risikobereitschaft der Investoren zurück. Am deutlichsten hat dies den Trend im Vereinigten Königreich getroffen, was nicht zuletzt auf dessen starke Abhängigkeit von den USA zurückzuführen ist sowie auf die Biotechnologie- und Pharmabranche, die hier besonders zu leiden hatte.

Das Vereinigte Königreich hatte bis zum Jahr 2000 etwa die gleiche Zahl an jährlichen Patentanmeldungen in Europa wie Baden-Württemberg, konnte sich aber bis heute nicht von der Krise erholen und fiel daher zurück. Es ist also bemerkenswert, dass über einen langen Zeitraum das im direkten Vergleich kleine Baden-Württemberg einen ähnlichen Patentoutput wie das große Vereinigte Königreich hatte. Noch bemerkenswerter ist jedoch, dass mittlerweile Baden-Württemberg 50% mehr Patente in Europa anmeldet als das Vereinigte Königreich. Zum Teil erklärt sich dieser Unterschied durch die hier eingenommene Perspektive auf die Eigentümerstrukturen der Patente. Wenn man den Ort der Erfindung heranziehen würde und nicht das Land, wo das anmeldende Unternehmen seinen Sitz hat, würde das Vereinigte Königreich besser abschneiden.

Abbildung 4-7: Absolute Anzahl der Patentanmeldungen Baden-Württembergs und ausgewählter Länder am Europäischen Patentamt 1995-2007 (in '000)



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Direktanmeldungen, der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

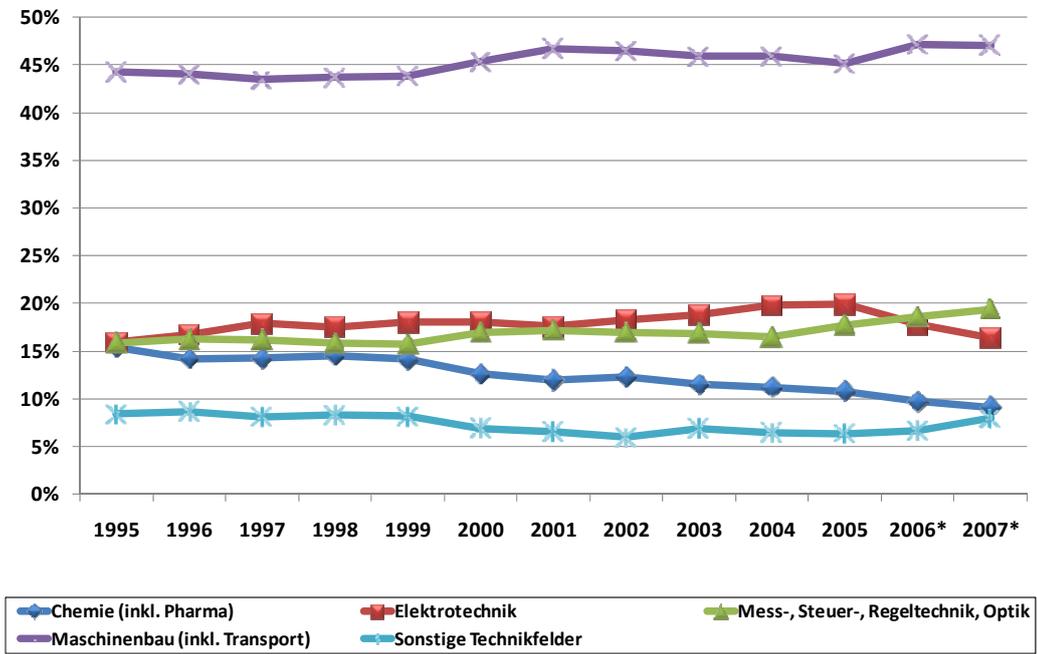
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die Strukturen der Anmeldungen Baden-Württembergs in Europa weichen von den nationalen Strukturen ab. Zwar sind auch hier die meisten der Patente im Bereich Maschinen- und Fahrzeugbau zu verzeichnen, die anderen Teilfelder nehmen aber höhere Anteile für sich in Anspruch. Sind es im nationalen Profil etwa die Hälfte aller Anmeldungen, die auf Maschinen und Fahrzeuge entfallen, so sind es auf der europäischen Ebene lediglich rund 45% (Abbildung 4-8). Dies liegt im Wesentlichen an der geringeren internationalen Orientierung der Unternehmen in diesem Bereich. Anders formuliert bedeutet dies, dass der nationale Markt gerade für kleine und mittelständische Unternehmen der entscheidende und wichtigste Markt ist, so dass in vielen Fällen der nationale Patentschutz völlig ausreicht. Werden in Chemie und Pharmazie rund 90% der nationalen Anmeldungen auch international angemeldet, sind es im Bereich des Maschinenbaus lediglich 50-60% (Blind et al. 2003). Für den Fahrzeugbau gilt das nicht in gleichem Maß, wobei hier die Strategien und Marktperspektiven der Automobilhersteller wesentliche Effekte verursachen. Es ist auch bemerkenswert, dass im baden-württembergischen Profil Chemie und Pharmazie als einziger Bereich sinkende Anteile aufweisen, während die übrigen Felder das Niveau halten bzw. leicht ansteigen.

Die Anteile Baden-Württembergs an allen deutschen Anmeldungen am Europäischen Patentamt liegen insgesamt bei rund 26%, also etwas niedriger als am Deutschen Patent- und Markenamt. Es zeigt sich aber in der Differenzierung nach Technikfeldern (Abbildung 4-9), dass Baden-Württemberg gerade im Maschinen- und Fahrzeugbau sowie bei Mess-, Steuer-, Regelungstechnik und Optik deutlich höhere Anteile zum gesamtdeutschen Profil beisteuert, während auch hier die sonstigen Technikbereiche und die Chemie weniger häufig baden-württembergischen Ursprungs sind.

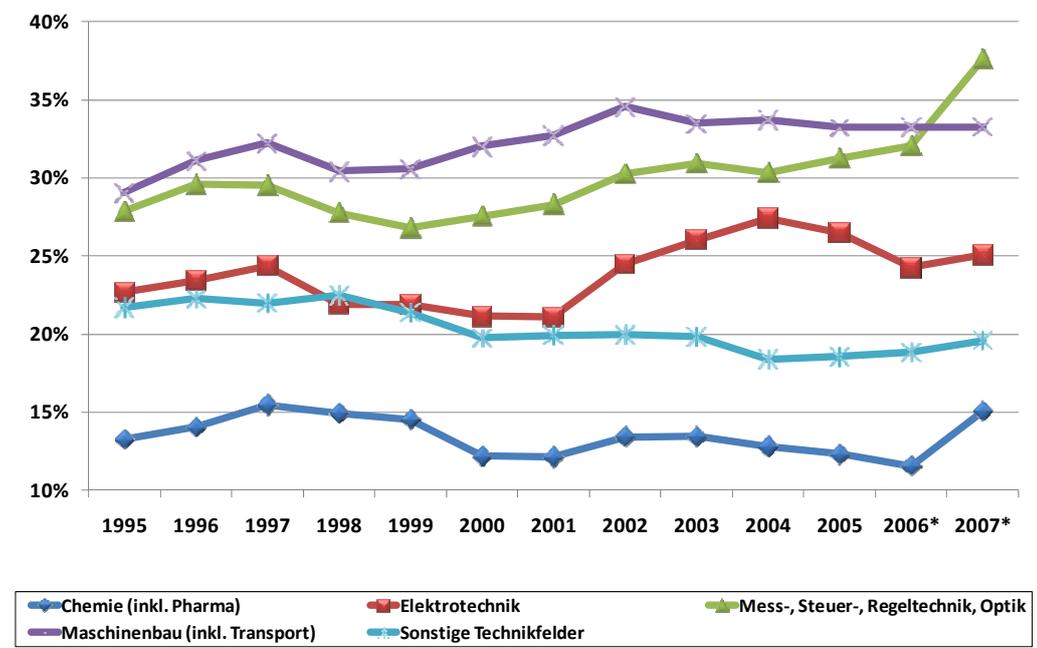
Im Vergleich zu Deutschland, der Schweiz und Frankreich – letztgenannte als unmittelbare Nachbarländer Baden-Württembergs – wird, durch den hohen Anteil an Anmeldungen am Europäischen Patentamt in den genannten Technikfeldern, die starke Position Baden-Württembergs vor allem in den genannten Bereichen deutlich. Parallelen mit der Schweiz – die absoluten Anmeldungen der Schweiz liegen insgesamt etwas unterhalb der baden-württembergischen Zahlen (Abbildung 4-7) – bestehen in Teilen des Maschinenbaus und der Messtechnik. Mit Frankreich ergeben sich Parallelen insbesondere im Fahrzeugbau.

Abbildung 4-8: Anteile der Technikfelder an allen Patentanmeldungen Baden-Württembergs am EPA nach Prioritätsjahr 1995-2007 (in %)



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen
 Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 4-9: Baden-Württembergs Anteil an deutschen Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt nach Technikfeldern 1995-2007 (in %)



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen
 Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Eine Analyse der Spezialisierungsprofile – also der komparativen Vor- und Nachteile innerhalb der nationalen Profile im Vergleich zu den weltweiten Patentanmeldungen – eröffnet auch hier einen schnellen Überblick über die Parallelen und Unterschiede in den Schwerpunkten der Patentaktivitäten.

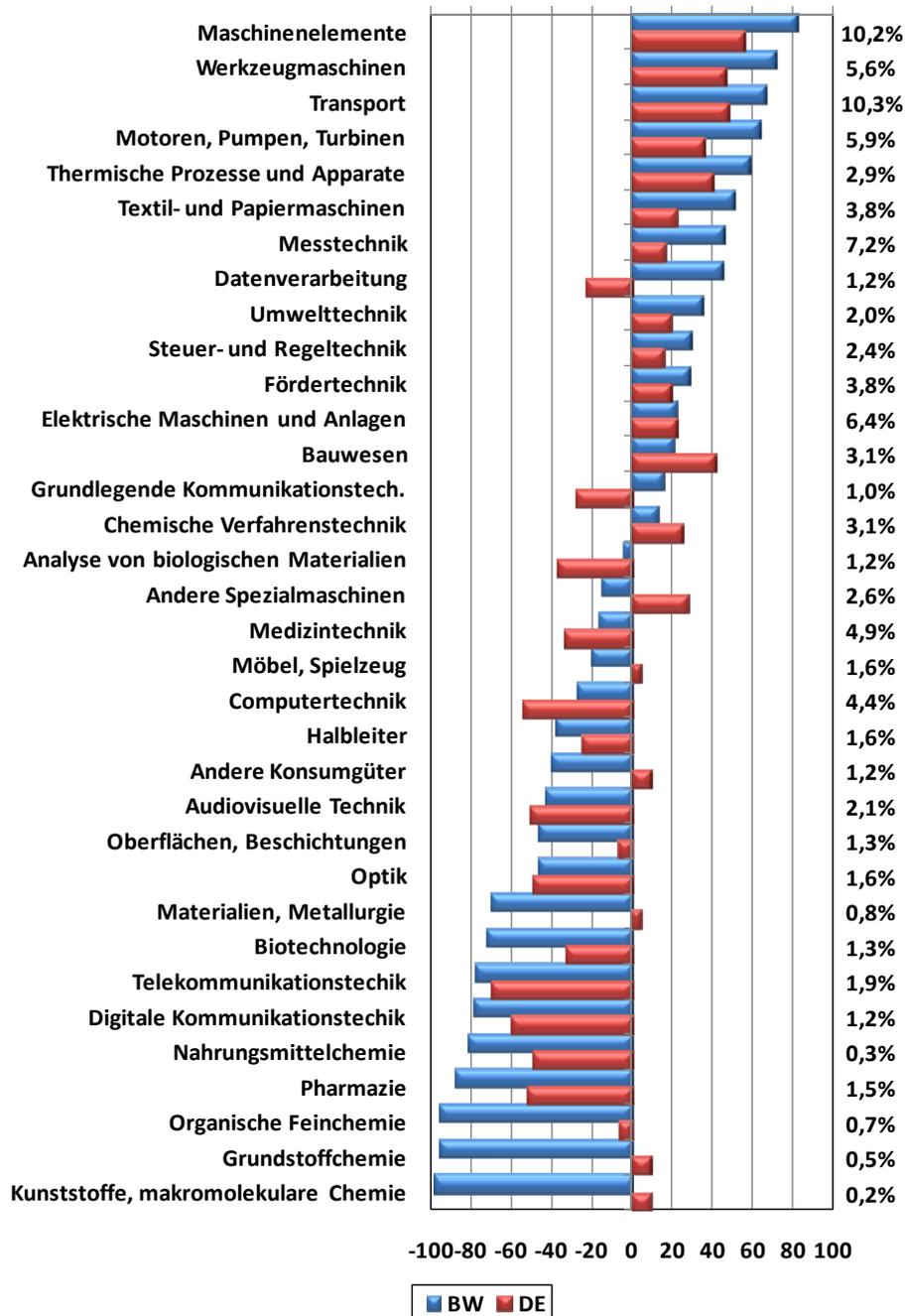
Abbildung 4-10 bis Abbildung 4-12 vergleichen das baden-württembergische Profil mit dem deutschen Profil sowie mit den Ländern Schweiz, Frankreich, USA und Japan. Die Parallelen und Unterschiede zwischen Baden-Württemberg und Deutschland zeigen sich auf der europäischen Ebene ähnlich wie auf der deutschen. Schwerpunkte in Maschinen- und Fahrzeugbau stehen weniger ausgeprägte Aktivitäten in den Lebenswissenschaften und der Chemie gegenüber. Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) ist das deutsche wie auch das baden-württembergische Profil auf der europäischen Ebene ein wenig positiver bzw. weniger negativ ausgerichtet. Dies bedeutet einerseits, dass die IuK auch aus Baden-Württemberg stärker international als national ausgerichtet sind und dass andererseits in einzelnen Bereichen, wie beispielsweise den IT-Methoden oder den grundlegenden Kommunikationsprozessen, internationale Wettbewerbsfähigkeit besteht, neben der Anwendung von IuK in den angestammten Kompetenzfeldern baden-württembergischer Unternehmen. Selbstverständlich spielen diese Technologien bei der Optik, bei den Maschinen und den Fahrzeugen heutzutage eine wichtige Rolle und der Erfolg wäre sicher nicht aufrechtzuerhalten, wären die Unternehmen zu dieser Integration nicht in der Lage. Elektrische Maschinen und Apparate spielen im Profil Baden-Württembergs auch auf internationaler Ebene sowohl relativ als auch absolut eine wichtige Rolle und sollten deshalb nicht unerwähnt bleiben.

Im Vergleich mit der Schweiz zeigen sich auch auf Basis dieser Betrachtung die bereits erwähnten Parallelen bei Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie in Teilen des Maschinenbaus. Die komparativen Vorteile des südlichen Nachbarn liegen aber eher im Bereich der Chemie und der Lebenswissenschaften inklusive der Medizintechnik. Aus den Kompetenzprofilen ergeben sich Ansätze zur Kooperation nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch in der industriellen Forschung, die in der Vergangenheit und der Gegenwart bereits regen Austausch begründet haben (siehe auch Kapitel 6).

Frankreichs Profil ist durch den Fahrzeugbau – und hier insbesondere den Luft- und Raumfahrzeugbau – geprägt, mit einzelnen Schwerpunkten in Teilen des Maschinenbaus und bei Kommunikationstechnik. Die Stärken der USA liegen in den Lebenswissenschaften in all ihren Ausprägungen, von der Pharmazie, der Biotechnologie bis hin zur Medizintechnik. Die US-amerikanische Wirtschaft bietet damit eine große Anschlussfähigkeit an das baden-württembergische Wissenschaftsprofil. Es zeigen sich aber auch Anschlussmöglichkeiten mit Blick auf die industrielle Forschung. Die meisten

Kooperationen – sowohl bei öffentlicher wie privater Forschung – bestehen neben den beiden Nachbarländern Frankreich und Schweiz insbesondere mit den USA, die nicht nur als Markt, sondern auch als Forschungspartner für Baden-Württemberg eine wichtige Größe sind (siehe Abschnitt 6.2). Japan zeigt in Teilen des Maschinen- und im Fahrzeugbau ähnliche Spezialisierungen wie Baden-Württemberg und hat darüber hinaus Schwerpunkte in der Elektronik sowie in der Optik, die in dieser Abgrenzung insbesondere die klassische Optik (inklusive Kameras und Linsen) umfasst. Bei elektrischen Maschinen und Anlagen sowie bei den besonderen Schwerpunkten Baden-Württembergs in den Bereichen Maschinenelemente und Werkzeugmaschinen bestehen in Japan hingegen keine ausgeprägten Spezialisierungen auf der internationalen Ebene.

Abbildung 4-10: Spezialisierungsprofil für Baden-Württemberg und Deutschland am Europäischen Patentamt
(Spezialisierungsindex und Anteile in %)*

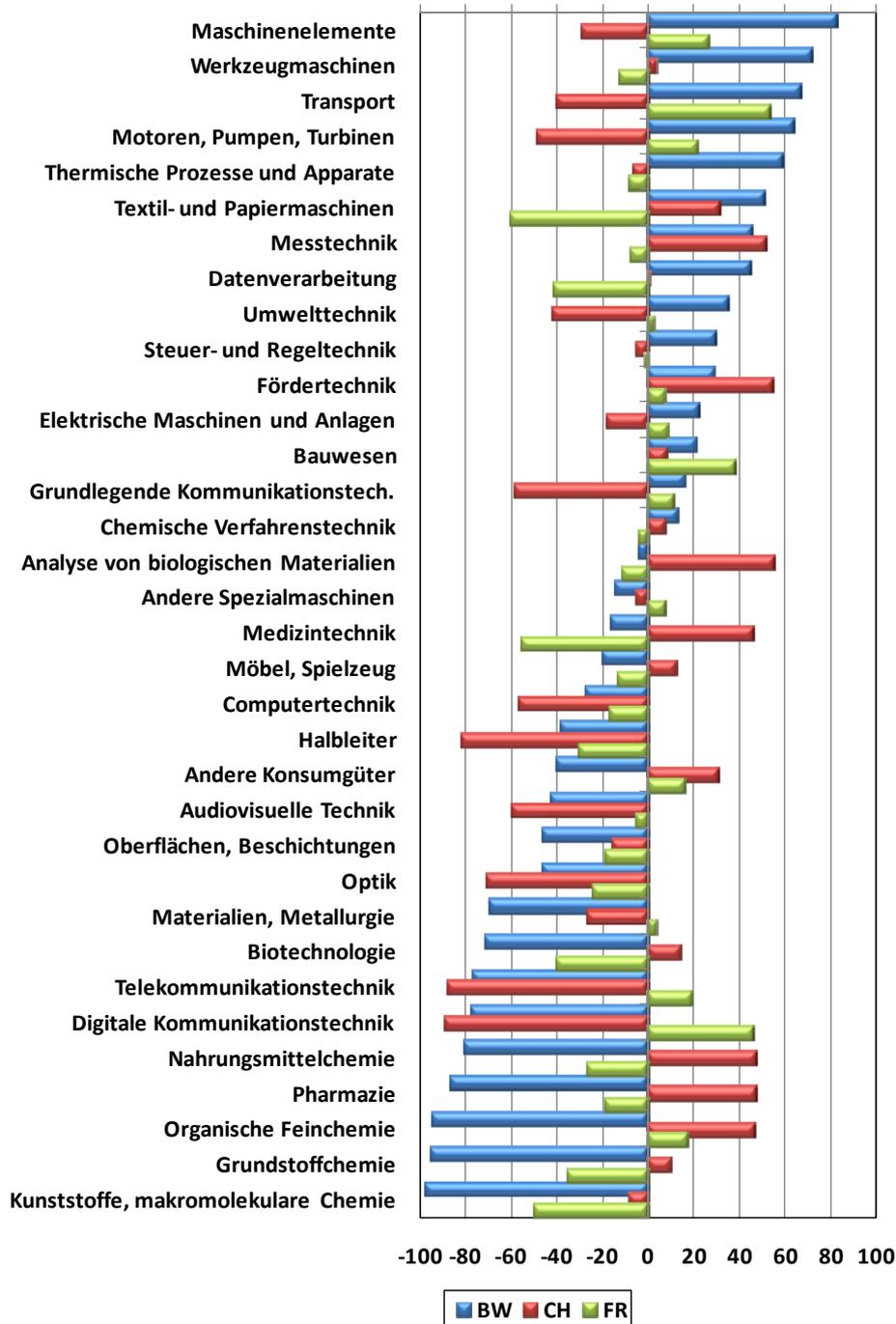


* Es sind die Daten des Jahres 2005 abgebildet, da dies das letzte komplett verfügbare Prioritätsjahr darstellt. Hochrechnungen wurden an dieser Stelle vermieden. Die Veränderung des Profils im Zeitverlauf ist eher gering, weshalb das Jahr 2005 auch weiterhin als "repräsentativ" angesehen werden kann.

Die Prozentwerte auf der rechten Seite stellen den Anteil des jeweiligen Feldes an allen rund 17.000 Patenten Baden-Württembergs im Jahr 2005 dar.

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

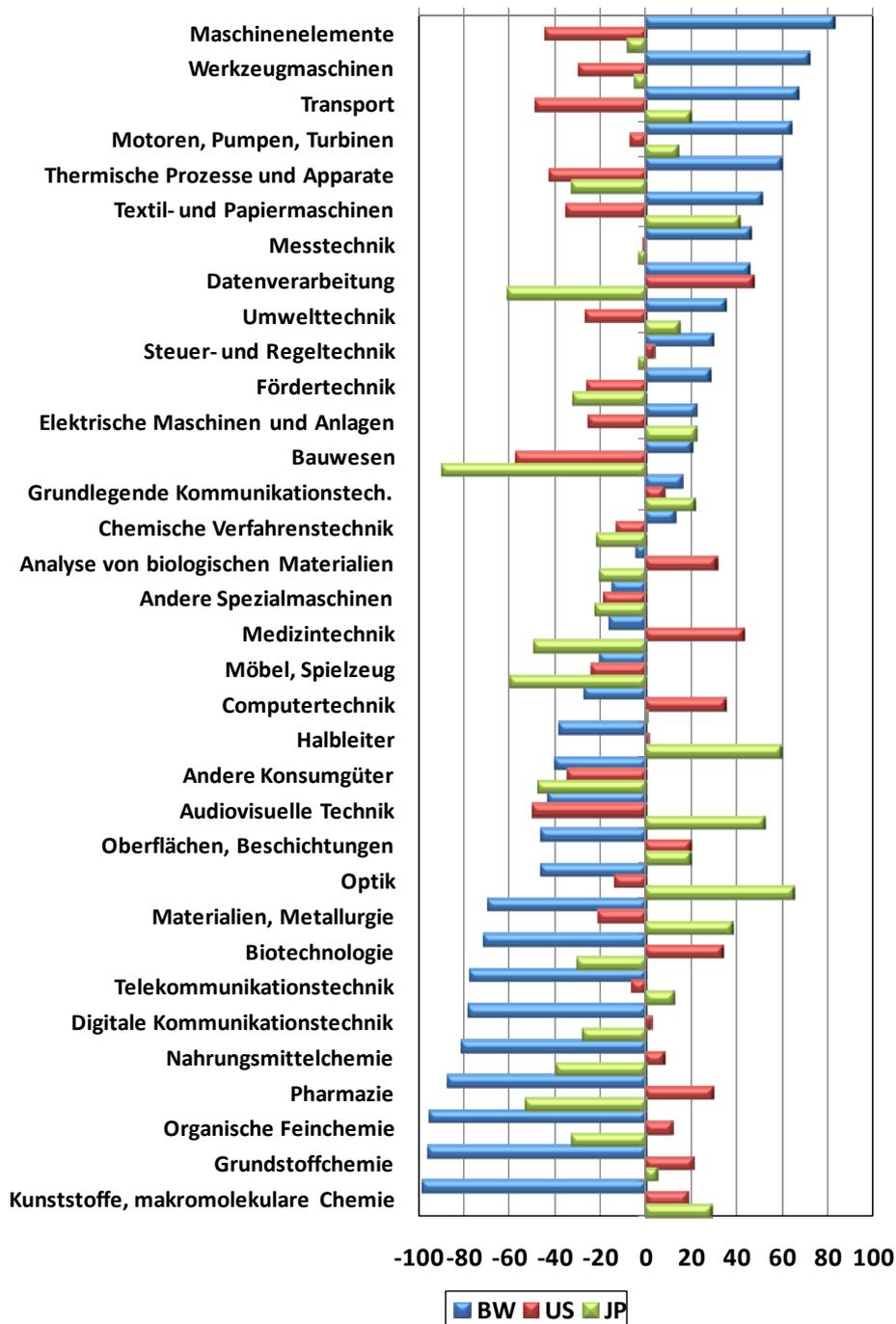
Abbildung 4-11: Spezialisierungsprofil für Baden-Württemberg, der Schweiz und Frankreich am Europäischen Patentamt (Spezialisierungsindex)*



* Es sind die Daten des Jahres 2005 abgebildet, da dies das letzte komplett verfügbare Prioritätsjahr darstellt. Hochrechnungen wurden an dieser Stelle vermieden. Die Veränderung des Profils im Zeitverlauf ist eher gering, weshalb das Jahr 2005 auch weiterhin als "repräsentativ" angesehen werden kann.

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 4-12: Spezialisierungsprofil für Baden-Württemberg, die USA und Japan am Europäischen Patentamt (Spezialisierungsindex)*



* Es sind die Daten des Jahres 2005 abgebildet, da dies das letzte komplett verfügbare Prioritätsjahr darstellt. Hochrechnungen wurden an dieser Stelle vermieden. Die Veränderung des Profils im Zeitverlauf ist eher gering, weshalb das Jahr 2005 auch weiterhin als "repräsentativ" angesehen werden kann.

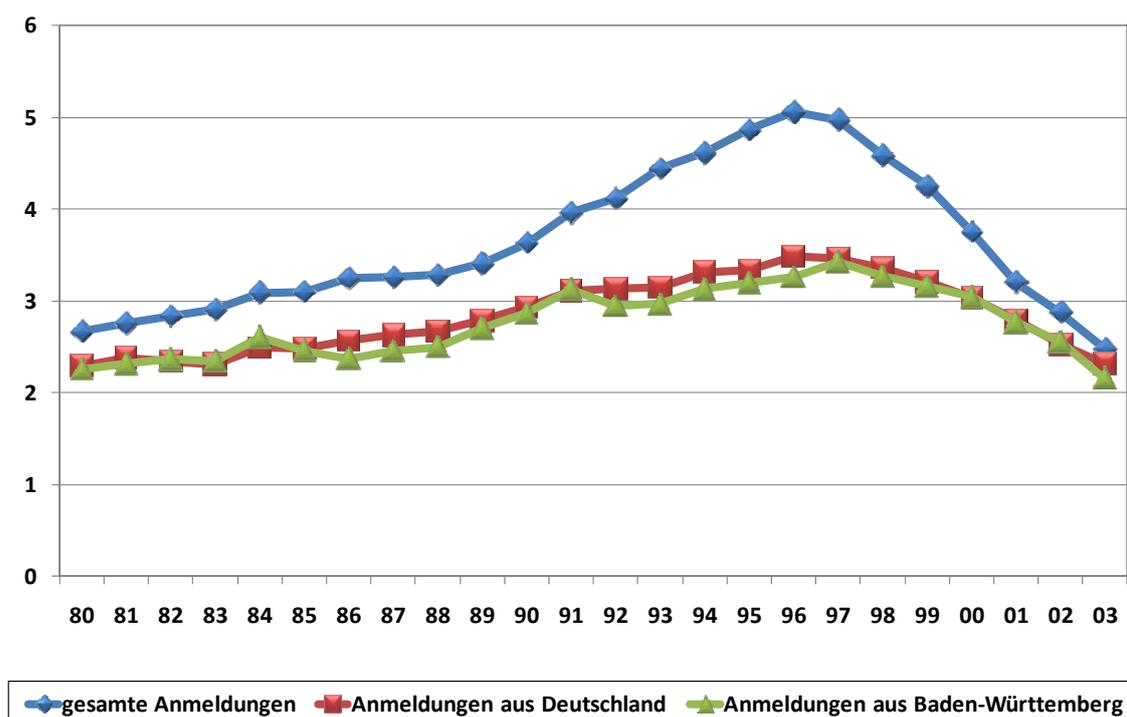
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

4.4 Patenzitierungen

Patenzitierungen können einerseits als Qualitätsmaß für die Bedeutung der patentierten technologischen Lösung angesehen und andererseits als Indikatoren zur Beurteilung von Technologiezyklen herangezogen werden. Beide Perspektiven werden im Folgenden eingenommen.

Als einleitender Schritt gilt es zu klären, wie die Anmeldungen Baden-Württembergs in Bezug auf die Häufigkeit, mit der sie zitiert werden, im deutschen und internationalen Vergleich einzuordnen sind. Im Rahmen der Analyse werden nur Vorwärtszitierungen innerhalb eines Vierjahresfensters gezählt, um die Ergebnisse über die Zeit vergleichen zu können. Entsprechend ist der letzte für diese Analyse verfügbare Jahrgang der des Prioritätsjahres 2003, begonnen wurde mit dem Jahr 1980.

Abbildung 4-13: Durchschnittliche Anzahl der Vorwärtszitierungen pro Patent am EPA 1980-2003

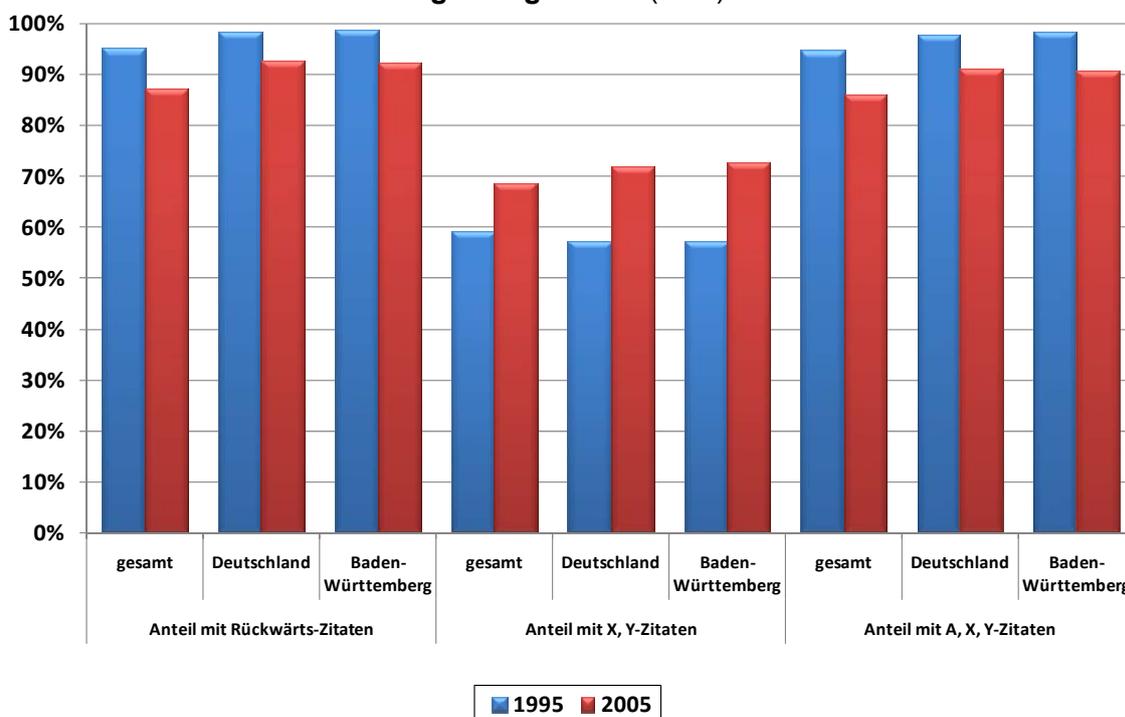


Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Es wird ersichtlich, dass über den Zeitverlauf von 1980 bis 2003 insgesamt zwischen 45 und 52% aller Anmeldungen am europäischen Amt mindestens einmal von einem späteren Patentdokument zitiert werden. Deutschland und Baden-Württemberg liegen beide etwas unter diesem Schnitt auf nahezu gleichem Niveau (DE = 42-48%; BW = 36-48%).

Abbildung 4-13 zeigt, wie viele Zitierungen eine baden-württembergische Anmeldung am europäischen Amt im Durchschnitt¹⁵ erhält. Deutschland und Baden-Württemberg liegen laut diesem Indikator hinter den gesamten Anmeldungen, können aber bis zum Jahr 2003 wieder aufschließen. Dies liegt allerdings auch darin begründet, dass die Anzahl der Patentanmeldungen am EPA in den 1990er Jahren stark ansteigt¹⁶, was in der Konsequenz zu einem generellen Anstieg der Vorwärtszitierungen führt. Zwischen 1980 und 1990 liegen Deutschland und Baden-Württemberg mit ca. 2,5 Vorwärtszitierungen pro Anmeldung nur leicht hinter der durchschnittlichen Zahl für die gesamten Anmeldungen. In den 1990er Jahren wird diese Differenz etwas größer, gleicht sich aber bis zum Jahr 2003 wieder sehr stark an.

Abbildung 4-14: Anteil der Patentanmeldungen mit mindestens einer Rückwärtszitierung an allen Anmeldungen am EPA, 1995 und 2005, nach Zitierungskategorien¹⁷ (in %)



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

¹⁵ Zur Berechnung dieses Indikators wurde die Anzahl der Vorwärtszitierungen durch die Anzahl aller Anmeldungen mit Vorwärtszitierungen dividiert. Somit erhält man Auskunft darüber, wie viele Vorwärtszitierungen eine Anmeldung mit Zitierungen im Mittel erhält.

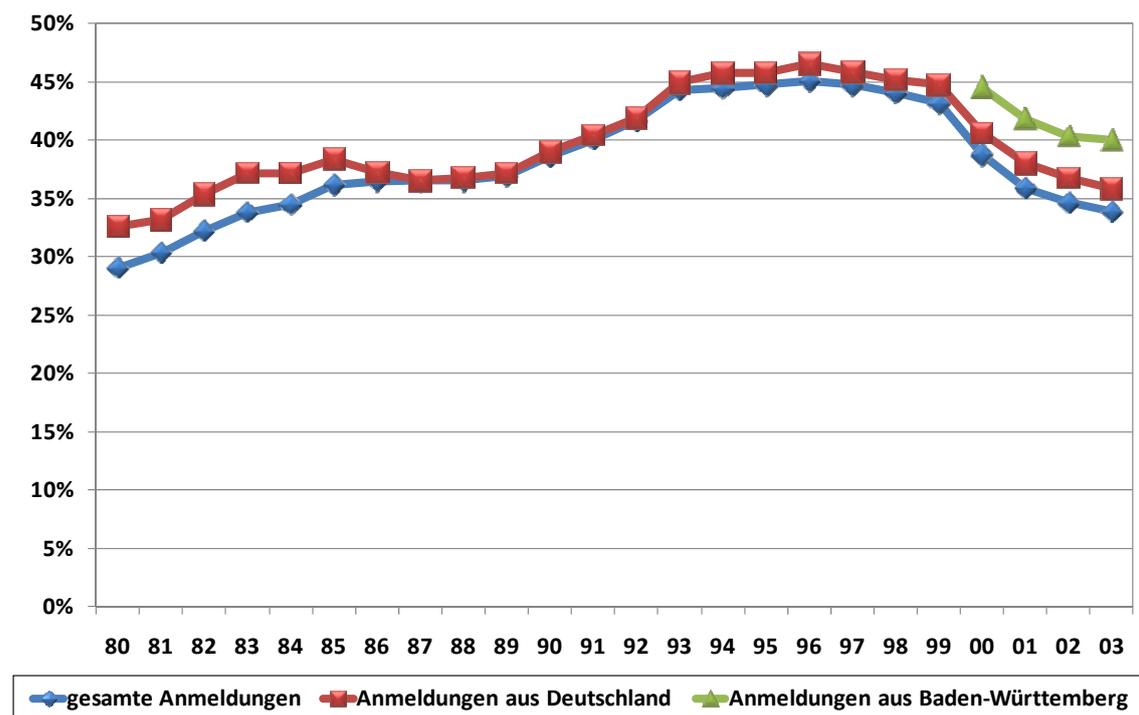
¹⁶ Hierbei handelt es sich um ein generelles Phänomen, das nicht nur das EPA, sondern nahezu alle Patentämter weltweit betrifft. Der starke Anstieg wird hauptsächlich über eine starke Zunahme strategischer Patentanmeldungen erklärt (vgl. Neuhäusler 2009).

¹⁷ Zu den Zitatkategorien vgl. die entsprechenden Ausführungen im Methodenanhang.

Mit Blick auf die Rückwärtszitierungen (Abbildung 4-14) kann festgestellt werden, dass nahezu jede Patentanmeldung mindestens ein früheres Patentdokument zitiert. Baden-Württemberg und auch Gesamtdeutschland liegen hier anteilig knapp über dem Gesamtdurchschnitt.

