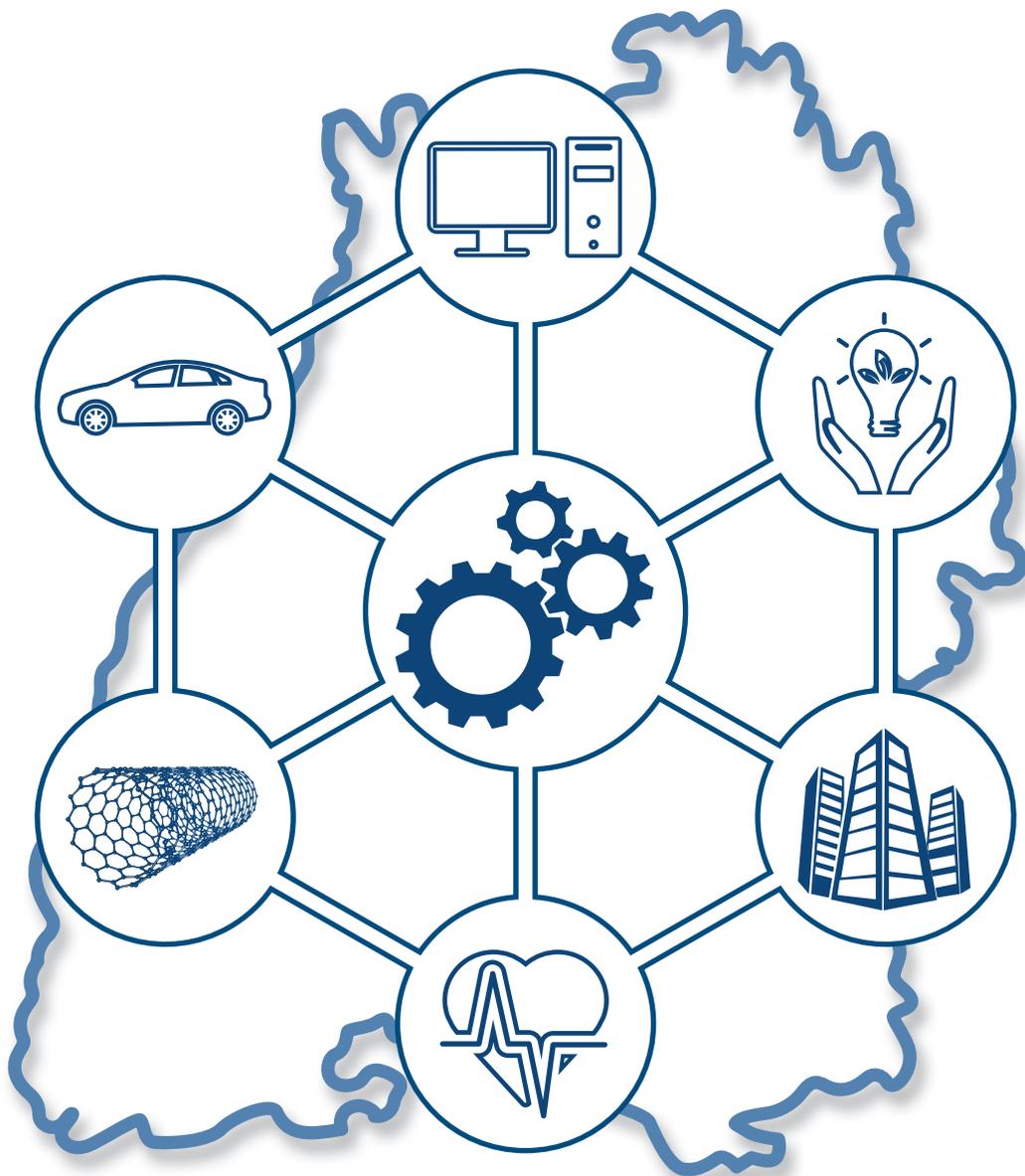


Expertenkommission Ingenieurwissenschaften@BW2025

Abschlussbericht



Expertenkommission Ingenieurwissenschaften@BW2025

Abschlussbericht

zur Übergabe an Frau Ministerin Theresia Bauer,
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

Dezember 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ziel und Auftrag der Kommission.....	1
1.2	Methodik und Arbeitsweise.....	1
1.3	Zusammensetzung.....	2
2	Die Ingenieurwissenschaften – Herkunft, Aufgaben und Perspektiven	4
2.1	Selbstverständnis der Ingenieurwissenschaften.....	4
2.2	Ingenieurinnen und Ingenieure – Aufgaben und Rollen.....	8
2.3	Institutionalisierung im Spannungsfeld von Inter- und Transdisziplinarität.....	10
2.3.1	Institutionalisierung der Ingenieurwissenschaften.....	10
2.3.2	Interdisziplinarität und Transdisziplinarität.....	11
2.4	Position im deutschen Innovationssystem.....	12
2.5	Stellung im globalen Kontext.....	15
2.5.1	Vorbild Baden-Württemberg.....	15
2.5.2	Stellung der Ingenieurinnen und Ingenieure in der Gesellschaft.....	16
2.5.3	Technologietransfer macht den Unterschied.....	17
3	Leitbild Ingenieurwissenschaften 2025	18
3.1	Die Welt im Jahr 2025.....	18
3.1.1	Megatrends.....	18
3.1.2	Chancen und Herausforderungen für die Ingenieurwissenschaften.....	24
3.1.3	Chancen und Herausforderungen für das Ingenieurland Baden-Württemberg.....	26
3.2	Baden-Württemberg, das Land der Ingenieurinnen und Ingenieure: leistungsstark, vernetzt, interdisziplinär, exzellent.....	29
3.2.1	Anforderungen der Gesellschaft.....	29
3.2.2	Anforderungen der baden-württembergischen Unternehmen.....	30
3.2.3	Kompetenzen von Ingenieurinnen und Ingenieuren der Zukunft.....	31
3.2.4	Baden-Württemberg als „Exzellenzzentrum“ der Ingenieurwissenschaften.....	31
4	Der Weg zum Exzellenzzentrum Baden-Württemberg	33
4.1	Lehre.....	33
4.1.1	Heutige und zukünftige Anforderungen an die Lehre in den Ingenieurwissenschaften.....	33
4.1.2	Was ist gute Lehre?.....	34
4.1.3	Handlungsfeld 1: Faszination Ingenieurin und Ingenieur – Begeisterung für technische Berufe und Studiengänge wecken.....	35
4.1.4	Handlungsfeld 2: Differenziertes Hochschulsystem in Baden-Württemberg – Profile in der Lehre weiterentwickeln und kommunizieren.....	39
4.1.5	Handlungsfeld 3: Heterogenität und Diversität als Chance – Qualität der Studienanfängerinnen und Studienanfänger erhöhen.....	43
4.1.6	Handlungsfeld 4: Entwicklungsperspektive Genderbalance – Attraktivität des Ingenieurberufs für Frauen steigern.....	45
4.1.7	Handlungsfeld 5: Vom Studienstart zum Berufseinstieg – Studienerfolg als Ganzes begreifen.....	47

4.1.8	Handlungsfeld 6: Wandel des Ingenieurberufs – Studieninhalte und Studienstrukturen auf die Zukunft ausrichten	51
4.1.9	Handlungsfeld 7: Personalentwicklung für gute Lehre – Stellenwert erhöhen und Lehrkompetenz fördern	53
4.1.10	Handlungsfeld 8: Finanzierung als Fundament – Gute Lehre finanziell dauerhaft absichern	55
4.1.11	Zusammensetzung der Arbeitsgruppe Lehre	59
4.2	Forschung.....	60
4.2.1	Was ist gute Forschung?.....	60
4.2.2	Handlungsfeld 1: Die Ingenieurwissenschaften als Innovationsmotor – Profile schärfen, Potenziale nutzen	61
4.2.3	Handlungsfeld 2: Investieren in die Zukunft – die Ingenieurwissenschaften an der Basis stärken	70
4.2.4	Handlungsfeld 3: Es geht um die Köpfe – Exzellente Ingenieurinnen und Ingenieure für Baden-Württemberg ausbilden.....	73
4.2.5	Handlungsfeld 4: Organisationsstrukturen und Forschungsinfrastruktur – Schlanke Prozesse in der Forschung etablieren.....	76
4.2.6	Zusammensetzung der Arbeitsgruppe Forschung.....	79
4.3	Transfer und Zusammenarbeit.....	80
4.3.1	Was ist guter Technologietransfer?.....	80
4.3.2	Stärken-Schwächen-Analyse.....	81
4.3.3	Handlungsfeld 1: Ich geh' nach Baden-Württemberg – Exzellenzzentrum Ingenieurwissenschaften Baden-Württemberg entwickeln.....	92
4.3.4	Handlungsfeld 2: Gemeinsam stark – Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft weiterentwickeln	94
4.3.5	Handlungsfeld 3: Gute Rahmenbedingungen sind unabdingbar – Transferprozesse beschleunigen	95
4.3.6	Handlungsfeld 4: Durchstarten! – Unternehmensgründungen aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen unterstützen.....	97
4.3.7	Handlungsfeld 5: Qualität ist messbar – Monitoring-System für den Technologietransfer einführen	98
4.3.8	Zusammensetzung der Arbeitsgruppe Transfer und Zusammenarbeit	99
5	Zentrale Handlungsempfehlungen	100
5.1	Verstehen wir Innovationsunterstützung als ingenieurwissenschaftliche Mission im gleichgewichtigen Zusammenspiel von Lehre-Forschung-Technologietransfer der Hochschulen.....	100
5.2	Schaffen wir strukturelle und infrastrukturelle Rahmenbedingungen zur Stärkung des Innovationssystems unter Berücksichtigung der differenzierten Hochschul- und Forschungslandschaft Baden-Württembergs.....	101
5.3	Erhöhen wir die Anzahl und den Erfolg der Studentinnen und Studenten in Baden-Württemberg durch eine stärkere Berücksichtigung ihrer Heterogenität und Diversität und bilden wir sie zu fachlich kompetenten, sozial verantwortlichen und innovationsstarken Ingenieurinnen und Ingenieuren aus	103
5.4	Bringen wir Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Unternehmen enger zusammen und kümmern wir uns gezielt um die Innovationsfähigkeit der KMU.....	104
5.5	Gestalten wir das Innovationssystem offen und dynamisch, bauen wir eine lebendige Gründerkultur auf und entwickeln wir die Hochschulen zu Gründerschmieden.....	105
5.6	Machen wir das Innovationssystem flexibler	105
5.7	Investieren wir klug in das Innovationssystem	106