Etwas anders stellt sich die Situation am deutschen Patentamt dar. Betrachtet man im Vergleich zum EPA die Anteile der Patente mit Vorwärtszitierungen, so wird die starke Position Baden-Württembergs deutlich (Abbildung 4-15). Baden-württembergische Patentanmeldungen werden bis um sechs Prozentpunkte häufiger zitiert als der Durchschnitt. Die Anmeldungen deutscher Anmelder liegen nur mit etwa einem bis 2% vor den Gesamtzahlen. Insgesamt ist am deutschen Amt der Anteil an Patenten mit Vorwärtszitierungen geringer als am EPA und liegt über die Jahre hinweg bei höchstens 45%.

Abbildung 4-15: Anteil der Patentanmeldungen mit mindestens einer Vorwärtszitierung an allen Anmeldungen am DPMA 1980-2003 (in %)



Am DPMA ist die Analyse der Patenzitierungen Baden-Württembergs erst ab 2000 möglich. Zur besseren Einordnung der Ergebnisse Baden-Württembergs werden die gesamten Anmeldungen und Anmeldungen aus Deutschland in der längerfristigen Entwicklung dargestellt.

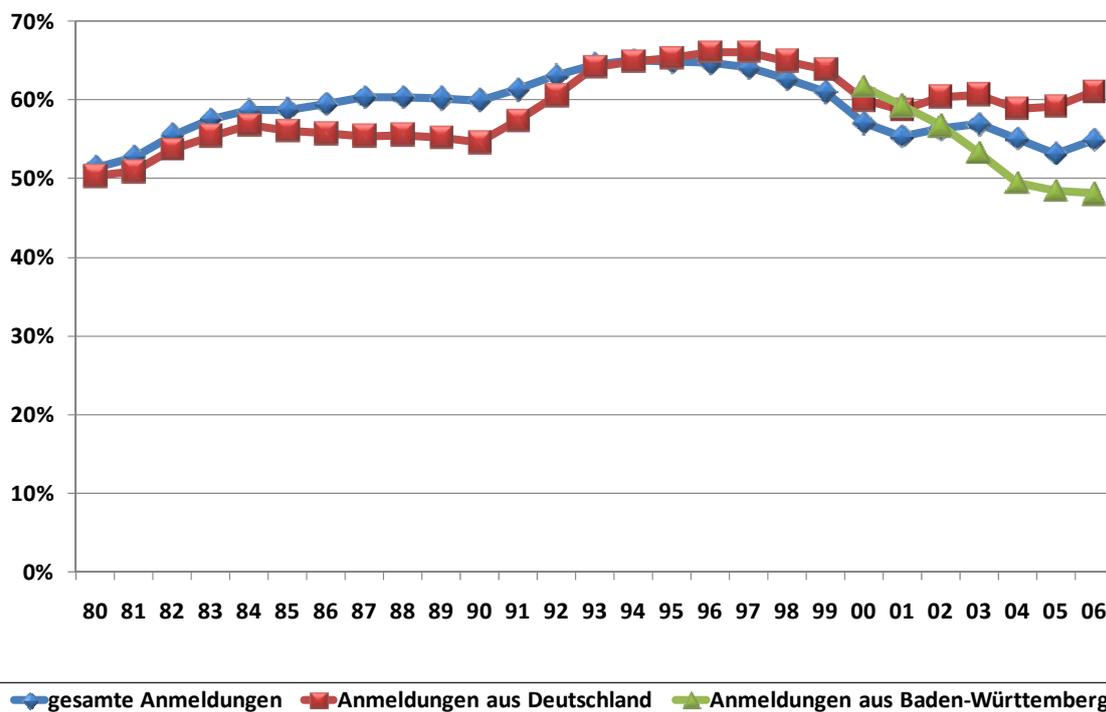
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Am deutschen Patentamt erhalten Patente im Schnitt etwa zwei bis drei Vorwärtszitierungen. Auch an dieser Stelle ist der Aufwärtstrend der 1990er Jahre erkennbar, was – wie bereits erwähnt – vor allem mit dem generellen Anstieg der Patentanmeldungen

in diesem Jahrzehnt zusammenhängt. Nach 1997 sinkt die Zahl der Vorwärtszitationen pro Patent allerdings wieder leicht ab und pendelt sich im Jahr 2003 auf ca. 2,1 Zitationen pro Anmeldung ein. Laut diesem Indikator liegen die Anmeldungen deutscher Anmelder mit den Gesamtanmeldungen gleichauf. Anmeldungen aus Baden-Württemberg werden im Mittel etwas häufiger zitiert, wobei sich diese Differenz über die Jahre nur auf ca. 0,05 bis 0,2 Zitationen pro Anmeldung beläuft.

Auch bei den Rückwärtszitationen wird deutlich, dass am DPMA der Anteil an Patenten mit Zitationen mit höchstens 65% deutlich geringer ist als am EPA, wo er bei ca. 90% liegt. Über die Zeit hinweg kann man weiterhin erkennen, dass der Anteil der Anmeldungen mit Rückwärtszitationen von deutschen Anmeldern ansteigt und ab 1995 über dem Durchschnitt liegt (Abbildung 4-16). Baden-Württemberg kann sich laut diesem Indikator im Jahr 2000 noch vor den Anmeldungen aus Gesamtdeutschland einordnen. Der Anteil sinkt über die Jahre hinweg allerdings leicht und liegt 2006 sogar unter dem Gesamtdurchschnitt.

Abbildung 4-16: Anteil der Patentanmeldungen mit mindestens einer Rückwärtszitation an allen Anmeldungen am DPMA, 1980-2006 (in %)



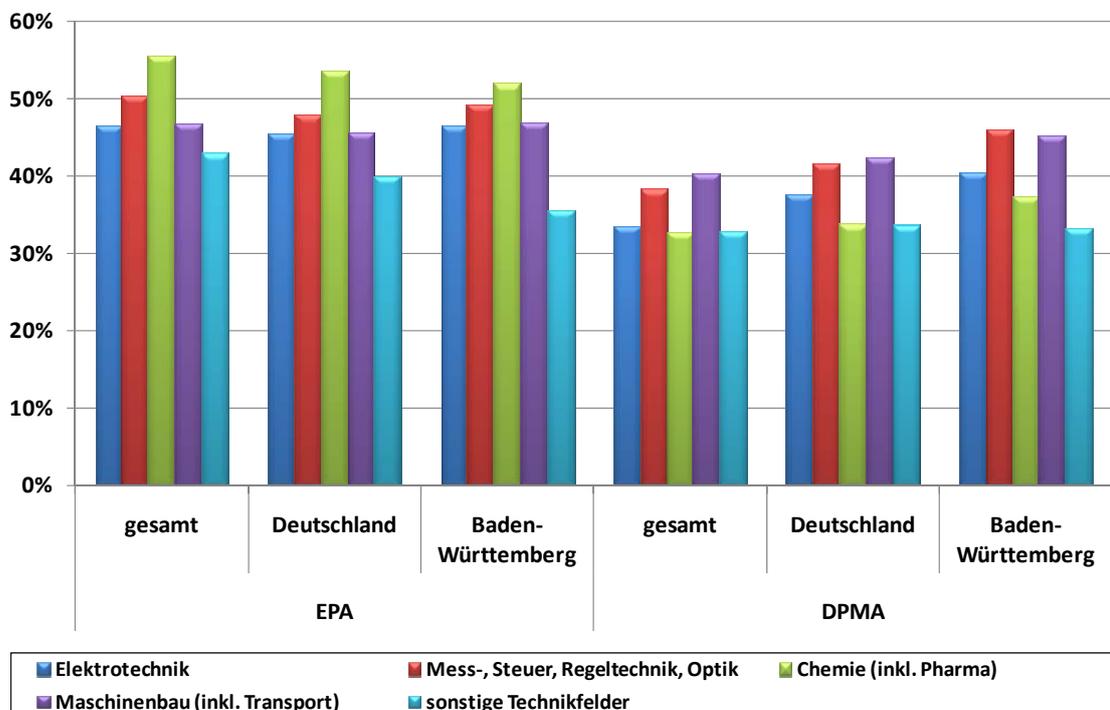
Am DPMA ist die Analyse der Patenzitationen Baden-Württembergs erst ab 2000 möglich. Zur besseren Einordnung der Ergebnisse Baden-Württembergs werden die gesamten Anmeldungen und Anmeldungen aus Deutschland in der längerfristigen Entwicklung dargestellt.

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Um die Ergebnisse besser einordnen zu können, werden im folgenden Abschnitt Vorwärtszitationen nach den fünf aggregierten Technikfeldern aufgeschlüsselt, um so eine bessere Übersichtlichkeit zu erreichen (Abbildung 4-17). Erneut wird deutlich, dass am EPA Patente durchschnittlich häufiger zitiert werden als am DPMA. Es zeigt sich jedoch auch, dass es sich hierbei zumindest teilweise um ein technikfeldspezifisches Phänomen handelt. Während Anmeldungen in den Bereichen Elektrotechnik, Mess-, Steuer, Regeltechnik, Optik, Chemie (inkl. Pharma) und den sonstigen Technikfeldern am EPA häufiger zitiert werden, ist dies für den Maschinenbau (inkl. Transport) nicht so stark ausgeprägt. Hier weisen die Anteile an Patenten mit mindestens einer Vorwärtszitation am DPMA ähnlich hohe Werte auf.

Am EPA schneiden Baden-Württemberg und Deutschland laut diesem Indikator gut ab und haben in allen ausgewählten Feldern außer in den sonstigen Technikfeldern etwa gleich hohe Vorwärtszitationsraten. Am deutschen Amt wird wiederum Baden-Württembergs starke Position deutlich. In allen Bereichen außer den sonstigen Technikfeldern werden baden-württembergische Patentanmeldungen häufiger zitiert als Patente anderer deutscher Anmelder und liegen auch im Vergleich zu den Gesamtzahlen über dem gesamtdeutschen Niveau.

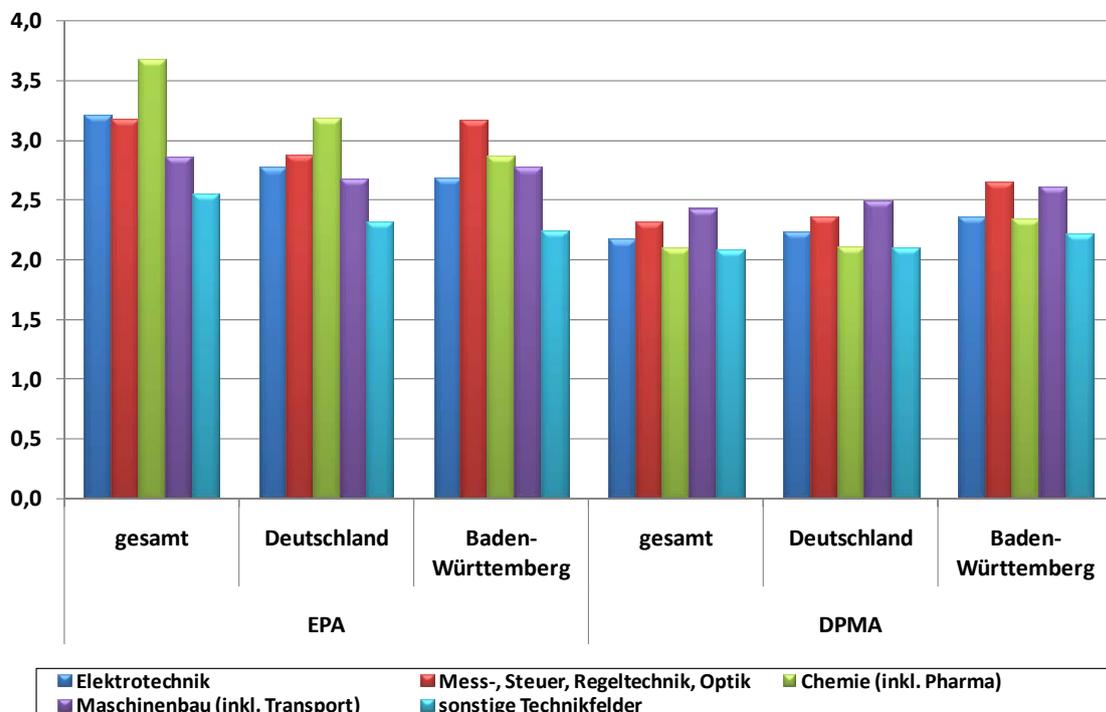
Abbildung 4-17: Anteil der Patentanmeldungen mit mindestens einer Vorwärtszitation an allen Anmeldungen in ausgewählten Technikfeldern am EPA und DPMA 2001 (in %)



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Für die durchschnittliche Anzahl der Vorwärtszitationen pro Patent zeigt sich vor allem am DPMA ein ähnliches Bild (Abbildung 4-18). Hier erreicht Baden-Württemberg über alle Felder hinweg eine im Mittel höhere Anzahl an Patenzitationen als Patente anderer deutscher Anmelder und liegt auch über dem Gesamtdurchschnitt. Am EPA jedoch werden Patente aus Baden-Württemberg und aus Deutschland etwas weniger häufig zitiert als im Durchschnitt der Anmeldungen aller Länder. Einzig im Maschinenbau (inkl. Transport) ist die durchschnittliche Anzahl der Zitationen auf ähnlich hohem Niveau wie bei den gesamten Anmeldungen.

Abbildung 4-18: Durchschnittliche Anzahl der Vorwärtszitationen pro Patent in ausgewählten Technikfeldern am EPA und DPMA 2001



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

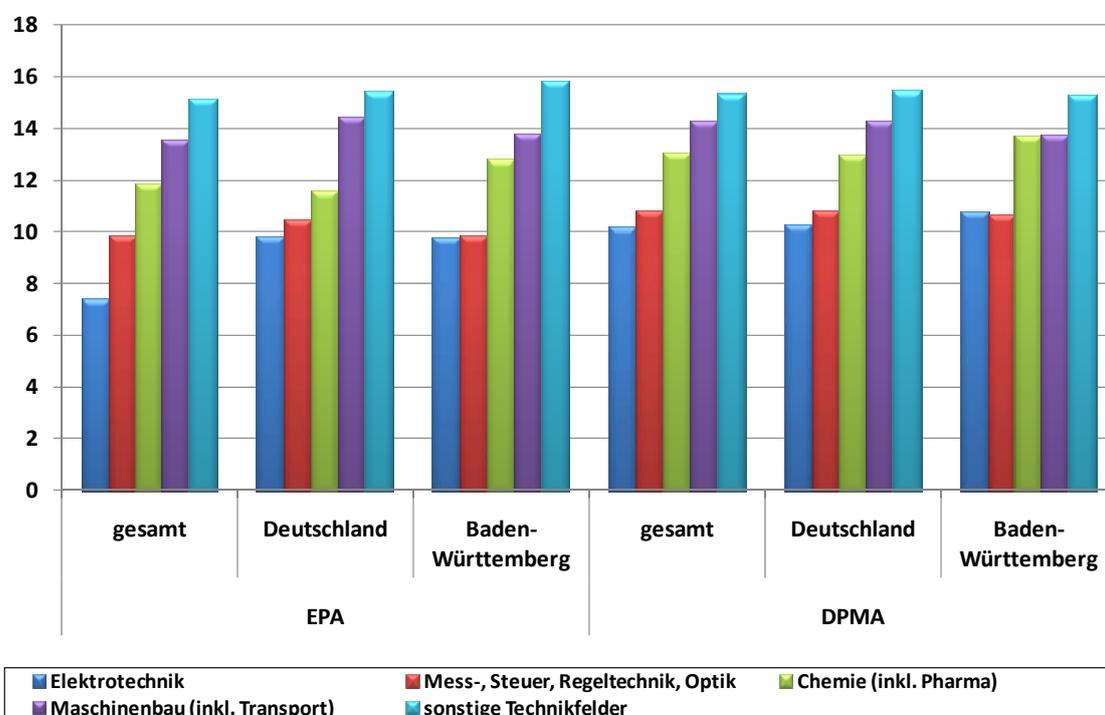
Technologiezyklen

Ein weiterer zitierungsbasierter Indikator zur Betrachtung der Innovationsfähigkeit Baden-Württembergs sind Technologiezyklen (Technology Cycle Time, TCT), mit deren Hilfe die Geschwindigkeit von Innovationen bestimmbar ist. Kürzere Technologiezyklen deuten darauf hin, dass sich Technikfelder schneller von älterer zu neuerer Technologie bewegen, wobei davon ausgegangen wird, dass dies zu größerem Erfolg bei der Produktentwicklung beiträgt (Narin et al. 2004) und durch einen zeitlichen Vorsprung eine bessere Position am Markt behauptet werden kann. Auf der anderen Seite lässt

sich jedoch argumentieren, dass eine längere TCT darauf hindeutet, dass sich ein Technikfeld stärker auf Fortschritte in der Grundlagenforschung und weniger auf schnelle Veränderungen in der Technologie stützt (Deng et al. 1999) bzw. dass die bestehende Technologie noch nicht durch eine neue abgelöst werden kann oder sie nach wie vor die Anforderungen erfüllt.

Zur Bildung dieses Indikators wird das Durchschnittsalter der Rückwärtszitationen auf Patentdokumenten aus Baden-Württemberg, Deutschland und den Gesamtanmeldungen am jeweiligen Amt berechnet.

Abbildung 4-19: Technologiezyklen in ausgewählten Technikfeldern, EPA und DPMA 2005 (in Jahren)



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Auf den ersten Blick fällt auf, dass sich die Technologiezyklen am DPMA und EPA insgesamt gesehen nur leicht unterscheiden (Abbildung 4-19). Die kürzesten Technologiezyklen von etwa zehn Jahren finden sich in der Elektrotechnik, gefolgt von der Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie der Optik. Hier stehen jedoch die Gesamtanmeldungen am Europäischen Amt leicht hervor, da die TCT in der Elektrotechnik nur etwa sieben Jahre beträgt, was jedoch nicht für Anmeldungen aus Deutschland und Baden-Württemberg gilt.

In allen anderen Bereichen außer dem Maschinenbau (inkl. Transport) unterscheiden sich Baden-Württemberg und Deutschland nahezu nicht vom Gesamtdurchschnitt des jeweiligen Amtes. Hier jedoch kann Baden-Württemberg schnellere Technologiezyklen aufweisen als es für Deutschland der Fall ist. Dies trifft vorrangig für das DPMA zu, jedoch können auch am Europäischen Amt leichte Unterschiede festgestellt werden. Da der Maschinenbau zu den Stärken Baden-Württembergs zählt, lässt sich somit argumentieren, dass besonders dieser Sektor einem schnellen technologischen Wandel unterliegt bzw. sich schneller von älterer zu neuerer Technologie bewegt.

4.5 Patente aus der öffentlichen Forschung

Methodische Grundlagen

Die öffentliche Forschung spielt eine wesentliche Rolle in der Grundlagenforschung, nimmt aber auch bei der anwendungsorientierten Forschung eine wichtige Position ein. Die Arbeitsteilung zwischen den Einrichtungen im deutschen Forschungssystem war über eine lange Zeit sehr deutlich ausgeprägt. Dabei kam der Max-Planck-Gesellschaft und den Hochschulen insbesondere die Aufgabe der Grundlagenforschung zu, die Helmholtz-Gemeinschaft beschäftigte sich im Wesentlichen mit den Grundlagen der Großforschung und die Fraunhofer-Gesellschaft war für die anwendungsorientierte Forschung zuständig. Mit dem Anspruch der verstärkten Anwendung und der Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen, nicht zuletzt mit dem Ziel der Stärkung der technologischen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands, haben sich die Erwartungen an die Forschungseinrichtungen teilweise verschoben. Insbesondere die Hochschulen, aber auch die Institute der Helmholtz-Gemeinschaft wenden sich nunmehr stärker der anwendungsorientierten Forschung zu, was sich nicht zuletzt an der Entwicklung der Drittmittel aus der Wirtschaft beispielsweise der Universitäten abbildet (siehe Kapitel 2 und 6).

Patente sind nicht nur für private Unternehmen von Bedeutung, sondern auch für die öffentliche Forschung. Sie erlauben den Einrichtungen nicht nur die Sicherung ihrer eigenen Rechte, sondern ermöglichen der öffentlichen Forschung in Verhandlungen den Unternehmen genau das anzubieten, was diese benötigen, nämlich die exklusiven Nutzungsrechte an Technologien bzw. den geistigen Eigentumsrechten an diesen technologischen Lösungen. Patente sind also ein wichtiges Vehikel für die Kooperation von Wissenschaft und Wirtschaft.

Mit der Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs als Teil des Arbeitnehmer-Erfindergesetzes im Jahr 2002 wollte die Bundesregierung die Hochschulen bei der Vermarktung ihrer Forschungsergebnisse stärken und gleichzeitig auch klarere Rahmen-

bedingungen für technologieorientierte Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft schaffen (Frietsch et al. 2010b; Schmoch 2007a; Schmoch et al. 2000). Seit 2002 haben die Hochschulen das Erstverwertungsrecht an den Erfindungen. In der Konsequenz wurden Transfereinrichtungen wie beispielsweise die neu entstandenen Patentverwertungsagenturen geschaffen. Ein durchaus intendierter Nebeneffekt bei der verstärkten Interaktion von Wissenschaft und Wirtschaft wird darin gesehen, dass die Hochschulen in Zeiten knapper öffentlicher Kassen zusätzliche Einkommensströme generieren.

Es ist festzustellen, dass die Intensität bei den Patentanmeldungen in einem umgekehrt proportionalen Verhältnis zur Intensität des Publikationsoutputs steht. Anders formuliert bedeutet dies, dass einige Forschungseinrichtungen sehr stark publizieren und andere stark patentieren (Frietsch/Kroll 2010). An dieser Stelle werden allerdings ausschließlich die Patentanmeldungen herangezogen, da diese als Indikator für die Anwendungsorientierung der Forschungsergebnisse stehen. Die Patente sind deshalb von besonderer Bedeutung, da sie in dem hier interessierenden Zusammenhang auf das Potenzial einer Interaktion zwischen Wissenschaft und Wirtschaft hinweisen und die Vermarktungsintention der öffentlichen Forschungsergebnisse anzeigen.

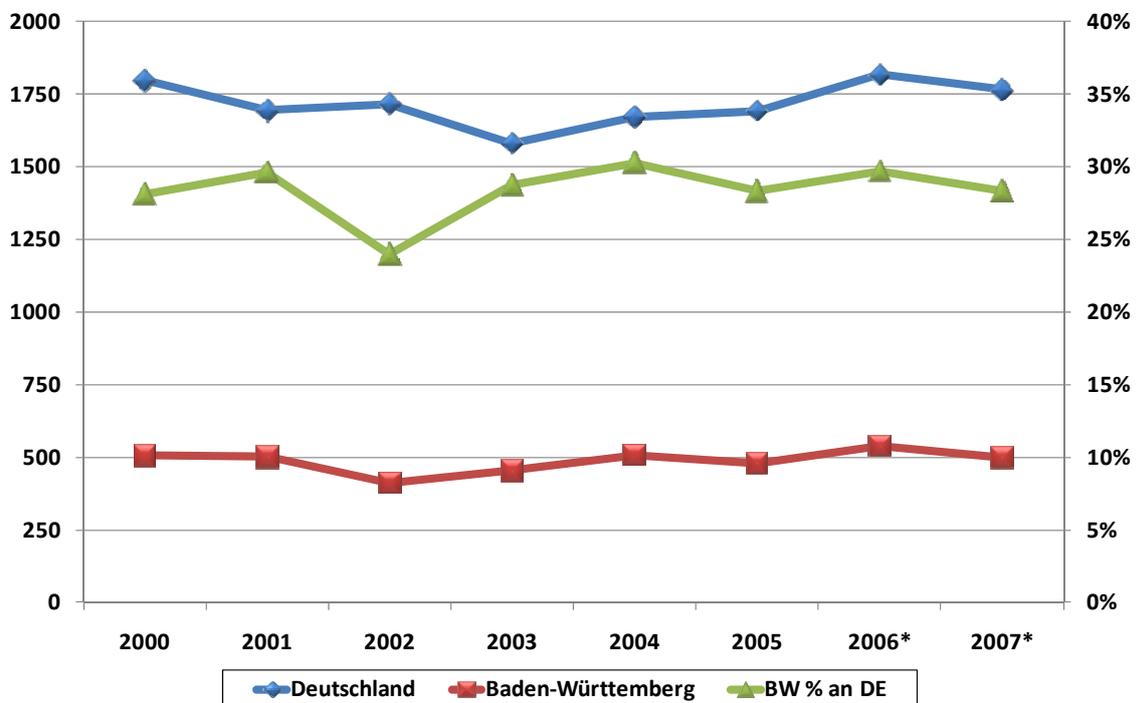
Im Folgenden werden die Patentanmeldungen öffentlicher Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg sowie in Deutschland insgesamt untersucht. Dabei stehen an dieser Stelle neben den Hochschulen (Uni) die vier großen Forschungsgemeinschaften im Mittelpunkt des Interesses. Diese sind die Fraunhofer-Gesellschaft (FhG), die Max-Planck-Gesellschaft (MPG), die Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) und Leibniz-Gemeinschaft (WGL). Die Patente werden dabei über den Anmelder identifiziert. Als baden-württembergische Patente gelten dabei die Anmeldungen von Einrichtungen mit Sitz in Baden-Württemberg. Da sowohl die Institute der Max-Planck-Gesellschaft wie auch der Fraunhofer-Gesellschaft die Patente über ihre Zentrale jeweils mit Sitz in München anmelden, werden die Patente aus Baden-Württemberg für diese beiden Einrichtungen über die Adresse der Erfinder identifiziert. Es werden Patentanmeldungen sowohl am Deutschen Patent- und Markenamt wie auch beim Europäischen Patentamt untersucht.

Die Ergebnisse der Untersuchung

Die Anzahl der Patentanmeldungen der öffentlichen Forschung in Baden-Württemberg hat sich in den letzten Jahren kaum verändert und liegt mit rund 500 jährlichen Anmeldungen am Deutschen Patent- und Markenamt auf einem hohen Niveau (Abbildung 4-20). Am Europäischen Patentamt sind es derzeit fast 300 Anmeldungen jährlich mit einem steigenden Trend in der jüngeren Vergangenheit (Abbildung 4-21). Die Anteile Baden-Württembergs an den Patenten der öffentlichen Forschung in ganz Deutschland

liegt am DPMA bei gut 30% und am EPA sogar bei 35%, wobei dieser Anteil aufgrund der Ausweitung der Anmeldungen von Forschungseinrichtungen außerhalb Baden-Württembergs zuletzt gesunken war. Insgesamt scheint es so zu sein, dass die Unsicherheiten im Umgang mit den geistigen Eigentumsrechten im Zuge der Änderung des Arbeitnehmererfindergesetzes im Jahr 2002 zu einem leichten Rückgang der Patentanmeldungen aus der öffentlichen Forschung Baden-Württembergs geführt haben, der aber in den Folgejahren wieder kompensiert wurde.

Abbildung 4-20: Absolute Anzahl der Patentanmeldungen öffentlicher Forschungseinrichtungen beim DPMA und Anteile Baden-Württembergs an Deutschland insgesamt 2000-2007 (in %)



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

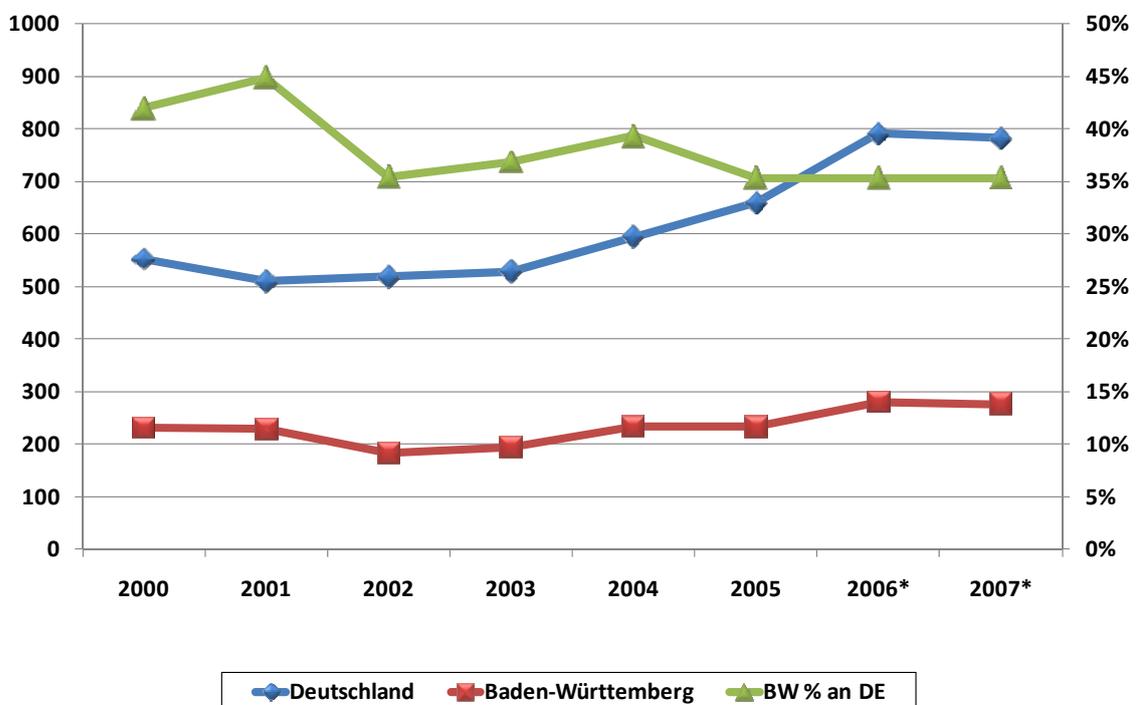
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 4-22 zeigt die Verteilung der Patentanmeldungen auf die Forschungsorganisationen. Die Hochschulen nehmen nach dieser Betrachtung den höchsten Anteil ein, gefolgt von der Fraunhofer-Gesellschaft und der Helmholtz-Gemeinschaft. Eher geringe Anteile erreichen die Leibniz-Institute in Baden-Württemberg – nicht zuletzt aufgrund der Disziplinen, mit denen sie sich befassen, die häufig nicht patentierfähig sind (Mathematik, Wirtschaft, Sozialwissenschaften etc.). Auch die Max-Planck-Gesellschaft meldet nur wenig Patente aus Baden-Württemberg an. Der niedrigere Anteil der Fraunhofer-Gesellschaft bei den Anmeldungen am Europäischen Patentamt im Ver-

gleich zu den Anteilen am DPMA lässt sich über Forschung im Auftrag deutscher Unternehmen, und hier speziell kleiner und mittelständischer Unternehmen, begründen. In diesen Fällen ist der Schutz innerhalb Deutschlands häufig ausreichend.

Die Fraunhofer-Gesellschaft meldet lediglich gut 40% ihrer Anmeldungen am DPMA aus Baden-Württemberg auch am EPA an, während dieser Anteil über alle Einrichtungen betrachtet bei 55% liegt. Dieser Anteil war bei der Fraunhofer-Gesellschaft zuletzt deutlich angestiegen, was dann die Steigerung der Anmeldezahlen der öffentlichen Forschung insgesamt am EPA zu erklären vermag.

Abbildung 4-21: Absolute Anzahl der Patentanmeldungen öffentlicher Forschungseinrichtungen beim EPA und Anteile Baden-Württembergs an Deutschland insgesamt 2000-2007 (in %)



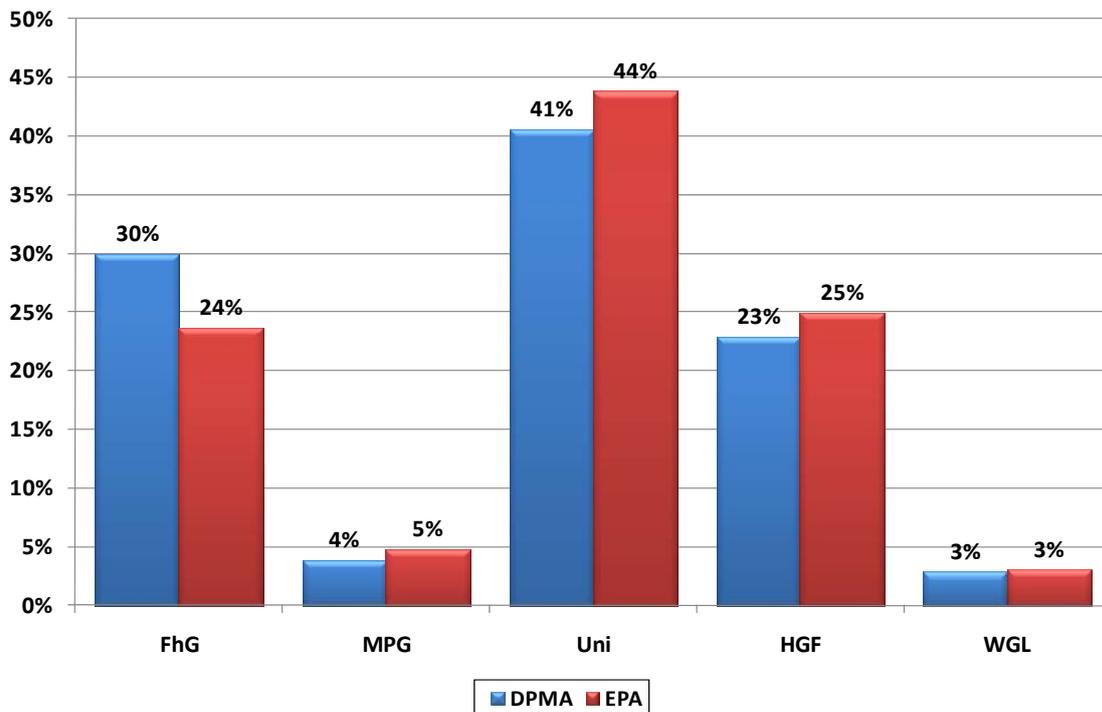
* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die inhaltliche Ausrichtung der Patente aus der öffentlichen Forschung in Baden-Württemberg lässt sich anhand des Spezialisierungsmaßes mit den gesamten Patentanmeldungen am Europäischen Amt vergleichen (Abbildung 4-23). Die Schwerpunkte der Patentierung liegen im Bereich der Chemie (hierin sind auch die Lebenswissenschaften enthalten). Konkreter finden sich ausgeprägte Patentaktivitäten in Biotechnologie und Pharmazie. Daneben zeigen sich positive Werte beim Spezialisierungsmaß im Bereich von Mess-, Steuer-, Regeltechnik und Optik, wobei hier konkreter die Messtech-

nik und die Medizintechnik zu Buche schlagen. Im Vergleich mit dem gesamtdeutschen Profil zeigen sich darüber hinaus Schwerpunkte bei Umwelttechniken und Motoren.

Abbildung 4-22: Patentanmeldungen aus der öffentlichen Forschung nach Institutionengruppen 2005-2007 (Anteile in %)*



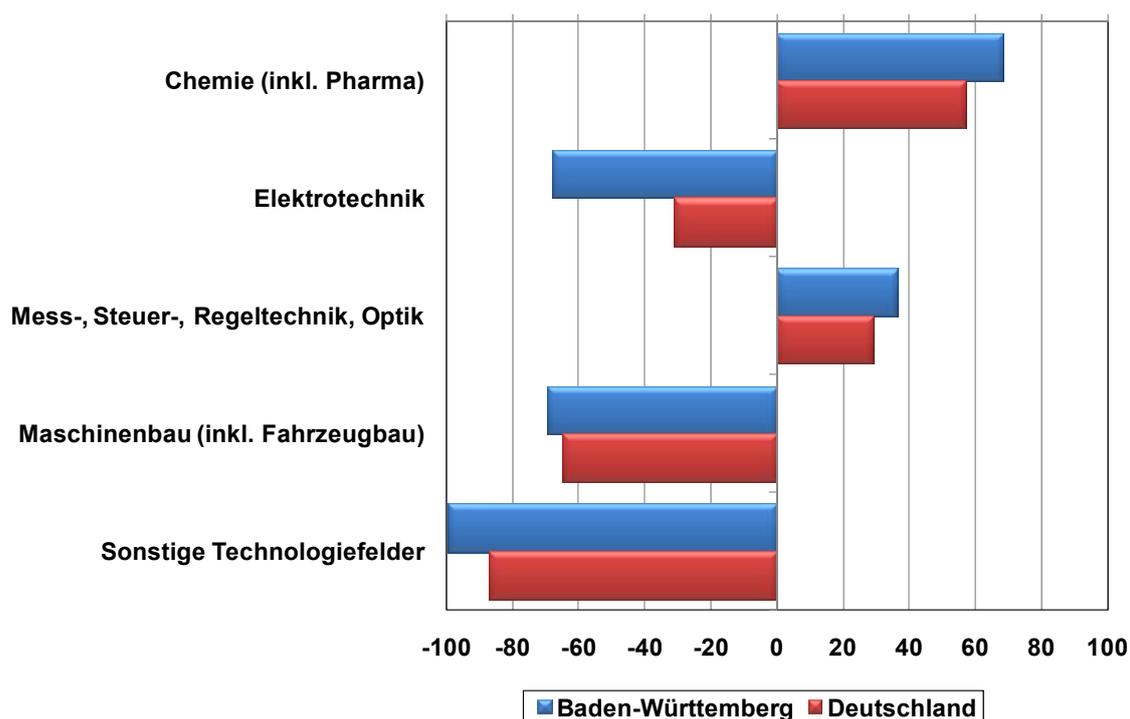
* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die stark wissenschaftsbasierten Technologiebereiche wie beispielsweise die Lebenswissenschaften und die Optischen Technologien sind nicht nur beim wissenschaftlichen Output, sondern auch beim technologischen Output durch die öffentliche Forschung gut vertreten. Wenn allerdings Patente als Grundlage für die Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen angesehen werden, dann lassen sich aufgrund der hier gefundenen Ergebnisse der Patentierungsaktivitäten Schwächen in der Umsetzung dieser Potenziale vermuten. Nun sind die Zyklen bis zur Marktreife gerade bei Medizinprodukten aufgrund der umfangreichen klinischen Tests, die vor einer Zulassung durchlaufen werden müssen, tendenziell länger als beispielsweise bei den Optischen Technologien oder dem Maschinenbau. Es stellt sich allerdings die Frage, ob die offensichtlich hochklassige anwendungsorientierte Forschung in diesem Bereich durch Unternehmen in Baden-Württemberg hinreichend aufgenommen und umgesetzt werden kann oder ob nicht eher die Wirtschaft außerhalb Baden-Württembergs und teilweise sogar im Ausland stärker von diesen Kompetenzen profitiert. Aus Sicht der

Forschungseinrichtungen ist dies einerlei und selbst aus Sicht der Forschungspolitik könnte man argumentieren, dass es hauptsächlich darauf ankommt, dass die Ergebnisse auf fruchtbaren Boden treffen. Aus förderpolitischer Sicht ergeben sich hier allerdings noch nicht ausgeschöpfte Potenziale.