5.8	Stellen wir uns dem Wettbewerb. Wir brauchen valide und robuste Kennzahlen als Grundlage für ein aussagekräftiges Monitoring der Innovationsfähigkeit und des Innovationsbeitrags der Hochschulen und Forschungseinrichtungen	107
6	Nicht stehen bleiben	108
	Glossar	110
	Abkürzungsverzeichnis	114
	Quellenverzeichnis	115
	Anhang	130 / A-1

1 Einleitung

1.1 Ziel und Auftrag der Kommission

Die **Dynamik** des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, die **Digitalisierung** von Wirtschaft, Produktion und Gesellschaft, der **demografische Wandel** und die absehbare **Verschärfung des globalen Wettbewerbs** zwischen den Innovations- und Produktionsstandorten bilden den Rahmen für die weitere Entwicklung Baden-Württembergs. Zur Bewältigung der mit diesen Entwicklungen verbundenen Herausforderungen und angesichts der **entscheidenden Rolle**, die Ingenieurinnen und Ingenieure bei der Sicherung und Verbesserung der **Innovationsfähigkeit** des Ingenieurlands Baden-Württemberg spielen, hat Frau Ministerin Theresia Bauer, Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, im März 2014 die Kommission Ingenieurwissenschaften@BW2025 eingesetzt. Sie sollte untersuchen, wie in der gesamten Breite der Ingenieurwissenschaften

- der **Dynamik** des wissenschaftlich-technischen Fortschritts **bestmöglich Rechnung** getragen werden kann,
- die Hochschulen und Forschungseinrichtungen des Landes **erfolgsversprechend** in nationalen, europäischen und internationalen **Fördersystemen** positioniert werden können und
- die Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit des Innovations- und Produktionsstandorts Baden-Württemberg im **globalen Wettbewerb** durch **Profilbildung, Struktur- und Schwerpunktförderung** der Ingenieurwissenschaften gesichert und verbessert werden kann.

Die Kommission sollte auf der Grundlage einer **Stärken-Schwächen-Analyse** eine **Strukturevaluation** der Ingenieurwissenschaften im Land durchführen und Empfehlungen zur **strategischen Weiterentwicklung** im gesamten Aufgabenspektrum der Hochschulen – **Lehre, Forschung, Technologietransfer, Weiterbildung** – vorlegen.

Dabei sollte auch geprüft werden, welche **spezifischen Bedürfnisse** die Ingenieurwissenschaften – im Vergleich mit den anderen Disziplinen – haben, und wie diesen Bedürfnissen **strukturell, infrastrukturell** und **ressourcenseitig** Rechnung getragen werden kann, um ihre nationale und internationale **Wettbewerbsfähigkeit** langfristig zu sichern.

1.2 Methodik und Arbeitsweise

In ihrer konstituierenden Sitzung erörterte die Kommission den Arbeitsauftrag, legte den **thematischen** und **organisatorischen Rahmen** für ihre Beratungen fest und wählte **Herrn Professor Bauernhansl** zu ihrem Vorsitzenden sowie **Frau Professorin Nestler** zu ihrer stellvertretenden Vorsitzenden. In der Mitte der Beratungen befasste sie sich mit den langfristigen **globalen Herausforderungen** für Gesellschaft, Wirtschaft und Staat. Die Arbeitsgruppen (AG) analysierten die **Stärken und Schwächen** Baden-Württembergs und erarbeiteten den Rahmen für **mögliche Empfehlungen**. Auf dieser Basis diskutierte die Kommission die **zentralen Handlungsempfehlungen** und verabschiedete den Abschlussbericht.

Die Kommission setzte folgende Arbeitsgruppen ein:

- Arbeitsgruppe „**Lehre**“ (Leiter: **Herr Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Winfried Lieber**)
- Arbeitsgruppe „**Forschung**“ (Leiter: **Herr Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers**)
- Arbeitsgruppe „**Transfer und Zusammenarbeit**“ (Leiter: **Herr Dr.-Ing. E.h. Manfred Wittenstein**)

Die Arbeitsgruppen hatten den Auftrag, jeweils für ihren Bereich eine Stärken-Schwächen-Analyse der Ingenieurwissenschaften im Land vorzunehmen und zur Sicherung und Verbesserung ihrer nationalen und internationalen Wettbewerbsfähigkeit notwendige **inhaltliche, strukturelle** und **materielle** Rahmenbedingungen und Maßnahmen vorzuschlagen. Die Kommission trat zu drei Plenarsitzungen zusammen. Die Arbeitsgruppen tagten jeweils 12- bis 14-mal.

Foresight-Studien

Strategische Zukunftsstudien, die weit reichende Entwicklungen antizipieren, Szenarien entwickeln und Entscheidungen für Politik oder Unternehmen vorbereiten.

Sounding Board

Eine Gruppe von Expertinnen und Experten, die strukturiert Feedback zu Arbeitsergebnissen einer Kommission oder Arbeitsgruppe geben. Dieses Feedback fließt in den weiteren Projektverlauf ein.

Zur Unterstützung ihrer Arbeit wurde das **Fraunhofer-Institut für Innovations- und Systemforschung** gebeten, die Ergebnisse der aktuellen **Foresight-Studie** des Bundesministeriums für Bildung und Forschung¹ (BMBF) vorzustellen und zu erläutern. Das **Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)** wurde beauftragt, auf der Grundlage **qualitativer Interviews** mit Vertreterinnen und Vertretern von Unternehmen in **Baden-Württemberg** die Rolle der Ingenieurinnen und Ingenieure im unternehmerischen **Innovationsprozess** zu untersuchen, um daraus **quantitative** und **qualitative Anforderungen** an das Profil der/des „Ingenieurin/Ingenieurs 2025“ abzuleiten.

Im Interesse der Relevanz und der Praktikabilität der Empfehlungen führten sowohl die Arbeitsgruppen als auch die Kommission gegen Ende ihrer Beratungen **Sounding Boards** mit Fachleuten aus Wissenschaft und Wirtschaft durch, um eine inhaltliche Standortbestimmung vorzunehmen, ein **kritisches Feedback** zum Stand der Empfehlungen zu erhalten und Korrekturen vornehmen zu können.

Zum Abgleich des Zwischenstands der Diskussion in den Arbeitsgruppen und zur Koordination des Beratungsprozesses trafen sich die Arbeitsgruppenleiter regelmäßig mit dem Vorsitzenden und der stellvertretenden Vorsitzenden der Kommission. In zwei ganztägigen Sitzungen erörterten, harmonisierten und priorisierten sie die Empfehlungen der Arbeitsgruppen und finalisierten den Entwurf des Abschlussberichts als Grundlage für die abschließende Entscheidung der Kommission.

1.3 Zusammensetzung

Voraussetzungen für jede **Innovation** sind eine **qualifizierte Lehre**, eine **leistungsfähige Forschung** und ein effizienter **Technologietransfer**. Bei der Zusammensetzung der 24 Mitglieder der Kommission aus Wissenschaft und Wirtschaft wurde deshalb den unterschiedlichen **Kulturen, Sichtweisen, Aufgaben** und **Interessen** der tragenden Partner des Innovationssystems in Baden Württemberg Rechnung getragen.

Der Kern der Arbeitsgruppen bestand jeweils aus Mitgliedern der Kommission. Diese ergänzten die Arbeitsgruppen um **Fachleute aus Wissenschaft und Wirtschaft**, um das **gesamte Fächerspektrum der Ingenieurwissenschaften** abzudecken und unterschiedliche **Sichtweisen** aus **Wissenschaft** und **Wirtschaft** einzubinden.

Mitglieder der Kommission:

Hr. Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers (Karlsruher Institut für Technologie)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl (Universität Stuttgart; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung) (Vorsitzender der Kommission)
Hr. Dr. rer. pol. Dietrich Birk (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau Baden-Württemberg)
Hr. Dr.-Ing. Jörg Böcking (Freudenberg Gruppe)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Martin Bossert (Universität Ulm)
Hr. Prof. Dr. Hendrik Brumme (Hochschule Reutlingen)
Hr. Dr. rer. nat. Klaus Dieterich (Robert Bosch GmbH)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Herbert Dreher (Duale Hochschule Baden-Württemberg, Ravensburg)
Fr. Prof.in Dr. habil. Ursula Eicker (Hochschule für Technik Stuttgart)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind (Karlsruher Institut für Technologie)
Hr. Prof. Dr. rer. nat. Alfred Leitenstorfer (Universität Konstanz)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Winfried Lieber (Hochschule Offenburg)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Detlef Löhe (Karlsruher Institut für Technologie)
Fr. Prof.in Dr. rer. nat. Britta Nestler (Karlsruher Institut für Technologie, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft) (stellvertretende Vorsitzende der Kommission)
Fr. Prof.in Dr.-Ing. Nejila Parspour (Universität Stuttgart)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Oliver Sawodny (Universität Stuttgart)
Hr. Dr.-Ing. Kurt Schmalz (J. Schmalz GmbH)
Fr. Prof.in Dr. rer. pol. Dipl.-Ing. Meike Tilebein (Universität Stuttgart; Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf)
Fr. Prof.in Dr.-Ing. Ulrike Wallrabe (Universität Freiburg)
Hr. Prof. Dr. rer. nat. Hans-Joachim Werner (Universität Stuttgart)
Hr. Dr.-Ing. E.h. Manfred Wittenstein (Wittenstein AG)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Peter Woias (Universität Freiburg)
Fr. Prof.in Dr. rer. nat. Martina Zitterbart (Karlsruher Institut für Technologie)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Thomas Zwick (Karlsruher Institut für Technologie)

Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Sounding Boards der Kommission:

Hr. Prof. Dr. phil. Holger Burckhart (Universität Siegen)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Joachim Frech (Duale Hochschule Baden-Württemberg)
Hr. Dr.-Ing. Gerhard Hammann (Trumpf Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka (Karlsruher Institut für Technologie)
Hr. Prof. Dr. Dr. h.c. Bastian Kaiser (Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg)
Fr. Susanne Kunschert (Pilz GmbH)
Hr. Dr.-Ing. Ottmar Müller (Brand Group)
Hr. Prof. Dr. phil. Gunther Neuhaus (Uni Freiburg)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Peter Post (Festo AG & Co. KG)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Wolfram Ressel (Universität Stuttgart)
Fr. Anja Schneider (SAP)
Hr. Dr.-Ing. Klaus-Peter Schnelle (Robert Bosch GmbH)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Günther Schuh (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie, Aachen)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dieter Spath (Wittenstein AG)
Fr. Uta Vogel (Hodapp GmbH)
Hr. Friedrich Vollmar (IBM Deutschland GmbH)
Hr. Thilo Weber (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau)

2 Die Ingenieurwissenschaften – Herkunft, Aufgaben und Perspektiven

Ingenieurwissenschaften bedeuten **Vielfalt**: in den **Themengebieten**, in den **Karriere- und Ausbildungswegen** und in den **verschiedenen Rollen** von Ingenieurinnen und Ingenieuren im **Innovationssystem Baden-Württemberg** (BW) und in der Gesellschaft. Dieses Kapitel gibt eine **Standortbestimmung**.