Abbildung 4-23: Spezialisierungsprofile bei Patentanmeldungen am EPA der öffentlichen Forschung in Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt 2005-2007 (Spezialisierungsindex)*



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Dies ist bei den Optischen Technologien anders, wo eine starke wissenschaftliche Kompetenz auf eine starke Industriestruktur trifft. Insofern muss die Frage nach der Translation von Forschungsergebnissen gerade in den Lebenswissenschaften auch ein wenig differenzierter gestellt werden. Dies betrifft einerseits die industrielle Forschung, die ihre Ergebnisse zu marktreifen Produkten entwickeln muss. Andererseits betrifft es aber auch die Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, wo unter Umständen andere Herausforderungen zu meistern sind als ausschließlich Produktentwicklung, denn vor diesem Schritt steht die Entwicklung der Absorptionsfähigkeit der öffentlichen Forschungsergebnisse durch die Wirtschaft.

4.6 Patente aus Hochschulen

Im Zuge der Reform des Arbeitnehmererfindergesetzes (ArbnErfG) im Jahr 2002 wurde das Erstverwertungsrecht an Arbeitnehmererfindungen geändert und auf die Hochschulen, also den Arbeitgeber, übertragen. Erstverwertung deshalb, weil die Hochschule sich auch gegen eine Verwertung aussprechen und dann der Erfinder über eine eigenständige Verwertung entscheiden kann. Mit dieser Reform wurde ein seit 1957 bestehendes Privileg abgeschafft, das insbesondere den Professoren eine eigene Verwertungsmöglichkeit einräumte. Die Reform des Jahres 2002 wird daher auch häufig als die "Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs" bezeichnet. Ziel der Reform war unter anderem, die Stärkung der Hochschulen im Verwertungsprozess und damit auch eine stärkere Kommerzialisierung der öffentlichen Forschungsergebnisse zu erreichen. Der Ausbau der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft war und ist ein zentrales Ziel des politischen Handelns.

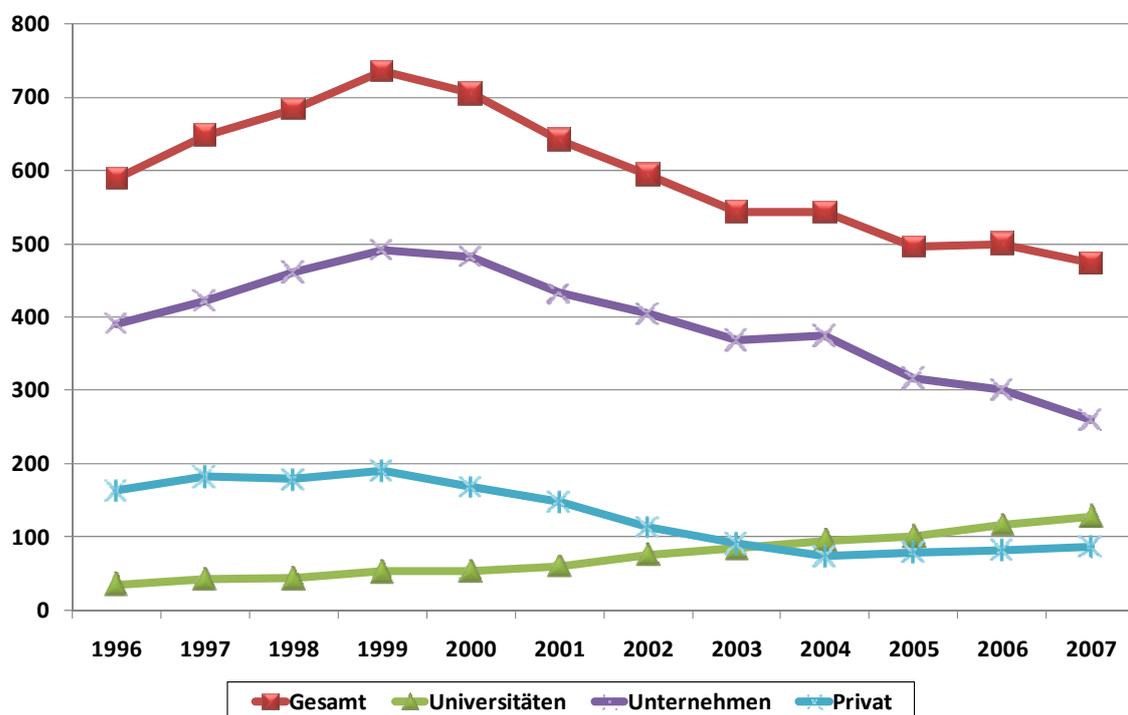
In der Konsequenz dieser stärkeren Rolle der Hochschulen mussten Strukturen geschaffen bzw. ausgebaut werden, um die Verwertung der Patente zu gewährleisten. Hierfür wurden die so genannten Patentverwertungsagenturen eingerichtet, welche die Aufgaben haben, die Erfinder zu beraten, relevante Erfindungen zu identifizieren und dann auch die Anmeldung durch die Hochschulen finanziell und administrativ zu begleiten, bis hin zur Verwertung, d.h. der Suche von Unternehmenspartnern.

Sowohl vor wie auch nach der Reform kann man im Wesentlichen drei Formen der Patentierung von Erfindungen aus Hochschulen unterscheiden. Erstens die Erfindungen, bei denen die Universität als Anmelder auftritt. Die Entwicklung unter anderem dieser Zahlen wurde im vorigen Abschnitt diskutiert. Zweitens solche Erfindungen, die von den Hochschulangehörigen in eigener Verantwortung angemeldet werden – wo diese also nicht nur als Erfinder, sondern auch als Anmelder in Erscheinung treten. Drittens solche Erfindungen, bei denen Unternehmen als Anmelder fungieren und Hochschulangehörige im Erfinderteam zu finden sind. Dies sind entweder Erfindungen in Auftragsforschungs- bzw. Drittmittelprojekten oder solche Erfindungen aus Hochschulen, bei denen zu einem sehr frühen Zeitpunkt bereits ein Unternehmenspartner für die Umsetzung gewonnen werden konnte.

Die Entwicklung und die Veränderung der Strukturen dieser drei Gruppen von Patentanmeldungen, die gemeinsam die Erfindungen aus Hochschulen ausmachen, sind Gegenstand der folgenden Analysen. Verglichen werden die Zahlen für Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt. Während die Identifikation der Patente mit den Hochschulen als Anmelder recht einfach zu bewerkstelligen ist, erfordert die Identifikation der anderen beiden Gruppen ein komplexeres Vorgehen. Da bei den Erfinderna-

men die entsprechende Institution nicht verzeichnet ist, kann man entweder ein Matching der Information aus anderen Quellen mit den Namen versuchen. Alternativ kann man im deutschen und europäischen Patentsystem nach dem Titel "Professor" suchen und diese Information für die Abschätzung der Anmeldezahlen verwenden. Dieses Vorgehen wurde auch hier gewählt. Für eine detailliertere Darstellung der Methode siehe Schmoch (2007a).

Abbildung 4-24: Patentanmeldungen aus baden-württembergischen Hochschulen nach Anmeldertyp

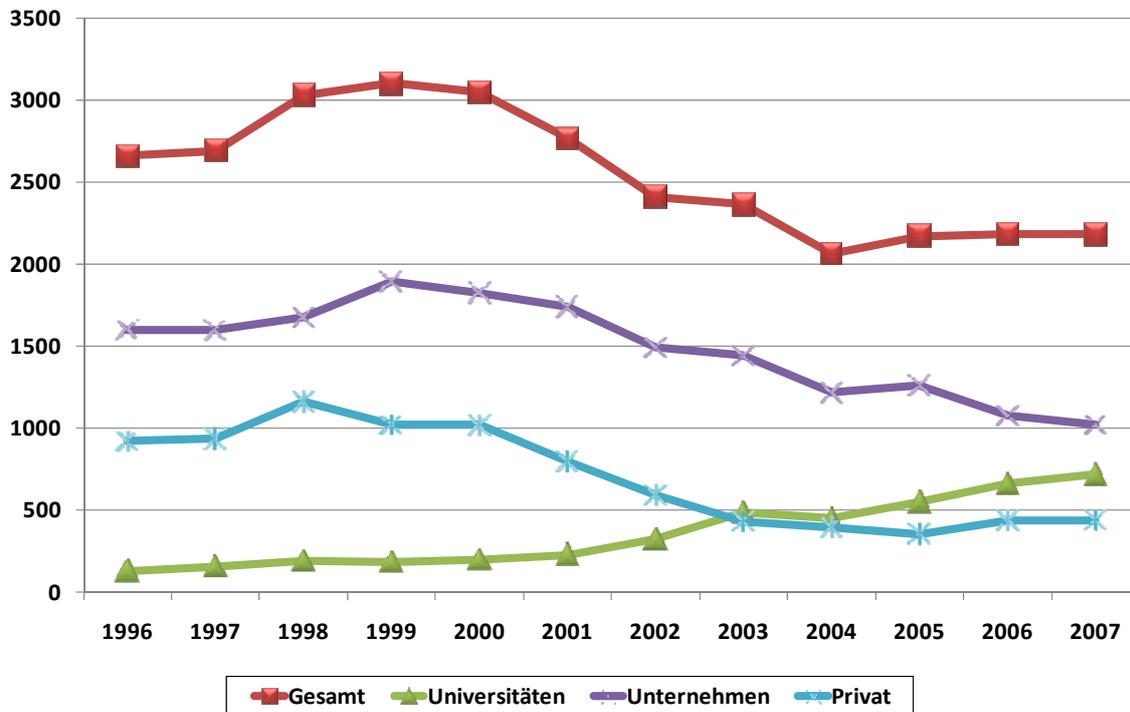


Quelle: STN – PATDPA; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 4-24 zeigt zunächst die Zahl der Anmeldungen aus baden-württembergischen Hochschulen nach Anmeldertyp, d.h. nach den Eigentumsverhältnissen an den Anmeldungen, zwischen 1996 und 2007 (geglättete 3-Jahres-Durchschnitte). Abbildung 4-25 enthält die entsprechenden Angaben für Deutschland insgesamt. Zwischen 1996 und 1999 ist die absolute Anzahl der Patentanmeldungen aus deutschen wie auch aus baden-württembergischen Hochschulen deutlich angestiegen – ähnlich dem Trend aller Patentanmeldungen am DPMA bzw. am EPA. Im Zeitverlauf sind die Anteile der Hochschulpatente an allen Patenten zunächst ansteigend und dann deutlich rückläufig. Im Jahr 2007 lag der Anteil der Uni-Patente an allen Patenten in Baden-Württemberg bei 2,6%, bundesweit bei 3,4%, nach einem jeweiligen Hoch im Jahr

2000 von jeweils um die 5%, was den Größenordnungen auch in anderen Ländern wie beispielsweise USA, Frankreich oder Italien entspricht (Lissoni et al. 2008).

Abbildung 4-25: Patentanmeldungen aus deutschen Hochschulen nach Anmeldertyp



Quelle: STN – PATDPA; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Insbesondere solche Patente haben in dieser Zeit deutlich zugenommen, bei denen Beschäftigte von Hochschulen zu den Erfindern gehören und die gleichzeitig nicht von der Hochschule, sondern von Unternehmen angemeldet wurden. Diese Gruppe von Patentanmeldungen bildet über den gesamten Beobachtungszeitraum den größten Anteil unter den Universitätspatenten. Demgegenüber machen die Anteile sowohl der privat durch die Erfinder (Hochschulangehörige) als auch durch die Universitäten als Anmelder hinterlegten Patentanmeldungen gemeinsam lediglich knapp die Hälfte der Hochschul-Patente aus. Der Trend einer rückläufigen Zahl von privaten Anmeldungen und einer steigenden Anzahl von hochschuleigenen Anmeldungen ist dabei sowohl in Baden-Württemberg wie auch bundesweit zu erkennen. Allerdings muss man feststellen, dass der Rückgang von Unternehmens-Anmeldungen in Deutschland zuletzt durch die Steigerungen der hochschuleigenen Anmeldungen kompensiert werden konnte, so dass seit 2004 eine etwa konstante Zahl an Patenten aus Hochschulen zu verzeichnen ist. Dies gilt für Baden-Württemberg nicht in gleichem Maße, wo auch weiterhin die Gesamtzahl der Patente aus Hochschulen rückläufig ist und auch nicht durch den ver-

haltenen Anstieg bei hochschuleigenen Patenten aufgefangen werden kann. Offensichtlich konnten die Erfahrungen mit dem geänderten Verwertungsrecht noch nicht in eine stabile Relation bei den Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft überführt werden. Diese Zahlen sind umso erstaunlicher, als sowohl die Interviewpartner als auch die Teilnehmer am Workshop in diesem Projekt von einem "Arrangement" mit dem neuen System berichtet haben.

Was die Zahl der privaten Anmeldungen angeht, so gilt es zu betonen, dass diese nicht notwendigerweise und vermutlich auch nicht in der Mehrheit an der Hochschule "vorbei" angemeldet werden, sondern dass sich die Hochschule vermutlich gegen eine Verwertung ausgesprochen – der Arbeitgeber hat laut Arbeitnehmererfindergesetz ein dreimonatiges Erstverwertungsrecht – und der Erfinder oder die Erfinderin sich auf eigenes Risiko für eine Verwertung entschieden hat. Offensichtlich gab es bei den privat angemeldeten Patenten zwischen 2002 und 2004/2005 sowohl in Baden-Württemberg als auch in Deutschland insgesamt einen Rückgang, den man zu einem großen Teil auf den Übergang und die Neuorientierung im veränderten System nach der Änderung des ArbNErfG zurückführen kann. Dies belegen ebenfalls die in diesem Projekt durchgeführten Interviews sowie Ergebnisse aus anderen Untersuchungen (Blind et al. 2009; Frietsch et al. 2010b; Schmoch 2007a).

Insgesamt kann man den deutlichen Rückgang der Hochschulpatente der letzten Jahre nicht auf die Änderungen des Arbeitnehmererfindergesetzes zurückführen, da der Rückgang bereits vorher eingesetzt hat. Vielmehr scheinen realistischere Bewertungen der Verwertungschancen einen wesentlichen Beitrag zur Neujustierung beigetragen zu haben. Es hat sich bundesweit ein neues Niveau eingestellt, das sich in Baden-Württemberg erst noch ergeben muss. Für Baden-Württemberg würde sich eine tiefer gehende Analyse der Hintergründe des weiterhin negativen Trends der Zahl der Hochschulpatente anbieten, die an dieser Stelle nicht geleistet werden konnte. Es bleibt aber auch für Baden-Württemberg ähnlich wie für Deutschland insgesamt festzuhalten, dass nach wie vor für mehr als die Hälfte der Erfindungen bereits in einem frühen Stadium ein Unternehmen die Erfindung übernommen hat und bei weiteren ca. 20% die Hochschule als Anmelder fungiert und damit auch die Aufgabe der aktiven Vermarktung – zumindest formal – verfolgen sollte. Für Deutschland insgesamt zieht Schmoch (2007a: 18) die folgende Schlussfolgerung, die sicher auch auf Baden-Württemberg zutrifft: "Die Gesetzesänderung hat zwar einige hoch patentaktive Hochschullehrer von einem weiteren Engagement abgehalten, dafür aber eine Reihe anderer zu einer Beteiligung an Patentanmeldung angeregt, so dass es einen Substitutionseffekt gibt".

4.7 Zusammenfassung der Patentanalyse

Die Ausbringungsmenge der industriellen Forschung in Baden-Württemberg ist insgesamt sehr hoch. Baden-württembergische Unternehmen sind für mehr als ein Viertel der gesamten deutschen Anmeldungen verantwortlich. Die Schwerpunkte liegen dabei auf den traditionellen Stärken, nämlich dem Maschinen- und Fahrzeugbau sowie auf Teilen der Optischen Technologien und der Elektrotechnik. Eine untergeordnete Rolle muss den Lebenswissenschaften attestiert werden, was gegenüber dem wissenschaftlichen Profil, wo eindeutige Stärken und Schwerpunkte in diesen Disziplinen festgestellt werden konnten, einen deutlichen Gegensatz darstellt. Für die folgenden Analysen gilt es zu untersuchen, wie sich die Patentprofile der öffentlichen Forschung in dieser Hinsicht präsentieren. Im internationalen Wettbewerb ist Baden-Württemberg technologisch sehr gut aufgestellt und konnte bei den abgestammten Technikfeldern eher noch zulegen. Die folgenden Analysen werden aber auch hier die Frage adressieren müssen, inwiefern Baden-Württemberg für die Entwicklungen und die technologischen Herausforderungen der Zukunft gerüstet ist.

5 Analyse ausgewählter Technikfelder

Die Charakterisierung des gesamten industriellen Forschungsprofils von Baden-Württemberg hat eindeutige historisch gewachsene Strukturen und Schwerpunkte offenbart. Neben diesem sehr breiten und allgemeinen Schema zur Beschreibung des gesamten Profils sind einzelne Technologien – aus Forschungs- oder auch förderpolitischer Perspektive bzw. weil ihnen eine Schlüsselrolle für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit unterstellt werden kann – für eine Bewertung der gegenwärtigen und insbesondere zukünftigen Entwicklungen besonders interessant. Die folgenden Untersuchung zu den Themen Optische Technologien, Nanotechnologie, Erneuerbare Energien, Brennstoffzelle, Batterien und Gentechnik erweitern den bisher gespannten Analyserahmen und differenzieren einzelne Teilbereiche bzw. nehmen eine andere Perspektive auf diese speziellen Technikfelder ein, die zwar in der Gesamtanalyse enthalten sind, an dieser Stelle aber besonders betrachtet werden. Die Liste der hier näher betrachteten Themen hätte sich sicher noch weiter fortsetzen lassen. Die genannten Themen wurden in Absprache mit der Baden-Württemberg Stiftung ausgewählt, weil sie für ihr Förderportfolio relevant sind. Gleichzeitig decken sie das gesamte Spektrum von klassischen Stärken (Optische Technologien), über neue Herausforderungen (Nanotechnologie, Batterien, Brennstoffzelle) bis hin zur Erweiterung der bestehenden Kompetenzen bezüglich Maschinenbau und Elektrotechnik (Erneuerbare Energien) und Lebenswissenschaften (Gentechnik) ab. Für die Bereiche, in denen die Stiftung bereits lange aktiv ist, d.h. die Nanotechnologie und die Optischen Technologien, erfolgt in den Abschnitten 5.3 und 5.4 eine vertiefende Betrachtung, nicht zuletzt weil eine weitere Differenzierung dieser Querschnitts- und Schlüsseltechnologien möglich und sinnvoll ist. Für die anderen hier betrachteten Bereiche ist dies aufgrund geringer Fallzahlen an Patenten an dieser Stelle nicht möglich.

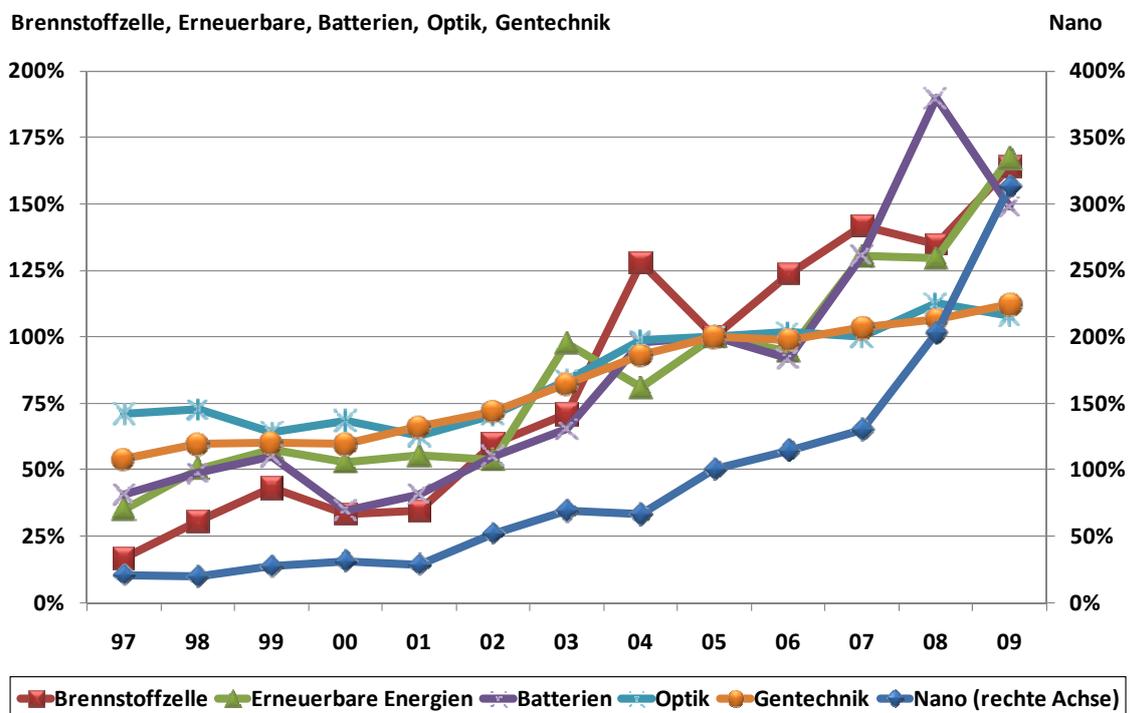
Gerade die neuen Technikfelder, an deren Entwicklung hohe Erwartungen nicht nur aus wissenschaftlicher und politischer, sondern auch aus ökonomischer Sicht geknüpft sind, haben eine besondere internationale Bedeutung. Es ist daher sinnvoll, die internationalen Patentanmeldungen am Europäischen Patentamt in den Mittelpunkt der Analysen zu stellen. Auswertungen der Daten des Deutschen Patent- und Markenamtes werden hier nicht gesondert ausgewiesen. Wissenschaftliche Publikationen werden ebenfalls untersucht, wobei an dieser Stelle – analog zum themenorientierten Ansatz in Kapitel 3 – Stichworte¹⁸ in den Titeln und Abstracts der Artikel zur Identifikation herangezogen werden.

¹⁸ Brennstoffzelle: PEMFC or SOFC or AFC or MCFC or DMFC or PAFC or "fuel cell" or brennstoffzelle; Erneuerbare Energien: "solar panel" or photovoltaic or photovoltage or "wind energy" or "water power" or "hydropower" or "hydro power" or "hydraulic power" or "biomass"; Batterien: batteries or battery or "dry cell" or "nickel cadmium" or "ni-cd" or "ni cd" or "lithium ion"; Optik: optics or laser or photonics or "light emitting" or optical; Nanotechnologie: Nano; Gentechnik genetic or genetics or "gene sequence" or "gene sequencing". Bei allen Stichwortsuchen wurden die Sozialwissenschaften und die Kunst- und Geisteswissenschaften ausgeschlossen.

5.1 Wissenschaftliche Publikationen in den ausgewählten Feldern

Abbildung 5-1 zeigt zunächst die Entwicklung der Anzahl wissenschaftlicher Publikationen (2005=100), die in Scopus erfasst sind und mit Hilfe von Stichworten identifiziert wurden. Die Optik und die Gentechnik sind die größten der hier betrachteten Wissenschaftsfelder. Autoren aus Baden-Württemberg erreichen jährliche Publikationszahlen von 1.500 bzw. gut 2.000 Artikeln. Demgegenüber werden im Kontext von Erneuerbaren Energien rund 200 Artikel und bezüglich Brennstoffzelle und Batterien jeweils rund 100 Publikationen in Baden-Württemberg verfasst. Das deutlichste Wachstum in der jüngeren Vergangenheit hatten Nanotechnologie-Publikationen, deren Zahl sich seit 2005 mehr als verdreifacht hat und aktuell bei rund 250 Artikeln liegt. Generell haben sich alle hier betrachteten Wissenschaftsfelder in Baden-Württemberg sehr positiv entwickelt, wobei neben den Nanotechnologien auch die Erneuerbaren Energien sowie insbesondere die Brennstoffzellen und die Batterien deutlich angewachsen sind. Die Felder Optik und Gentechnik sind entsprechend ihrer Größe etwas moderater angestiegen.

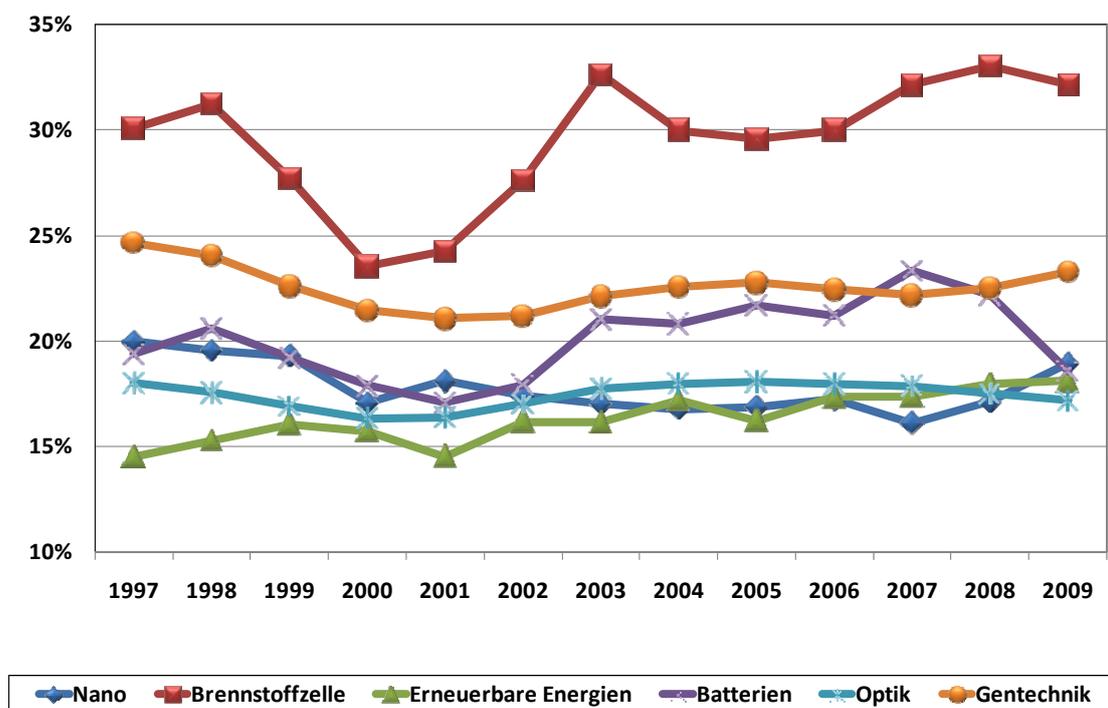
Abbildung 5-1: Wachstumsindex wissenschaftlicher Publikationen aus Baden-Württemberg in ausgewählten Feldern 1997-2009 (2005=100)



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Diese Werte erlauben zunächst lediglich einen Blick nach innen und über die Zeit. Wesentlich interessanter sind aber der nationale und der internationale Vergleich. Die Anteile Baden-Württembergs an den gesamtdeutschen Publikationen sind weniger deutlich angestiegen als dies die absoluten Zahlen zunächst nahelegen (Abbildung 5-2), d.h. in Deutschland insgesamt ist der wissenschaftliche Output in diesen Feldern ebenfalls deutlich gewachsen. Die Niveaus sind dabei aber sehr unterschiedlich. Während Publikationen zu Brennstoffzellen zu mehr als 30% baden-württembergischen Ursprungs sind und bezüglich Batterien und Gentechnik jeweils Anteile von deutlich über 20% erreicht werden, liegen die Erneuerbaren Energien, die Nanotechnologie und die Optik jeweils im Durchschnitt aller wissenschaftlichen Publikationen bei 17-18%.

Abbildung 5-2: Anteile* wissenschaftlicher Publikationen aus Baden-Württemberg an den gesamtdeutschen Publikationen in ausgewählten Feldern 1997-2009 (in %)



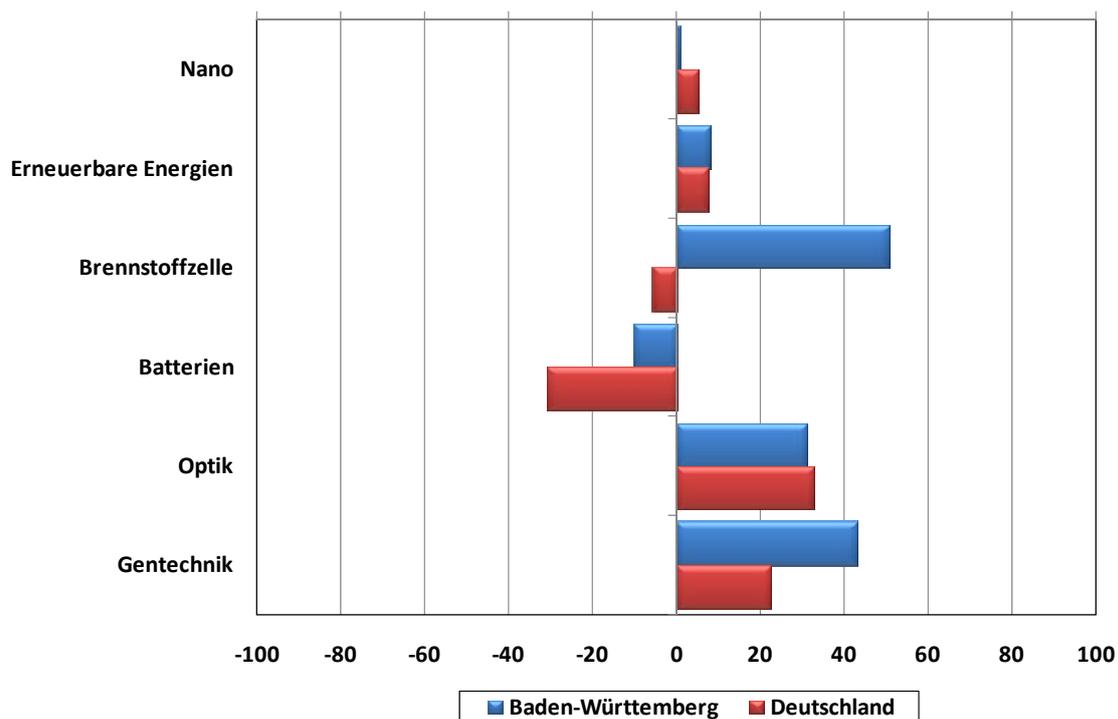
* gleitende 3-Jahres-Durchschnitte

Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Das Messen an internationalen Zahlen, das sich anhand des Spezialisierungsprofils (Abbildung 5-3) übersichtlich darstellen lässt, belegt eine starke Position der Forschung in Baden-Württemberg in den ausgewählten Wissenschaftsfeldern. Mit Ausnahme der Batterien (dies ist in der jüngeren Vergangenheit nicht zuletzt mit Bezug auf mobile Anwendungen gerade bei Handys und Computern ein breit beforschtes Gebiet) zeigen sich für Baden-Württemberg überall Publikationszahlen entsprechend dem weltweiten

Durchschnitt bzw. darüberliegend. Auffallend sind die Schwerpunkte in Gentechnik und Optik, die sich auch deutschlandweit zeigen. Diese Ergebnisse schließen an die Gesamtbetrachtung im vorangegangenen Kapitel an. Das in absoluten Zahlen deutlich kleinere Feld der Brennstoffzellen ist entgegen dem gesamtdeutschen Schwerpunkt eine relative Stärke des baden-württembergischen Forschungssystems. Bezüglich Batterien, die gemeinsam mit der Brennstoffzelle als Schlüsseltechnologien bei der Elektromobilität angesehen werden können, führt die Dynamik in der jüngeren Zeit zu einer deutlichen Verbesserung der relativen Position und zu einem Vorsprung im Vergleich zu Deutschland insgesamt. Sollte sich der Trend fortsetzen, dann wird in naher Zukunft auch hier eine positive Spezialisierung im Vergleich zu den weltweiten Größenordnungen erreicht werden.

Abbildung 5-3: Baden-Württembergs Spezialisierungsprofil bei wissenschaftlichen Publikationen in ausgewählten Feldern (Spezialisierungsindex)



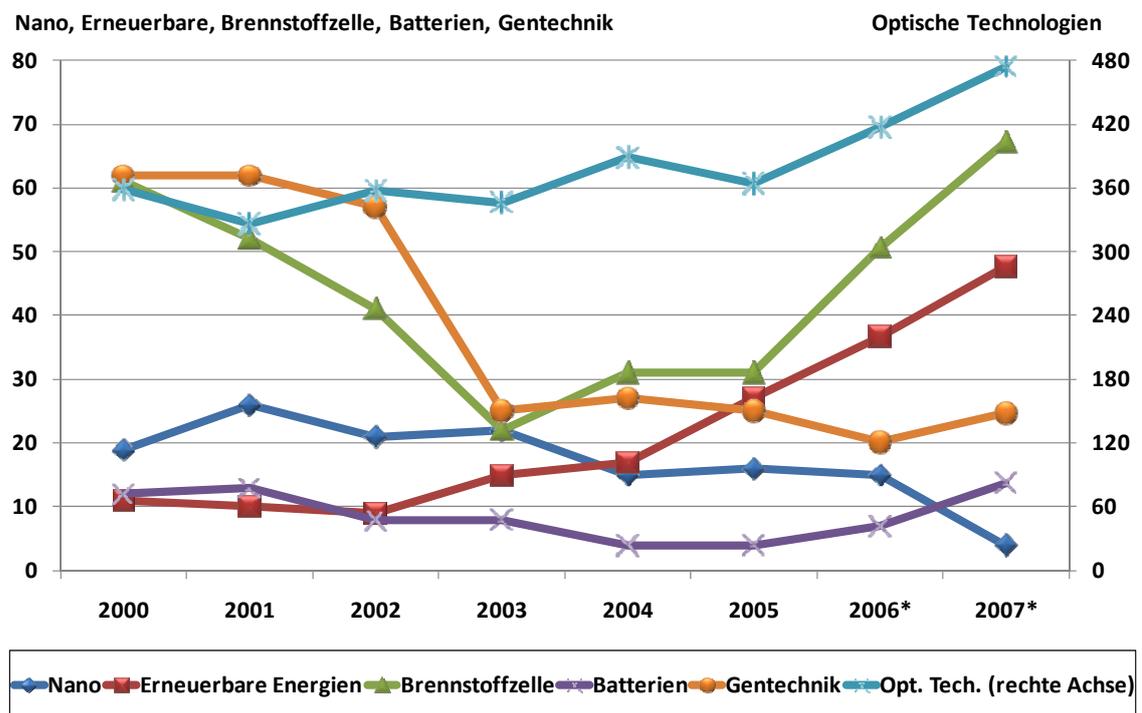
Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen des Fraunhofer ISI

5.2 Patentanmeldungen in den ausgewählten Technikfeldern

Ähnlich wie in Bezug auf die wissenschaftlichen Publikationen – allerdings mit deutlich größerem Abstand – sind die Optischen Technologien bei Patentanmeldungen das

größte unter den hier betrachteten Technikfeldern. Baden-württembergische Unternehmen hatten zuletzt fast 500 solcher Patente am Europäischen Patentamt angemeldet (Abbildung 5-4). Eine deutliche Dynamik nach einem Einbruch der Anmeldezahlen in den Jahren 2000 bis 2004 zeigt sich für Brennstoffzellen-Patente. Zwischen 2005 und 2007 haben sich die Anmeldungen verdoppelt. In dieser Hinsicht sind auch die Erneuerbaren Energien erwähnenswert. Die Anmeldungen in diesem Bereich haben sich seit 2004 etwa verdreifacht. Auch bezüglich der Batterien lässt sich seit 2005, wenngleich auf deutlich niedrigerem Niveau, ein Wachstum identifizieren. Geht man, wie sich in verschiedenen Untersuchungen gezeigt hat (Dreher et al. 2005; Frietsch 2007; Legler et al. 2007; Schmoch 2007a), von einem Vorlauf der Trends bei wissenschaftlichen Publikationen vor den Patentanmeldungen von zwei bis fünf Jahren aus, lassen sich für die nahe Zukunft gerade bei Batterien Zuwächse bei den Patentanmeldungen erwarten. Die Publikationen aus Baden-Württemberg waren seit 2006 deutlich angestiegen.

Abbildung 5-4: Entwicklung der Patentanmeldungen Baden-Württembergs am EPA in ausgewählten Technikfeldern 2000-2007



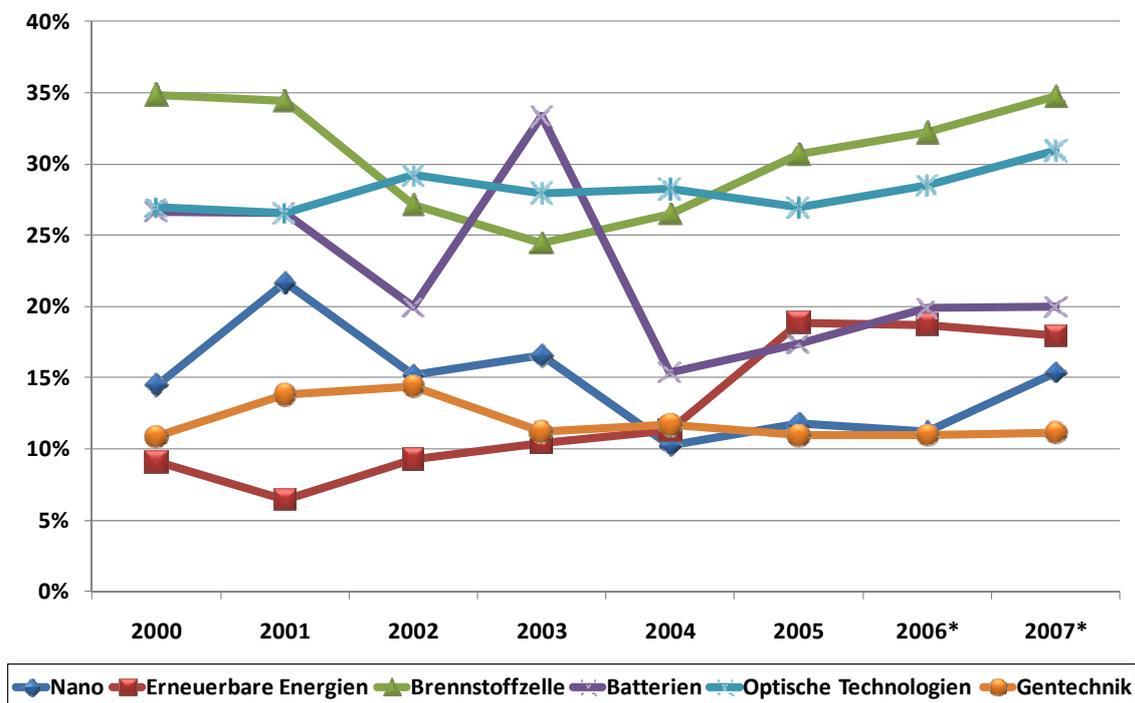
* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Allerdings, und dies zeigt zunächst der nationale Vergleich anhand der Anteile Baden-Württembergs an Deutschland (Abbildung 5-5), sind es die Brennstoffzelle, die Batte-

rien und die Optischen Technologien, bei denen Baden-Württemberg stärker wächst als Deutschland insgesamt. Oberhalb des Gesamtdurchschnitts bei Patentanmeldungen aus Baden-Württemberg in Relation zu den bundesweiten Anmeldungen liegen lediglich die Brennstoffzelle und die Optischen Technologien, während die übrigen Felder unterhalb des durchschnittlichen Anteils von ca. 26% am EPA bleiben. Dies kann zum Teil zwar erneut durch die Dominanz des Maschinen- und Fahrzeugbaus gerade im internationalen Profil Baden-Württembergs erklärt werden, reicht jedoch als ausschließliche Erklärung an dieser Stelle nicht aus, zumal die entsprechenden Werte beim Forschungsoutput deutlich positivere Signale gesendet hatten. Besonders fällt dabei erneut das niedrige Niveau bei der Gentechnik auf, wo lediglich 15% der deutschen Patentanmeldungen aus Baden-Württemberg stammen, während dieser Bereich bei der Wissenschaft mit gut 25% Anteil an Deutschland den zweiten Platz unter den betrachteten Wissenschaftsfeldern eingenommen hatte.

Abbildung 5-5: Anteile der baden-württembergischen an allen deutschen Patentanmeldungen am EPA in ausgewählten Technikfeldern 2000-2007 (in %)



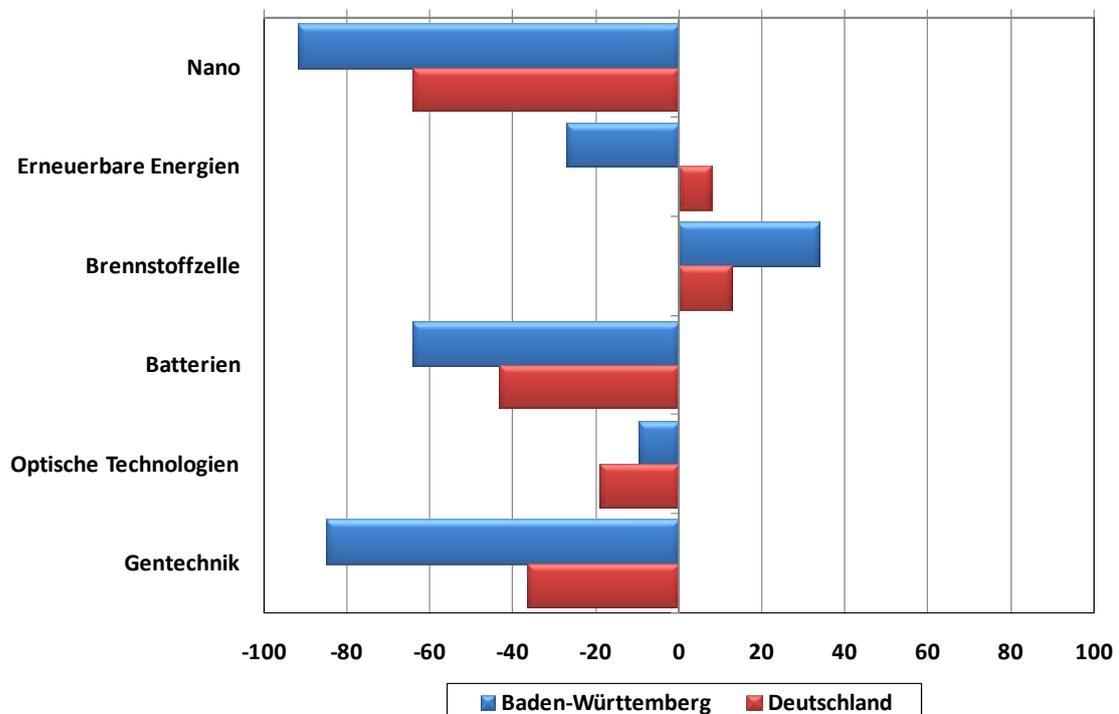
* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Der internationale Vergleich fällt dabei noch deutlicher aus. Es bestehen lediglich im Bereich der Brennstoffzelle komparative Vorteile, während insbesondere bei Nano-

technologie und Gentechnik sowie bei Batterien komparative Nachteile zu erkennen sind (Abbildung 5-6). Die Erneuerbaren Energien sind entgegen dem deutschen Profil in Baden-Württemberg unterrepräsentiert und die Optischen Technologien bewegen sich sehr nahe am internationalen Durchschnitt, wobei angemerkt werden muss, dass bezüglich der Patente der größte Teilbereich der Optischen Technologien – nämlich Beleuchtung und Energie – hier den negativen Ausschlag verursacht. Die komparativen Vorteile in diesem Teilbereich liegen außerhalb Baden-Württembergs bzw. im Ausland, konkret in den Niederlanden. Die beiden anderen Teilbereiche der Optischen Technologien, die "modernen" Optik-Anwendungen und die klassische Optik, gehören in Baden-Württemberg auch im internationalen Vergleich zu den Schwerpunkten, bei denen komparative Vorteile bestehen (siehe auch die Schwerpunktanalyse in Abschnitt 5.4). Der theoretische Verlauf der technologischen Entwicklung angewendet auf diese Kompetenzfelder (siehe das Modell der idealtypischen Technologiezyklen im folgenden Abschnitt) fordert ein weiterhin starkes Engagement in der wissenschaftlichen und industriellen Forschung, um bei der Diffusion dieser Technologien die Wertschöpfungspotenziale zu realisieren.

Abbildung 5-6: Baden-Württembergs Spezialisierungsprofil bei Patentanmeldungen am EPA in ausgewählten Feldern (Spezialisierungsindex)

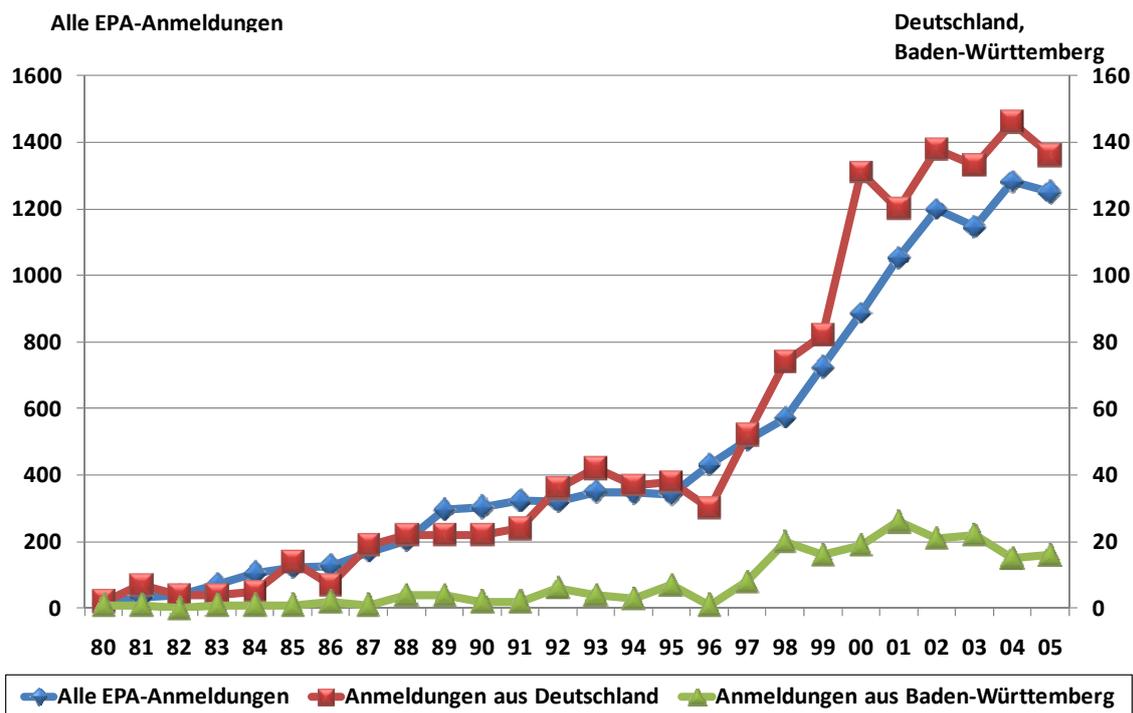


Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

5.3 Schwerpunkt Nanotechnologie

Die Nanotechnologie hat sich in den letzten zwanzig Jahren zu einem internationalen Forschungs- und Technologietrend entwickelt. Der Nanotechnologie wird insgesamt eine Schlüsselrolle als eines der aussichtsreichsten Technikfelder mit Innovationspotenzialen in fast allen industriellen Anwendungsbereichen attestiert (BMBF 2009). Die Nanotechnologie wird häufig als Querschnittstechnologie bezeichnet, da sie über mehrere Technikfelder hinweg grundlegende Anwendungspotenziale bietet. Zusätzlich wird mit dem Begriff der Nanotechnologie auch der Begriff der "enabling technology" (Schlüsseltechnologie) verbunden, da sie häufig als Anstoßpunkt für weiterführende technologische Entwicklungen gesehen wird. Basierend auf diesem Anwendungspotenzial werden mit der Nanotechnologie auch wirtschaftliche Interessen und Erwartungen verbunden. Es wird davon ausgegangen, dass zukünftige Marktvolumina sich auf 1.000 bis zu 2.500 Milliarden US-Dollar belaufen können (Hullmann 2006).

Abbildung 5-7: Anzahl der Nanotechnologiepatente am EPA 1980-2005

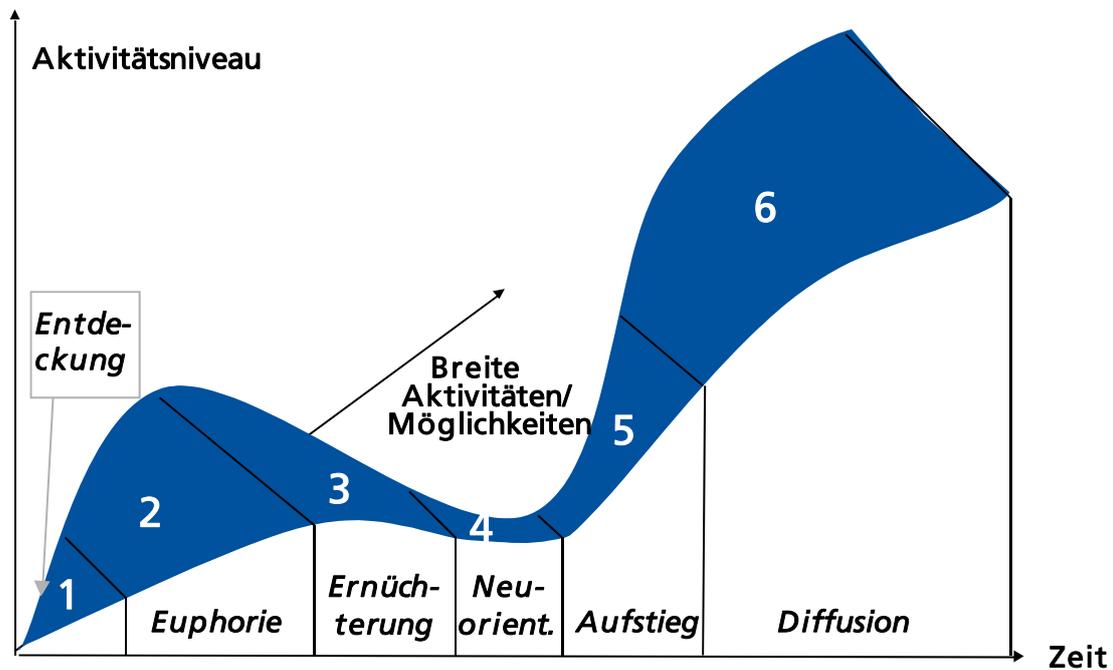


EP-gesamt auf linker Achse, DE und BW auf rechter Achse

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Wie Abbildung 5-7 zeigt, werden am europäischen Patentamt zwischen 2000 und 2005 jährlich etwa 1.200 bis 1.400 Patente im Bereich Nanotechnologien angemeldet.¹⁹ Der Anteil der Patente deutscher Anmelder macht dabei etwa 10% aus und beläuft sich im gleichen Zeitraum auf ca. 120 Anmeldungen. Baden-Württemberg kann seit 1998 jährlich etwa 20 Anmeldungen im Bereich Nanotechnologie am EPA verzeichnen.

Abbildung 5-8: Idealtypische Technologiezyklen ("Double-Boom"-Verlauf)



Quelle: Dreher et al. (2005); Meyer-Krahmer/Dreher (2004)

Vergleicht man die Verläufe der Patentanmeldungen am EPA mit dem idealtypischen Verlauf (Abbildung 5-8) der Technologiezyklen ("Double-Boom"), wird deutlich, dass die Nanotechnologie momentan in der so genannten "Ernüchterungsphase" steckt (Schmoch 2007b). In den ersten beiden Phasen nach der Entdeckung einer Technologie werden Patente zum Großteil von wissenschaftlichen Einrichtungen (Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) angemeldet. Nach der Neuorientierungsphase ist ein starker Anstieg der Patentanmeldungen aus der Industrie zu erwarten. In Baden-Württemberg bestehen in der wissenschaftlichen Forschung zunächst keine ausgeprägten Schwerpunkte im Bereich der Nanotechnologie. Die starke Indust-

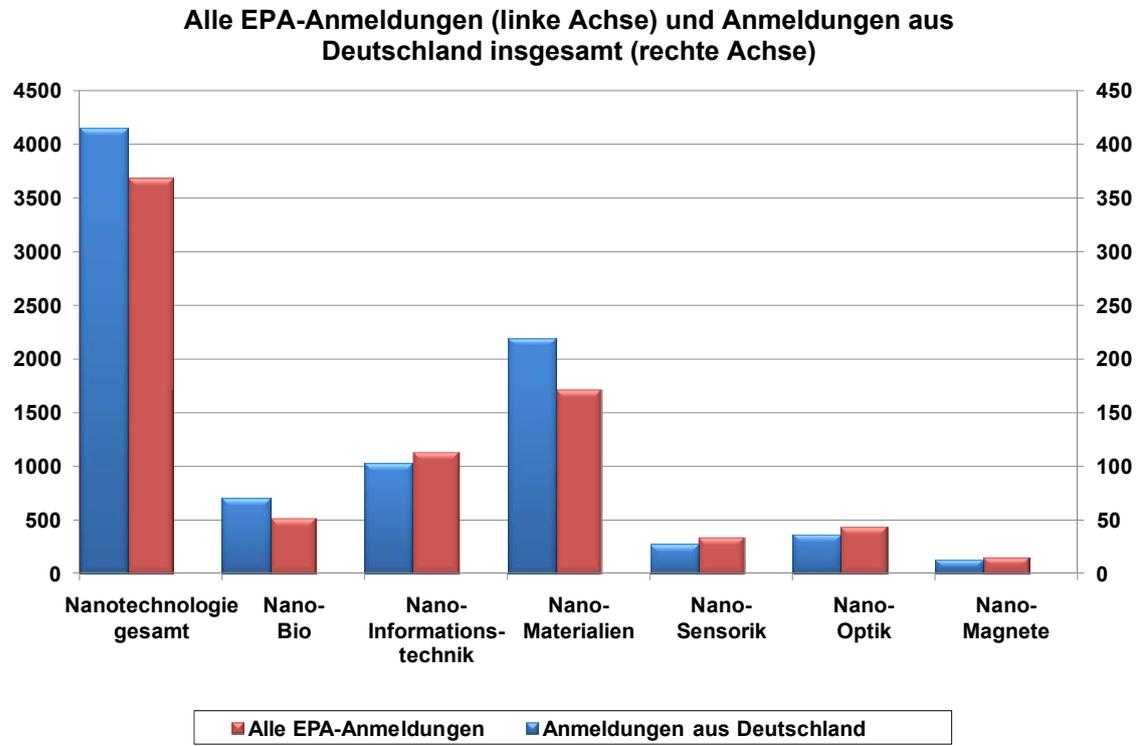
¹⁹ Um die Entwicklungen der Nanotechnologie besser erfassen und einordnen zu können, existiert am EPA eine eigene Sektion für Nanopatente innerhalb der europäischen Patentklassifikation (ECLA). Mit Hilfe dieser Klassifikation können Patente im Bereich der Nanotechnologie nach Untergruppen kategorisiert werden, die je nach Nähe zu einem jeweilig anderen Technologiefeld definiert werden. Dies führt jedoch auch dazu, dass Nanotechnologiepatehte hier nur am europäischen Patentamt analysiert werden können.

riestruktur eröffnet jedoch Chancen für eine stärker anwendungsgebundene, technologische Entwicklung. Wie sich Baden-Württemberg im weiteren Verlauf des Technologiekreislaufes entwickelt, bleibt allerdings abzuwarten.

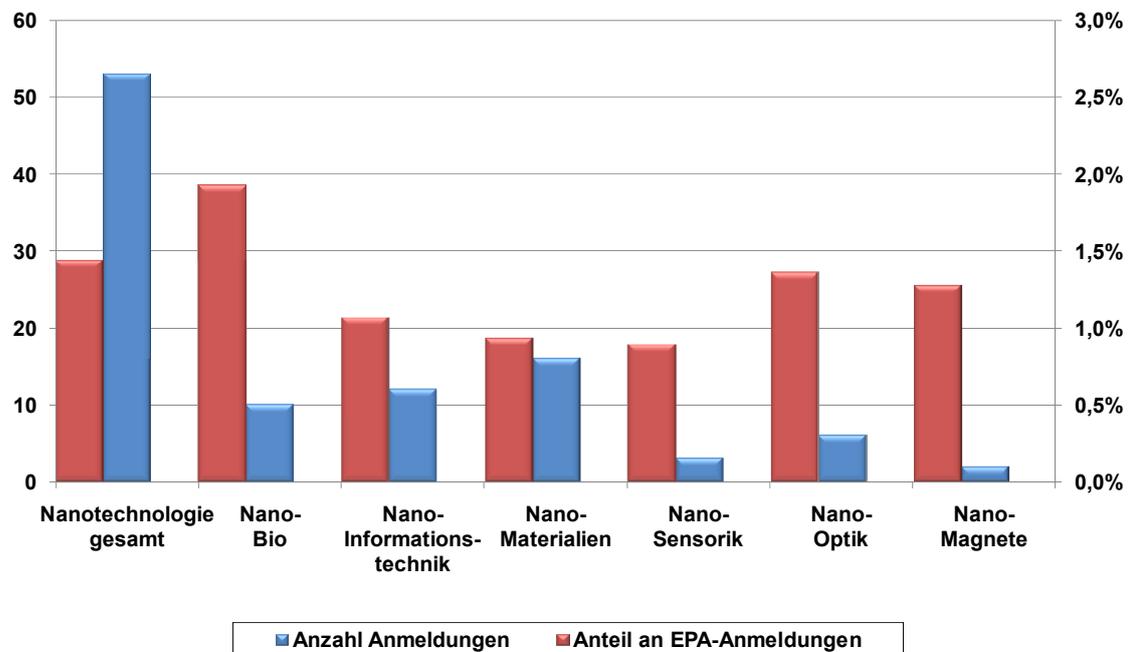
Seit 1984 liegt der Anteil Deutschlands an allen Nanotechnologiepatenten am EPA kontinuierlich bei etwa 10%. Der Anteil Baden-Württembergs an allen deutschen Anmeldungen am europäischen Amt schwankt über die Jahre hinweg zwischen 4 und 30%. Im Mittel kann Baden-Württemberg im Vergleich zu den gesamtdeutschen Anmeldungen eine relativ starke Position behaupten. Durchschnittlich 16% aller deutschen Anmeldungen am EPA im Bereich der Nanotechnologie stammen von baden-württembergischen Patentanmeldern.

Unter allen Patentanmeldungen im Bereich der Nanotechnologie stellen die Nanomaterialien die bei weitem größte Kategorie dar (Abbildung 5-9). Fast die Hälfte aller Nanotechnologiepatente im Zeitraum zwischen 2003 und 2005 stammt aus diesem Bereich. Der Teilbereich Nano-Informationstechnik bildet die zweitgrößte Kategorie, gefolgt vom Bereich Nano-Bio. Eine ähnliche Verteilung wie auf gesamt-europäischer Ebene findet sich auch für Deutschland und Baden-Württemberg. Auch hier kommen, absolut gesehen, die meisten Patentanmeldungen aus den Bereichen Nanomaterialien und Nano-Informationstechnik. Bezogen auf Baden-Württemberg zeigt sich jedoch, dass der Nano-Bio-Bereich vergleichsweise etwas stärker vertreten ist. Das gleiche gilt auch für die Kategorie Nano-Optik. Speziell für Nano-Bio zeigt sich somit eine Komplementarität zu den Stärken der öffentlichen Forschung in Baden-Württemberg (gemessen über Publikationen), wo vor allem die Neurowissenschaften, Biochemie und Gentechnik und Immunologie an der Spitze sowohl bezüglich der relativen Bedeutung stehen (siehe Kapitel 3). Gleichzeitig wird hierin die starke industrielle Forschung im Bereich Optischer Technologien reflektiert.

Abbildung 5-9: Anzahl der Nanotechnologiepatente nach Teilbereichen am EPA 2003-2005 (summiert)



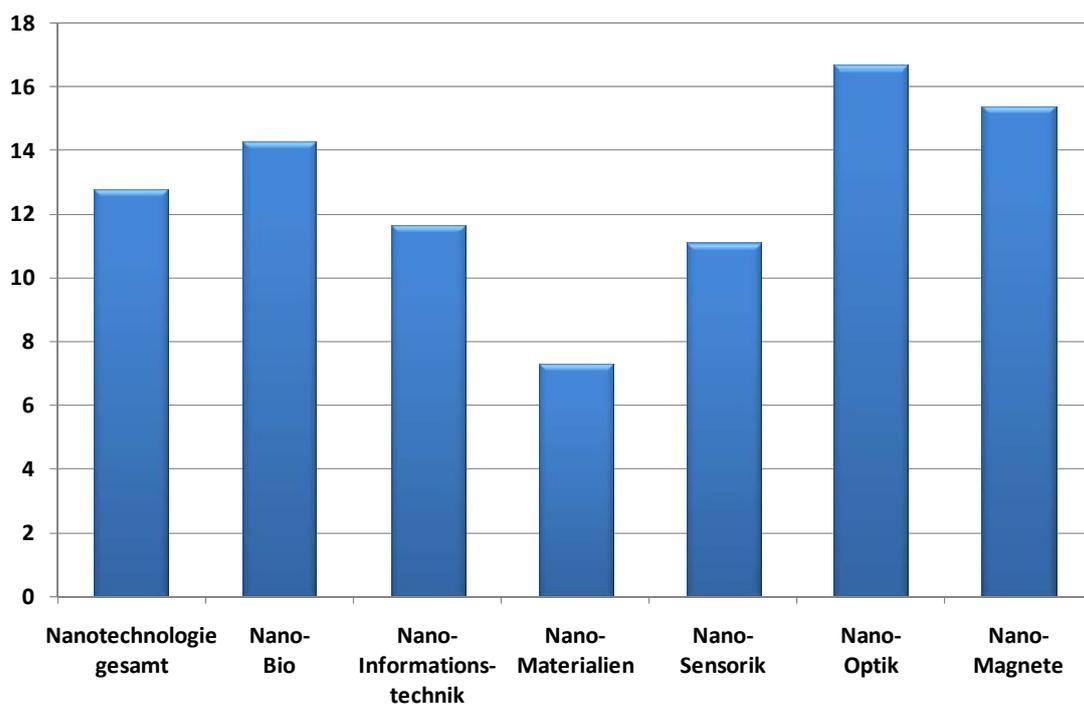
Baden-Württemberg absolut und in Prozent aller EPA-Anmeldungen



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die Anteile der Untergruppen an allen Anmeldungen des jeweiligen Landes (EP-gesamt, Anmeldungen aus DE, Anmeldungen aus BW) zeichnen ein ähnliches Bild. Baden-Württemberg ist anteilig weniger stark im Nanomaterialien-Bereich vertreten, auch wenn dies absolut die größte Kategorie darstellt. Eine verstärkte Spezialisierung Baden-Württembergs findet sich besonders in den Bereichen Nano-Bio und Nano-Optik. Im Feld Nano-Bio kann Baden-Württemberg am stärksten punkten und liegt relativ gesehen vor den gesamtdeutschen und sogar vor den Gesamtanmeldungen am europäischen Amt. Auch im Bereich Nano-Optik liegt Baden-Württemberg anteilig vor den gesamtdeutschen Anmeldungen am EPA. Diese Ergebnisse bestätigen somit den Trend, der sich auch schon in den absoluten Zahlen zeigte.

Abbildung 5-10: Anteile der Nanopatente aus Baden-Württemberg an allen deutschen Anmeldungen am EPA nach Teilbereichen (summiert) 2003-2005 (in %)



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Analysiert man die Anteile Baden-Württembergs an den deutschen Anmeldungen, aufgeschlüsselt nach den jeweiligen Untergruppen (Abbildung 5-10), wird über die Jahre eine deutliche Schwankung der Anteile zwischen 7 und 16% erkennbar. An dieser Stelle wird erneut die Bedeutung der Felder Nano-Optik und Nano-Bio in Baden-Württemberg deutlich. Knapp über 16% der Anmeldungen aus Baden-Württemberg an allen Anmeldungen aus Deutschland stammen aus dem Nano-Optik-Bereich. In der Kategorie Nano-Bio sind dies immerhin noch knapp über 14%. Diese Grafik zeigt zu-

sätzlich, dass auch das Feld Nano-Magnete in Baden-Württemberg von größerer Bedeutung zu sein scheint.

In Baden-Württemberg können in der Nanotechnologie insgesamt gesehen sicherlich Schwächen festgestellt werden, aber es zeigen sich auch einige Stärken in einzelnen Teilthemen der Nanotechnologie. Hier sind besonders die beiden Bereiche Nano-Bio und Nano-Optik (weniger jedoch Nano-Sensorik) hervorzuheben. Gerade Nano-Bio scheint von der starken Position Baden-Württembergs in der öffentlichen Forschung der Biotechnologie zu profitieren. Da die Nanotechnologie im idealtypischen Technologiezyklus gerade in der "Ernüchterungsphase" steckt, bleibt abzuwarten, wie der starke Industriesektor Baden-Württembergs auf die weitere technologische Entwicklung der Nanotechnologie reagiert.

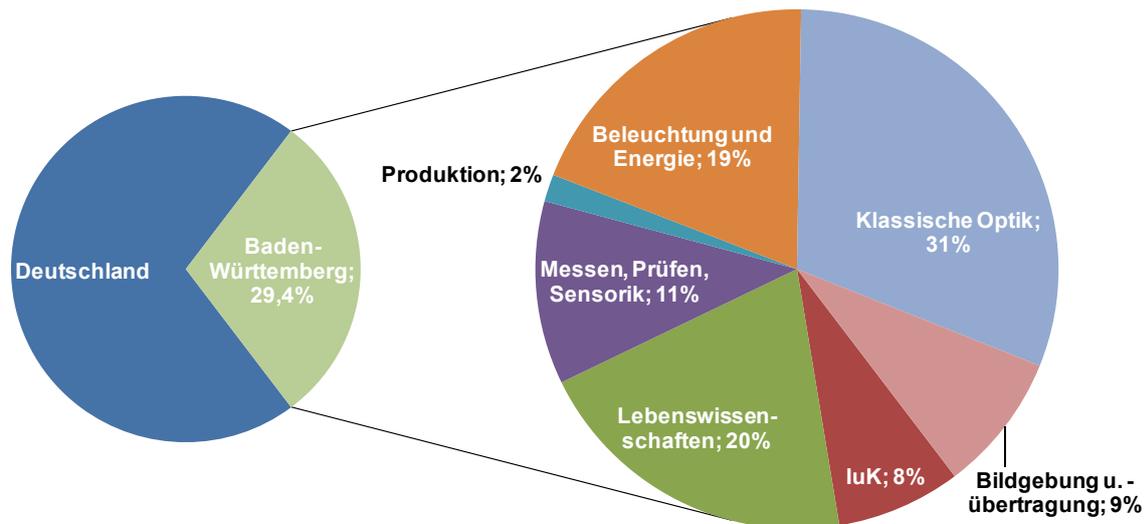
5.4 Schwerpunkt Optische Technologien

Licht als Arbeitsmittel bzw. als Werkstoff ist einer der vielversprechendsten und zukunftsweisendsten Technologiepfade weltweit. Die Nutzbarmachung von Licht, häufig in gebündelter Form, für verschiedenste Zwecke ist eine wesentliche Herausforderung für Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Unterschiedliche Perspektiven werden unter der Überschrift Optische Technologien zusammengefasst. Optische Technologien sind für viele Anwendungen, die man zwar heute schon kennt, teilweise aber erst in der Zukunft die Marktreife erlangen werden, ein wesentlicher Bestandteil. Diese Anwendungen reichen von optischen Computern und deren Komponenten, Displays für Fernsehen und Büro, über Beleuchtung in all ihren Formen bis hin zu traditionellen optischen Produkten wie Linsen und Mikroskopen. Die Umwandlung des Sonnenlichts in Energie ist in vielen Haushalten bereits Alltag. Optische Technologien in der Medizintechnik umfassen beispielsweise die Endoskopie, Laserskalpelle sowie bildgebende Instrumente und Geräte. Ebenso werden die Optischen Technologien in der industriellen Produktion für das exakte Schneiden oder Schweißen eingesetzt, ebenso wie Sensorik und Messtechnik zur Steuerung von Maschinen und Anlagen.

Die Optischen Technologien gehören zu den so genannten Querschnittstechnologien, die in vielen Produkten in unterschiedlichen Branchen nicht nur eingesetzt werden, sondern die weiteren Entwicklungen und die aktuelle Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen entscheidend mitbestimmen bzw. erst ermöglichen. Die Optischen Technologien sind dabei, wie zahlreiche andere Querschnittstechnologien auch, sehr for-

schungsintensiv²⁰ und gleichzeitig auch wissenschaftsbasiert, d.h. Universitäten und öffentliche Forschungseinrichtungen spielen beim stetigen technologischen Fortschritt als Input-Geber für die Anwendungen in Unternehmen eine überdurchschnittliche Rolle.

Abbildung 5-11: Patentanmeldungen am DPMA nach Teilbereichen der Optischen Technologien 2005-2007 (Anteile in %)

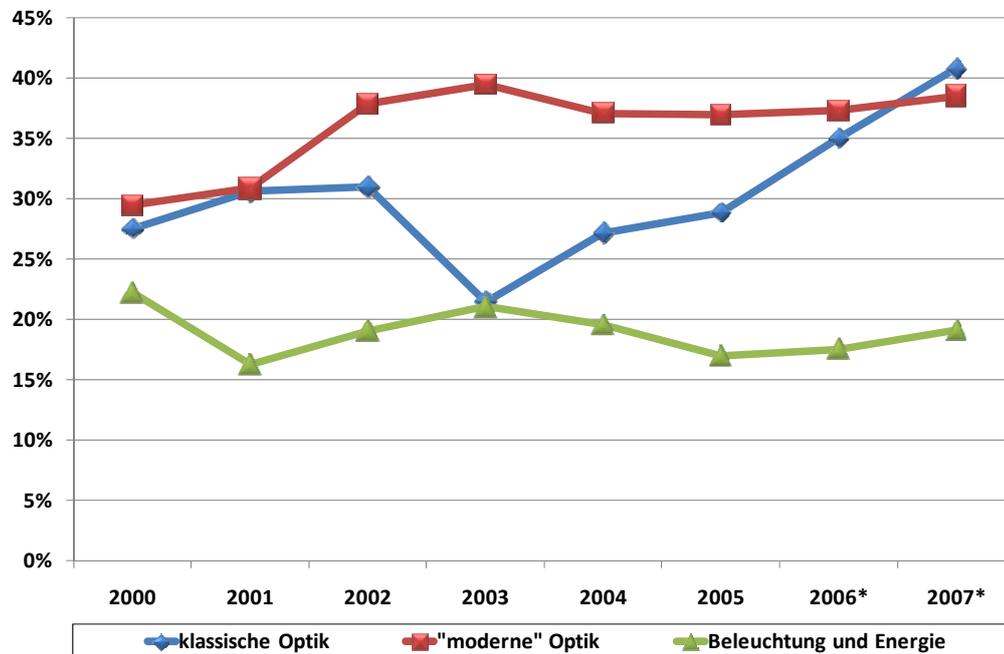


Quelle: STN – PATDPA; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 5-11 veranschaulicht die Teilbereiche der Optischen Technologien in Baden-Württemberg anhand der Patentanmeldungen am deutschen Patentamt. Die Optischen Technologien in der Produktion (2%) sind insgesamt eher ein kleiner Teilbereich gemessen am Patentoutput, doch gemeinsam mit dem verwandten Bereich Messen, Prüfen und Sensorik (11%) ergibt sich auch hier eine relevante Größenordnung. Bei Informations- und Kommunikationstechnik (8%) gilt in Deutschland insgesamt, aber gerade auch in Baden-Württemberg, eher "klein aber fein". Die klassische Optik (31%) sowie Beleuchtung und Energie (19%) gehören zu den großen Feldern. Eine im nationalen wie internationalen Vergleich herausragende Rolle nehmen die Optischen Technologien in den Lebenswissenschaften ein (20%).