2.1 Selbstverständnis der Ingenieurwissenschaften

Eine alte, auf Aristoteles zurückgehende Unterscheidung gliedert den Bereich wissenschaftlicher Betätigung in die theoretischen Wissenschaften, die praktischen Wissenschaften und die poetischen Wissenschaften. Während in dieser Struktur die Naturwissenschaften, als Prototyp für die theoretischen Wissenschaften, nach der **Wahrheit** und die Sozial- und Geisteswissenschaften als praktische Wissenschaften nach der **Gerechtigkeit** suchen, steht im Zentrum der Ingenieurwissenschaften die **Schönheit**². Doch warum ausgerechnet die Schönheit?

Im Gegensatz zu anderen Wissenschaften bringen die Ingenieurwissenschaften in besonderem Maße **Artefakte** – durch **zweckvolles Handeln** gestaltete, physische Objekte – wie beispielsweise Bauwerke, Maschinen und Produkte hervor. Damit greifen sie direkt in die **Lebensumstände der Gesellschaft** ein und **verändern** damit die **Welt**. Bei der Gestaltung ihrer Artefakte lassen sich die Ingenieurwissenschaften dabei auch von der **Schönheit als ästhetischem Wert** leiten. Eine deutlich wichtigere Rolle spielt die Schönheit für die Ingenieurwissenschaften aber, wenn man sie im Sinne von **Qualität, Nachhaltigkeit, Benutzbarkeit** und – allem voran – **Funktionalität** versteht. Ein Artefakt bzw. eine technische Lösung kann von solcher Eleganz sein, dass man sich ihrem Zauber kaum entziehen kann.

Blickt man ins 18. Jahrhundert, findet man bei Johann Beckmann folgende Definition von Wissenschaftlichkeit in der Technik:

„Technologie ist die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kentniß der Handwerke lehrt. Anstat daß in den Werkstellen nur gewiesen wird, ..., giebt die Technologie, in systematischer Ordnung, gründliche Anleitung, wie man zu eben diesem Endzwecke, aus wahren Grundsätzen und zuverlässigen Erfahrungen, die Mittel finden und die bey der Verarbeitung vorkommenden Erscheinungen erklären und nützen soll“³.

Hier sind als Merkmale von Technologie (verstanden als Wissenschaft von der Technik) bereits wichtige Aspekte genannt, die auch heute noch eine Definition der Ingenieurwissenschaften enthalten sollte:

- Technologie zeichnet sich durch **methodisches Vorgehen** aus (**systematische Ordnung**).
- Technologie bezieht sich auf **allgemeingültige Erkenntnisse** auf **empirischer Grundlage**.
- Technologie **dient** einem **Zweck**, nämlich der effektiven Herstellung von Produkten.

Heutige Definitionen und Beschreibungen der Ingenieurwissenschaften greifen einen oder mehrere dieser Aspekte meist auf. Der **Verein Deutscher Ingenieure (VDI)** bringt beispielsweise in seiner Initiative für den Technikstandort Deutschland aus dem Jahr 2006 den Aspekt der Gestaltung von Produkten im Slogan **Sachen machen**⁴ auf den Punkt.

Die **Deutsche Akademie der Technikwissenschaften acatech** legte im Impulspapier **Technikwissenschaften: Erkennen – Gestalten – Verantworten** aus dem Jahr 2013 eine Definition für die Technikwissenschaften vor, wobei sie zu den Technikwissenschaften neben den Disziplinen Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik und Bauingenieurwesen auch Disziplinen wie Technikgeschichte, Techniksoziologie und Technikfolgenabschätzung zählt:

„Technikwissenschaften schaffen kognitive Voraussetzungen für Innovation in der Technik und Anwendung technischen Wissens und legen die Grundlagen für die Reflexion ihrer Implikationen und Folgen“⁵.

Während der Titel des Impulspapiers („Erkennen – Gestalten – Verantworten“) den Kern der Ingenieurwissenschaften trifft, verliert sich die Klarheit der Aussage in der dargestellten Definition. Aus dem „Erkennen“ wird das „Schaffen kognitiver Voraussetzungen“. Das „Gestalten“ wird auf die Anwendung „technischen Wissens“ verengt; dabei geht es in den Ingenieurwissenschaften nicht ausschließlich um das Gestalten von Artefakten, sondern auch um die Entwicklung von zugehörigen **Gestaltungsmethoden, Gestaltungsprinzipien** und **Prinziplösungen**. Aus dem „Verantworten“ wird das „Legen der Grundlagen für die Reflexion ihrer Implikationen und Folgen“.

Die Kommission Ingenieurwissenschaften@BW2025 greift die Aspekte Erkennen, Gestalten und Verantworten auf und ergänzt sie um den Aspekt der **institutionellen Verankerung**, der insbesondere im Hinblick auf ihre Zielsetzung besonders wichtig ist. Sie schlägt folgende Definition der Ingenieurwissenschaften vor:

Die Ingenieurwissenschaften **dienen** der Gesellschaft durch **Erkennen und Gestalten** technischer Möglichkeiten mit Hilfe von **spezifischen Methoden**. Sie sind **institutionalisiert** in sich beständig wandelnden, eigenständigen **Disziplinen**.

Ingenieurwissenschaften **dienen** der Gesellschaft. Das heißt, dass sie **zweckorientierte** Wissenschaften sind, die sich am **Anwendungszusammenhang** orientieren, für den sie **technische Lösungen** erarbeiten. Es bedeutet aber auch, dass **sie Folgen** von Technologie **verantworten** und der Gesellschaft **Rechenschaft** über ihr Handeln schuldig sind.

Neben dem für alle Wissenschaften wichtigen Erkenntnisaspekt hat das **Gestalten** für die Ingenieurwissenschaften eine herausragende und **einzigartige Bedeutung**. Die **spezifischen Methoden** der Ingenieurwissenschaften beziehen sich daher zu etwa gleichen Teilen auf **erkennende, analysierende** sowie auf **gestaltende, synthetisierende** Tätigkeiten. Der Hinweis auf die Institutionalisierung von sich beständig wandelnden, eigenständigen Disziplinen zeichnet ein **historisches Faktum** nach, beinhaltet aber gleichzeitig auch die Mahnung, den Wert der **Wandlungs-** und **Anpassungsfähigkeit** der Ingenieurwissenschaften zu würdigen und für die **Zukunft sicherzustellen**. Die Ingenieurwissenschaften müssen – und das deutlich mehr als andere Disziplinen – **agil** und **flexibel** sein, um auf die sich zunehmend schneller ändernden Anforderungen der Gesellschaft mit konkreten Lösungen reagieren zu können. Dies schließt auch ein, jenseits und zwischen den heute fest verwurzelten Disziplinen

Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik und Bauingenieurwesen **neue Disziplinen** zuzulassen und vorzudenken. Damit erweitert sich kontinuierlich das Spektrum der Ingenieurwissenschaften entlang der Veränderung **gesellschaftlicher Bedürfnisse**, wie die Existenz von **Produktionsinformatikerinnen** bzw. **Produktionsinformatikern**, **Medizintechnikerinnen** bzw. **Medizintechnikern** und **Wirtschaftsingenieurinnen** bzw. **Wirtschaftsingenieuren** zeigt.

Die herausgehobene Bedeutung des **Gestaltungsaspektes** für die Ingenieurwissenschaften wirkt sich aber auch auf weitere Bereiche aus. Das **klassische Denkmuster**, das zwischen **disziplinärer Grundlagenforschung** und oft **interdisziplinärer anwendungsorientierter** Forschung unterscheidet, trifft für die Ingenieurwissenschaften immer weniger zu. Das Ziel ingenieurwissenschaftlicher Forschung liegt im Hervorbringen **nutzbringender Lösungen**, so dass Grundlagenforschung im Sinne von Forschung, die sich um ihre spätere Verwertbarkeit keine Gedanken zu machen braucht, in den Ingenieurwissenschaften kaum mehr existiert.

Angesichts dieser Randbedingungen (schnelle **Veränderung gesellschaftlicher Bedürfnisse**, gesteigerte **Verantwortung der Wissenschaften** zur Lösung **gesellschaftlicher Probleme**) schlägt die Kommission daher vor, die Gliederung ingenieurwissenschaftlicher Forschung nicht nach der Dichotomie Grundlagenforschung versus anwendungsorientierte Forschung vorzunehmen, sondern stattdessen von **unterschiedlichen Zeithorizonten** von ingenieurwissenschaftlicher Forschung zu sprechen. Mit dem Zeithorizont ist dabei der prognostizierte Zeitpunkt der **Verwertbarkeit** der Forschungsergebnisse zum Zweck der **Gestaltung innovativer Produkte** und **Lösungen** gemeint.

Zur weiteren, sinnvollen Untergliederung schlägt die Kommission die Zeithorizonte null bis drei Jahre (kurz), drei bis sechs Jahre (mittel) und sechs bis zwölf Jahre (lang) vor. Je größer der Zeithorizont einer Forschungsaktivität und eines Forschungsprojektes ist, desto stärker tritt der Aspekt der Erkenntnis in den Vordergrund, während der Gestaltungsaspekt etwas in den Hintergrund rückt. Möchte man trotzdem weiterhin von Grundlagenforschung auch in den **Ingenieurwissenschaften** sprechen, sollten damit die Forschung mit großen Zeithorizonten – auch über zwölf Jahre hinaus – oder Forschung mit unbekanntem Zeithorizont gemeint sein. Es sollte jedoch stets bedacht werden, dass auch diese Forschung einen Beitrag zur Gestaltung konkreter Artefakte und Lösungen leistet.

Die Pole **Erkennen** und **Gestalten** spannen das Betätigungsfeld der Ingenieurwissenschaften auf. Der **Zweck**, Artefakte und weitere Lösungen für die Gesellschaft bereitzustellen, **legitimiert ihr Handeln**. Die damit verbundene **gesellschaftliche Verantwortung** übernehmen die Ingenieurwissenschaften in dreierlei Hinsicht:

- Erstens in der Forschung unterschiedlicher Zeithorizonte: einerseits mit der Erzeugung, Prüfung und Sicherung **neuen technischen Wissens**, andererseits mit der **Gestaltung** von **Funktionsmustern** und **Prototypen**, aber auch mit der **Erarbeitung** von **Entwicklungsmethoden**.
- Zweitens in der Lehre mit der Vermittlung **relevanten technischen Wissens** sowohl an junge Menschen zur **Erstausbildung** als auch zur berufsbegleitenden **Weiterbildung**.
- Drittens durch den Technologietransfer mit der gezielten Überführung **innovativen technischen Wissens** in die Industrie, die erst durch die daraus entwickelten Produkte jene technischen Möglichkeiten verwirklicht, die von den Ingenieurwissenschaften zuvor grundsätzlich erschlossen worden sind.

Im Aspekt des **Erkennens** sind die Ingenieurwissenschaften den Naturwissenschaften dabei am ähnlichsten. Sie greifen ebenso auf **empirische Versuche** zurück, mit denen sie Wissen über **technologische Gesetze** und **technische Regeln** erzeugen und die sie zum Teil auch **normativ kodifizieren** (vgl. Deutsches Institut für Normung [DIN], VDI). Diese sind aber weniger wahrheitsdefinit im Sinne von wahr und falsch wie bei den Naturwissenschaften als vielmehr effektiv oder nicht effektiv, so dass in den Ingenieurwissenschaften neben den Wert der **Wahrheit des Erkannten** der Wert der **Nützlichkeit des Gestalteten** tritt⁶. Im Gegensatz zu den Naturwissenschaften reicht es für ingenieurwissenschaftliche Forschung daher nicht aus, theoretische Erkenntnis zu erzielen. Es wird stets von ihr verlangt, konkrete, **gesellschaftliche Problemstellungen** zu adressieren, was ihre **volkswirtschaftliche Relevanz** angesichts **kürzerer Innovations- und Technologiezyklen** bereits gesteigert hat und künftig weiter steigern wird.

Für die Ausbildung der jeweils nächsten Generation von Ingenieurinnen und Ingenieuren an Hochschulen bedeutet dies, dass die Inhalte der Curricula immer aufs Neue zwischen einer **soliden Grundausbildung** und **sinnvollen Spezialisierungen in gesellschaftlich relevanten Bereichen** ausbalanciert werden müssen. Da hierfür die Einbindung der Lehrenden (vor allem Professorinnen und Professoren) in ihre jeweilige **Scientific Community** und die durch die **ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten** garantierte **Qualitätssicherung** in der Lehre notwendige Voraussetzungen sind, kann die Definition und Ausbalancierung von **Lehrinhalten** ausschließlich **an den Hochschulen** geleistet werden. Dies muss auch bei weiterführenden Entscheidungen wie der Änderung des Ingenieurgesetzes oder bei der **Definition von Curricula** zwingend beachtet werden.

Ferner führt die Dimension des **zweckhaften Dienstes** an der Gesellschaft dazu, dass ingenieurwissenschaftliche Fragestellungen zunehmend anders gestellt und anders bearbeitet werden müssen. Neben **technisch-funktionalen Realisationsbedingungen** (Materialeigenschaften, Fertigung, Montage, Zuverlässigkeit) sind auch **anwendungsbezogene** (Ergonomie, Wartung, Recycling), **ästhetische** (Design), **ökonomische** (Kosten) und **gesellschaftspolitische** (Technikbewertung, Sicherheit) wie auch **soziotechnische** (Akzeptanz, Nutzbarkeit) Kriterien zunehmend zu berücksichtigen⁷. Dies erfordert die Nachbildung und Simulation **komplexer, realer Kontexte**, weshalb die Ingenieurwissenschaften auf **moderne Forschungsfabriken, Demonstrationen und Lernfabriken**, häufig im Maßstab 1:1, zurückgreifen. Es ist dabei unabdingbar, dass sich die ingenieurwissenschaftliche Forschungsinfrastruktur jeweils auf dem **aktuellsten Stand der Technik** befindet. Denn: Nur wenn ingenieurwissenschaftliche Forschung in der Lage ist, schnell auf aktuelle Entwicklungen zu reagieren und künftige zu antizipieren, kann auch der **Technologietransfer**, der den wichtigsten Kanal von den Inventionen der Ingenieurwissenschaften zu **gesellschaftlich und volkswirtschaftlich wirksamen Innovationen** darstellt, rasch genug erfolgen.

Dem **Gestaltungsaspekt** wird allerdings durch häufig verwendete **Leistungsindikatoren** zur **Evaluierung** wissenschaftlicher Leistungsfähigkeit unzureichend Rechnung getragen. Leistungsindikatoren, die nur die **erkenntnisorientierte Bedeutung** der Forschung messen, führen zu **Fehlsteuerungen** in den Ingenieurwissenschaften, da sie die herausgehobene Bedeutung des Gestaltungsaspektes für die Ingenieurwissenschaften nicht darstellen. In diesem Kontext wird die aktuelle Tendenz, bei Berufungen auf ingenieurwissenschaftliche Lehrstühle vorrangig **erkenntnisorientierte Leistungsindikatoren** zu Grunde zu legen, **kritisch** gesehen. Insbesondere bei ingenieurwissenschaftlichen Fächern und Fachrichtungen, in denen der Gestaltungsaspekt eine hohe Bedeutung hat – wie beispielsweise in der **Produktentwicklung** oder der **Produktionstechnik** –, müssen **gestaltungsorientierte Kriterien** und **Leistungsindikatoren** bei **Berufungsverfahren** angemessen berücksichtigt werden. Dies kann

zum Beispiel die **einschlägige Praxiserfahrung** von Bewerberinnen und Bewerbern in Unternehmen oder ihre Mitwirkung bei der Erarbeitung von **Patenten** und anschließenden **Lizenzierungsverfahren** sein. Vor allem Bewerberinnen und Bewerbern mit **Industrieintergrund** ist im Allgemeinen der Eignungsnachweis über publikationsbasierte Indikatoren ohnehin nicht möglich, da ihnen Veröffentlichungen von aktuellen und relevanten Ergebnissen von ihren Arbeitgebern aus wettbewerblichen Gründen nicht gestattet werden.

Für alle Professorinnen und Professoren in den Ingenieurwissenschaften – unabhängig von ihrem jeweiligen Background – sollte nach der Berufung ohne Zweifel eine adäquate **Veröffentlichungsleistung** unabhängig von der Fachrichtung selbstverständlich sein. Dennoch ist auch bei der Evaluierung wissenschaftlicher Leistungsfähigkeit nach der Berufung die für die jeweilige Fachrichtung adäquate Berücksichtigung **gestaltungsorientierter Leistungsindikatoren** notwendig.

2.2 Ingenieurinnen und Ingenieure – Aufgaben und Rollen

In Deutschland arbeiteten 2014 fast **1,7 Millionen** Ingenieurinnen und Ingenieure⁸. Der **Frauenanteil** liegt bei etwa **14 Prozent**⁹. Die Hälfte ist in einem traditionellen Ingenieurberuf tätig. Die übrigen arbeiten in anderen Bereichen, etwa an **Hochschulen**, im **Management** oder im **Vertrieb**. Auch in der **staatlichen Verwaltung** kommen Ingenieurinnen und Ingenieure zum Einsatz, etwa in **Bauämtern** und **Prüfbehörden**. Als **Beraterinnen** und **Berater** entwickeln sie Lösungen für technische Fragestellungen¹⁰.

Wenn – wie oben definiert – die Ingenieurinnen und Ingenieure der Gesellschaft dienen, dann müssen sie auch die Trends der Gesellschaft kennen und aufnehmen. Wenn sie gestalten, dann muss ihnen klar sein, dass ihre Arbeit die Gesellschaft positiv wie negativ beeinflusst. Damit müssen sie verantwortlich umgehen und zum Beispiel auch **Technikfolgenabschätzung** betreiben.

Ingenieurinnen und Ingenieure können nicht mehr einfach machen, was möglich ist, sondern sollten das tun, was **gesellschaftlich vertretbar** ist und was tatsächlich einen **Dienst an der Gesellschaft** darstellt. Dies wird zu einer Herausforderung, denn der Spagat zwischen **technologischen Möglichkeiten**, **gesellschaftlicher Akzeptanz** und **sinnvoller, ethisch vertretbarer Realisierung** wird größer. Die **Meinungsvielfalt** in der Gesellschaft und die **wachsende Komplexität** der Lösungen erschweren die **Kommunikation**. **Technikfolgenabschätzung**, **Techniksoziologie** und **Technikethik** werden relevanter in Lehre, Forschung und Technologietransfer.

Die Ingenieurwissenschaften stehen in der **Mitte der Gesellschaft** und sollen in ihrer Struktur ihr Spiegel sein. Das zielt beispielsweise auf den **Frauenanteil** im technischen Bereich, die zugehörigen Genderfragen sowie weitere Aspekte der Diversität. Die Ideenvielfalt, die sich etwa aus einer **kulturellen Vielfalt** an Ingenieurabsolventinnen und -absolventen ergibt, bietet eine **enorme Chance** für Baden-Württemberg. Sie zu nutzen, erfordert allerdings viel Engagement. Die starke **Zuwanderung** gut vorgebildeter, junger Menschen wird zu einem **Gewinn für unser Land**, wenn wir sie rasch integrieren können. Beispielsweise indem wir die Anforderungen für die Aufnahme einer Arbeit, eines Studiums oder einer Ausbildung herabsetzen. **Spezielle Studiengänge** oder der Zugang zu unseren Hochschulen für Bewerberinnen und Bewerber mit angepassten Anforderungen an die **Hochschulzugangsberechtigung** (HZB) können hier hilfreich sein.

Die Gesellschaft als Ganzes hat die Erwartung und den Anspruch, in die Forschung mit einbezogen zu werden – ein wichtiger Grund für den Aufbau **transdisziplinärer Forschungsstrukturen** in den Ingenieurwissenschaften.