²⁰ Es werden fast 10% der Umsätze in dieser Branche in Forschung und Entwicklung (FuE) investiert; der bundesweite Anteil gemessen am Bruttoinlandsprodukt liegt bei ca. 2,5%. Siehe BMBF (2007).

Abbildung 5-12: Anteile der baden-württembergischen an allen deutschen Patentanmeldungen am EPA in Teilbereichen der Optischen Technologien 2000-2007 (in %)



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

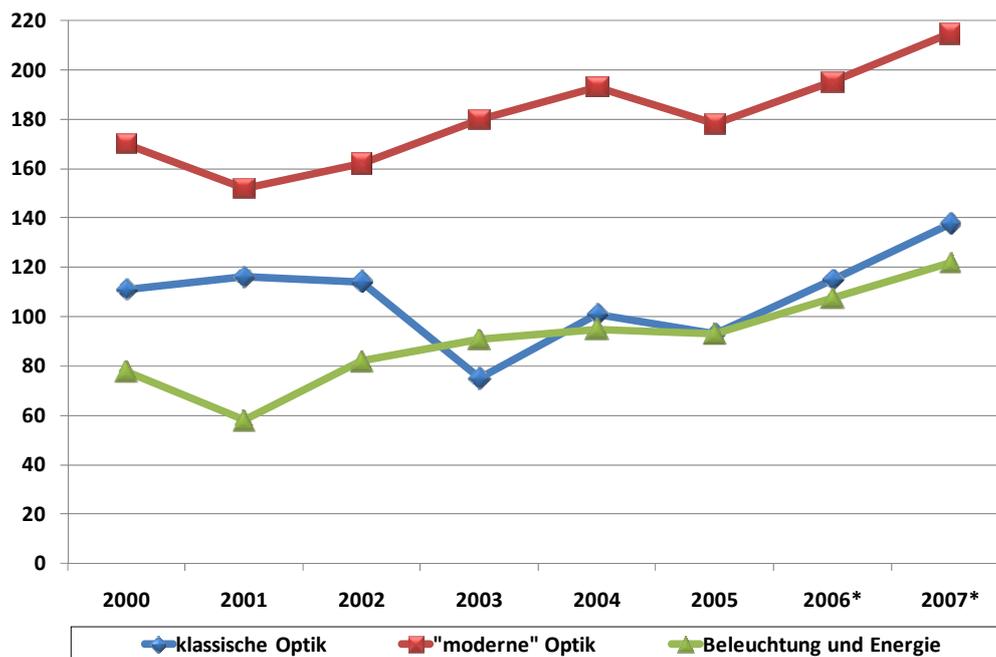
Die Rolle der Optischen Technologien in Baden-Württemberg wird auf der Umsatzseite mit etwa 5 Mrd. Euro beschrieben, was ca. 25% des gesamten bundesdeutschen Umsatzes mit Optischen Technologien entspricht. In der jüngeren Vergangenheit konnten dabei zweistellige Wachstumsraten erreicht werden.²¹ Patente als Erfolgsmaß der industriellen Forschungsaktivitäten bzw. als ein früher Innovationsindikator attestieren den baden-württembergischen Unternehmen aus dem Bereich Optische Technologien auf dem deutschen Markt (abgebildet durch Patentanmeldungen am Deutschen Patent- und Markenamt) eine leicht unterdurchschnittliche Forschungsaktivität verglichen mit den übrigen Technikbereichen in Baden-Württemberg, was nicht zuletzt mit der Dominanz des Maschinen- und Fahrzeugbaus zu erklären ist. Baden-Württemberg erreicht jedoch insgesamt einen überdurchschnittlich hohen Anteil am bundesdeutschen Patentoutput, was auch für die Optischen Technologien gilt. Das Land zeichnete in den Jahren 2005-2007 für 30% aller deutschen Patente insgesamt und für 29,4% aller Patente im Bereich der Optischen Technologien verantwortlich. Betrachtet man

²¹ Diese Angabe bezieht sich auf das Jahr 2005. Die entsprechenden Daten finden sich in Optech Consulting (2008) und BMBF (2007).

die stärker auf internationale Märkte abzielenden Anmeldungen am Europäischen Patentamt, dann wird die Bedeutung der industriellen Forschung in Baden-Württemberg sogar noch deutlicher; dort beträgt der entsprechende Anteil nahezu 34% (Abbildung 5-12).

Klammert man dabei die Themen Beleuchtung und Energie aus und fokussiert ausschließlich auf die modernen Anwendungen der Optischen Technologien in den Lebenswissenschaften, in IuK und bei Produktion sowie andererseits auf die klassische Optik, dann erreicht Baden-Württemberg sogar Anteile von knapp 40% bei EPA-Anmeldungen bezogen auf alle aus Deutschland stammenden Patente. Dies entspricht jährlich mehr als 200 Anmeldungen im Bereich der "modernen" Optik und 100-120 Anmeldungen bei klassischer Optik bzw. Beleuchtung und Energie (Abbildung 5-13).

Abbildung 5-13: Entwicklung der Patentanmeldungen Baden-Württembergs in Teilbereichen der Optischen Technologien am EPA 2000-2007



* Hochrechnungen/Schätzungen auf Basis der Anmeldungen am EPA und der PCT-Anmeldungen

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

5.5 Zusammenfassung der Analysen in ausgewählten Technikfeldern

Bei der Analyse des Wissenschafts- und des Technologieprofils von Baden-Württemberg (Kapitel 3 und 4) hatten sich grundsätzlich eher Komplementaritäten und weniger Parallelen zwischen den Forschungsschwerpunkten von Wissenschaft und Wirtschaft ergeben. Die Untersuchung der ausgewählten Technikfelder in diesem Kapitel hat gezeigt, dass es bei Querschnittstechnologien und den jungen Technologien hingegen eher solche Parallelitäten zwischen Wissenschaft und Wirtschaft gibt. Zu den Stärken Baden-Württembergs in den neuen Feldern gehören, sowohl gemessen in wissenschaftlichen Publikationen wie auch in Patentanmeldungen, die "modernen" Teilbereiche der Optischen Technologien, die Brennstoffzelle und in jüngerer Zeit auch die Batterien. Im Bereich der Genforschung hat sich dies nicht gezeigt, so dass auch weiterhin eine "Lücke" zwischen Wissenschaft und industrieller Anwendung im Bereich der Lebenswissenschaften zu konstatieren ist. Was auf bundesdeutscher Ebene gilt, gilt für Baden-Württemberg noch deutlicher: die Translation von Forschung in die Anwendung gehört nach wie vor zu den größten Herausforderungen in den Lebenswissenschaften allgemein, speziell aber in der Biotechnologie, der Medizin und der Pharmaforschung.

6 **Forschungskooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Baden-Württemberg**

6.1 **Kooperation, Transfer, Auftragsforschung**

Vorgehensweise

Dieser Abschnitt gibt zunächst einen Überblick über Umfang, Strukturen und Formen der in Baden-Württemberg praktizierten Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Hierbei stehen Fragen der Intensität, Intention und Motivation, der Verwertung und Nutzung von Forschungsergebnissen sowie der politischen Förderung von Kooperationen im Mittelpunkt der Analyse. Die darauffolgenden zwei Abschnitte gehen schwerpunktmäßig auf internationale Kooperationen öffentlicher und industrieller Kooperationen im Lichte von Ko-Publikationen und Ko-Patenten ein.²²

Die nachfolgenden Ausführungen basieren sowohl auf der Auswertung der Drittmittelstatistik baden-württembergischer Hochschulen (für einen generellen Überblick des Drittmittelaufkommens der Hochschulen in Baden-Württemberg vgl. Abschnitt 2.2) als auch auf im Rahmen der Studie durchgeführten Tiefeninterviews mit Vertretern baden-württembergischer Universitäten, Universitätskliniken, außeruniversitärer Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Insgesamt wurden 24 Interviews durchgeführt, die sich wie folgt auf die genannten Kategorien von Einrichtungen verteilen:

- Universitäten (einschl. Institute der Max-Planck-Gesellschaft): 10 Interviews
- Universitätskliniken: 4 Interviews
- Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen: 5 Interviews
- Unternehmen: 5 Interviews.

Die Interviews wurden vorwiegend persönlich geführt und dauerten im Schnitt ca. 90 Minuten. Die Grundlage bildete ein Interviewleitfaden, der den Gesprächspartnern rechtzeitig vor dem Interviewtermin zur Verfügung gestellt wurde. Die Auswahl der Interviewpartner basierte sowohl auf der Publikations- als auch der Patentanalyse. So wurden auf wissenschaftlich-akademischer Seite die publikationsaktivsten Wissen-

²² Entsprechend der Vielfalt der unterschiedlichen Transferformen ist deren statistische Erfassung in ihrer Ganzheit nur schwer zu bewerkstelligen. Die hierfür benötigten Daten liegen in der Regel nur für einzelne Transferkanäle vor; für die meisten müssten umfangreiche Primärerhebungen durchgeführt werden. Für den vorliegenden Bericht wurde die Kooperationsneigung bzw. Anwendungsorientierung schwerpunktmäßig mit Hilfe von Drittmittelquoten und Ko-Publikationen aus Sicht der öffentlichen Forschung und anhand von internationalen Ko-Patenten aus Sicht der Industrie abgeschätzt. Flankierend zu den quantitativen Analysen wurden die Ergebnisse der Experteninterviews ausgewertet.

schaftler je Wissenschaftsfeld kontaktiert, auf Unternehmensseite wurden schwerpunktmäßig Personen angeschrieben, die bereits Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Institutionen aufweisen konnten (basierend auf Anmeldungen von Ko-Patenten).

Forschungskooperationen im Lichte der quantitativen und qualitativen Empirie

Der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft kommt in einer zunehmend auf dem Produktionsfaktor "Wissen" aufbauenden Wirtschaft eine herausragende Bedeutung zu. Die wachsende Bedeutung wissensbasierter Technologien, eine Verschärfung des technologischen Wettbewerbs, die Beschleunigung von Produktlebenszyklen und eine Verteuerung der modernen Forschung stellen hierbei wichtige Determinanten des Wissens- und Technologietransfers von öffentlichen Forschungseinrichtungen zu privaten Unternehmen dar. Der Transfer erfolgt in der Regel nicht nur von öffentlichen wissenschaftlichen Einrichtungen bzw. Forschungseinrichtungen zu privaten Unternehmen, sondern es geht um einen wechselseitigen Austausch, von dem auch die Forschungseinrichtungen profitieren (vgl. Schmoch et al. 2000).

Wissens- und Technologietransfer bedeutet dabei die planvolle Übertragung wissenschaftlichen und technologischen Wissens zwischen Personen und Organisationen zum Zweck der Innovation (Koschatzky et al. 2008). Ausgehend von einem breiten Verständnis des Wissens- und Technologietransfers, bei dem es nicht nur um die Bereitstellung materieller Artefakte geht, sondern auch um die Vermittlung von technologieorientiertem Wissen, zeigt sich, dass es eine Vielzahl unterschiedlicher Mechanismen der Übertragung von Wissen und Technologie gibt. Nach Schmoch et al. (2000) gehören dazu so unterschiedliche Formen wie Auftragsforschung und Kooperationsprojekte, informelle Treffen, Personalaustausch, Personalrekrutierung, Lizenzvergaben, Spin-offs aus akademischen Einrichtungen, Stiftungslehrstühle oder auch die Etablierung von strategischen Forschungspartnerschaften, beispielsweise im Zusammenhang mit Public Private Partnerships.

Im Kontext der Bedeutung der Rolle von Wissenszentren und ihrer Interaktion mit der Wirtschaft richtet sich in Deutschland und einer ganzen Reihe weiterer Länder in Europa seit spätestens Mitte der 1990er Jahre der Blick insbesondere auf die Rolle von Universitäten und Hochschulen und die Frage, welche Instrumente der Technologie- und Innovationspolitik zur Verfügung stehen bzw. zu entwickeln sind, um die Interaktion zwischen Hochschulen und Unternehmen zu initiieren oder zu flankieren.

Nach Koschatzky et al. (2008) sind "Hochschulen wichtige wissenserzeugende und wissensvermittelnde Organisationen. Sie sind Brückenköpfe zu nationalen und interna-

tionalen wissenschaftlichen, technologischen und ökonomischen Netzwerken, insbesondere für die Unternehmen und Einrichtungen, die keine vergleichbaren Netzwerkbeziehungen mit eigenen Ressourcen aufbauen können."

Als wesentliche politische Instrumente für eine Stärkung der Rolle der Hochschulen im (deutschen) Transfersystem wurden in den vergangenen zehn Jahren insbesondere die Professionalisierung der Patentierung und Lizenzierung von Hochschulerfindungen in die Wege geleitet, die Förderung von akademischen Spin-offs und entsprechender hochschuldidaktischer Innovationen zur Motivierung und Sensibilisierung von Studierenden und Wissenschaftler/-innen für Unternehmensgründungen, die Förderung von Netzwerken und Clustern sowie generell die Stärkung der Hochschulen hinsichtlich Mittelverwendung, strategische Ausrichtung und der Auswahl von Studierenden.

Baden-Württemberg ist traditionell im Angebot von Transferleistungen gut aufgestellt. Einerseits gibt es historisch bedingt enge Verbindungen zwischen den Forschungseinrichtungen des Landes und dem Verarbeitenden Gewerbe. Daneben existiert eine umfangreiche Forschungs- und Transferlandschaft. Sie besteht aus neun Universitäten und vier Universitätskliniken, acht Kunst- und Musikhochschulen, 23 Fachhochschulen (Universities of Applied Sciences), sechs Pädagogischen Hochschulen, zehn Dualen Hochschulen, 22 Privaten Hochschulen, 13 Max-Planck-Instituten, 14 Fraunhofer-Instituten, zwei Helmholtz-Zentren, sieben Instituten der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz, 13 Instituten der Innovationsallianz, über 100 An-Instituten sowie einer Vielzahl weiterer Forschungsinstitute unterschiedlicher Trägerschaften. Ergänzt wird dieses Angebot durch etwa 400 Steinbeis-Transferzentren und unterschiedliche Technologieinitiativen und Clusterplattformen wie z.B. BioPro, MFG, Baden-Württemberg connected (Wirtschafts- und Wissenschaftsministerium Baden-Württemberg 2008).

Mit Blick auf die baden-württembergische Hochschullandschaft zeigt sich unter quantitativen Gesichtspunkten zunächst eine recht große Drittmittelorientierung. So weisen die drei Universitäten Stuttgart, Karlsruhe und Heidelberg die höchsten Drittmittel-einnahmen insgesamt auf. Die Universität Stuttgart konnte im Jahr 2006 insgesamt rd. 203,5 Mio. Euro Drittmittel einnehmen (dies entspricht einem Anteil von 22,3% an den gesamten Ausgaben), gefolgt von der Universität Karlsruhe mit 178,5 Mio. Euro (Anteil: 34,1%) (vgl. Tabelle 6-1).

Unabhängig von den Drittmittelquellen dominiert nach Fachbereichen mit weitem Abstand die allgemeine Humanmedizin mit einem Drittmittelanteil von 81,4%, gefolgt vom Bauingenieurwesen mit 41,0%, der Verkehrstechnik und Nautik mit 39,8% und den Geowissenschaften mit 39,4%.

Tabelle 6-1: Hochschulen in Baden-Württemberg mit den höchsten Drittmitteleinnahmen 2006 (in '000 Euro und in %)

Hochschule	Drittmittel	Drittmittelanteil
Universität Stuttgart	203.502	22,3
Universität Karlsruhe	178.516	34,1
Universität Heidelberg (Klinikum)	127.021	10,1
Universität Heidelberg (ohne Klinikum)	107.090	22,5
Universität Tübingen (Klinikum)	90.414	6,3
Universität Tübingen (ohne Klinikum)	84.990	20,1

Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Berechnungen des Fraunhofer ISI

In absoluten Zahlen ausgedrückt konnte die Humanmedizin im Jahr 2006 rd. 62,1 Mio. Euro Drittmittel einnehmen, das Bauingenieurwesen rd. 25,9 Mio. Euro und der Bereich Verkehrstechnik und Nautik rd. 10,3 Mio. Euro.

Da die gesamten Drittmitteleinnahmen zur Analyse der Forschungs Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft nicht ausreichend sind, wurde in einem weiteren Schritt eine Verengung auf die Einnahmen von Drittmitteln aus der gewerblichen Wirtschaft vorgenommen; hierfür liegen Daten für das Jahr 2008 vor (vgl. Tabelle 6-2). Beim Betrachten der Daten wird zunächst deutlich, dass 17,9% der gesamten Drittmitteleinnahmen baden-württembergischer Hochschulen in Höhe von 573,6 Mio. Euro von der gewerblichen Wirtschaft stammen. Dies macht absolut 102,7 Mio. Euro aus.²³ Den größten Anteil der gewerblichen Drittmitteleinnahmen vereinen die Universitäten des Landes auf sich, welche 17,5% ihrer gesamten Drittmittel in Höhe von 533,1 Mio. Euro erfolgreich von der gewerblichen Wirtschaft akquirieren (absolut: 93,3 Mio. Euro). Weitaus größere Drittmitteleinnahmen der Universitäten stammen von der DFG (220,9 Mio. Euro) sowie von Bund und Ländern (112,3 Mio. Euro). Mit deutlichem Abstand, was die gewerblichen Drittmittel betrifft, folgen die staatlichen Fachhochschulen, die im Jahr 2008 rd. 8,3 Mio. Euro eingenommen haben. Hervorzuheben ist, dass die Fachhochschulen einen Anteil der auf die gewerbliche Wirtschaft entfallende Drittmitteleinnahmen in Höhe von 26,1% erreichen; d.h. mehr als ein Viertel aller Drittmitteleinnahmen der Fachhochschulen stammen von der gewerblichen Wirtschaft.

²³ Im Unterschied zu den in Kapitel 2 ausgewiesenen 178,4 Mio. Euro sind an dieser Stelle die Drittmitteleinnahmen der Hochschulkliniken nicht enthalten.

Tabelle 6-2: Einnahmen/Erträge der Hochschulen in Baden-Württemberg 2008 aus Drittmitteln* (in '000 Euro und Klammerangaben in %)

	Drittmittel insgesamt	davon (in 1.000 Euro) (jeweilige Anteile an Drittmittel insgesamt in Klammern)				
		DFG	Bund und Länder	EU und intern. Org.	Gewerbliche Wirtschaft	Sonstige
Universitäten	533.056	220.871 (41,4)	112.287 (21,1)	55.851 (10,5)	93.266 (17,5)	50.782 (9,5)
Pädagogische Hochschulen	6.367	242 (3,8)	1.246 (19,6)	1.845 (28,9)	789 (12,4)	2.245 (35,3)
Kunsthochschulen	1.782	690 (38,7)	143 (8,0)	128 (7,2)	250 (14,0)	571 (32,0)
Staatliche Fachhochschulen	32.012	258 (0,8)	14.166 (44,3)	1.543 (4,8)	8.343 (26,1)	7.701 (24,1)
Verwaltungs-Fachhochschulen	346	-	-	-	25 (7,2)	321 (92,8)
Hochschulen des Landes gesamt	573.563	222.061 (38,7)	127.843 (22,3)	59.367 (10,4)	102.672 (17,9)	61.621 (10,7)

* ohne Hochschulkliniken

Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Die insgesamt als durchaus umfassend anzusehende Kooperationsintensität baden-württembergischer Hochschulen mit der gewerblichen Wirtschaft (mit einem bei gut 18% liegenden Drittmittelanteil an allen Drittmitteln der Hochschulen Baden-Württembergs) bestätigte sich auch im Rahmen der geführten Interviews. So wiesen die Vertreter aller drei Kategorien wissenschaftlicher Einrichtungen auf teilweise recht umfangreiche Kooperationsbeziehungen mit der Privatwirtschaft hin. Interessanterweise erzielen auch manche Institute der Max-Planck-Gesellschaft (z.B. in der Astronomie und Astrophysik) oder einer ehemaligen Großforschungseinrichtung vergleichsweise umfangreiche Wirtschaftserträge, wobei diese oftmals auf sehr spezielle Anwendungen oder Kooperationsinhalte zurückgehen. Die Universitätskliniken unterhalten ebenfalls diverse Kooperationsbeziehungen mit der Privatwirtschaft, wobei hierbei v.a. klinische Studien und gemeinsame Medikamentenentwicklungen (z.B. mit Pharmaunternehmen oder Unternehmen der Gen- und Biotechnologie) den Schwerpunkt bilden. Laut den befragten Vertretern der Universitätsinstitute zeigte sich ebenfalls eine starke Hinwendung zu industriellen Kooperationsprojekten (Auftragsforschungsvorhaben bilden eher die Ausnahme). Je nach Disziplin und Forschungsschwerpunkt werden sowohl Kooperationen mit Großunternehmen als auch KMUs unterhalten; räumliche Nähe spielt hierbei – im Gegensatz zu persönlicher und thematischer Nähe – keine herausragende

Rolle. So werden sowohl regionale, nationale als auch internationale Beziehungen mit Unternehmen unterhalten.

Beim Betrachten der Drittmiteleinahmen der gewerblichen Wirtschaft umgelegt auf die verschiedenen Hochschulen in Baden-Württemberg zeigt sich – ähnlich wie bei den gesamten Drittmiteleinahmen –, dass die beiden Universitäten Stuttgart und Karlsruhe mit 86,4 Mio. Euro bzw. 44,9 Mio. Euro die vordersten Plätze einnehmen. Auf den weiteren Plätzen folgen die drei Universitätskliniken Tübingen, Heidelberg und Freiburg. Bei den Universitäten und Universitätskliniken ist davon auszugehen, dass ein wesentlicher Teil der Drittmiteleinahmen aus der Wirtschaft zur Finanzierung von Forschung und Entwicklung dient. Bei den Fachhochschulen dürfte dieser Anteil geringer ausfallen, da bei ihnen die Forschung nicht den gleichen Stellenwert wie an den Universitäten einnimmt. Als beste Fachhochschule schneidet die FH Biberach a.d. Riss ab, gefolgt von der FH Aalen. Auch wenn die auf die gewerbliche Wirtschaft entfallenden Drittmittelanteile dieser beiden Fachhochschulen mit rd. 51% bzw. 32% recht hohe Werte erreichen, fallen die absoluten Einnahmen deutlich hinter die beiden Universitäten Stuttgart und Karlsruhe zurück. Bei den Fachhochschulen ist grundsätzlich zu berücksichtigen, dass sie je nach Einbettung in die regionale Wirtschaftsstruktur unterschiedliche Auftraggeberstrukturen aufweisen (Großunternehmen, KMU), so dass die Drittmiteleinahmen aus der Wirtschaft und das dahinter stehende Kooperationsvolumen nur bedingt miteinander vergleichbar sind.

Tabelle 6-3: Hochschulen in Baden-Württemberg mit höchsten Drittmiteleinahmen der gewerblichen Wirtschaft 2006 (in '000 Euro sowie in %)

	Drittmittel	Drittmittelanteil
1. Universität Stuttgart	86.488	42,5
2. Universität Karlsruhe	44.986	25,2
3. Universität Tübingen (Klinikum)	35.623	39,4
4. Universität Heidelberg (Klinikum)	30.739	24,2
5. Universität Freiburg (Klinikum)	22.529	29,2
6. Universität Freiburg (ohne Klinikum)	21.906	23,4
:	:	:
:	:	:
15. FH Biberach a.d. Riss	1.934	51,1
16. FH Aalen	1.869	32,3

Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Betrachtet man nur die Gruppe der Hochschulen, die im Jahr 2006 mindestens 100 Tsd. Euro Drittmittel von der gewerblichen Wirtschaft eingenommen haben, so schneiden die drei Fachhochschulen Ulm, Nürtingen und Albstadt-Sigmaringen am besten ab. Diese Hochschulen erzielten Quoten von knapp 80% im Falle von Ulm (dies macht absolut betrachtet immerhin 1,5 Mio. Euro aus), 71,5% in Nürtingen (1,4 Mio. Euro) sowie in Albstadt-Sigmaringen 58,5% (542 Tsd. Euro).

Bezüglich Art und Organisation der unterhaltenen Forschungskooperationen bestätigten sich im Rahmen der Interviews die weiter oben bereits konturierten Beschreibungen und Merkmalsausprägungen. So kommen bei den befragten Instituten die unterschiedlichsten Formen des Wissens- und Technologietransfers zum Einsatz. Dies wurde im Rahmen der geführten Experteninterviews mehrfach bestätigt: Am häufigsten wurden gemeinsame FuE-Projekte, FuE-Konsortien, Auftragsforschung, klinische Studien, informelle Kooperationen, gemeinsame Publikationen und Industriepromotionen genannt. Zu berücksichtigen ist jedoch – dies wurde ebenfalls in den Gesprächen deutlich –, dass nicht alle Transfermechanismen eine gleichermaßen regionale Komponente aufweisen. Einerseits bestehen intensive Kontakte und Kooperationen mit den baden-württembergischen Instituten der angewandten Forschung (u.a. Fraunhofer-Institute, Institute der Innovationsallianz), mit Hochschulen (Universitäten und Fachhochschulen gleichermaßen) sowie mit weiteren Intermediären (Steinbeis-Zentren, MFG usw.). Andererseits kooperieren große Unternehmen ebenfalls mit einer Vielzahl von wissenschaftlichen Institutionen außerhalb von Baden-Württemberg, d.h. unabhängig vom Standort der Einrichtungen. Auch findet der Transfer über Personen (z.B. im Rahmen der Personalrekrutierung) nicht zwingend intraregional statt. Im Gegensatz zu räumlicher Nähe sei die thematische Passfähigkeit der wesentliche Bestimmungsfaktor. Aus wissenschaftlicher Perspektive ist eine Tendenz zu weltweiten Verbänden erkennbar, insbesondere wenn großtechnische Geräte oder Systeme zum Einsatz kommen (z.B. in der Astronomie). Ausgründungsaktivitäten haben demgegenüber eine deutlich stärkere nähräumliche Verankerung, d.h. Unternehmen werden in der Regel in räumlicher Nähe zur entsprechenden Inkubatoreinrichtung (z.B. Hochschule, Unternehmen) gegründet.

Hinsichtlich Intention und Motivationen zum Aufbau von Kooperationen mit der Wirtschaft wurden im Rahmen der Interviews von wissenschaftlicher Seite die Punkte Drittmittelerlöse, Anwendungsorientierung der Forschung und marktnahe Entwicklungen, die durch die Forschungsförderung nicht finanzierbar sei, als wichtig genannt. Von Wirtschaftsseite wurde demgegenüber auf Aspekte wie Anregungen und Ideen, frühzeitige Verwertung wissenschaftlicher Ergebnisse sowie generelle Problemlösungen (z.T. auch über die Nutzung von Spezialgeräten) Bezug genommen.

Im Zusammenhang mit der Verwertung von Forschungsergebnissen bzw. der Nutzung der Ergebnisse durch die Wirtschaft (z.B. in Verbund- oder Kooperationsprojekten) wurde im Rahmen der Interviews deutlich, dass an den Universitäten die Stellen für Forschungs- und Technologietransfer (FTT) eine wesentliche Aufgabe hinsichtlich der Anmeldung von Patenten und Lizenzverträgen übernehmen. Vielfach werde nur das patentiert, was zusammen mit der Industrie entwickelt wurde; die Anmeldungen erfolgen in der Regel in Kooperation mit der Industrie bzw. den dortigen Patentanwälten. Betont wurde in diesem Zusammenhang auch, dass nicht alle FTT-Stellen über die personellen Ressourcen und Kompetenzen für eine "wasserdichte" Anmeldung von Patenten verfügen. Hier müsse nach den Aussagen aus den Interviews überlegt werden, ob reine Verwaltungsstellen an den FTTs ergänzt würden durch Wissenschaftlerstellen (z.B. Patentingenieure). Insgesamt – und dies betonten auch die Gesprächspartner der außeruniversitären Institute – habe man bei patent- und lizenzbezogenen Vertragsgestaltungen mit der Industrie noch keine gravierenden Probleme gehabt. Deutlich wurde aber auch, dass eine Reihe wissenschaftlicher Institute keine wirkliche Patentierungsstrategie aufweist und wissenschaftlichen Publikationen tendenziell Vorrang eingeräumt wird. Auch konnten keine Hinweise dahingehend gefunden werden, dass die Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs zu einer Dynamisierung des Kooperationsverhaltens geführt hätte (siehe auch Abschnitt 4.6).

Die politische Förderung von Kooperationsaktivitäten zwischen Wissenschaft und Wirtschaft funktioniere recht gut. Der Dialog mit der Landespolitik sei fruchtbar und zielführend. Insbesondere wurden seitens der Interviewpartner die diversen, auf die Bildung von Netzwerken ausgerichteten Maßnahmen gelobt (z.B. Bildung von Forschungsclustern). Diese seien neben der Forschungsförderung sicherlich am wichtigsten.

6.2 Internationale Kooperationen öffentlicher und industrieller Forschung in Baden-Württemberg

Wissenschaftliche Spitzenleistungen und auch industrielle Spitzenforschung sind bereits seit geraumer Zeit nicht mehr mit einer rein nationalen Perspektive zu erreichen. Sowohl die Wissenschaft als auch die Wirtschaft haben sich in den letzten gut zehn Jahren massiv internationalisiert. Komplexe wissenschaftliche Fragestellungen und komplexe technologische Herausforderungen verlangen nach Expertise und Spezialwissen. Dabei wird es immer weniger wahrscheinlich, dass man geeignete Partner und Wissensträger im nationalen Umfeld findet, je näher man sich an den Grenzen des Wissens bewegt. In Bezug auf die Unternehmen kommt hinzu, dass eine rein nationale Vermarktungsstrategie bzw. eine ausschließliche Ausrichtung auf den nationalen Markt

häufig keinen Erfolg verspricht – insbesondere nicht in den Bereichen der forschungs- und wissensintensiven Technologien.

Die Motive zur Internationalisierung ihrer Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sind aus Sicht der Unternehmen in erster Linie Zugang zu Wissen und die Erschließung von Märkten (Edler et al. 2003; Patel/Vega 1999; UNCTAD 2005). Für die Wissenschaft spielt in erster Linie der Austausch von Wissen sowie zum Teil auch der Zugang zu Ressourcen wie beispielsweise Großforschungsgeräte eine Rolle.

Internationale Ko-Publikationen

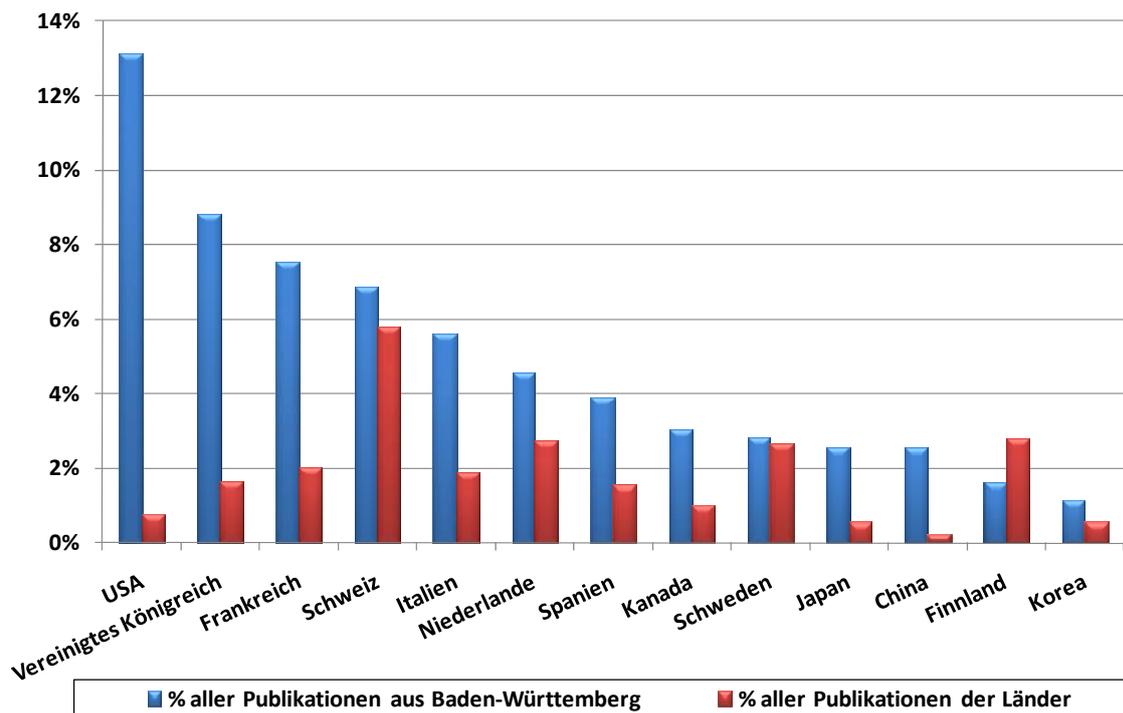
Im Folgenden wird die Internationalisierung Baden-Württembergs zunächst anhand von Ko-Publikationen in der Wissenschaft untersucht. Anschließend sollen internationale Ko-Patente Aufschluss über die Nutzung internationaler Kompetenzen durch Baden-Württemberg bzw. die internationale Vernetzung der baden-württembergischen Wirtschaft geben. Weitere Maßzahlen bilden national angemeldete Patente, die international erfunden wurden bzw. Patente, die in internationalem Besitz sind, aber national erfunden wurden (Guellec/van Pottelsberghe de la Potterie 2001; Guellec/van Pottelsberghe de la Potterie 2004). Es gilt bei der Untersuchung der Internationalisierung auf Basis von Patenten zu betonen, dass internationale Ko-Patente im Allgemeinen internationale Forschungsprojekte innerhalb eines multinationalen Unternehmens darstellen. Die Kooperation zwischen zwei (oder mehr) Unternehmen oder eines Unternehmens und einer Forschungseinrichtung sind eher die Ausnahme als die Regel. Sie bilden aber internationale Wissensströme bzw. den Austausch von Wissen ab und sind damit in der Lage, die Ergebnisse der oben genannten Motive der Unternehmen zur Internationalisierung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zu erfassen.

Ko-Publikationen

Im Durchschnitt der Jahre 2007-2009 wurden knapp 36% aller baden-württembergischen Publikationen in Zusammenarbeit mit internationalen Partnern verfasst. Das wichtigste Partnerland für Baden-Württemberg sind dabei die Vereinigten Staaten von Amerika – was für zahlreiche andere Länder auch gilt, da die USA nach wie vor die größte und wichtigste Forschungsnation in der Welt sind (Abbildung 6-1). An zweiter Stelle rangiert das Vereinigte Königreich, gefolgt von den beiden Nachbarländern Frankreich und Schweiz, die jeweils an 7,5% bzw. 6,9% aller baden-württembergischen Artikel beteiligt waren. Weitere europäische Länder folgen, nämlich Italien, die Niederlande und Spanien, während die asiatischen und skandinavischen Länder eher eine geringere Rolle spielen, aber dennoch bei rund 2% der Publikationen in den Autorenlisten Baden-Württembergs stehen. Neben den Größeneffekten zeigen sich damit

zwei wesentliche Einflussgrößen auf die Kooperation (Fraunhofer ISI et al. 2009). Das eine ist die Sprache. In den meisten Disziplinen ist Englisch die Wissenschaftssprache schlechthin, wodurch Kooperationen mit den USA und dem Vereinigten Königreich zusätzlich keine sprachliche Hürde nehmen müssen und damit leichter fallen. Auch Kooperationen mit der Schweiz und Österreich (hier nicht separat ausgewiesen) sind auf Basis der deutschen Sprache leichter zu realisieren. Die zweite Einflussgröße – neben der fachlichen Ausrichtung – ist die geografische Nähe. Es zeigt sich, dass die Kooperationen mit Nachbarländern häufiger vorkommen. Dies lässt sich nicht zuletzt mit der Tatsache erklären, dass auch für eine erfolgreiche wissenschaftliche Zusammenarbeit der persönliche Austausch eine wichtige Rolle spielt, was sich bei kürzeren Reisewegen auch leichter aufrechterhalten lässt.

Abbildung 6-1: Anteile der internationalen Ko-Publikationen mit ausgewählten Partnerländern an allen Publikationen Baden-Württembergs bzw. der Ko-Publikationen mit Baden-Württemberg an den Publikationen der Länder 2007-2009 (in %)



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Betrachtet man umgekehrt die Rolle Baden-Württembergs bei den internationalen Ko-Publikationen der Partnerländer (ebenfalls Abbildung 6-1), dann wird diese geografische Nähe am Beispiel Schweiz ebenfalls deutlich. Fast 6% aller schweizerischen Publikationen finden in Kooperation mit Baden-Württemberg statt. Für die meisten anderen

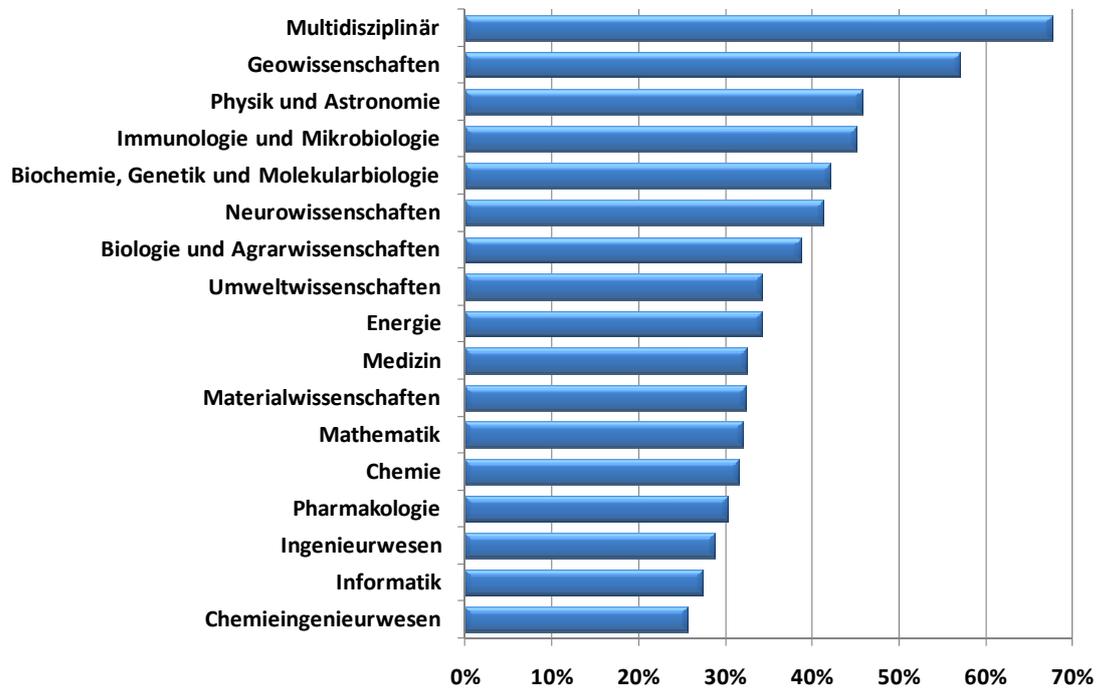
Länder liegt der Anteil Baden-Württembergs bei etwa 2%, bei kleineren Ländern auch darüber.

Abbildung 6-2 zeigt die Anteile internationaler Ko-Publikationen für Baden-Württemberg innerhalb der Wissenschaftsfelder. Besonders hohe Anteile finden sich in den eher grundlagenorientierten Bereichen wie beispielsweise den Geowissenschaften oder der Physik, in denen zusätzlich auch der Zugang zu Forschungseinrichtungen bzw. -geräten eine bedeutende Rolle spielt.

Überdurchschnittlich im Vergleich zur gesamten Ko-Publikations-Quote Baden-Württembergs schneiden auch Teile der Lebenswissenschaften wie beispielsweise die Immunologie und Mikrobiologie und die Biochemie, Genetik und Molekularbiologie ab. Deutlich unterhalb dieses Durchschnitts liegen die eher ingenieurwissenschaftlichen Fächer sowie interessanterweise auch die Informatik, wo lediglich bei etwas mehr als einem Viertel der Publikationen aus Baden-Württemberg auch ein internationaler Partner mitarbeitet.

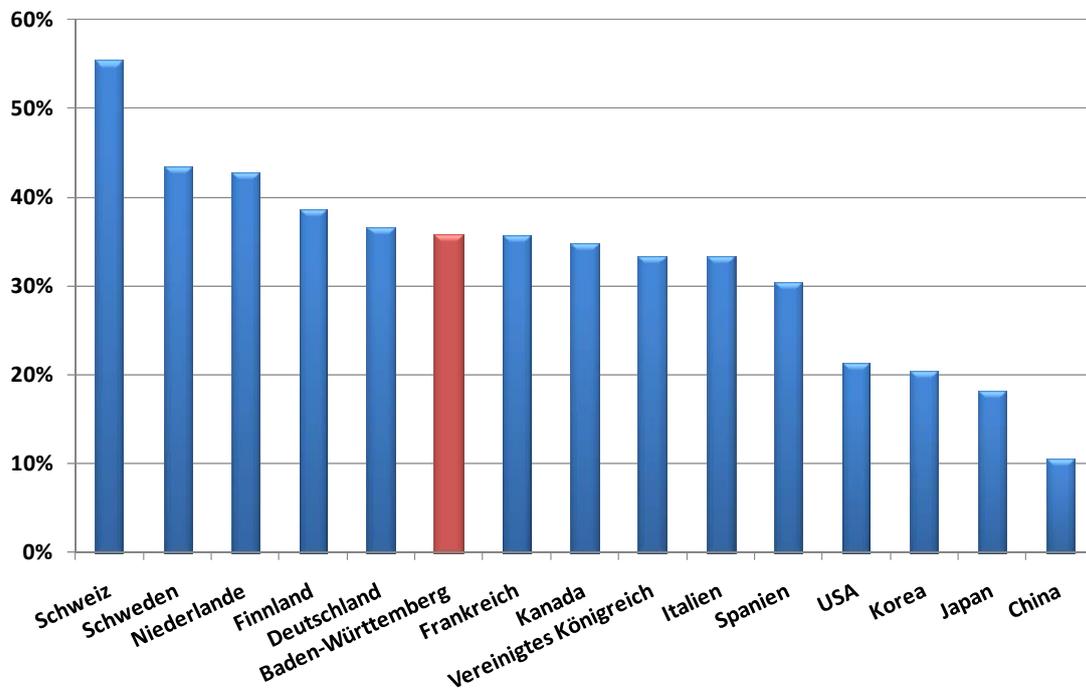
Insgesamt erweist sich die internationale Ausrichtung und Kooperationsneigung baden-württembergischer Wissenschaftler als dem Erwartungswert entsprechend, denn für ganz Deutschland lässt sich ein ähnliches Bild zeichnen (Abbildung 6-3). Vergleicht man die Internationalisierung auf Basis der Publikationen mit denen anderer Länder, dann erweist sich Baden-Württemberg – wie auch Deutschland insgesamt – als leicht unterdurchschnittlich. Dies lässt sich im Wesentlichen über die Struktur der Forschungslandschaft und die unterschiedlichen thematischen Schwerpunkte erklären, denn Baden-Württemberg hat unter anderem dort hohe Publikationszahlen, wo eher weniger international kooperiert wird, nämlich in den Ingenieurwissenschaften und der Informatik.

Abbildung 6-2: Anteile der internationalen Ko-Publikationen Baden-Württembergs nach Wissenschaftsfeldern 2007-2009 (in %)



Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 6-3: Anteile internationaler Ko-Publikationen an allen Publikationen ausgewählter Länder 2007-2009 (in %)



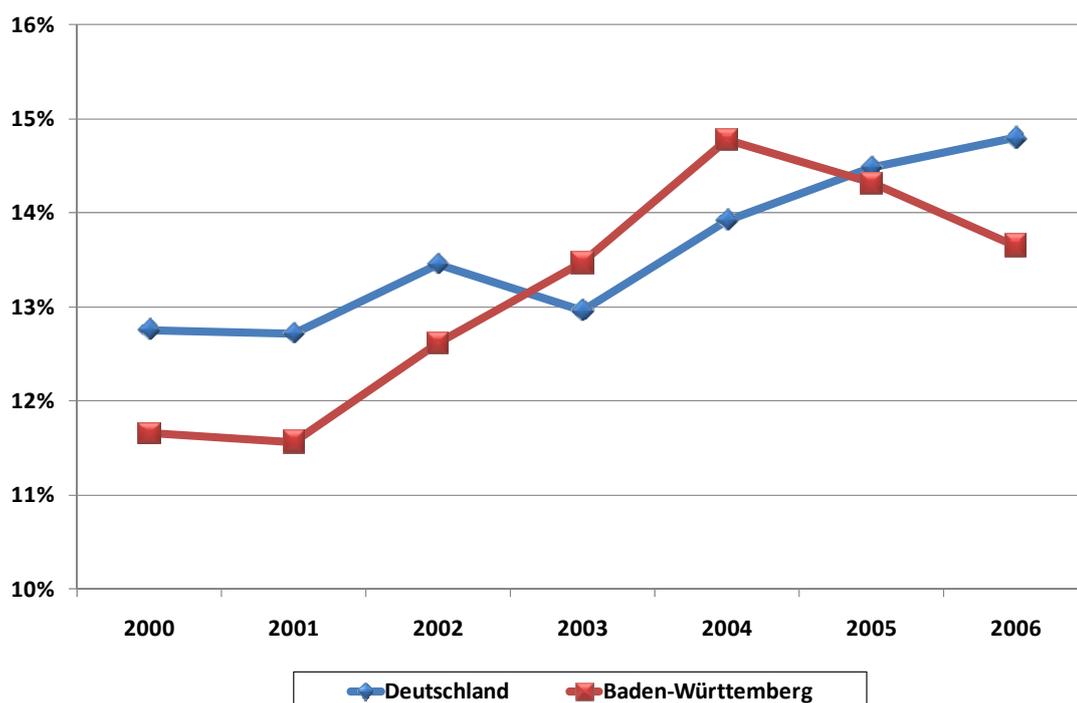
Quelle: Elsevier – Scopus; Berechnungen und Darstellung des Fraunhofer ISI

Internationale Ko-Patente

Abbildung 6-4 zeigt zunächst den Zeitverlauf der internationalen Ko-Patente am EPA für Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt. Seit 2001 ist ein deutlicher Anstieg der Anteile zu erkennen, wobei im Fall Baden-Württembergs die Anteile seit 2004 wieder rückläufig sind. Die Anteile internationaler Ko-Patente sind im Bundesdurchschnitt im Allgemeinen etwas höher als in Baden-Württemberg, wenngleich die Unterschiede nur gering ausfallen.

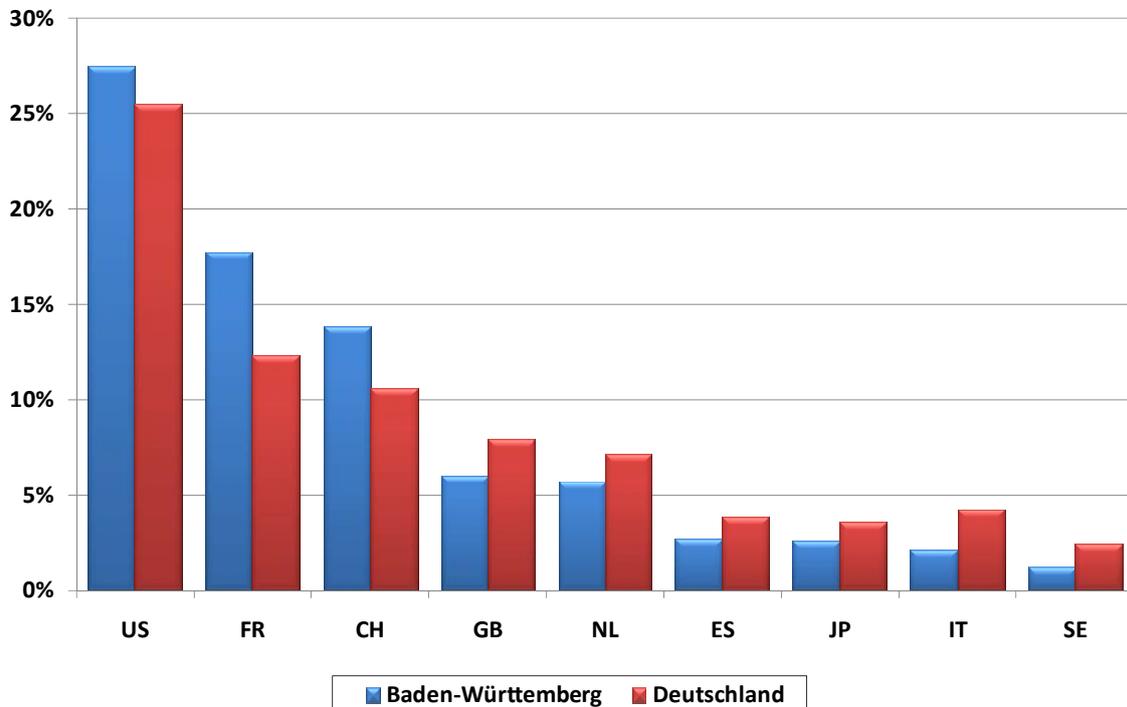
Die wichtigsten Partnerländer für Baden-Württemberg sind neben den USA, die für nahezu alle industrialisierten Länder zu den wichtigsten Partnern gehören, die angrenzenden Nachbarn Frankreich und Schweiz, gefolgt vom Vereinigten Königreich (Abbildung 6-5). Japan liegt interessanterweise – zwar auf niedrigem Niveau – gleichauf mit Spanien und vor Italien und Schweden.

Abbildung 6-4: Anteile internationaler Ko-Patente an allen Anmeldungen am EPA (in %)



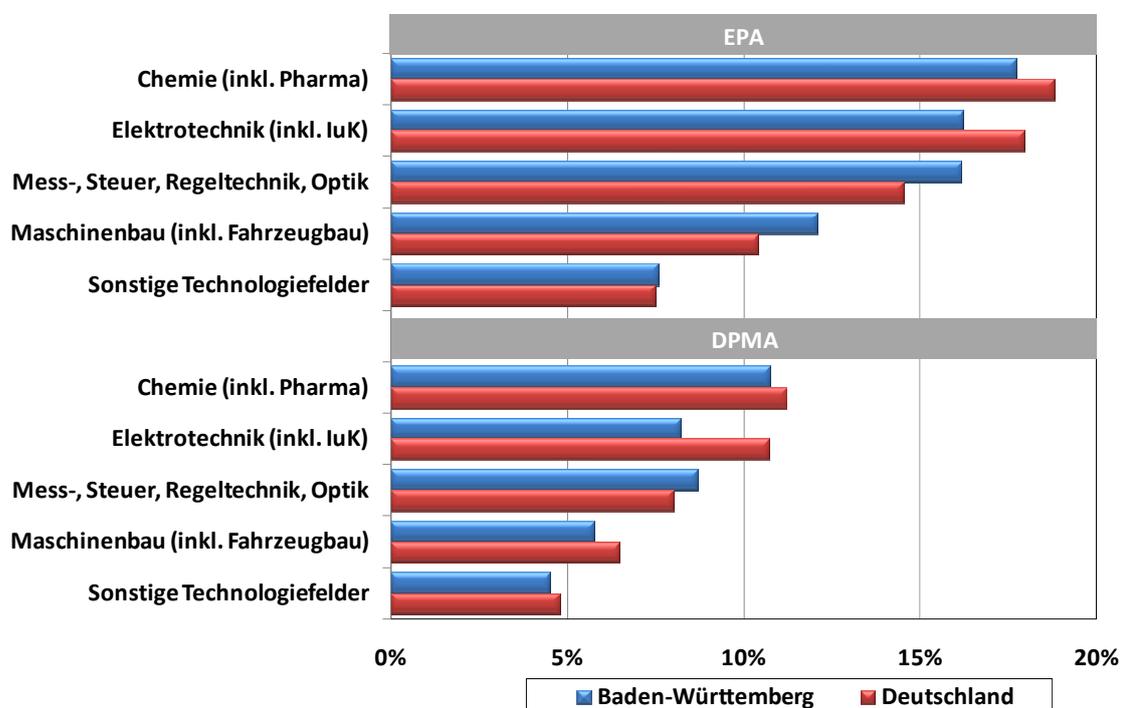
Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Abbildung 6-5: Anteile internationaler Ko-Patente an allen Anmeldungen am EPA nach Partnerländern (in %)



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

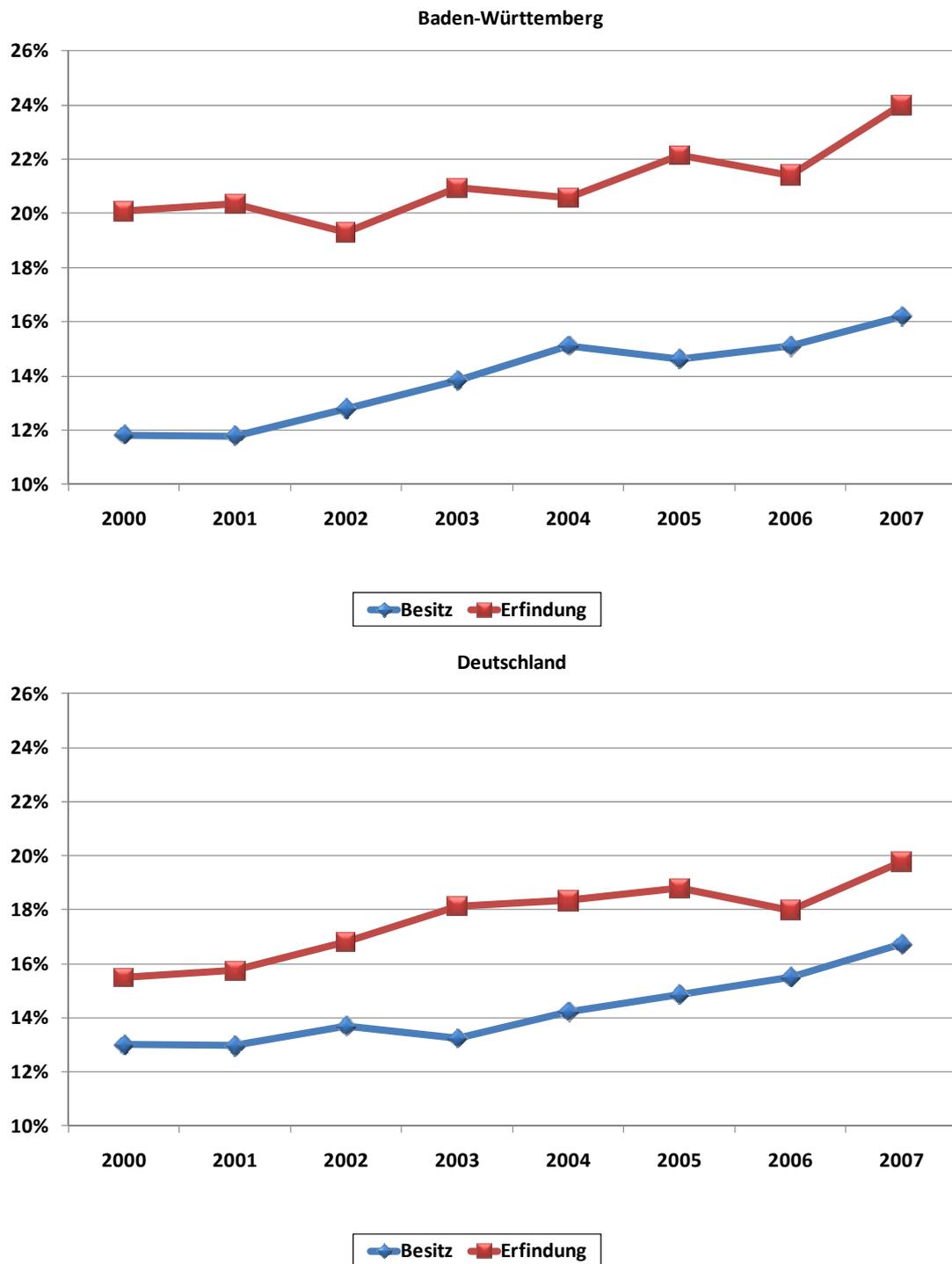
Die Anteile der Technikfelder sind in Abbildung 6-6 dargestellt. Während die Internationalisierung bei Anmeldungen am Deutschen Patent- und Markenamt erwartungsgemäß geringer ausfällt als am Europäischen Patentamt, zeigen sich davon abgesehen ähnliche Muster. Die Chemie inklusive der Pharmazie gehört nicht nur bezogen auf die Marktausrichtung, sondern auch bezogen auf die internationale Zusammenarbeit bei Forschung und Entwicklung, zur Spitze. Ähnliches gilt für die Elektrotechnik, wobei hier Baden-Württemberg ein wenig hinter den gesamtdeutschen Werten zurückbleibt. Zu den eher weniger internationalisierten Bereichen bezüglich FuE gehören neben den Sonstigen Technikfeldern – hier sind insbesondere Lowtech-Patente bzw. Konsumgübertechnologien enthalten – der Maschinen- und Fahrzeugbau. Hier ist zu vermuten, dass die entsprechenden technologischen Lösungen direkt von den Unternehmen in Baden-Württemberg aufgegriffen werden.

Abbildung 6-6: Anteile internationaler Ko-Patente an allen Patenten am DPMA und am EPA (in %)

Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

Betrachtet man die internationale Ausrichtung auch anhand der Eigentumsstrukturen an den Patenten und dem Ort der Erfindungen, dann ergeben sich folgende Ergebnisse (Abbildung 6-7). Der Anteil von Patenten in nationalem Besitz (Anmeldung erfolgte über eine Einrichtung oder ein Unternehmen in Baden-Württemberg), die international erfunden wurden (Erfinder lebt nicht in Baden-Württemberg), liegt mit rund 16% in Baden-Württemberg auf einem ähnlichen Niveau wie in Deutschland insgesamt. Im umgekehrten Fall des ausländischen Besitzes von baden-württembergischen Erfindungen stellt sich die Situation ein wenig anders dar. Zwar ist auch in Deutschland insgesamt dieser Anteil höher als bei ausländischen Erfindungen in nationalem Besitz, das Niveau in Baden-Württemberg ist aber deutlich höher als in Deutschland. Zum Teil lässt sich dies über die Art der Erfassung an dieser Stelle erklären, denn einige Menschen leben in Grenznähe auf der deutschen Seite und arbeiten beispielsweise in der Schweiz bei den großen Chemie- und Pharmaunternehmen. Allerdings ist der Anteil so ausgeprägt, dass man darauf schließen kann, dass die baden-württembergischen Kompetenzen, nicht zuletzt im Bereich der Lebenswissenschaften, im Ausland geschätzt und verwertet werden.

Abbildung 6-7: Internationalität der Patente auf Basis von Besitz und Erfinderort (in%)



Quelle: EPO – PATSTAT; Berechnungen des Fraunhofer ISI

7 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen

7.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Diese Studie zeichnet sich durch einen breiten Methodenmix aus. Dieser Mix ermöglicht eine Analyse aus unterschiedlichen Blickwinkeln und somit eine breite Datenerfassung. Andererseits bringt dieses Vorgehen die Schwierigkeit unterschiedlicher Klassifikationen mit sich, die nicht immer für Gesamtaussagen in eine vollständige Deckung gebracht werden können. Aus diesem Grund empfehlen wir für das vertiefte Verständnis die Lektüre der Methoden.

Aus den unterschiedlichen Analyseschritten, durch die sich diese Studie auszeichnet, lassen sich, bezogen auf die in Kapitel 1 formulierten Forschungsfragen, die Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

Durch welche Rahmenbedingungen für Forschung und Entwicklung zeichnet sich Baden-Württemberg aus? Wie sind Erwerbs- und Qualifikationsstruktur sowie der Substitutionsbedarf bei Akademikern zu beurteilen?

(Grundlage: Statistische Daten)

- Mit einer **FuE-Intensität** von knapp 4,4% ist Baden-Württemberg führend unter den deutschen Bundesländern und gehört zur Spitzengruppe europäischer Regionen. Obwohl diese hohe FuE-Intensität im Wesentlichen von der gewerblichen Wirtschaft getragen wird, leistet auch der öffentliche Forschungssektor maßgebliche Beiträge zu den Forschungs- und Entwicklungsleistungen des Bundeslandes. Etwa 10% der FuE-Gesamtausgaben entfallen auf die Hochschulen des Landes, ein nahezu gleicher Anteil auf die außeruniversitären Forschungseinrichtungen.
- In Baden-Württemberg stehen mehr Personen in einem **Erwerbsverhältnis** (72%) als in Deutschland insgesamt (67,7%). Zwar ist der **Akademikeranteil** an den Erwerbstätigen in Baden-Württemberg in etwa gleich hoch wie im Bundesschnitt (14,7%), demgegenüber sind im Bundesland mehr **Beschäftigte in wissensintensiven Industrien** tätig (gut 17%) als im bundesdeutschen Durchschnitt (11%). Diese Wissensintensität wird durch den Maschinen- und den Fahrzeugbau (jeweils doppelt so hohe Anteile wie in Deutschland insgesamt), die Elektronikindustrie sowie den IuK-Sektor getragen. Der Anteil erwerbstätiger Ingenieure an allen erwerbstätigen Akademikern liegt um 2,6 Prozentpunkte über dem deutschen Vergleichswert. Baden-Württemberg zeichnet sich damit durch ein überdurchschnittlich qualifiziertes Erwerbstätigenpotenzial mit starker Ausrichtung auf die Verarbeitende Industrie aus. Leicht unterdurchschnittliche Beschäftigtenanteile verzeichnen demgegenüber die wissensintensiven und nicht-wissensintensiven Dienstleistungen.

- Das Absolventenpotenzial der Hochschulen des Landes ist derzeit noch ausreichend hoch, um die in den Ruhestand gehenden Akademiker zu ersetzen. Allerdings ist in Baden-Württemberg auch die Nachfrage nach qualifiziertem Personal auf Akademiker- und insbesondere auf Meister- und Technikerebene überdurchschnittlich. Die Nachfrage nach Akademikern aus den Fächern Physik und Astronomie, Chemie, Maschinen- und Kraftfahrzeugbau sowie Biologie, Biochemie und Biotechnologie ist in Baden Württemberg besonders hoch. Der **Substitutionsbedarf** kann derzeit sowohl im ingenieurwissenschaftlichen als auch im naturwissenschaftlichen Bereich noch besser gedeckt werden als im deutschen Mittel (rechnerisch 3,5 Absolventen pro Verrentung in Baden-Württemberg und 3,0 in Deutschland). Allerdings liegt schon jetzt die Anzahl der Absolventen pro zu erwartender Verrentung bei den Ingenieurwissenschaften unter der anderer Studienrichtungen. Im Zuge des demographischen Wandels mit ab Mitte des Jahrzehnts sinkenden Studierenden- und damit auch sinkenden Absolventenzahlen wird sich diese Situation bis 2020 deutlich verschärfen.
- Hinsichtlich der wissenschaftlichen Beschäftigten an den Hochschulen des Landes zeichnet sich Baden-Württemberg als Standort mit klaren **Schwerpunkten** in den Bereichen Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften aus.

Wie ist Baden-Württemberg in seinen Forschungsthemen im nationalen und internationalen Vergleich aufgestellt, welche Stärken und Schwächen lassen sich identifizieren?

(Grundlage: Publikations- und Zitationsanalysen in der Scopus-Datenbank)

- Der Anteil Baden-Württembergs an allen deutschen Publikationen lag 2008 bei 17,5% und damit deutlich über dem Wert, der Baden-Württemberg beispielsweise durch seinen Anteil am bundesdeutschen Bruttoinlandsprodukt definiert (14,7%). **Größte Wissenschaftsfelder** sind die Medizin mit nahezu 6.500 Artikeln pro Jahr, gefolgt von der Physik und Astronomie, der Biochemie, Genetik und Molekularbiologie und dem Ingenieurwesen. **Höchste Publikationsanteile, bezogen auf alle deutschen Publikationen** im jeweiligen Fach, entfallen auf den Bereich Energie (27%) sowie die Neurowissenschaften, die Biochemie, Genetik und Molekularbiologie, die Medizin, das Ingenieurwesen und die Immunologie und Mikrobiologie, die alle über 21% Publikationsanteil erreichen.
- Im **internationalen Vergleich** liegen die **Stärken** des Landes in der Physik und Astronomie (inkl. dem Wissenschaftsfeld Optik), den Geowissenschaften, den Neurowissenschaften sowie bei Biochemie, Genetik und Molekularbiologie, Immunologie und Mikrobiologie, Medizin, Energie und Chemie. Bezogen auf 14 publikationsaktive Referenzländer²⁴ erreicht Baden-Württemberg einen bemerkenswerten Anteil

²⁴ China, Deutschland, Finnland, Frankreich, Italien, Japan, Kanada, Niederlande, Schweden, Schweiz, Spanien, Südkorea, USA, Vereinigtes Königreich.

von 1,4%, zumal dieser trotz des starken Publikationsanstiegs in China nahezu konstant geblieben ist.

- Gemessen an der Gesamtpublikationszahl bestehen **im internationalen Vergleich relative Publikationsschwächen** bei Mathematik (allerdings aufholend), Materialwissenschaften, Pharmakologie, Informatik (bei allerdings hoher Qualität der Publikationen und hoher Dynamik), Chemieingenieurwesen (ebenfalls hohe Qualität der Publikationen), Biologie und Agrarwissenschaften (hohe Publikationsqualität), Ingenieurwissenschaften (Stärken bezogen auf Deutschland) und Umweltwissenschaften (hohe Publikationsqualität).
- Die **Qualität baden-württembergischer Publikationen** ist überdurchschnittlich hoch, was sich in entsprechenden Zitatraten im internationalen Vergleich niederschlägt. Dies trifft in besonderem Maße auf die Felder Energie, Biologie und Agrarwissenschaften sowie Informatik zu. Auch Publikationen aus den drei in Baden-Württemberg großen Bereichen Medizin, Physik und Astronomie sowie Biochemie, Genetik und Molekularbiologie werden überdurchschnittlich zitiert, allerdings in geringerem Umfang, da diese Felder gleichzeitig international sehr bedeutend sind und es deshalb schwieriger ist, deutlich über dem Durchschnitt liegende Zitatraten zu erreichen.
- Eine **besondere Dynamik** ist in der Mathematik, der Informatik und den Geowissenschaften gegeben. Publikationen sind nicht nur jährlich um durchschnittlich mindestens 1,5% im Vergleich zu den Publikationen der 14 Vergleichsländer gewachsen, sondern auch die relativen Zitatraten haben sich in den letzten Jahren um mehr als 5% erhöht. In Biologie und Agrarwissenschaften haben sich die Zitatraten um mehr als 10% erhöht, das relative Publikationsaufkommen ist aber nahezu gleich geblieben.
- Werden die Publikationen betrachtet, die sich in den **Top-10% der Zitatverteilung** befinden, fallen die Geowissenschaften und die Physik und Astronomie besonders positiv ins Auge. Zu nennen sind auch noch Chemieingenieurwesen, Ingenieurwesen, Informatik und Umweltwissenschaften.
- Als **wissenschaftliche Kompetenzfelder**²⁵, die mit Hilfe der Ko-Zitationsanalyse identifiziert wurden und die zu **schnell wachsenden Bereichen** gehören, kristallisierten sich heraus: Chemie, insbesondere Anorganische Chemie (z.B. Halbleitermaterialien) und Organische Chemie (z.B. Makromoleküle und Polymere); Umweltwissenschaften (z.B. Wasser, Ecological Modeling, molekulare und mikrobiologische Umweltwissenschaften), die Hochenergiephysik, die Optik, Neurowissenschaften (z.B. molekulare und zelluläre Neurowissenschaften), Allergie und klinische Immunologie, das Data Mining, Robotics (z.B. Human-Computer-Interaction), Nanotechnologie (in enger Verbindung zu den Materialwissenschaften, z.B. Halbleiterma-

²⁵ Für eine Definition und die methodischen Grundlagen siehe Kapitel 3, Abschnitt "Themenorientier Ansatz".

terialien, Oberflächen). Daneben konnten außerdem die Themenfelder Stammzellen und Proteinbiochemie (als Teilaspekte der Biochemie, Genetik und Molekularbiologie) sowie die kardiovaskuläre Forschung (als Teilbereich der Medizin) identifiziert werden.

Welche Forschungsaktivitäten lassen sich in der baden-württembergischen Wirtschaft identifizieren?

(Grundlage: Patent- und Patenzitatanalysen in der PATSTAT-Datenbank)

- Baden-Württemberg trägt mit 28 bis 30% aller deutschen Patentanmeldungen beim Deutschen Patent- und Markenamt (DPMA) maßgeblich zur technologischen Entwicklung Deutschlands bei. Dabei hat sich die Bedeutung des Bundeslandes in den letzten Jahren noch erhöht.
- **Stärkste Sektoren** sind der Maschinen- und der Fahrzeugbau (Maschinenteile, Werkzeugmaschinen, Motoren und Turbinen) mit etwa 40% aller deutschen Patentanmeldungen. Beim Europäischen Patentamt (EPA) werden aus diesem Bereich etwas weniger Patente angemeldet, weil für viele kleine und mittlere Unternehmen der nationale Markt entscheidend ist. Stärken bestehen auch bei der Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie der Elektrotechnik. **Unterdurchschnittlich** sind Anmeldungen aus den Bereichen Chemie und Pharmazie sowie Biotechnologie und Gentechnik. In den letzten beiden Feldern sind die Anmeldungen aus Baden-Württemberg noch stärker rückläufig als die entsprechenden Patentanmeldungen in Deutschland insgesamt. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass viele Unternehmen in Grenznähe zu Baden-Württemberg liegen, und auch wenn einzelne Niederlassungen davon im Bundesland lokalisiert sind, alle Anmeldungen die Adresse des Mutterkonzerns tragen und somit nicht Baden-Württemberg zugeordnet wurden (Z.B: BASF, Boehringer-Ingelheim, etc.).²⁶
- Die **Anteile baden-württembergischer Patentanmeldungen an allen deutschen Anmeldungen beim EPA** fallen mit rund 26% etwas geringer aus als die Anmeldungen am DPMA. Dies spiegelt die starke nationale Nachfrage nach in Baden-Württemberg neu entwickelten Technologien wider. Auch beim EPA liegen die Stärken im Maschinen- und Fahrzeugbau, der Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie der Optik. Weniger ausgeprägt sind die Biotechnologie, Pharmazie und Chemie. IuK sind am EPA etwas stärker ausgerichtet als am DPMA, insbesondere die IT-Methoden und grundlegende Kommunikationsprozesse.
- Ebenso wie bei den Publikationen werden auch Patentanmeldungen aus Baden-Württemberg um bis zu sechs Prozentpunkte häufiger zitiert als der Durchschnitt alle Anmeldungen am EPA. Dies spricht für eine **hohe Patentqualität**. Insbesondere die Bereiche Optik und Transport sind durch technologisch bedeutsame Patente ge-

²⁶ Siehe hierzu auch die Aussagen auf Seite 123 zu den Ko-Patenten und Seite 134 zur Empfehlung im Bereich Lebenswissenschaften.

kennzeichnet. Die **Technologiezyklen** sind in diesen beiden Bereichen mit zehn bis elf Jahren auch am kürzesten, d.h. die Sektoren unterliegen einem schnellen technologischen Wandel. Mit etwa 14 bis 15 Jahren finden sich längere Technologiezyklen beim Chemieingenieurwesen und bei Mechanischen Elementen.

- Neben der Industrie melden auch **öffentliche Forschungseinrichtungen** Patente an. Das Aufkommen an Patentanmeldungen aus der öffentlichen Forschung entspricht in Deutschland wie in Baden-Württemberg etwa 2,7% aller Anmeldungen am DPMA. Baden-württembergische Forschungseinrichtungen tragen zu gut 30% der entsprechenden Anmeldungen am DPMA und zu 35% am EPA bei. Davon entfallen auf die Hochschulen etwa 40%, die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft in Baden-Württemberg ca. 25%, die Helmholtz-Gemeinschaft ca. 23%, die Institute der Max-Planck-Gesellschaft ca. 4% und die Leibniz-Gemeinschaft ca. 3%.

Welche Trends ergeben sich in zukunftsorientierten Wissenschafts- und Technikfeldern?

(Grundlage: Publikations- und Patentanalysen ausgewählter Bereiche)

- Betrachtet wurden die Bereiche Nanotechnologie, Batterien, Brennstoffzelle, Erneuerbare Energien, Optik und Gentechnik. Die Auswahl dieser Felder ist zum einen der vorhandenen, tiefer aufgeschlüsselten Klassifikation am EPA für diese Gebiete und der noch statistisch auswertbaren Gesamtzahl an Anmeldungen geschuldet. Zum anderen wurden Felder in Absprache mit der Baden-Württemberg Stiftung ausgewählt, die für diese aufgrund der bisherigen Ausrichtung von besonderer Bedeutung sind. Während **Publikationen** aus der Optik und Gentechnik seit 2005 nur leichte Zuwachsraten zeigen, sind sie von 2005 bis 2009 in den Bereichen Erneuerbare Energien, Batterien und Brennstoffzelle um etwa 50%, bei der Nanotechnologie um etwa 200% angestiegen. Da aber auch bundesweit ein erhöhtes Publikationsaufkommen in diesen Wissenschaftsfeldern zu verzeichnen war, haben sich die Anteile Baden-Württembergs nur leicht verändert. Während im Jahr 2009 über 30% aller deutschen Publikationen über Brennstoffzellen aus Baden-Württemberg stammen, sind es bei der Gentechnik 23%, der Nanotechnologie, den Batterien, den Erneuerbaren Energien und der Optik etwa 18%.
- Bei den **Patentanmeldungen** sieht das Bild etwas anders aus. Hier sind die Optischen Technologien führend, bei denen Baden-Württemberg knapp 30% aller deutschen Anmeldungen beim EPA erreicht. Bei modernen Anwendungen der Optik in den Lebenswissenschaften, in IuK und bei der Produktion sowie bei klassischer Optik liegen die Anteile sogar bei knapp 40%. Eine deutliche Dynamik ist auch bei der Brennstoffzelle sowie, auf niedrigerem Niveau, bei den Erneuerbaren Energien erkennbar. Die Zahl der Patentanmeldungen zum Thema Batterien steigt ebenfalls an, allerdings ist der Spezialisierungsindex hier noch negativ. Auffällig ist, dass aus Baden-Württemberg nur 15% aller deutschen Gentechnikpatente stammen, während es bei den Publikationen 23% sind. Dies entspricht aber dem bereits unter der vorherigen Frage diskutierten Bild für die Lebenswissenschaften allgemein. Bei der

Nanotechnologie steuert Baden-Württemberg 16% aller deutschen Anmeldungen bei, hier insbesondere aus den Themenfeldern Nanomaterialien, Nano-Informationstechnik, Nano-Bio und Nano-Optik.