Die **gesellschaftliche Rolle** der Ingenieurinnen und Ingenieure hat sich in den letzten Jahrzehnten sehr verändert. Die Ingenieurin und der Ingenieur schlüpfen heute je nach Anforderung in mindestens vier **unterschiedliche Rollen** mit unterschiedlichen **Profilen**.

1. Als **Generalisten** haben sie **vielseitige funktionsübergreifende Kenntnisse**. Sie haben einen guten Überblick über **relevante Technologien** und **Bewertungskompetenz** zu deren Auswahl und Integration. Sie fungieren als **Kommunikator** zwischen den Disziplinen und können flexibel in unterschiedlichen Funktionen eingesetzt werden.
2. Die forschungsorientierten, **theoriebasierten Spezialisten** haben überdurchschnittliches Wissen auf ihrem Fachgebiet und werden gerne als **Entwicklungsingenieurinnen** und **-ingenieure** eingesetzt. Die **umsetzungsorientierten Spezialisten** kennzeichnen eine **kompetente praktische Anwendung** ihres **vertieften theoretischen Wissens** sowie ihr **anwendungsorientierter Wissenstransfer**. Sie können zum Beispiel im technischen Vertrieb eingesetzt werden.
3. Die **Interdisziplinären** erkennen an den **Rändern der Disziplinen** große **Bedeutungszusammenhänge** verschiedener fachlicher Disziplinen (zum Beispiel verbindet der Medizintechniker Konstruktion und Medizin sowie der Wirtschaftsingenieur Betriebswirtschaft und Maschinenbau) und kombinieren diese zu **interdisziplinären Lösungen**. Sie werden zum **Übersetzer** der verschiedenen **disziplinspezifischen Wissenschafts- und Sprachkulturen**.
4. Die **Manager** haben als Projektmanager häufig aus einer Fachdisziplin heraus eine **leitende Position** übernommen. Sie verantworten die Planung, Organisation und fachliche Realisierung von großen Projekten. Als **System-/Betriebsmanager** begreifen sie betriebliche und **systemische Zusammenhänge** und zeichnen sich durch **analytisches Denken** aus. Manager besitzen **Wirtschafts- und Bewertungskompetenzen** und sind für **Führungspositionen** geeignet.

Promovierte Ingenieurinnen und Ingenieure übernehmen in Deutschland in der Regel solche **Führungsaufgaben** und werden nicht in erster Linie für eine wissenschaftliche Karriere ausgebildet¹¹. 90 Prozent der **Topmanagerinnen und Topmanager** haben ein Universitätsstudium absolviert, mehr als die Hälfte wurde promoviert und hat Forschung betrieben. Unter den über 200 Vorstandsmitgliedern der 30 größten deutschen Unternehmen sind 22 Prozent Ingenieurinnen bzw. Ingenieure¹². Jeder dritte Chef eines Dax-Konzerns ist gelernter Techniker¹³. Der Karriereerfolg promovierter Ingenieurinnen und Ingenieure, wie er auch in Alumni-Adressbüchern großer ingenieurwissenschaftlicher Fakultäten nachzulesen ist, weist einmal mehr auf die **Wichtigkeit** der **traditionellen Assistenzpromotionen** hin. Hier werden Ingenieurinnen und Ingenieure **optimal** auf ihren Beruf **vorbereitet**.

2.3 Institutionalisierung im Spannungsfeld von Inter- und Transdisziplinarität

2.3.1 Institutionalisierung der Ingenieurwissenschaften

Die Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren war über Jahrhunderte hinweg nicht akademisch verankert. Die Berufsbezeichnung „Ingenieur“ ist erst in den 1970er Jahren gesetzlich festgelegt und geschützt worden.

Der Fächerkanon der mittelalterlichen Universität orientierte sich am antiken Bildungsideal der sogenannten **sieben freien Künste**: Grammatik, Rhetorik, Dialektik, Arithmetik, Musik, Geometrie und Astronomie. Analog wurden von mittelalterlichen Gelehrten die **sieben mechanischen Künste** definiert, um auf die Wichtigkeit der Technik im alltäglichen Leben hinzuweisen¹⁴. Mit Beginn des 12. Jahrhunderts wurde das lateinische Wort „ingenium“ („scharfer Verstand“) auf komplexe Maschinen und nahezu zeitgleich auf deren Konstrukteurinnen und Konstrukteure übertragen¹⁵. Die technischen Expertinnen und Experten des Mittelalters erlernten ihr Wissen in der Praxis, ohne dabei auf ein wissenschaftlich abgesichertes Fundament zurückgreifen zu können.

Mit der von England ausgehenden **Industrialisierung** setzte ein Veränderungsprozess ein, der neben dem **Bevölkerungswachstum**, der **Verstädterung**, der **Steigerung der Produktion**, des **Handels** und des **Konsums**, auch Auswirkungen auf die Errichtung wissenschaftlich-technischer **Bildungseinrichtungen** in den deutschen Kleinstaaten hatte. **Der Maschinenbau** und die **Produktionstechnik** (vgl. Deutsche Forschungsgemeinschaft [DFG] Fachgebiet 41)¹⁶ haben sich in den Grundzügen in dieser Zeit während der **1. Industriellen Revolution** aus dem Handwerk und der mechanischen Technik heraus entwickelt. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts kam es hier zu einer **Gründungswelle** technischer Schulen, zunächst in Prag, Karlsruhe, München und Stuttgart¹⁷.

Ende des 19. Jahrhunderts entstand während der **2. Industriellen Revolution** mit Frederick W. Taylors Schrift „**Scientific Management**“ die wissenschaftliche Betriebsführung. Damit wurden die Grundlagen des **Produktionsmanagements** gelegt. Neue Materialien führten damals alternativ zur Produktion aus Eisen zur **Kunststofftechnik** (DFG Fachgebiete 42/43)¹⁸. Nach und nach kamen die **Elektrotechnik** (DFG Fachgebiet 44)¹⁹ und später während der **3. Industriellen Revolution** die **Informatik** und **Systemtechnik** (DFG Fachgebiet 44)²⁰ als Forschungs- und Anwendungsgebiete hinzu. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden mit Lehrstühlen zur **allgemeinen Konstruktionslehre** erstmals **technikwissenschaftliche Grundlagen** entwickelt, die sich nicht an konkreten technischen Gebilden orientierten. Ferner erhielt die Ausbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren neue Impulse aus den Bereichen der **Computertechnik** und der **Mikroelektronik**. Diese neuen Richtungen fanden Eingang in Vorlesungen oder begründeten neue Studiengänge wie beispielsweise die **Informatik** oder die **Kybernetik**.

Ab den 1970er Jahren entstanden neue **interdisziplinäre Studiengänge** wie die **Mechatronik**, die sich aus Maschinenbau und Elektrotechnik zusammensetzt. Daneben wurden neue Studiengänge im Bereich der **Automation** und **Regelungstechnik** und der **Energie-** und **Umwelttechnik** ins Studienangebot der Hochschulen aufgenommen.

Im Rahmen der **4. Industriellen Revolution**, welche die **Digitalisierung** und **Vernetzung** der Wertschöpfung bedeutet, entstehen nun neue Studiengänge und Fachgebiete, was mittelfristig ebenfalls Veränderungen in der Fächersystematik herbeiführen wird.

Disziplinen

Die Ingenieurwissenschaften sind heute in **fachliche Disziplinen** gegliedert. Da diese Disziplinen nur über eine gewisse **Zeitdauer** und **Kontinuität** wirksam werden können, müssen sie in eigenständigen Einrichtungen (Ingenieurschulen, Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) institutionalisiert sein. Die Expertenkommission zählt gemäß der Gliederung der DFG folgende Fachdisziplinen zu den Ingenieurwissenschaften²¹:

- Produktionstechnik
- Mechanik und Konstruktiver Maschinenbau
- Verfahrenstechnik, Technische Chemie
- Wärmeenergietechnik, Thermische Maschinen, Strömungsmechanik
- Werkstofftechnik
- Materialwissenschaft
- Systemtechnik
- Elektrotechnik
- Informatik
- Bauwesen und Architektur

2.3.2 Interdisziplinarität und Transdisziplinarität

Die Technikwissenschaften haben sich im Laufe der Zeit immer mehr in die anderen Disziplinen hinein entwickelt, gerade weil sie das Prinzip, der Gesellschaft zu dienen, und den Gestaltungsaspekt in sich tragen. Weil sich Technik in alle Lebensbereiche integriert hat, sind auch die Ingenieurwissenschaften mit anderen Disziplinen zusammengewachsen. Neue Fachgebiete wie die Medizintechnik sind entstanden. Die **Interdisziplinarität** in der Lehre und die Vielfalt der Studienfächer haben stetig zugenommen.

Es ist bisher nicht gelungen, aus den interdisziplinären Studiengängen wirkliche **interdisziplinäre Forschung** zu generieren. Dies ist ein generelles Problem, so gibt es zum Beispiel im Wirtschaftsingenieurwesen bis heute **keine gemeinsamen Denkschulen** und **Paradigmen** der **Betriebswirtschaftslehre** und der **Produktionstechnik**.

Während interdisziplinäre Arbeit auf ein Mehr an Erkenntnis setzt, zielt **transdisziplinäre Arbeit** auf andere Erkenntnisse, indem sie gesellschaftliche und lebensweltliche Problemstellungen einbezieht. Da die Ingenieurwissenschaften der Gesellschaft dienen, liegt hier für sie ein besonderer Fokus. Transdisziplinäre Forschung liefert Beiträge zur Lösung gesellschaftlich relevanter Probleme. Sie ist dabei nicht nur interdisziplinär und vernetzt unterschiedliche Wissenschaftsdisziplinen, sondern sie bezieht auch die **nicht-wissenschaftlichen Akteure** eines Handlungsfeldes in ihre Forschung ein, um **umsetzbare Handlungsempfehlungen** zu erarbeiten²².

Im Sinne der Einheit von Forschung und Lehre muss zukünftig ein breites Angebot an **inter- und transdisziplinärer Lehre** gemacht und es müssen die Strukturen für eine entsprechende **inter- und transdisziplinäre Forschung** geschaffen werden. Es fehlt heute beispielsweise ein **DFG-Fachgebiet** für **Wirtschaftsingenieurwesen**, für **Produktionsinformatik** oder auch für **Medizintechnik**.

Inbesondere an den Grenzen der verschiedenen Wissenschaften (Sozial-, Natur-, Ingenieurwissenschaften) herrschen unterschiedliche **Denkschulen** mit unterschiedlichen **Forschungsinteressen**. Während Ingenieurinnen und Ingenieure sehr **zweck-**

orientiert arbeiten (um etwas zu erreichen, etwa eine Maschine zu bauen), arbeiten die Naturwissenschaften **erkenntnisorientiert** (sie suchen die Wahrheit) und die Sozialwissenschaften sehr **erklärungsorientiert** (sie gestalten nicht, sondern beschreiben – in der Regel retrospektiv – Phänomene aufgrund von statistischen Auswertungen mit dem Ziel, soziale Phänomene zu erklären und damit die Grundlagen für „Gerechtigkeit“ herauszuarbeiten).

Es ist eine Herausforderung, die verschiedenen **Denkschulen** zu **synchronisieren**, wenn man interdisziplinär zusammenarbeitet. Meist bilden sich keine wirklich interdisziplinären Forschungsdisziplinen heraus: Die interdisziplinären Themen werden dann entweder aus der Perspektive des einen oder des anderen Fachbereichs bearbeitet. Häufig gibt es auch kein **gemeinsames Vokabular** und das **Verständnis** füreinander fehlt. Selbst innerhalb der Ingenieurwissenschaften, zum Beispiel zwischen Informatikerinnen und Informatikern und Maschinenbauerinnen und Maschinenbauern, gibt es keine gemeinsame Sprache. Umso größer ist die Aufgabe, dafür zu sorgen, dass es künftig übergreifende Forschungsdisziplinen mit einer **gemeinsamen Sprache** und **Wissenschaftskultur** gibt. Das kann nur in einer gemeinsamen Struktureinheit gelingen, zum Beispiel in Form von DFG-Fachgebieten beziehungsweise Wissenschaftsbereichen.

Zukünftig führen beispielsweise die **Digitalisierung** oder auch die Vielfalt der sich durch die mit den **Materialwissenschaften** ergebenden Möglichkeiten dazu, dass man Forschung interdisziplinär angehen muss, weil es sonst nicht zu tragfähigen, der Gesellschaft wirklich dienenden **systemischen Lösungen** kommt. Deshalb ist es wichtig, gemeinschaftlich **interdisziplinäre Fachgebiete** aufzubauen und zu institutionalisieren. Es gibt beispielsweise an der ETH Zürich oder auch an der University of Manchester ausgebaute Ansätze einer solchen interdisziplinären Forschungskultur.

Die Kommission sieht hier in Deutschland und Baden-Württemberg eine **große Schwäche**, weil es in den letzten Jahren nicht gelungen ist, Disziplinen, die sich in der Lehre etabliert haben, in **Wissenschaftsdisziplinen** zu überführen. **Interdisziplinari-tät** scheitert immer dort, wo man es nicht schafft, sich auf gemeinsame **Paradigmen**, das heißt ein gemeinsames Verständnis über das Forschungsobjekt, zu einigen oder zumindest ein tiefes Verständnis für die jeweiligen **Denkschulen** der korrespondierenden Disziplin zu entwickeln. Auch ein gemeinsames Verständnis der **Wissenschaftsmethodik**, also darüber, wie generell **Wissenschaftsprozesse** abzulaufen haben, ist hier essentiell.

2.4 Position im deutschen Innovationssystem

Forschung und Entwicklung (FuE), das Ableiten von Innovationen und deren erfolgreiche Etablierung am Markt ist ein komplexes Unterfangen. Fachleute versuchen diese Komplexität mit dem Begriff und der Systematik eines **Innovationssystems** zu fassen. Es umfasst zunächst sämtliche Akteure, die am Erzeugen, Verbreiten und Anwenden **wissenschaftlichen** und **technischen Wissens** beteiligt sind, also **Regierungen** und deren Repräsentantinnen und Repräsentanten, **Hochschulen** und deren Forscherinnen und Forscher, **Unternehmen** und deren Entwicklerinnen und Entwickler. Entscheidend für ein funktionierendes Innovationssystem sind der **Austausch**, die **Kooperation** und der **Wissenstransfer** zwischen diesen Akteuren.

Der Innovationsprozess ist zunächst ein einfacher: Am Anfang stehen FuE in Hochschulen und Unternehmen. Durch **Kooperationen**, **Austausch von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern** sowie **Patente** wird Wissen hin und her transferiert und immer weiter

verfeinert. Im Ergebnis kommt schließlich eine technische Innovation auf den Markt. Doch so ganz einfach ist das nicht. Die Politik setzt den **Rahmen** für die Forschung an Hochschulen. Das kann Innovationen hemmen oder fördern. Die Gesellschaft fordert Techniken (etwa im Verkehr) oder lehnt Innovationen ab.

Die Ingenieurwissenschaften stehen mitten drin. Ingenieurinnen und Ingenieure arbeiten in **Behörden**, in **Hochschulen**, in **Unternehmen**. Sie haben das Know-how, die Forschung mit langen Zeithorizonten in Produkte zu veredeln oder bei Bedarf die Grundlagen selbst zu legen. Ferner müssen sie, und das ist eine der Empfehlungen dieses Berichts, stärker als bisher im **Austausch mit der Gesellschaft** das Für und Wider bestimmter Techniken erörtern und dies als Anregung wieder ins Innovationssystem zurückspielen.

Das geschieht keineswegs rein informativ oder virtuell: Ein Innovationssystem hat eine starke **regionale Komponente**. Je dichter die Akteure geografisch zusammen stehen, desto intensiver ist der Austausch. Das ist ein klarer **Vorteil für Baden-Württemberg** mit seinen **regionalen Schwerpunkten** wie dem **Automobil- und Maschinenbau** in der Region Stuttgart oder der **Medizintechnik** in der Region Tuttlingen. Die große Zahl der Weltmarktführer oder Hidden Champions ist nur durch dieses fein austarierte Innovationssystem möglich, das in seinen Netzwerken teils dezentral organisch gewachsen, teils von den Akteuren absichtsvoll geplant ist. Voraussetzung für ein funktionierendes Innovationssystem ist die **Leistungsfähigkeit** der Ingenieurwissenschaften: Diese erarbeiten das Wissen und bilden Nachwuchsengeieurinnen und -ingenieure aus. Beides geht dann im Transfer an die Unternehmen, die erfolgreiche Produkte und Dienstleistungen schaffen.

In **Deutschland** beträgt der Anteil der Industrie an den **Gesamtausgaben** für **Forschung** und **Entwicklung** rund **67 Prozent**, in **Baden-Württemberg** sogar **80 Prozent**²³. Insbesondere die ingenieurwissenschaftliche Forschung wird heute weitgehend von Unternehmen getragen. Darüber hinaus gibt es in Deutschland zahlreiche Organisationen, Einrichtungen und Zentren, die sich über unterschiedliche Zeithorizonte hinweg – **kurz-, mittel oder langfristig** – und mit unterschiedlichem Fokus – **theorie-** oder **praxisorientiert** – mehr oder weniger intensiv mit ingenieurwissenschaftlichen **Forschungsfragen** beschäftigen.

Das Ingenieurwesen erbringt eine sehr hohe **Transferleistung**. Grundlagen aus Forschungseinrichtungen wie der Max-Planck-Gesellschaft, der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) oder aus Hochschulen werden – auch über längerfristige Zeiträume hinweg – in den Markt hinein entwickelt, um dadurch Innovationen zu ermöglichen (zum Beispiel in ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten der Universitäten).

Auch Institutionen müssen sich an veränderte Rahmenbedingungen anpassen können. Das gilt insbesondere für die Ingenieurwissenschaften, deren Ergebnisse besonders starke Veränderungen hervorrufen. Daher müssen und werden sich ingenieurwissenschaftliche Institutionen beständig wandeln. Die bisher rein **disziplinäre institutionelle Organisationsstruktur** (zum Beispiel Institute und kleinere Zusammenschlüsse in Fakultäten der Hochschulen) müssen also um eine **interdisziplinäre Perspektive** ergänzt und entsprechend geöffnet werden. Bisher entspricht die Fakultätsstruktur nicht den interdisziplinären Anforderungen, daher sind **neue Organisationsformen**, wie zum Beispiel **Forschungszentren**, auf- und auszubauen. Außerdem müssen die Forderungen nach Einbindung der **Zivilgesellschaft** und stärkerer gesellschaftlicher Teilhabe durch neue Formate transdisziplinärer Zusammenarbeit entsprechend berücksichtigt werden.

Der im Ländervergleich wahrscheinlich **nachhaltigste Wettbewerbsvorteil** Baden-Württembergs liegt darin, dass Lehre, Forschung und Technologietransfer landesweit sowohl in der **Spitze** als auch in der **Breite** wettbewerbsfähig aufgestellt sind. Die dezentrale Hochschul- und Forschungslandschaft stellt sicher, dass es in allen Regionen des Landes Hochschulen mit leistungsfähigen ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten oder Fachbereichen gibt sowie Forschung und Transfer in fachlicher und geographischer Breite gewährleistet sind. Neben den forschungsstarken Universitäten trägt dazu das breite Netz der Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) und der Standorte der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) bei.

Universitäten – Fachhochschulen/Hochschulen für Angewandte Wissenschaften – Duale Hochschule Baden-Württemberg

An 92 deutschen Universitäten werden mehr als **1.100 ingenieurwissenschaftliche Studiengänge** angeboten²⁴. Die Forschung ist hier langfristig sowie mittel- und kurzfristig angelegt. An vier von neun baden-württembergischen Universitäten haben die Ingenieurwissenschaften einen hohen Stellenwert. Alle haben Informatik in ihrem Studienangebot. Aus der Gruppe der TU9, der neun führenden Technischen Universitäten in Deutschland, sind in Baden-Württemberg – ebenso wie in Niedersachsen – gleich zwei angesiedelt (**Karlsruher Institut für Technologie** [KIT] und **Universität Stuttgart**).

Insgesamt gibt es hunderte Hochschulen mit tausenden Studiengängen im Bereich Ingenieurwesen in Deutschland. Allein Maschinenbau kann man an fast **230 Hochschulen** unterschiedlicher Ausprägung in Deutschland studieren.