Durch welche Merkmale zeichnet sich die Zusammenarbeit zwischen universitärer und industrieller Forschung aus? Existieren korrespondierende Aktivitäten und wie werden seitens der Wirtschaft Forschungsergebnisse aus der Wissenschaft genutzt?

(Grundlage: Drittmittelstatistik, Tiefeninterviews, Ko-Publikations- und Ko-Patentanalysen)

- Die gewerbliche Wirtschaft in Baden-Württemberg vergibt im Durchschnitt mehr externe FuE-Aufträge als Unternehmen in Deutschland. Die **externen FuE-Aufwendungen** erreichen in Baden-Württemberg einen Anteil von 12% an den gesamten FuE-Aufwendungen, im Bundesdurchschnitt sind es 10%. Überdurchschnittliche Anteile erzielen die Chemische Industrie und der Fahrzeugbau, während die IT-Industrie mit gut 6% in Baden-Württemberg und in Deutschland etwa gleich viel für externe FuE-Aufträge ausgeben. Im Maschinenbau liegt die entsprechende Quote im Bundesdurchschnitt um knapp einen Prozentpunkt über dem baden-württembergischen Vergleichswert. Etwa 10% der externen FuE-Aufwendungen fließen gleichermaßen in Baden-Württemberg wie im bundesdeutschen Mittel an Hochschulinstitute und Professoren. Dies ist ein im internationalen Vergleich hoher Wert. Dazu leistet die IT-Industrie einen maßgeblichen Beitrag (35% ihrer externen FuE-Aufwendungen in Baden-Württemberg, 40% in Deutschland). Insgesamt sind die Drittmittelleinnahmen der baden-württembergischen Hochschulen seit 2000 deutlich angestiegen, was die enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft verdeutlicht.
- Die Universitäten Stuttgart und Karlsruhe sowie die beiden Uniklinika in Tübingen und Freiburg arbeiten gemessen an Ihren **Drittmittelanteilen aus der Wirtschaft** eng mit der gewerblichen Wirtschaft zusammen. Ihre Anteile variieren zwischen 25% und 42%. Von den Fachhochschulen erreichen die FHs in Ulm, Nürtingen und Albstadt-Sigmaringen die höchsten Drittmittelanteile; sie liegen zwischen 58% und 80%. Beim Vergleich der Zahlen mit den Universitäten sei auf das engere Fächerspektrum an den Fachhochschulen hingewiesen. Aussagen über die Größenstruktur der Auftraggeber aus der Wirtschaft erlaubt die zur Verfügung stehende Drittmittelstatistik leider nicht.
- Neben den Hochschulen haben auch viele andere der in Baden-Württemberg ansässigen **außeruniversitären Forschungsinstitute** enge Kontakte zur Industrie. Dies trifft auch auf solche Max-Planck-Institute zu, die spezielle Großgeräte benötigen, die nur in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen entwickelt werden können.
- Obwohl das Transferangebot der vielfältigen Forschungslandschaft seitens der Wirtschaft intensiv genutzt wird, erfolgt die **Zusammenarbeit nicht nur regional**,

sondern ist auch national und international orientiert. Das trifft insbesondere auch auf die Zusammenarbeit zwischen Forschungsinstituten zu. Was die gemeinsame Erstellung von **Publikationen** betrifft, so werden knapp 36% aller baden-württembergischen Publikationen mit internationalen Partnern verfasst. Diese stammen vor allem aus den USA, aus dem Vereinigten Königreich, Frankreich, der Schweiz, Italien und den Niederlanden. Dieses internationale Publikationsverhalten ist besonders in grundlagenorientierten Bereichen ausgeprägt, so in den Geowissenschaften, der Physik, der Immunologie und Mikrobiologie sowie der Biochemie, Genetik und Molekularbiologie. Die Ingenieurwissenschaften und die Informatik sind eher national ausgerichtet.

- Bei den Patenten liegt der Anteil internationaler **Ko-Patente** am EPA mit 13,6% etwas niedriger als der deutsche Durchschnitt (14,8%). Zentrale Partnerländer sind die USA, die beiden Nachbarstaaten Frankreich und Schweiz sowie das Vereinigte Königreich. Eine hohe internationale Ausrichtung, die auf entsprechende Forschungspartnerschaften und -netzwerke hindeutet, ist für die Chemie und Pharmazie, aber auch für die Elektrotechnik charakteristisch. Der Maschinen- und Fahrzeugbau ist aufgrund der starken Technologienachfrage aus Baden-Württemberg und Deutschland eher national orientiert.
- Aus dem Vergleich der Publikations- und Patentanalysen wird deutlich, dass die **Wissenschafts- und Technologieprofile in Baden-Württemberg eher komplementär denn kongruent** sind. Die Schwerpunkte und die überdurchschnittlichsten Kompetenzen liegen in den Bereichen Lebenswissenschaften einerseits und im Maschinen- und Automobilbau andererseits. Während das Ingenieurwesen wissenschaftliche Kompetenz zum in Baden-Württemberg dominierenden Maschinen- und Automobilbau beisteuert, gibt es keine entsprechenden Parallelitäten bei den Lebenswissenschaften. Hier scheint es so zu sein, dass die Translation von Forschung in industrielle Anwendung innerhalb Baden-Württembergs weniger ausgeprägt ist bzw. Unternehmen außerhalb Baden-Württembergs mehr als baden-württembergische Unternehmen davon profitieren. Dies betrifft insbesondere die Biotechnologie, die Medizin und die Pharmazie.
- Es ist zu beobachten, dass sich **insbesondere bei Querschnittstechnologien und jungen Technologien Wissenschaft und industrielle Forschung ergänzen können**. Deutliche Wechselwirkungen gibt es in der Nanotechnologie. Insbesondere die Entwicklungen in der Nanobiotechnologie profitieren von Stärken der öffentlichen Biotechnologieforschung. Ähnliche Konstellationen gibt es bei modernen Teilbereichen der Optischen Technologien, der Brennstoffzelle und auch den Batterien. Im Bereich der Genforschung und der Gentechnik gibt es dagegen weiterhin eine Lücke zwischen wissenschaftlicher Forschung und industrieller Anwendung in Baden-Württemberg.

7.2 Schlussfolgerungen

Aus diesen Ergebnissen leiten sich die nachfolgenden Schlussfolgerungen ab:

- Baden-Württemberg ist in der wissenschaftlichen und industriellen Forschung gut aufgestellt. Sowohl bei den Publikationen als auch bei den Patenten, beides Indikatoren für wissenschaftlichen und technologischen Output, erreicht Baden-Württemberg eine Position, die z.T. deutlich über dem Gewicht des Landes gemessen am Bruttoinlandsprodukt oder auch der Bevölkerung liegt. Auch die Qualität der Forschung, gemessen an den Zitaten in Publikationen und Patenten, ist im internationalen Vergleich überdurchschnittlich hoch. Das Absolventenpotenzial der Hochschulen reicht derzeit noch aus, die in den Ruhestand gehenden Akademiker zu ersetzen. Die allerdings schon jetzt unter der anderer Studienrichtungen liegende Anzahl von Ingenieurabsolventen wird sich im Zuge des demographischen Wandels ab Mitte des Jahrzehnts weiter verringern, was vor dem Hintergrund der hervorgehobenen Bedeutung dieser Gruppe für Wirtschaft und Forschung im Land eine besondere Herausforderung darstellt.
- Baden-Württemberg zeichnet sich durch eindeutige wissenschaftliche Stärken aus, die gemessen an der Publikationsmasse und Qualität in der Medizin, der Physik und Astronomie (inkl. dem Wissenschaftsfeld Optik), der Biochemie, Genetik und Molekularbiologie, dem Ingenieurwesen, der Energieforschung, den Neurowissenschaften, der Immunologie und Mikrobiologie, den Geowissenschaften und der Chemie liegen.
- Durch den themenorientierten Ansatz²⁷ der Ko-Zitationen wurden Teilbereiche – auch dieser starken Felder – mit deutlich positivem Entwicklungspotential identifiziert. Hierzu gehören unter anderem Anorganische und Organische Chemie, Hochenergiephysik, Optik-Anwendungen in den Lebenswissenschaften, bei IuK sowie in der Produktion, Neurowissenschaften, Umweltwissenschaften, Allergie und klinische Immunologie, Data Mining, Robotics (v.a. Mensch-Maschine-Interaktion), Nanotechnologie (in der Schnittstelle zu den Materialwissenschaften) sowie Stammzellen, Proteinbiochemie und kardiovaskuläre Forschung. Auch die Themen Batterien, Brennstoffzelle und Erneuerbare Energien als Teilbereiche der Energieforschung haben in den letzten Jahren eine deutliche Dynamik zu verzeichnen.
- Das Technologieprofil des Landes ist weitgehend komplementär zu den wissenschaftlichen Schwerpunkten. Ausgeprägte technologische Stärken bestehen im Maschinen- und Fahrzeugbau (sowohl national als auch international); stark sind auch die Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie die Elektrotechnik. In Feldern, in denen Baden-Württemberg wissenschaftlich stark ist, wie z.B. der Biochemie und Genetik sowie der Chemie, ist die technologische Positionierung national und international unterdurchschnittlich. So besteht insbesondere bei den Lebenswissenschaften und

²⁷ Für eine Definition und die methodischen Grundlagen siehe Kapitel 3, Abschnitt "Themenorientier Ansatz".

der Chemie eine Translationslücke in dem Sinne, dass im Land betriebene Forschung in baden-württembergischen Unternehmen kaum in industrielle Anwendung umgesetzt und Wertschöpfung realisiert wird. Das Ergebnis ist jedoch leicht verzerrt, da ein Großteil des Wissens zu grenznahen Unternehmen fließt. Kooperationen mit diesen befruchten die Wissenschaft in Baden-Württemberg aber ebenfalls, lediglich eine direkte Wertschöpfung kann so nicht nachgewiesen werden.²⁸

- Auch wenn sich nicht immer direkte Verwertungsmöglichkeiten ergeben, profitiert die baden-württembergische Industrie von einem vielfältigen und dynamischen wissenschaftlichen Umfeld, in dem sich immer wieder Ansatzpunkte für neue technologische Entwicklungen und Innovationen ergeben, oftmals ungeplant durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse an den Schnittstellen von Wissenschaftsgebieten und Technologien. Daher ist weniger die Angleichung der Wissenschafts- und Technologieprofile erforderlich, sondern es sind Mechanismen gefragt, die sowohl die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Wissenschaft als auch die Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft aktiv unterstützen.
- Für diesen Austausch bestehen in Baden-Württemberg gute Grundlagen. Baden-württembergische Unternehmen wenden nicht nur mehr Mittel für FuE-Aufträge an externe Partner als Unternehmen im bundesdeutschen Durchschnitt auf, sondern finanzieren auch Forschungsprojekte an Hochschulen in nicht unerheblichem Ausmaß. Daher sind die Drittmitteleinnahmen der Hochschulen des Landes aus der gewerblichen Wirtschaft seit 2000 deutlich angestiegen. Dies ist ein Indikator für die enge Vernetzung zwischen Grundlagenforschung und industrieller Anwendung. Daneben spielt die Vielzahl außeruniversitärer Forschungseinrichtungen ebenso eine wichtige Rolle im Transferprozess.

7.3 Empfehlungen für die Baden-Württemberg Stiftung

Die Tatsache, dass Baden-Württemberg in vielen Belangen sowohl bei privater wie öffentlicher Forschung internationale Spitzenplätze einnimmt, ist nicht nur bei den Analysen und Schlussfolgerungen, sondern gerade bei den Empfehlungen stets zu berücksichtigen. Es geht für Baden-Württemberg in den wenigsten Fällen darum, mit anderen Ländern gleichzuziehen oder einen sehr großen Abstand aufzuholen. Es gilt aber, diese Spitzenpositionen zu halten oder in einzelnen Bereichen auch weiter auszubauen. Die in diesem Abschnitt formulierten Empfehlungen berücksichtigen explizit die Aufgaben und Ziele der Baden-Württemberg Stiftung. Über Forschungsprogramme verfolgt sie das Ziel, innovative Methoden und Verfahren in Naturwissenschaft und Technik zu entwickeln und bestehende zu optimieren sowie über die Verbesserung von Qualifikation, Kreativität und Wissen die Innovationskraft Baden-Württembergs zu stär-

²⁸ Siehe hierzu auch Seite 134.

ken. Ihr Fokus liegt damit in der Forschungsförderung und Forschungsfinanzierung und weniger in der institutionellen Ausgestaltung des baden-württembergischen Forschungs- und Innovationssystems. Deshalb richten sich die Empfehlungen auf die strategische Weiterentwicklung der Forschungsförderung der Baden-Württemberg Stiftung sowie auf deren Möglichkeiten, zur Optimierung von Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im bestehenden Forschungs- und Industriesystem beizutragen. Generelle Empfehlungen werden im Abschnitt 7.4 zusammengefasst.

Wissenschaftsgebiete

Bestehende Forschungsschwerpunkte verändern sich nicht innerhalb weniger Jahre, da sich Forschungserkenntnisse nur über einen längeren Zeitraum systematisch gewinnen lassen. Deshalb ist es unwahrscheinlich, dass die Ergebnisse und Empfehlungen, die die Studie aus dem Jahr 2005 vorgelegt hat (vgl. Fier et al. 2005), im Jahr 2010 in ihrer Grundausrichtung nicht mehr gültig sind. In diesem Sinne geht es in der aktuellen Studie auch um eine Überprüfung der damaligen Empfehlungen sowie um die Fortschreibung von Forschungsthemen, die seit 2005 Kontur gewonnen haben. Um eine ergebnisoffene Überprüfung der Ergebnisse aus dem Jahr 2005 und die Identifikation neuer Themen zu ermöglichen, wurde ein neuer methodischer Ansatz gewählt. Im Folgenden werden die Empfehlungen entlang der in dieser Studie durchgeführten Analysedimensionen und Abgrenzungen erörtert – ein Querbezug zu den Kategorien der früheren Studie wird dabei stets hergestellt.

Lebenswissenschaften

Baden-Württemberg besitzt einen ausgeprägten Forschungsschwerpunkt in der Medizin. Bezogen auf den Publikationsoutput ist die Medizin das größte Wissenschaftsfeld im Land. Die Pharmakologie hingegen ist deutlich kleiner und im internationalen Vergleich nur unterdurchschnittlich positioniert. Auch bei den Patenten besteht eine deutliche negative Spezialisierung in den Lebenswissenschaften insgesamt. Es ist deshalb wie im Jahr 2005 festzustellen, dass "die Wachstumsdynamik in Baden-Württemberg hinter der nationalen Entwicklung zurück" bleibt (Fier et al. 2005, S. 129), noch deutlicher jedoch der relativ große Rückstand bei Patenten im internationalen Vergleich ausfällt. Gerade deswegen ist auch weiterhin der Empfehlung aus dem Jahr 2005 zu folgen, dass der Bereich Medizinische Chemie und Pharmazie aufgrund der engen Wechselwirkungen zwischen medizinischer und pharmazeutischer Forschung im Sinne der gezielten Translation von Forschung in industrielle Anwendung gefördert werden sollte.

Zentrale Aussage der Studie von 2005 war, dass "Baden-Württemberg ... mit der internationalen Entwicklung Schritt" hält, und dass sich "Schwächen ... hingegen in der eher anwendungsorientierten Forschung" zeigen (Fier et al. 2005, S. 129). Diese Aussagen gelten auch heute noch und konnten anhand der Publikations- und Patentstatistiken weiter untermauert werden. Baden-Württemberg besitzt ausgeprägte wissenschaftliche Kompetenzen in der Biochemie, Genetik und Molekularbiologie, denen aber keine entsprechenden technologischen Stärken gegenüberstehen. Es ist zu vermuten, dass aufgrund der grenznah außerhalb von Baden-Württemberg ansässigen Biotechnologie- und Pharmazieunternehmen ein nicht unerheblicher Teil der im Land generierten wissenschaftlichen Erkenntnisse dort in eine industrielle Umsetzung überführt werden. Allerdings profitieren die in Baden-Württemberg ansässigen Pharmazieunternehmen wiederum von den Forschungserkenntnissen. Der partielle Wissensabfluss ist nicht generell negativ zu beurteilen, da solche Aspekte sicherlich auch auf andere Bundesländer und Regionen zutreffen. Zudem ist die Forschungskompetenz in international bedeutsamen Disziplinen wie der Biotechnologie und Genetik ein wichtiges standortprägendes Signal. Auch darf nicht ausschließlich auf direkte Verwertungsmöglichkeiten fokussiert werden, da sich immer wieder im Umfeld neuer Technologien neue Anwendungsfelder erschließen, wie dies beispielsweise im Bereich der Nanobiotechnologie der Fall ist oder auch an Schnittstellen zur medizinischen Forschung. Aus diesem Grund ist es nach wie vor erforderlich, dass Baden-Württemberg seine gute Stellung in der biologisch/biochemischen Forschung behält. Seit den Empfehlungen aus dem Jahr 2005 hat sich das Land auch mit Unterstützung des Bundes beispielsweise im Rahmen der Exzellenzinitiative in den Lebenswissenschaften weiter engagiert. Verschiedene neue Zentren wurden errichtet, auch mit dem Ziel der Umsetzung von Forschungsergebnissen. Die Effekte dieses Engagements werden sich teilweise erst in der Zukunft zeigen und konnten sich daher erwartungsgemäß noch nicht im Ergebnis dieser Studie niederschlagen.

Nanotechnologie und Materialforschung

Die absolute Zahl der jährlichen Patentanmeldungen aus Baden-Württemberg in der Nanotechnologie liegt nach wie vor im unteren zweistelligen Bereich. Wenn die Nanotechnologie dem theoretischen Verlauf der technologischen Entwicklung anderer neuer Technologien folgt – und die Publikations- wie auch Patentdaten deuten dies an –, gilt es für Baden-Württemberg, die Anstrengungen zu erhöhen. Im Teilbereich der Nanomaterialien scheint der Rückstand auch zu nationalen Entwicklungen mit am größten. Noch deutlicher zeigt sich ein nationaler wie internationaler Rückstand bei der Materialforschung insgesamt. Oberflächen, Beschichtungen, Materialien, Metallurgie, Kunststoffe und makromolekulare Chemie werden im internationalen Vergleich relativ weni-

ger häufig zum Patent angemeldet, ebenso wie eine unterdurchschnittliche relative Position bei Publikationen in den Materialwissenschaften zu verzeichnen ist. Ein kurzfristiges Aufholen erscheint vor diesem Hintergrund in der Breite der Materialforschung nicht möglich. Wie aus den Analysen der statistischen Daten zur Beschäftigung entnommen werden konnte, ist der Maschinen- und Fahrzeugbau für Baden-Württemberg von enormer Wichtigkeit. Die Materialforschung ist hiermit unmittelbar verknüpft. Die Bedeutung für das Land ergibt sich allerdings primär aus Produktion und Beschäftigung, denn aus FuE oder Patenten. Aufgrund der hohen wirtschaftlichen Bedeutung muss es aber im Interesse liegen, auch die Forschung verstärkt im Land zu verankern. Umso wichtiger ist es, einerseits die Grundlagenforschung zu befördern und andererseits eine zielgerichtete Anwendungsforschung zu unterstützen.

In der Studie von 2005 wird empfohlen, die vorhandenen Ansätze der Materialforschung in Baden-Württemberg "weiter auszubauen, um in diesem aussichtsreichen Wissenschaftsgebiet auch weiterhin international ganz vorne mit dabei zu sein" (Fier et al. 2005, S. 128). Die Materialwissenschaften sind zwar das sechst größte Wissenschaftsfeld unter den 17 betrachteten Bereichen bei der Publikationsanalyse, aber im Vergleich zu den 14 Industrienationen, die als Referenzmaßstab herangezogen wurden, besteht immer noch eine unterdurchschnittliche internationale Positionierung. Allerdings bestehen innerhalb der Materialwissenschaften u.a. Ansatzpunkte zur Nanotechnologie, aber auch zu anderen Bereichen, die darauf hindeuten, dass die Materialforschung eine Disziplin mit weiteren Wachstumspotenzialen ist. Identifizierte Disziplinen sind die Biomaterialien, Keramik und Verbundwerkstoffe, Elektronik, Optische und Magnetische Materialien, Materialchemie, Metalle und Legierungen, Oberflächen, Beschichtungen und dünne Schichten sowie Polymere und Kunststoffe.

Elektromobilität, Erneuerbare Energien, Umwelttechniken

Die Elektromobilität ist als forschungspolitisches Handlungsfeld ein eher junges. International ist für ganz Deutschland derzeit keine Vorreiterrolle bei den einschlägigen Technologien zu erkennen. Baden-Württemberg hat hier aufgrund der starken Kompetenzen im Automobilbau bereits heute einige Vorteile, die sich derzeit allerdings auf wenige Großunternehmen konzentrieren. Von den enormen Fördersummen, die auf der Bundesebene in dieses wichtige Thema investiert werden, werden auch Unternehmen hierzulande profitieren. Für die Baden-Württemberg Stiftung bleibt daher derzeit wenig Handlungsnotwendigkeit. Ein spezielles Programm Elektromobilität ist nicht zu empfehlen, wenngleich es gerade die Ausstrahleffekte der bestehenden und zukünftigen Programme in dieses Thema zu beachten gilt.

Umwelt und Energie sind von der Zahl der Publikationen her kleinere Forschungsfelder (gemessen am Publikationsoutput der Medizin). Dennoch trägt Baden-Württemberg mit seinen Veröffentlichungen zu 27% aller deutschen Publikationen im Themenfeld Energie bei. Hier wird eine eindeutige Spezialisierung sichtbar. Zusammen mit den Umweltwissenschaften zeichnen sich die Publikationen auch durch eine im internationalen Vergleich hohe Qualität aus. Die Umweltwissenschaften sind eines der Kompetenzfelder, die zu den in den letzten Jahren schnell wachsenden Bereichen gehören. In den im Rahmen des Projektes geführten Interviews wurde immer wieder auf die Photovoltaik, in der Baden-Württemberg ein dominanter Standort in Deutschland ist, hingewiesen. Anhand der Patentanalysen wurden Stärken bei der Umwelttechnik, bei den Erneuerbaren Energien und der Brennstoffzelle sichtbar. Bei der Energieforschung gibt es enge Interaktionen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, die eine Stärke des baden-württembergischen Innovationssystems darstellen und erhalten werden sollten.

Optische Technologien

Die Optischen Technologien gehören in der Breite zu den Kernkompetenzen Baden-Württembergs und leisten insofern einen wichtigen Beitrag zu Forschung, Innovation und Wertschöpfung im Land. Sowohl bei wissenschaftlichen Publikationen wie auch bei Patenten – öffentlich wie privat angemeldet – nimmt Baden-Württemberg Spitzenpositionen ein. Dies kann künftig nur durch weitere Anstrengungen bei Forschung und Entwicklung aufrecht erhalten werden. Als Querschnittstechnologie mit Anschlussfähigkeit bei den klassischen baden-württembergischen Stärken speziell in den Lebenswissenschaften (Medizintechnik), Maschinenbau (Messtechnik, Sensorik) und Produktionstechnologien (Schneiden, Verbinden etc.) sowie im Fahrzeugbau (bspw. Fahrer-Assistenz-Systeme) gilt es, insbesondere die Schnittstellen und die Anwendungen in diesen Kompetenzfeldern weiter zu befördern. Die Nano-Optik als neuer Teilbereich der Forschungsaktivitäten ist derzeit noch ein eher kleines Feld, bei dem Baden-Württemberg aber durchaus Startvorteile hat, die es in der Zukunft weiter auszubauen gilt. Das Programm der Baden-Württemberg Stiftung zur Forschungsförderung in den Optischen Technologien sollte daher auch in Zukunft zielgerichtet diese technologischen Fortschritte unterstützen.

Moderne Verfahrenstechniken

Die modernen Verfahrenstechniken sind eine Sammelgruppe unterschiedlicher Wissenschafts- und Technikfelder, die in dieser Kombination in der vorliegenden Studie nicht betrachtet wurden. Zu ihnen gehören aus den in dieser Studie analysierten Feldern u.a. die Thermodynamik, die Polymerchemie, die Katalyse, Trenntechniken, die Nanotechnologie, Beschichtungen, biotechnische Prozesse sowie die Reaktionstech-

nik. Was die Nanotechnologie betrifft, wurde bereits bei der Materialforschung auf Themenfelder, die Förderansätze aufzeigen, hingewiesen. Bei dem Vergleich ausgewählter Wissenschafts- und Technikfelder mit Hilfe von Publikationen und Patenten wurden Stärken in den Bereichen Nano-Materialien, Nano-Informationstechnik, Nano-Bio und Nano-Optik aufgezeigt. Bei thermischen Prozessen wurden positive Patent-spezialisierungen sowohl beim DPMA als auch beim EPA sichtbar. Polymere als Teilbereich der Organischen Chemie gehören zu den wachstumsintensiven Kompetenzfeldern. Grundsätzlich stellen die einzelnen Elemente dieser Sammelgruppe eine wichtige Grundlage für industrielle Prozesse dar. Aufgrund der Heterogenität lässt sich keine allgemeingültige Empfehlung treffen. Während im wissenschaftlichen Input in den Bereichen Materialwissenschaften und Chemieingenieurwesen relative Publikations-schwächen erkennbar sind, zeigen sich im technologischen Profil die Schwächen vor allen Dingen in der Chemie. Daher gilt es hier, wie auch bereits 2005 empfohlen, Teilbereiche wie die Polymerchemie oder die Materialforschung in der Schnittstelle zur Nanotechnologie zu identifizieren, auf die sich die Förderung konzentrieren sollte.

Dynamische Kompetenzfelder

Durch Ko-Zitationsanalysen wurden in einem Bottom-Up-Ansatz, der sich nicht an bestehenden Wissenschaftsklassifikationen orientierte, dynamisch wachsende Kompetenzfelder identifiziert. Hier standen Forschungsthemen unabhängig von Disziplinen im Vordergrund, die sich durch hohe und dynamisch wachsende Zitationen und damit durch eine wachsende Bedeutung auszeichnen. Dieser Ansatz ergänzt die Strukturanalysen und bietet eine weitere Fokussierung der thematischen Ausrichtung, die bereits in den vorherigen Abschnitten berücksichtigt und eingearbeitet wurde. Es wurden insgesamt 13 Felder ausgewählt, die leicht unter bzw. leicht über dem baden-württembergischen Publikationsdurchschnitt liegen. Diese Felder werden, in Ergänzung bzw. zusammen mit den fünf bereits genannten Wissenschaftsgebieten, als Grundlage für die Entscheidung der Baden-Württemberg Stiftung für die Zuspitzung der künftig von ihr zu fördernden Forschungsgebiete empfohlen.²⁹

Schwerpunktsetzung

Wissenschaftliche Breite und Freiräume für Grundlagenforschung sind wichtige Voraussetzungen für kreative Prozesse, aus denen sich neue wissenschaftliche Erkenntnisse wie auch technologische Entwicklungen und damit Innovationen entwickeln können. Die optimale Balance zwischen der Förderung von Grundlagenforschung und an-

²⁹ Siehe hierzu Tabelle 3-3, Seite 46.

gewandter Forschung und die Existenz eines eigenen und starken Kompetenzprofils in der Grundlagenforschung stellt eine wichtige Basis der wissenschaftlichen und ökonomischen Stärke Baden-Württembergs dar. Die Förderpolitik des baden-württembergischen Wissenschaftsministeriums ist darauf ausgerichtet, diese Breite und die Freiräume der Grundlagenforschung, im Rahmen der Budgetgrenzen und mit Blick auf die internationale wissenschaftliche Wettbewerbsfähigkeit des Landes, zu sichern. In den im Rahmen der Studie geführten Interviews, aber auch anlässlich der Workshopdiskussionen, wurde immer wieder der Wunsch formuliert, dass die Baden-Württemberg Stiftung themenoffene Programme einrichten sollte, die neuen, noch nicht Themen oder Disziplinen zuzuordnenden Forschungsideen die entsprechende Möglichkeit zu deren Entfaltung bieten könne. Die Gutachter sind der Meinung, dass die Stiftung diesem Wunsch nicht folgen, sondern wie bislang Forschungsförderung themenorientiert betreiben soll. Dies begründet sich zum einen mit den finanziellen und personellen Ressourcen für Begutachtungs- und Auswahlprozesse, die bei themenoffenen Programmen erheblich umfangreicher ausfallen und damit die für Forschungsprojekte verfügbaren finanziellen Mittel schmälern. Zum anderen sollte die Baden-Württemberg Stiftung auch weiterhin in enger Abstimmung mit den Ministerien, den Clusterinitiativen und sonstigen Technologieplattformen und Einrichtungen ihr Förderprofil weiterentwickeln, das über seine Schwerpunktsetzung Signalwirkung in die baden-württembergische Forschungslandschaft und darüber hinaus auch national und international ausübt. Die die Landesforschungspolitik ergänzenden Förderschwerpunkte der Baden-Württemberg Stiftung helfen, die Ausrichtung auf die Festigung baden-württembergischer Stärken bei gleichzeitiger bedarfsorientierter Förderung von Schnittstellen zwischen Grundlagen- und anwendungsorientierter Forschung zu flankieren und zu unterstützen.

7.4 Generelle Empfehlungen

Zwei wesentliche generelle Empfehlungen lassen sich aus den in diesem Bericht dargestellten Analysen ableiten. Erstens gilt es, die Überführung der vielfach exzellenten öffentlichen Forschung in die Anwendung und die Märkte zu realisieren. Hier bestehen bereits gute Ansätze in der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, die in der Vergangenheit bereits sehr fruchtbar waren. Diese gilt es weiter zu befördern. Zweitens stehen einige der neuen Technologien – allen voran die Brennstoffzellen und Batterietechnologien und die Nanotechnologien, aber auch Teilbereiche der erneuerbaren Energien – nach der ersten Phase der Ernüchterung nun vor einer breiten Diffusion. Hier kommt es darauf an, die qualitativ hochwertige Grundlagenforschung weiterzuführen und gleichzeitig die Anwendung zu stärken. Dies ist für Baden-Württemberg umso wichtiger, als diese neuen Querschnittstechnologien einem enor-

men internationalen Wettbewerbsdruck ausgesetzt sind und gleichzeitig eine zentrale – wenn nicht gar die zentrale – Rolle bei der Erhaltung und dem Ausbau der spezifischen baden-württembergischen Kernkompetenzen im Maschinen- und Fahrzeugbau sowie der Elektrotechnik spielen werden.

Daneben lassen sich zwei weitere Empfehlungen mit allgemeinem forschungspolitischen Charakter ableiten.

MINT-Nachwuchs

Die Analysen haben gezeigt, dass Baden-Württemberg im bundesdeutschen Vergleich einen überdurchschnittlichen Bedarf an Ingenieuren und Naturwissenschaftlern hat. Gleichfalls konnte dargelegt werden, dass derzeit die Zahl der Absolventen in den MINT-Disziplinen aus Baden-Württemberg noch ausreichend hoch ist und trotz einer großen Nachfrage nach Akademikern der Substitutionsbedarf noch besser gedeckt werden kann als im deutschen Mittel. Dennoch zeichnen sich durch den demographischen Wandel Entwicklungen ab, die künftig eine deutliche Verschlechterung des Angebots an Absolventen erwarten lassen. Deshalb empfiehlt auch diese Studie, einerseits bereits in den Schulen die entsprechenden Grundlagen für ein hohes Interesse an den MINT-Fächern zu legen, so dass sich künftig der Anteil der Studierenden in den MINT-Fächern erhöht. Zum anderen sollte die Attraktivität der Studien- und Arbeitsbedingungen in Baden-Württemberg weiter gesteigert werden, um Studien- und Berufsanfängern aus anderen Bundesländern, aber auch aus dem Ausland, überzeugende Argumente zu liefern, ihr Studium oder ihre berufliche Tätigkeit in Baden-Württemberg aufzunehmen und auch hier zu verbleiben. Die im Rahmen des Programms "Hochschule 2012" bzw. des Bund-Länder-Programms "Hochschulpakt 2020" ergriffenen Maßnahmen können hierzu eine gute Grundlage bieten.

Kooperationen und Translation

Die partielle Komplementarität zwischen dem Wissenschafts- und dem Technologieprofil war eine Erkenntnis der Studie. Es gibt Wissenschaftsfelder, die keine direkte Entsprechung im unternehmensbezogenen Technologieportfolio der Unternehmen aufweisen und von denen angenommen wird, dass hier die Umsetzung von Forschungsergebnissen in regionale industrielle Anwendung nicht auf breiter Front erfolgt. Auch in den Interviews wurde immer wieder darauf hingewiesen, dass es vielfältige und langjährig erprobte Kooperationsbeziehungen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft in Baden-Württemberg gibt, aber durchaus weiterhin Möglichkeiten zu deren Verbesserung bestehen. Auch innerhalb der Wissenschaft finden umfangreiche Koope-

rationen zwischen den Forschungseinrichtungen innerhalb und außerhalb Baden-Württembergs statt, die aber ebenfalls noch optimierbar sind.

Vor dem Hintergrund, dass die Leistungs- und Zukunftsfähigkeit regionaler Forschungs- und Innovationssysteme von vielfältigen Schnittstellen zwischen öffentlicher und privater Forschung abhängt, wird empfohlen, dass die Förderung des personellen Kompetenzaufbaus wie auch die Mobilität von Wissenschaftlern innerhalb des Forschungssektors, aber auch zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, eine hohe Priorität genießt. Diese Förderung sollte in besonderem Maße an die Ankopplungskompetenz der geförderten Personen hinsichtlich der Translationsnotwendigkeiten gebunden sein, da Transfer und Umsetzung im Wesentlichen über Personen und deren Forschungs- und Umsetzungsinteressen erfolgen. Eine solche personenbezogene Translationsförderung sollte kompatibel zu Förderansätzen aus Baden-Württemberg erfolgen, die diese Wechselwirkungen zum Ziel haben. Als Beispiel sei hier das Industry on Campus-Modell genannt, das strategische Forschungskoperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (hier auch explizit kleine und mittlere Unternehmen) fördern soll. Programme und Maßnahmen wie z.B. die 'Shared Professorships' (Transfer über Professoren mit Teilzeitverträgen in Wissenschaft und Wirtschaft) sollten junge Wissenschaftler und Postdoktoranden als Träger von Transferprozessen fördern, um damit sowohl die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Wissenschaft auszubauen als auch Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft aktiv zu unterstützen.

8 Literatur

- Adams, S.R. (Hrsg.) (2006): *Information Sources in Patents*. München: KG Saur.
- Albert, M.B./Avery, D./Narin, F./McAllister/P. (1991): Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents, *Research Policy*, 20 (3), 251-259.
- Alcacer, J./Gittelman, M. (2006): Patent citations as a measure of knowledge flows: The influence of examiner citations, *Review of Economics and Statistics*, 88, 774-779.
- Alcacer, J./Gittelman, M./Sampat, B. (2009): Applicant and examiner citations in U.S. patents: An overview and analysis, *Research Policy*, 38, 415-427.
- Arundel, A./Patel, P. (2003): *Strategic patenting*, Background report for the Trend Chart Policy Benchmarking Workshop "New Trends in IPR Policy".
- Bartscher, S./Bomke, P. (Hrsg.) (1995): *Unternehmungspolitik*. Stuttgart.
- Blind, K./Cuntz, A./Schmoch, U. (2009): *Patentverwertungsstrukturen für Hochschulerfindungen im internationalen Vergleich: Mit den Schwerpunkten USA, Israel und Japan*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Blind, K./Edler, J./Frietsch, R./Schmoch, U. (2003): *Erfindungen kontra Patente. Schwerpunktstudie - "Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands"*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Blind, K./Edler, J./Frietsch, R./Schmoch, U. (2006): Motives to Patent: Empirical Evidence from Germany, *Research Policy*, 35, 655-672.
- Börner, K./Chen, C./Boyack, K.W. (2002): Visualizing Knowledge Domains. In: Cronin, B. (Hrsg.): *Annual Review of Information Science & Technology*. Medford, NJ: Information Today, Inc./American Society for Information Science and Technology, 179-255.
- Boyack, K.W./Klavans, R./Börner, K. (2005): Mapping the Backbone of Science, *Scientometrics*, 64, 351-374.
- Breschi, S./Malerba, F. (1997): Sectoral Innovation Systems – Technological Regimes, Schumpeterian Dynamics and Spatial Boundaries. In: Edquist, C. (Hrsg.): *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organisations*. London: Pinter.
- BMBF [Bundesministerium für Bildung und Forschung] (2007): *Optische Technologien, Wirtschaftliche Bedeutung in Deutschland*. Bonn, Berlin: BMBF.
- BMBF [Bundesministerium für Bildung und Forschung] (Hrsg.) (2009): *nano.DE-Report 2009 - Status Quo der Nanotechnologie in Deutschland*.
- Carpenter, M.P./Narin, F./Woolf, P. (1981): Citation rates to technologically important patents, *World Patent Information*, 3, 160-163.