Mehr als 2.500 von über 4.000 Studiengängen, die deutschlandweit an Fachhochschulen angeboten werden, sind technisch oder IT-technisch orientiert. Ihre Forschung ist mittel bis kurzfristig angelegt²⁵. In Baden-Württemberg bieten von den 23 staatlichen HAW 17 eine Vielzahl von ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen an²⁶.

Die **DHBW** (früher Berufsakademie) hat eine bundesweit einzigartige, am US-amerikanischen State University System orientierte Organisationsstruktur mit zentraler und dezentraler Ebene. Sie bietet an ihren neun Standorten in Kooperation mit über **9.000** globalen und mittelständischen Unternehmen u.a. **eine Vielzahl von Bachelor-Studiengängen** in den Ingenieurwissenschaften an. Im Gegensatz zu den Universitäten und den HAW ist hier die Lehre durchgehend mit der **praktischen Ausbildung** im Unternehmen curricular verzahnt. Außerdem gibt es weiterbildende **Masterstudiengänge**, die berufsintegrierend und berufsbegleitend studiert werden können. Die DHBW betreibt im Zusammenwirken mit den Ausbildungsstätten auf die Erfordernisse der **dualen Ausbildung** bezogene kooperative Forschung.

Der Ländercheck des Stifterverbands der deutschen Wissenschaft ordnet in seiner aktuellen Gesamtbewertung Baden-Württemberg in Bezug auf die Entwicklung der Studentinnen und Studenten in der Spitzengruppe ein. „In Baden-Württemberg gibt es anteilig besonders viele Mathematik-, Informatik-, Naturwissenschaften- und Technik (**MINT**)-Studentinnen und -Studenten, die Zahlen sind in den vergangenen Jahren zudem stark gestiegen. Rund **30 Prozent** aller Absolventinnen und Absolventen hat ein MINT-Fach studiert, der höchste Wert aller Bundesländer. Positiv entwickelt sich auch die Zahl der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in den T-Fächern.“ Der Wermutstropfen: „Nur die Diversität nimmt nicht zu. Der Anteil **internationaler Studentinnen und Studenten** sinkt sogar überdurchschnittlich stark.“²⁷

Mit der Änderung des Abschlusses auf den international anerkannten **Bachelor/Master** haben sich die deutschen Ingenieurwissenschaften international aufgestellt. Nun

muss aber einer zu starken **Verschulung** entgegengewirkt werden. Es gibt zu wenig Zeit für Praktika und **außerfachliche Qualifikationen**. Deutsche Ingenieurstudentinnen und -studenten gehen während der Ausbildung kaum ins **Ausland**, nach dem Studienabschluss dagegen überdurchschnittlich häufig²⁸. Von deutschen Unternehmen wird **Auslandserfahrung** bei der Einstellung nicht mehr so hoch bewertet wie früher²⁹. Sie erwarten vielmehr die Bereitschaft und die Fähigkeit, nach dem Berufseinstieg ins Ausland zu gehen.

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

Von den großen außeruniversitären, staatlich geförderten Forschungsorganisationen sind viele stark ingenieurorientiert. Die anwendungsorientierte Fraunhofer-Gesellschaft ist mit 13 meist kurz- und mittelfristig forschenden Instituten und vier weiteren Einrichtungen in BW vertreten. Ihr Fokus liegt auf **industrienaher Auftragsforschung**. Das macht sie zu einem wichtigen Treiber des Technologietransfers. Besonders ingenieurorientiert sind auch die landesfinanzierten, außeruniversitären Forschungseinrichtungen der **Innovationsallianz Baden-Württemberg**. Von 18 langfristig orientierten und in den Bereichen Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr, Materie sowie Schlüsseltechnologien missionsorientierten **Helmholtz-Zentren** liegen zwei vollständig sowie zwei Standorte eines weiteren Zentrums in Baden-Württemberg. Das KIT (Zusammenschluss der ehemaligen Universität Karlsruhe und des ehemaligen Forschungszentrums Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft) und die Institute des **Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt** in Stuttgart und Lampoldshausen haben einen starken ingenieurwissenschaftlichen Bezug. Die derzeit 83 **Max-Planck-Institute (MPI)** engagieren sich langfrist-orientiert in der Grundlagenforschung. Von den 12 MPI in Baden-Württemberg kann man eines – das MPI für Intelligente Systeme Stuttgart/Tübingen – den Ingenieurwissenschaften zuordnen. Die **Leibniz-Gemeinschaft**, deren Aufgabe es ist, langfristig angelegt gesellschaftlich, ökonomisch und ökologisch relevante Fragestellungen zu bearbeiten, ist weniger techniklastig. Von 89 Einrichtungen sind sieben in Baden-Württemberg angesiedelt, davon ist keines ingenieurtechnisch orientiert.

Innovationsallianz Baden-Württemberg

Ein Verbund von 12 unabhängigen Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg.

<http://www.innbw.de>

2.5 Stellung im globalen Kontext

2.5.1 Vorbild Baden-Württemberg

Die **hohe Wettbewerbsfähigkeit** der **innovativen, exportstarken** Industrie und die hohe Qualifikation der Beschäftigten in Baden-Württemberg ist **Benchmark** für viele Regionen weltweit. Baden-Württemberg hat den höchsten **Industrialisierungsgrad** aller Bundesländer. Der Anteil der Industrie am Umsatz im Land beträgt rund **32 Prozent**, über das Doppelte im Vergleich zur Europäischen Union (EU) (ohne Deutschland) mit 14 Prozent³⁰. Die Art und Weise, wie in Baden-Württemberg die Ingenieurwissenschaften im Innovationssystem verankert sind, macht mehr und mehr Schule. Insbesondere auch deshalb, weil in Baden-Württemberg auch der **Technologietransfer** in der Breite einen hohen Stellenwert genießt und weil hierzulande eine sehr gute grundlagenorientierte Ausbildung sinnvoll kombiniert ist mit anwendungsspezifisch praxisorientierten Elementen. Die Zusammenarbeit von Hochschulen und Forschungseinrichtungen (z.B. Fraunhofer-Institute und die Institute der Innovationsallianz Baden-Württemberg) mit der Industrie hat eine ausgesprochen **stabile Basis**. Viele Forschungs- und Industrienationen, darunter die Vereinigten Staaten von Amerika (USA), Großbritannien, Brasilien und auch China, versuchen, diese Besonderheiten auf ihr Land zu übertragen.

Das macht Deutschland und insbesondere Baden-Württemberg zu einem **attraktiven Standort** in der Ingenieurausbildung. Der Anteil der Bildungsausländerinnen und Bildungsausländer bei den Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg betrug 2013 bei Studienanfängerinnen und Studienanfängern 20 Prozent, bei den Absolventinnen und Absolventen 9 Prozent³¹. Der hiesige Arbeitsmarkt profitiert davon. 2013 arbeiteten knapp 12.000 ausländische Ingenieurfachkräfte in Baden-Württemberg. Damit war jede bzw. jeder vierte ausländische Ingenieurin bzw. Ingenieur in Baden-Württemberg beschäftigt³². In Deutschland ist bereits jede bzw. jeder siebte erwerbstätige Ingenieurin bzw. Ingenieur zugewandert³³. Diese Zahl wird aufgrund der aktuellen **Zuwanderungswelle** ansteigen.

2.5.2 Stellung der Ingenieurinnen und Ingenieure in der Gesellschaft

Die Situation des Ingenieurwesens im weltweiten Vergleich beschreibt der Unesco-Report „Engineering – Issues, Challenges, Opportunities for Development“ ausführlich³⁴.

Deutsche Ingenieurinnen und Ingenieure haben **weltweit** einen hervorragenden Ruf. Insbesondere in den Industrieländern war der „**Diplom-Ingenieur/-in (Dipl.-Ing.)**“ ein stets anerkannter Abschluss. Die Ingenieurausbildung in Deutschland vermittelt besondere **theoretische** und **praktische Kompetenzen** und ist daher international **Vorbild**. In den USA haben Ingenieurinnen und Ingenieure einen deutlich **niedrigeren Stellenwert**, sie sind **gesellschaftlich weniger anerkannt**. Daher gibt es in den USA Probleme, Ingenieurpositionen zu besetzen³⁵. Die typischen US-amerikanischen Ingenieurinnen und Ingenieure kommen aus der Aufstiegsschicht und haben an einem College studiert. Die Bachelorausbildung an einem College ist oft deutlich schmäler als an einer Universität und entspricht im Kenntnisstand häufig eher einer Mischung der deutschen Facharbeiter- und Techniker Ausbildung. Laut Unesco bilden die USA jährlich **60.000 Bachelorabsolventinnen und -absolventen** im Ingenieurwesen aus, **China** dagegen **250.000**³⁶. An anderer Stelle des Unesco-Reports ist von sogar insgesamt 1,3 Millionen neuen Ingenieurinnen und Ingenieuren pro Jahr die Rede, davon 650.000 aus Hochschulen³⁷. Anfang 2015 gab das amerikanische Arbeitsministerium bekannt, dass in den USA eine Steigerung der Arbeitsplätze in Ingenieurberufen um **11 Prozent** für 2016 erwartet wird, in den Kernbranchen Anlagenbau und Bauwesen sogar bis zu **25 Prozent**³⁸.

In **Asien**, insbesondere in **China**, wurde erkannt, dass die Ingenieurwissenschaften essentiell sind. Die Ingenieurinnen und Ingenieure verstehen sich hier jedoch häufig als „**White-Collar Worker**“. Die guten Absolventinnen und Absolventen wünschen sich einen Büroarbeitsplatz und wollen außerhalb der direkten Wertschöpfung arbeiten. An guten Ingenieurkräften, die beispielsweise in der Lage sind, **Produktionssysteme** in Fabriken zu etablieren und am Leben zu erhalten, oder auf **Baustellen** arbeiten wollen, besteht ein hoher Bedarf³⁹. Sie werden dringend gebraucht, denn China befindet sich technologisch zurzeit in der 3. Industriellen Revolution und kämpft noch mit den Herausforderungen der **Automatisierung** sowie der **Transformation zu hochwertiger Wertschöpfung**, eingebettet in eine **Dienstleistungs- und Wissensökonomie**.