- Cooke, P. (1992): Regional Innovation Systems: Competitive Regulation in the New Europe, *Geoforum*, 23, 365-382.
- Deng, Z./Lev, B./Narin, F. (1999): Science and technology as predictors of stock performance, *Financial Analysts Journal*, 55 (3), 20-32.
- Dosi, G./Freeman, C./Nelson, R.R./Silverberg, G./Soete, L. (Hrsg.) (1988): *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.
- Dreher, C./Frietsch, R./Hemer, J./Schmoch, U. (2005): Die Beschleunigung von Innovationszyklen und die Rolle der Fraunhofer-Gesellschaft. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): *Fokus Innovation*. München: Hanser, 275-306.
- Edler, J./Döhrn, R./Rothgang, M. (2003): *Internationalisierung industrieller Forschung und grenzüberschreitendes Wissensmanagement - Eine empirische Analyse aus der Perspektive des Standortes Deutschland*, Technik, Wirtschaft und Politik, Fraunhofer ISI. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Elsevier (2009): Co-Citation Analysis: The Methodology of SciVal Spotlight, <http://www.info.spotlight.scival.com/documents/files/content/pdf/whitepaper.pdf>, Amsterdam: Elsevier.
- Europäisches Patentamt (EPA) (Hrsg.) (2010): *Richtlinien für die Prüfung im Europäischen Patentamt*.
- Eurostat (1999): *Erhebung über die Arbeitskräfte. Methodik und Definition*. Luxembourg.
- Felix, B. (2007): National patent statistics, *Statistics in Focus*, 9/2007.
- Fier, A./Hinze, S./Breitschopf, B./Grupp, H./Licht, G./Löhlein, H. (2005): *Strategische Forschung in Baden-Württemberg*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- 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.
- Frietsch, R. (2006): Micro data for macro effects. In: Hingley, P./Nicolas, M. (Hrsg.): *Forecasting Innovations. Methods for Predicting Numbers of Patent Filings*. Berlin: Springer.
- 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./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./Kroll, H. (2010): Recent Trends in Innovation Policy in Germany. In: Frietsch, R./Schüller, M. (Hrsg.): *Competing for Global Innovation Leadership: Innovation Systems and Policies in the USA, Europe and Asia*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 73-92.
- Frietsch, R./Schmoch, U. (2010): Transnational Patents and International Markets, *Scientometrics*, 82, 185-200.
- 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. (2010a): The Value and Indicator Function of Patents (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 15-2010). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Frietsch, R./Schmoch, U./Neuhäusler, P./Rothengatter, O. (2010b): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 10-2010). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Gehrke, B./Legler, H. (2007): *Forschungs- und wissensintensive Wirtschaftszweige in Deutschland: Produktion, Wertschöpfung, Beschäftigung und Qualifikationserfordernisse*. Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Grenzmann, C./Kladroba, A./Kreuels, B. (2009): *FuE-Datenreport 2009 - Tabellen und Daten*, Wissenschaftsstatistik GmbH (Hrsg.). Essen: Wissenschaftsstatistik GmbH.
- Guellec, D./van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2001): The internationalisation of technology analysed with patent data, *Research Policy*, 30, 1253-1266.
- Guellec, D./van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2004): Measuring the Internationalization of the Generation of Knowledge: An approach based on patent data. In: Moed, H.F./Glänzel, W./Schmoch, U. (Hrsg.): *Handbook of Quantitative Science and Technology Research. The Use of Publications and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1-15.
- Hall, B.H./Ziedonis, R.H. (2001): The patent paradox revisited: an empirical study of patenting in the U.S. semiconductor industry 1979-1995, *Rand Journal of Economics*, 36 (1), 101-128.
- Harhoff, D./Scherer, F.M./Vopel, K. (2003): Citations, Family Size, Opposition and the Value of Patent Rights, *Research Policy*, 32, 1343-1363.
- Hedley, B. (1977): Strategy and the Business Portfolio, *Long Range Planning*, 9, 2-11.
- Henderson, B.D. (1973): The Experience Curve Reviewed, IV. The Growth Share Matrix of Product Portfolio. In: The Boston Consulting Group (Hrsg.): *Perspectives*, No. 135.

- Hullmann, A. (2006): *The economic development of nanotechnology - An indicators based analysis*: European Commission. DG Research. Unit "Nano S&T – Convergent Science and Technologies".
- International Labour Office (1990): *International Classification of Occupations*. Genf.
- Jaffe, A./Trajtenberg, M./Henderson, R. (1993): Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations, *The Quarterly Journal of Economics*, 108, 577-598.
- Klavans, R./Boyack, K.W. (2006a): Identifying a Better Measure of Relatedness for Mapping Science, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57, 251-263.
- Klavans, R./Boyack, K.W. (2006b): Quantitative Evaluation of Large Maps of Science, *Scientometrics*, 68, 475-499.
- Koschatzky, K./Hemer, J./Stahlecker, T./Bührer, S./Wolf, B. (2008): *An-Institute und neue strategische Forschungspartnerschaften im deutschen Innovationssystem*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Koschatzky, K./Reinhard, M./Grenzmann, C. (2003): *Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen in Deutschland. Struktur und Perspektiven eines Wachstumsmarktes*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Kuhlmann, S./Arnold, E. (2001): *RCN in the Norwegian Research and Innovation System*, Background Report No. 12, Oslo: Royal Norwegian Ministry for Education, Research and Church Affairs.
- Landesstiftung Baden-Württemberg (2000): *Zukunftsinvestitionen in Baden-Württemberg. Zusammengefasste Projektergebnisse*. Stuttgart: Landesstiftung Baden-Württemberg.
- Lang, J.C. (2001): Management of intellectual property rights: Strategic patenting, *Journal of Intellectual Capital*, 2 No. 1, 8-26.
- Legler, H./Frietsch, R. (2007): Neuabgrenzung der Wissenswirtschaft - forschungsin-tensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen (NIW-/ISI-Listen 2006) (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 22-2007). Hannover, Karlsruhe: NIW, Fraunhofer ISI.
- Legler, H./Krawczyk, O./Rammer, C./Frietsch, R. (2007): Zur technologischen Leistungs-fähigkeit der deutschen Umweltschutzwirtschaft im internationalen Ver-gleich (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 20-2007). Berlin: Bun-desministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

- Leszczensky, M./Frietsch, R./Gehrke, B./Helmrich, R. (2009): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands - Bericht des Konsortiums "Bildungsindikatoren und technologische Leistungsfähigkeit" (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 8-2009). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Leszczensky, M./Frietsch, R./Gehrke, B./Helmrich, R. (2010): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 1-2010). Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).
- Lissoni, F./Llerena, P./McKelvey, M./Sanditov, B. (2008): Academic Patenting in Europe: New Evidence from the KEINS Database, *Research Evaluation*, 17, 87-102.
- Meyer-Krahmer, F./Dreher, C. (2004): Neuere Betrachtungen zur Technikzyklen und Implikationen für die Fraunhofer-Gesellschaft. In: Spath, D. (Hrsg.): *Forschungs- und Technologiemanagement. Potenziale nutzen - Zukunft gestalten*. München: Hanser.
- Narin, F./Breitzman, A./Thomas, P. (2004): Using Patent Citation Indicators to Manage a Stock Portfolio. In: Moed, H.F./Glänzel, W./Schmoch, U. (Hrsg.): *Handbook of Quantitative Science and Technology Research: The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 553-568.
- Narin, F./Noma, E. (1987): Patents as indicators of corporate technological strength, *Research Policy*, 16, 143-155.
- Nelson, R.R. (Hrsg.) (1993): *National Innovation Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Neuhäusler, P. (2009): Formal vs. informal protection instruments and the strategic use of patents in an Expected-Utility framework (= Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation Systems and Policy Analysis Nr. 20). Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- OECD (Hrsg.) (2002): *Proposed standard practice for surveys on research and experimental development: Frascati manual 2002*. Paris: OECD.
- Optech Consulting (2008): *Optische Technologien in Baden-Württemberg - Untersuchung für Photonics BW*. Tägerwilen: Photonics BW.
- Patel, P./Vega, M. (1999): Patterns of internationalisation of corporate technology: location vs. home country advantages, *Research Policy*, 28, 145-155.
- Schmidt, S. (2000): Erwerbstätigkeit im Mikrozensus. Konzepte, Definition, Umsetzung, ZUMA-Arbeitsbericht 2000/01. Mannheim.
- Schmoch, U. (1990): *Wettbewerbsvorsprung durch Patentinformation: Handbuch für die Recherchenpraxis*. Köln.

- Schmoch, U. (2007a): Patentanmeldungen an deutschen Hochschulen (= Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 10-2007). Bonn, Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Schmoch, U. (2007b): Double-boom cycles and the Comeback of Science-push and Market-pull, *Research Policy*, 36, 1000-1015.
- 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./Licht, G./Reinhard, M. (Hrsg.) (2000): *Wissens- und Technologietransfer in Deutschland*. Stuttgart: Fraunhofer IRB.
- Shiffrin, R.M./Börner, K. (2004): Mapping Knowledge Domains, *PNAS*, 101.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2003): *Klassifikation der Wirtschaftszweige mit Erläuterungen Ausgabe 2003*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- Statistisches Bundesamt (2010): Mikrozensus. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Online: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/abisz/Mikrozensus,templateId=renderPrint.psml> (abgerufen am: 24.06.2010).
- Trajtenberg, M. (1990): A penny for your quotes: patent citations and the value of innovation, *Rand Journal of Economics*, 21, 172-187.
- UNCTAD (Hrsg.) (2005): *World Investment Report 2005: Transnational Companies and the Internationalisation of R&D*. Geneva: UNCTAD.
- Wirtschafts- und Wissenschaftsministerium Baden-Württemberg (2008): *Eckpunkte der Innovations- und Technologiepolitik des Wirtschafts- und des Wissenschaftsministeriums Baden-Württemberg*. Stuttgart: Wirtschaftsministerium.

Anhang

A.1 Methoden

Mikrozensus – Daten und Abgrenzungen

Neben den Mikrozensus-Analysen, die sich auf die komplette Bevölkerung beziehen, stehen erwerbstätige Personen, definiert nach dem so genannten Labour-Force-Konzept der International Labour Organisation (ILO) (Eurostat 1999; International Labour Office 1990; Schmidt 2000)³⁰, im Zentrum des Interesses. Diese Definition stellt erstens die Unabhängigkeit der Definitionen von nationalen sozialgesetzlichen Regelungen sicher, so dass sich durch gesetzliche Änderungen im Zeitverlauf keine Brüche ergeben. Zweitens sichert die Orientierung an diesem Konzept die Vergleichbarkeit der deutschen Zahlen mit anderen Staaten. Die Erwerbstätigen bilden zusammen mit den Erwerbslosen die Gruppe der Erwerbspersonen. Personen, die nicht am Erwerbsleben teilnehmen, werden zu den Nicht-Erwerbspersonen gezählt; das gilt zum Beispiel für alle unter 15- und über 64-Jährigen.

Eine weitere wichtige Abgrenzung bezieht sich auf Beschäftigte der gewerblichen Wirtschaft, das heißt in Unternehmen, die einem Erwerbszweck folgen. Im Gegensatz dazu zählen zu der nicht-gewerblichen Wirtschaft neben der öffentlichen Verwaltung und verwandten Institutionen (wie bspw. Gebietskörperschaften) auch Institutionen ohne Erwerbscharakter (Non-Profit-Organisationen), wie beispielsweise Gewerkschaften oder Kirchen. Die Abgrenzung wird mit Hilfe der Wirtschaftszweige (Statistisches Bundesamt 2003) erreicht, wobei die WZ2003 (Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2003) auf Dreisteller-Ebene zur Differenzierung herangezogen wird. Die Kategorisierung der Wirtschaftszweige nach Wissens- und Forschungsintensität erfolgt auf Basis der NIW-/ISI-Listen forschungs- und wissensintensiver Wirtschaftszweige bzw. Güter (vgl. Legler/Frietsch 2007).

Shift-Share-Analyse

Die Methode der Shift-Share-Analyse (oder auch Dekompositionsanalyse) erlaubt die Differenzierung eines Wachstums zwischen zwei verschiedenen Zeitpunkten. Dazu wird das gesamte Wachstum in drei Komponenten aufgeteilt, nämlich den Trendeffekt,

³⁰ Nach dem ILO-Konzept gelten Personen im Alter zwischen 15 und 64 Jahren als erwerbstätig, wenn sie mindestens 1 Stunde pro Woche arbeiten.

den Struktureffekt und den so genannten Intensivierungseffekt (Gehrke/Legler 2007; Leszczensky et al. 2009).

Das auf gesamtwirtschaftliche Effekte zurückführbare Wachstum von Akademikern in bestimmten Fächern zwischen zwei Untersuchungszeitpunkten wird durch den Trendeffekt abgebildet. Der Trendeffekt deckt somit das Wachstum ab, das man erwarten würde, wenn der Anteil an Akademikern in Baden-Württemberg parallel mit dem Anteil der Akademiker in Deutschland stiege bzw. fiel. Dabei werden eine konstante Sektorstruktur und ein konstanter Qualifikationsbedarf unterstellt.

Der Anteil der Veränderung der Nachfrage nach AkademikerInnen in bestimmten Fachbereichen, der durch den Wandel der Fächerstruktur induziert wird, wird durch den Struktureffekt (oder auch intersektoraler Effekt) abgebildet. Wächst oder schrumpft der Anteil an Akademikern innerhalb eines Fachbereichs, wächst oder schrumpft somit auch der Anteil der Akademiker, die innerhalb dieses Fachbereichs einen Abschluss erworben haben.

Auf der anderen Seite reflektiert der Intensivierungseffekt (oder auch intrasektoraler Effekt) die Veränderung des Einsatzes von Akademikern begründet durch den fächer-spezifischen Einsatz dieser Qualifikationen. Dieser Indikator wird also dann positiv, wenn aus einem Fachbereich mehr Akademiker nachgefragt werden bzw. die spezifischen Anforderungen an das Qualifikationsniveau innerhalb dieser Fachbereiche zunehmen.

Zur Berechnung dieser drei Effekte werden unten stehende Formeln verwendet:

$$Trend_{fBW}^t = A_{fBW}^{t-1} * \left(\frac{A_{DE}^t}{A_{DE}^{t-1}} - 1 \right)$$

$$Struktur_{fBW}^t = A_{fBW}^{t-1} * \left[\left(\frac{A_{fDE}^t}{A_{fDE}^{t-1}} \right) - \left(\frac{A_{DE}^t}{A_{DE}^{t-1}} \right) \right]$$

$$Intens_{fBW}^t = A_{fBW}^{t-1} * \left[\left(\frac{A_{fBW}^t}{A_{fBW}^{t-1}} \right) - \left(\frac{A_{fDE}^t}{A_{fDE}^{t-1}} \right) \right]$$

$$Gesamt_{fBW}^t = Trend_{fBW}^t + Struktur_{fBW}^t + Intens_{fBW}^t$$

wobei A=Akademiker, f=Fachbereich, t=Zeit, BW=Baden-Württemberg und DE=Deutschland entspricht.

Das Gesamtwachstum wird also in diese drei individuellen Effekte aufgeteilt. Dadurch kann eine tiefergehende und exaktere Bewertung des Gesamteffekts gewährleistet werden.

Schätzung des Absolventenbedarfs

Eine fachdifferenzierte Schätzung der zu erwartenden Hochschulabsolventenzahlen ist vor dem Hintergrund der Hochschulreform nicht ohne weiteres möglich. Schwierigkeiten bereiten hierbei vor allem die regional und fachspezifisch recht unterschiedlichen Übergangsfristen zwischen Diplom- und Master-/Bachelorstudiengängen sowie die im Bereich der neuen Studiengänge noch weitgehend unbekanntem durchschnittlichen Studiendauern und Abbrecherquoten. Vor dem Hintergrund dieser begrenzten Datenverfügbarkeit wurde ein einfach strukturiertes Schätzmodell verwendet, das auf Durchschnittsstudiendauern anstatt auf komplexen kohortenbasierten Schätzungen basiert. Hierbei allerdings werden alle fach- wie studiengangtypspezifischen Besonderheiten in Studiendauern und Abbrecherquoten soweit als möglich umfassend berücksichtigt. Wendet man dieses Modell rückblickend auf die Periode von 2001-2007 an, lassen sich auf Bundesebene die faktischen Absolventenzahlen mit einer Abweichung von unter +/- 3,5%, auf Landesebene von immerhin unter +/- 7% reproduzieren. Mit hoher Sicherheit lässt sich somit in beiden Fällen feststellen, dass gerade in Zeiten der Hochschulreform die Qualität dieser differenzierten Schätzung deutlich über der einer Extrapolation liegt. Singuläre Effekte wie die Aufnahme neuer Institutionen in die statistische Erfassung wurden in den Schätzungen gezielt nicht berücksichtigt.

Zitatkategorien am Europäischen Patentamt

Am EPA werden Patentzitationen zusätzlich in verschiedene Typen kategorisiert. Zum einen existieren Zitierungen, die als besonders relevant für die Bewertung der Neuheit oder des Erfindungsgrades der jeweiligen Patentanmeldung angesehen werden. Diese erhalten die Bezeichnung X- oder Y-Zitierungen. Eine weitere wichtige Kategorie stellen die so genannten A-Zitierungen dar, die den aktuellen Stand der Technik oder anders gesagt, den technologischen Hintergrund einer Patentanmeldung definieren. Da Zitierungskategorien kombiniert werden können, stellen auch die Zitierungen des Typs A, X oder Y eine interessante Kategorie dar, da hierbei die relevantesten und am häufigsten vorkommenden Zitierungskategorien vermischt werden. Alle weiteren Typen können an dieser Stelle vernachlässigt werden, da sie meistens nur in Kombination mit A-, X- oder Y-Kategorisierungen auftreten (Frietsch et al. 2010a).

Tabelle A1: Verwendete Kategorien (Subject Categories) der Scopus-Datenbank

Obergruppen	Wissenschaftsfelder
Lebenswissenschaften	Biologie und Agrarwissenschaften
	Biochemie, Genetik und Molekularbiologie
	Immunologie und Mikrobiologie
	Neurowissenschaften
	Pharmakologie
	Tiermedizin
Gesundheitsdienste	Zahnmedizin
	Gesundheitsberufe
	Medizin
	Krankenpflege
Naturwissenschaften	Chemie
	Chemieingenieurwesen
	Informatik
	Geowissenschaften
	Energie
	Ingenieurwesen
	Umweltwissenschaften
	Materialwissenschaften
	Mathematik
	Physik und Astronomie
Sozial- und Geisteswissenschaften	Kunst und Geisteswissenschaften
	Betriebswirtschaftslehre
	Entscheidungswissenschaften
	Ökonomie
	Psychologie
	Sozialwissenschaften
Multidisziplinär	Multidisziplinär

Quelle: Elsevier – Scopus

Tabelle A2: Verwendete Patentklassifikation differenziert nach 34 Technologiefeldern und 5 Gruppen

	Bezeichnung	IPC code
I	Elektrotechnik	
1	Elektrische Maschinen und Anlagen	F21#, H01B, H01C, H01F, H01G, H01H, H01J, H01K, H01M, H01R, H01T, H02#, H05B, H05C, H05F, H99Z
2	Audiovisuelle Technik	G09F, G09G, G11B, H04N-003, H04N-005, H04N-009, H04N-013, H04N-015, H04N-017, H04R, H04S, H05K
3	Telekommunikationstechnologien	G08C, H01P, H01Q, H04B, H04H, H04J, H04K, H04M, H04N-001, H04N-007, H04N-011, H04Q
4	Digitale Kommunikationstechnologien	H04L
5	Grundlegende Kommunikationstech.	H03#
6	Computertechnologie	(G06# not G06Q), G11C, G10L
7	Datenverarbeitung	G06Q
8	Halbleiter	H01L
II	Mess-, Steuer-, Regeltechnik, Optik	
9	Optik	G02#, G03B, G03C, G03D, G03F, G03G, G03H, H01S
10	Messtechnik	G01B, G01C, G01D, G01F, G01G, G01H, G01J, G01K, G01L, G01M, (G01N not G01N-033), G01P, G01R, G01S; G01V, G01W, G04#, G12B, G99Z
11	Analyse von biologischen Materialien	G01N-033
12	Steuer- und Regeltechnik	G05B, G05D, G05F, G07#, G08B, G08G, G09B, G09C, G09D
13	Medizintechnik	A61B, A61C, A61D, A61F, A61G, A61H, A61J, A61L, A61M, A61N, H05G
III	Chemie (inkl. Pharma)	
14	Organische Feinchemie	(C07B, C07C, C07D, C07F, C07H, C07J, C40B) not A61K, A61K-008, A61Q
15	Biotechnologie	(C07G, C07K, C12M, C12N, C12P, C12Q, C12R, C12S) not A61K
16	Pharmazie	A61K not A61K-008

	Bezeichnung	IPC code
17	Kunststoffe, makromolekulare Chemie	C08B, C08C, C08F, C08G, C08H, C08K, C08L
18	Nahrungsmittelchemie	A01H, A21D, A23B, A23C, A23D, A23F, A23G, A23J, A23K, A23L, C12C, C12F, C12G, C12H, C12J, C13D, C13F, C13J, C13K
19	Grundstoffchemie	A01N, A01P, C05#, C06#, C09B, C09C, C09F, C09G, C09H, C09K, C09D, C09J, C10B, C10C, C10F, C10G, C10H, C10J, C10K, C10L, C10M, C10N, C11B, C11C, C11D, C99Z
20	Materialien, Metallurgie	C01#, C03C, C04#, C21#, C22#, B22#
21	Oberflächen, Beschichtungen	B05C, B05D, B32#, C23#, C25#, C30#
22	Chemische Verfahrenstechnik	B01B, B01D-000#, B01D-01##, B01D-02##, B01D-03##, B01D-041, B01D-043, B01D-057, B01D-059, B01D-06##, B01D-07##, B01F, B01J, B01L, B02C, B03#, B04#, B05B, B06B, B07#, B08#, D06B, D06C, D06L, F25J, F26#, C14C, H05H
23	Umwelttechniken	A62D, B01D-045, B01D-046, B01D-047, B01D-049, B01D-050, B01D-051, B01D-052, B01D-053, B09#, B65F, C02#, F01N, F23G, F23J, G01T, E01F-008, A62C
IV	Maschinenbau (inkl. Transport)	
24	Fördertechnik	B25J, B65B, B65C, B65D, B65G, B65H, B66#, B67#
25	Werkzeugmaschinen	B21#, B23#, B24#, B26D, B26F, B27#, B30#, B25B, B25C, B25D, B25F, B25G, B25H, B26B
26	Motoren, Pumpen, Turbinen	F01B, F01C, F01D, F01K, F01L, F01M, F01P, F02#, F03#, F04#, F23R, G21#, F99Z
27	Textil- und Papiermaschinen	A41H, A43D, A46D, C14B, D01#, D02#, D03#, D04B, D04C, D04G, D04H, D05#, D06G, D06H, D06J, D06M, D06P, D06Q, D99Z, B31#, D21#, B41#
28	Andere Spezialmaschinen	A01B, A01C, A01D, A01F, A01G, A01J, A01K, A01L, A01M, A21B, A21C, A22#, A23N, A23P, B02B, C12L, C13C, C13G, C13H, B28#, B29#, C03B, C08J, B99Z, F41#, F42#
29	Thermische Prozesse und Apparate	F22#, F23B, F23C, F23D, F23H, F23K, F23L, F23M, F23N, F23Q, F24#, F25B, F25C, F27#, F28#

	Bezeichnung	IPC code
30	Maschinenelemente	F15#, F16#, F17#, G05G
31	Transport	B60#, B61#, B62#, B63B, B63C, B63G, B63H, B63J, B64#
V	Sonstige Technologiefelder	
32	Möbel, Spielzeug	A47#, A63#
33	Andere Konsumgüter	A24#, A41B, A41C, A41D, A41F, A41G, A42#, A43B, A43C, A44#, A45#, A46B, A62B, B42#, B43#, D04D, D07#, G10B, G10C, G10D, G10F, G10G, G10H, G10K, B44#, B68#, D06F, D06N, F25D, A99Z
34	Bauwesen	E02#, E01B, E01C, E01D, E01F-001, E01F-003, E01F-005, E01F-007, E01F-009, E01F-01#, E01H, E03#, E04#, E05#, E06#, E21#, E99Z

Quelle: WIPO IPC-Technology Concordance Table; Übersetzung aus dem Englischen: Fraunhofer ISI

Tabelle A3: Zitierungstypen am EPA und ihre Bedeutung

X: Besonders relevante Dokumente für sich alleine stehend (eine beanspruchte Erfindung kann nicht als neu betrachtet werden oder hat eine zu geringe Erfindungshöhe).

Y: Besonders relevante Dokumente wenn sie mit einem oder mehreren anderen Dokumenten der gleichen Kategorie kombiniert werden – solch eine Kombination ist für einen Fachmann offensichtlich.

A: Dokumente die den generellen Stand der Technik definieren (jedoch nicht in die Kategorien X oder Y gehören).

O: Dokumente die sich auf nicht-schriftliche Veröffentlichung/Offenlegung beziehen.

P: Intermediäre Dokumente – Dokumente die zwischen dem Anmeldedatum der betrachteten Anmeldung und deren Prioritätsdatum veröffentlicht wurden.

T: Dokumente die sich auf die Theorie oder das Prinzip der zugrunde liegenden Erfindung beziehen (Dokumente, die nach dem Anmeldedatum veröffentlicht wurden und nicht in Konflikt mit der Anmeldung stehen aber zum besseren Verständnis der Erfindung zitiert wurden).

E: Potenziell konfligierende Dokumente – Jedes Patentdokument, dass ein Anmelde- oder Prioritätsdatum vor dem Anmeldedatum der zu untersuchenden Patentanmeldung hat aber später veröffentlicht wurde und dessen Inhalt den aktuellen Stand der Technik festlegte.

D: Dokumente die in der Anmeldung bereits zitiert wurden, d.h. bereits in der Beschreibung der Patentanmeldung erwähnt wurden.

L: Dokumente die aus sonstigen Gründen zitiert wurden (z.B. ein Dokument, das Zweifel an einer Prioritätsbeanspruchung aufwirft).

Quelle: Europäisches Patentamt (EPA) (2010); eigene Zusammenstellung

Tabelle A4: Aggregierte Ergebnisse des themenorientierten Ansatzes auf Basis von Ko-Zitationen in wissenschaftlichen Publikationen

Themenfelder	Stichworte (max. 10)
Affective Disorders; Psychosis; Schizophrenia; Mental Health Assessment; Molecular Medicine; Sleep	schizophrenic patients; negative symptoms; mental health; antipsychotic drugs; atypical antipsychotics; depressive symptoms; schizoaffective disorder; psychotic disorders; patients treated; positive symptoms
Bacteriology; Bioinformatics; Protein Science; Microbiology Biotechnology; Virology	Escherichia coli; amino acid; gene expression; metabolic networks; metabolic network; metabolic pathways; Halobacterium salinarum; hyperthermophilic archaeon; sulfur oxidation; rRNA gene
Circulation	myocardial infarction; takotsubo cardiomyopathy; left ventricular; apical ballooning; wall motion; left ventricle; ventricular dysfunction; chest pain; coronary artery; ventricular apical
Cytogenetics and Genome Mapping; Neuroscience; Molecular and Cellular; Developmental Biology; Protein Science; Dermatology	ES cells; embryonic stem; cardiac differentiation; stem cell; human embryonic; cell-derived cardiomyocytes; metachromatic leukodystrophy; leukodystrophy MLD
Data Mining; Signal Processing; Computer Systems Theory; Circuits; Medical Records	model checking; access control; web service; polynomial time; Petri nets; logic programming; graph transformation; product line; software product
Data Mining; Computer Systems Theory; Operations Research; Chaos Fractals and Complexity; Construction and Project Management	competitive ratio; online algorithms; deterministic online; embedded software; randomized online; upper bound; worst-case execution
Data Mining; Robotic System; Transportation Research; Remote Sensing	mobile robot; ubiquitous computing; particle filter; ambient intelligence; context information; pervasive computing; route directions; image retrieval; laser range
Data Mining; Robotics; User Interface Design; Robotic Systems	image retrieval; content-based image; medical image; neural network; humanoid robot; object manipulation; retrieval CBIR; gesture recognition; machine learning
Dermatological Surgery; Hospital Management; Allergy and Clinical Immunology; Phytochemistry; Otolaryngology; Laryngoscope	contact dermatitis; allergic contact; occupational skin; patch testing; skin disease; hand dermatitis; skin protection;
Dermatology; Pathology; Gynecology Oncology; Allergy and Clinical Immunology; Oncology	human papillomavirus; squamous cell; cervical cancer; cell carcinoma; papillomavirus HPV; chronic urticaria; intraepithelial neoplasia; intraepithelial lesion; high-risk HPV; squamous intraepithelial

Themenfelder	Stichworte (max. 10)
High Energy Physics	gravitational waves; gravitational radiation; angular momentum; boundary conditions; Einstein equations; gravitational wave; null infinity; asymptotically flat; evolution equations; black-hole binaries
Inorganic Chemistry ; Organic Chemistry; Macromolecules and Polymers; Surface Science; Crystallography	x-ray diffraction; NMR spectroscopy; Chemical Equation; title compound; X-ray crystallography; hydrogen bonds; single-crystal x-ray; molecular weight; metal complexes
Mass Spectrometry ; Protein Science; Proteomics; Clinical Cancer Research; EthnoPharmacology	mass spectrometry; matrix-assisted laser; time-of-flight mass; laser desorption/ionization; electrospray ionization; tandem mass; laser desorption; ionization time-of-flight; molecular species
Medical Imaging ; Circulation; Image Processing; Thoracic Surgery; Fluid Mechanics	computed tomography; coronary artery; coronary angiography; heart rate; artery disease; diagnostic accuracy; CT angiography; negative predictive; CT coronary
Microbiology Biotechnology ; Plant Physiology; Phytochemistry; Organic Chemistry; Systematics and Evolutionary Microbiology	carotenoid biosynthesis; astaxanthin production; carotenoid content; carotene hydroxylase; cell growth; Arabidopsis thaliana; carotenoid production; carotenoid cleavage; Escherichia coli
Molecular Ecology ; Paleobiology; Zoology; Public Policy; Botany	mitochondrial DNA; Zoological Society; postcranial skeleton; rRNA genes; Linnean Society; South Africa; central Peru; DNA sequences; species richness
Molecular Medicine ; Rheumatology; Anesthetics and Analgesics; Affective Disorders; Alternative Complementary Medicine	cytochrome P450; depressive disorder; major depressive; plasma concentrations; reuptake inhibitor; serotonin reuptake; fibromyalgia syndrome; CYP2D6 genotype; chronic pain
Neurology ; NeuroImmunology	cerebrospinal fluid; lung cancer; magnetic resonance; limbic encephalitis; neurological symptoms; cerebellar degeneration; resonance imaging; paraneoplastic limbic; paraneoplastic cerebellar; neurological syndromes
Neuroscience ; Molecular and Cellular; Pharmaceutical Research; Neurosurgery; Pharmacology Science; Magnetic Resonance Imagery	glial cells; spinal cord; microglial cells; P2Y receptors; Kir channels; extracellular ATP; K ⁺ conductance; P2 receptor; P2X7 receptor; K ⁺ currents
Neuroscience ; Molecular and Cellular; Clinical Rehabilitation; Pharmaceutical Design; NeuroImmunology	Alzheimer's disease; NMDA receptor; mouse model; precursor protein; rat brain; amyloid precursor; water maze; acetylcholinesterase AChE; NMDA receptors; receptor antagonist
Nuclear Instrumentation ; Semiconducting Materials; Nanotechnology; Applied Optics; Molecular Medicine	electron microscopy; swift heavy; ion track; heavy ion; photonic crystals; ion beam; ion irradiation; photonic crystal

Themenfelder	Stichworte (max. 10)
Pain ; Anesthetics and Analgesics; Clinical Neurophysiology	complex regional; pain syndrome; regional pain; chronic pain; syndrome CRPS; phantom limb; limb pain; CRPS patients; neuropathic pain; gray matter
Peptides ; Dermatology; Chaos Fractals and Complexity; Developmental Biology; Veterinary Science	electron microscopy; transmission electron; freeze substitution; high-pressure freezing; light microscopy; axillary osmidrosis; electron tomography; vitreous sections; sweat glands
Plant Physiology ; Comparative Animal Physiology; Botany; Ecological Modeling; Systematics and Evolutionary Microbiology	electron microscopy; scanning electron; sweet cherry; cuticular waxes; epicuticular waxes; smooth adhesive; adhesive pads; adhesive force; epicuticular wax; cherry fruit
Plant Physiology ; Bacteriology; Microbiology Biotechnology; Weed Management; Ecological Modeling	Arabidopsis thaliana; amino acid; Escherichia coli; Corynebacterium glutamicum; gene expression; metabolic flux; mass spectrometry; acid cycle; transgenic plants
Semiconducting Materials ; Applied Optics; Electronics; Surface Science	output power; laser diodes; external cavity; active region; surface-emitting lasers; semiconductor disk; disk laser; vertical-external-cavity surface-emitting
Semiconducting Materials ; Surface Science; Computational Chemistry; Macromolecules and Polymers; Organic Chemistry	solar cells; light-emitting diodes; organic light-emitting; force microscopy; charge carrier; atomic force; conjugated polymer; field-effect transistors
Sleep ; Neurology; Affective Disorders	legs syndrome; restless legs; RLS symptoms; RLS patients; Parkinson's disease; periodic limb; leg movements; Periodic leg;
Soil Analysis ; Animal Science; Freshwater Biology; Ecological Modeling; Soil Science	microbial biomass; soil microbial; organic matter; soil organic; microbial community; fatty acid; organic carbon; fungal biomass; phospholipid fatty
Surface Science	spin-orbit coupling; two-dimensional electron; spin-orbit interaction; electron gas; magnetic fields; spin splitting; spin polarization; spin relaxation; Rashba spin-orbit; electron spin
Surface Science ; Surfactants; Computational Chemistry	tunneling microscopy; scanning tunneling; microscopy STM; hydrogen bonds; STM images; hydrogen bonding; ultrahigh vacuum; pyrolytic graphite; oriented pyrolytic; acid molecules
Thrombosis	venous thromboembolism; thrombin generation; direct thrombin; unfractionated heparin; thrombin inhibitor; oral direct; factor Xa; clotting time
Vision ; Clinical Neurophysiology; Data Mining; Neuroimmunology; Educational Psychology	facial expression; event-related potentials; temporal lobe; facial identity; repetition effects; object recognition; model fitting; disease PD; Parkinson's disease

Quelle: Elsevier – Scopus

Projektpartner

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe



ELSEVIER B. V.

Radarweg 29
1043 NX Amsterdam
The Netherlands



Zusammenfassung

Ein großer Teil der finanziellen Mittel, die von der Baden-Württemberg Stiftung jedes Jahr für die Förderung von Projekten zur Verfügung gestellt werden, fließt in die Wissenschaft und Forschung. Daher ist es notwendig, Forschungstrends in den Natur- und Ingenieurwissenschaften frühzeitig zu erkennen und die Förderprioritäten der Stiftung kontinuierlich anzupassen. Diese Studie liefert hierzu eine Entscheidungsgrundlage. Mittels neuer methodischer Ansätze der Kombination von bibliographischen und patentstatistischen Analysen wird aufgezeigt, dass Baden-Württemberg in vielen Belangen sowohl bei privater wie öffentlicher Forschung internationale Spitzenplätze einnimmt. Ergänzt durch Einschätzungen aus Interviews und Workshopdiskussionen werden Schlussfolgerungen abgeleitet, die darauf ausgerichtet sind, diese Spitzenpositionen zu halten oder in einzelnen Bereichen weiter auszubauen.

● Die Baden-Württemberg Stiftung setzt sich für ein lebendiges und lebenswertes Baden-Württemberg ein. Sie ebnet den Weg für Spitzenforschung, vielfältige Bildungsmaßnahmen und den verantwortungsbewussten Umgang mit unseren Mitmenschen. Die Baden-Württemberg Stiftung ist eine der großen operativen Stiftungen in Deutschland. Sie ist die einzige, die ausschließlich und überparteilich in die Zukunft Baden-Württembergs investiert – und damit in die Zukunft seiner Bürgerinnen und Bürger.

FRAUNHOFER VERLAG

ISBN 978-3-8396-0149-5



9 783 839 60 1495



Baden-Württemberg Stiftung gGmbH

Im Kaisemer 1 • 70191 Stuttgart

Fon +49.711.248 476-0

Fax +49.711.248 476-50

info@bwstiftung.de • www.bwstiftung.de