Forschung und Entwicklung werden in China als **Grundlage des wirtschaftlichen Wachstums** und auch als Basis der **gesellschaftlichen Entwicklung** betrachtet. Die chinesische Innovationsstrategie „**Made in China 2025**“ soll China zur führenden Industriemacht werden lassen und die Schwerpunkte der Produktion auf **Innovation, Effizienz** und **Qualität** legen⁴⁰. Im Rahmen dieser Strategie werden **zehn Schlüsselbereiche** definiert, wie zum Beispiel die neuen **Informationstechnologien**⁴¹. Das Forschungs- und Innovationssystem Chinas ist – sehr im Gegensatz zu Deutschland und Baden-Württemberg – stark **zentralisiert** und **hierarchisch** aufgebaut⁴².

2.5.3 Technologietransfer macht den Unterschied

Ingenieurinnen und Ingenieure haben in Deutschland eine **herausragende Position**, weil die Exporte (sowie Innovationskraft und Produktivität) auf ingenieurwissenschaftlichen Leistungen basieren. An europäischen Statistiken ist ablesbar, dass Länder mit wenig beschäftigten Ingenieurinnen und Ingenieuren je 100 Erwerbstätige (zum Beispiel Norwegen, Großbritannien, Spanien) auch eher wenig Geld in die Forschung investieren⁴³.

Der Anteil der **unternehmensfinanzierten Ausgaben** für FuE in Hochschulen weltweit weist eine **hohe Bandbreite** auf. Er lag 2013 zwischen **2,7 Prozent** in **Frankreich** und **14,2 Prozent** in **Deutschland**⁴⁴. Dieser Indikator bildet einen bedeutenden Teil der formalen **Technologietransferaktivitäten** zwischen Hochschulen und Unternehmen ab. Deutschland spielt hier eine **führende Rolle** und nimmt die **Spitzenposition** ein. Demgegenüber haben die USA, die bezüglich Wissenschafts- und Technologietransfer als besonders erfolgreich gelten, nur einen **Wirtschaftsfinanzierungsanteil** der FuE-Aufwendungen im Hochschulsektor von **4,8 Prozent** und liegen im Bereich von Großbritannien und Österreich. **Korea** erreicht mit **12,3 Prozent** ebenfalls hohe Wirtschaftsfinanzierungsanteile⁴⁵. Der FuE-Anteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP) beträgt in Frankreich 2,2 Prozent, in Großbritannien 1,7 Prozent und in Deutschland 3,0 Prozent. Baden-Württemberg liegt mit 4,8 Prozent weit über dem bundesweiten Durchschnitt⁴⁶. In China beträgt er 2,1 Prozent, in den USA 2,8 Prozent⁴⁷ und in Südkorea 4,4 Prozent⁴⁸.

Das **Reindustrialisierungsprogramm** von Präsident Obama hat das Ziel⁴⁹, mit sogenannten **Hubs** den Technologietransfer in den **USA** zu stärken. Zum Thema „**Industrial Internet**“ (**Industrie 4.0**) wird viel Geld zur Verfügung gestellt. Der **Technologietransfer** im Wissenschaftssystem ist in den USA wenig ausgeprägt⁵⁰, daher wird, ebenso wie in **Brasilien**, am Aufbau von Strukturen für eine **außeruniversitäre, industrienahere Forschung** gearbeitet. Auch in **Großbritannien** entstehen mit den **Catapult Centers** ähnliche Organisationen. Die Art und Weise, wie in Deutschland Forschung in die Anwendung gebracht wird, ist **Vorbild** für viele andere Länder⁵¹. Kein anderes OECD-Land stellt regelmäßig so viele Mittel für die außeruniversitäre Forschung bereit wie Deutschland⁵².

Hochschulen sind innerhalb der **Kooperationsnetzwerke** von innovativen Unternehmen in Deutschland und Österreich besonders häufig vertreten. Über die Hälfte der innovativen Unternehmen mit **Kooperationsbeziehungen** haben im Rahmen von Innovationsprojekten Kooperationen mit Hochschulen durchgeführt, während dies in Großbritannien für jedes dritte Unternehmen und in Frankreich nur für jedes vierte Unternehmen zutrifft⁵³.

In Baden-Württemberg liegt die Häufigkeit von Unternehmens-/Hochschulkooperationen noch deutlich über dem deutschen Durchschnitt: Drei Viertel der vom ZEW für den vorliegenden Abschlussbericht befragten Unternehmen unterhalten Kooperationen bei Innovationsprojekten mit Hochschulen und genauso viele mit außeruniversitären Forschungsinstituten⁵⁴.

Industrie 4.0

Digitalisierung der Produktion auf Grundlage von cyberphysischen Systemen (CPS) und deren Vernetzung über das Internet der Dinge.

3 Leitbild Ingenieurwissenschaften 2025

Die prägenden Trends der nächsten zwei Dekaden werden aus einer Studie des **Fraunhofer ISI** über die Ergebnisse des aktuellen **BMBF-Foresight-Prozesses** referiert, an dem das Institut beteiligt war⁵⁵. Davon leiten sich die Chancen und Herausforderungen für die Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg ab, außerdem die charakteristischen Merkmale, was die Ingenieurin und den Ingenieur der Zukunft ausmacht.

3.1 Die Welt im Jahr 2025

3.1.1 Megatrends

Megatrends

Eine umfassende, lang anhaltende und großräumige Entwicklung, die eine ganze Gesellschaft prägt.

Unsere Welt wird sich in den nächsten ein bis zwei Dekaden stark verändern. Grund sind insbesondere sogenannte **Megatrends** – vom globalen **Bevölkerungswachstum** bis zur vollständigen **Digitalisierung** –, die auch die Ingenieurwissenschaften vor große Herausforderungen stellen. Ingenieurinnen und Ingenieure sind aufgerufen, diesen Wandel in Gesellschaft, Wirtschaft, Ökologie und Technologie aktiv mitzugestalten.

Megatrends im Bereich Gesellschaft

Die Weltbevölkerung wächst weiter an. Prognosen gehen von einem Anstieg von derzeit 7 Milliarden Menschen auf **8 Milliarden⁵⁶ Menschen** im Jahr **2025** aus.

Im Zuge dieses **globalen Bevölkerungswachstums** setzen sich weitere globale demografische Trends fort. So wird der Anteil der Menschen, die in Städten leben, von 54 Prozent im Jahr 2014 auf voraussichtlich 66 Prozent im Jahr 2050 ansteigen⁵⁷. Diese **Urbanisierung** wird insbesondere in weniger entwickelten Ländern die Zahl der **Stadtbewohner** von knapp 2,7 Milliarden im Jahr 2011 auf gut 4 Milliarden im Jahr 2030 erhöhen⁵⁸. Rund eine Milliarde Menschen wird bis 2025 in urbanen Räumen weltweit zur **Mittelschicht** gehören⁵⁹, deren Lebensstil und Konsumverhalten zu fortschreitenden **Umweltbelastungen** führen wird.

Das weltweite **Bevölkerungswachstum**, die Abnahme **landwirtschaftlicher Nutzungsflächen**, der **Klimawandel**, die **Ressourcenverknappung** und die **Ausdehnung von Siedlungsflächen** gefährden in vielen Regionen der Erde die **Ernährungssicherheit**. Prognosen gehen davon aus, dass im Jahr 2030 immer noch mehr als 500 Millionen Menschen auf der Welt an **Unterernährung** leiden werden⁶⁰.

Die zu erwartenden **Migrationsbewegungen** verschärfen den **weltweiten Wettbewerb um qualifizierte Arbeitskräfte**. Dies gilt insbesondere für hoch qualifizierte **Fachkräfte**, betrifft aber auch angelernte und möglicherweise sogar ungelernete Kräfte⁶¹. Die **Migrationsprozesse** und die Zuwanderung durch Nachfrage nach hoch qualifizierten Arbeitskräften tragen zu einer weiteren **Pluralisierung der Gesellschaft** bei⁶². Diese wird geprägt sein von einer Vielfalt **multikultureller Identitäten, Weltansichten** und **Biografien**, die sich auch in einem **Wertewandel** der zukünftigen Generationen der über 50- und über 60-Jährigen zeigen wird⁶³.

Gleichzeitig erwarten Fachleute in der kommenden Dekade eine **globale Bildungsexpansion**. Immer mehr Menschen tummeln sich gut ausgebildet und befähigt zu **wissensintensiven Tätigkeiten** auf einem **globalen Arbeitsmarkt**⁶⁴. Dieser Trend wird verstärkt durch den Einsatz von **Informations- und Kommunikationstechnologien** (IKT), so dass die globale Wissensgesellschaft von neuen Formen der globalen Zusammenarbeit, aber auch von mehr Wettbewerb geprägt sein wird. Wissen – als Gut und damit quasi handelbare Ware – entwickelt sich im Spannungsfeld sinkender **Transaktionskosten** und nahezu unbegrenzter Verfügbarkeit einerseits und seiner Kommerzialisierung mit neuen Konzepten und Ansprüchen an **Nutzungs- und Eigentumsrechten** andererseits. Die durch die stärkere **Vernetzung** und **Digitalisierung** in allen Lebensbereichen entstehenden Konflikte verändern⁶⁵ mittelfristig das **gesellschaftliche Verständnis** von **Privatsphäre, Autonomie** und **Kontrolle von Systemen** sowie das **Mensch-Technik-Verhältnis**. Konfliktpotenzial haben beispielsweise die **Datensicherheit** und der mögliche Missbrauch von vertraulichen Daten und Nutzerprofilen sowie der offensichtliche **Kontrollverlust** über persönliche Daten und autonome Computersysteme.

Der steigende globale Bedarf an **wissenschaftlich fundiertem Wissen** und an **wissensintensiven Gütern und Dienstleistungen** sowie die zunehmende Nutzung von digitalen Publikationsformen und **massiven Datenbeständen (Big Data)** ruft verschiedene Trends in der Wissenschaft hervor, die in dem Schlagwort **Science 2.0** zusammengefasst werden. Bereits heute ist eine **Diversifizierung** und **Differenzierung** der Wissenschaft bei neuen Formen von Lehr-, Forschungs- und Publikationsaktivitäten zu beobachten. Neue Akteure treten auf den Plan. Die staatlich geförderten Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Deutschland konkurrieren nicht nur national, sondern auch global mit **privaten Hochschulen**, Schulungs- und Beratungsunternehmen sowie von Privatpersonen betriebenen Forschungseinrichtungen. Auch fördern weltweit immer mehr Stiftungen Forschung⁶⁶. Insgesamt wird es langfristig zu einer **Kommerzialisierung von FuE** auf globalen Wissensmärkten kommen, worauf sich die Ingenieurwissenschaften und Unternehmen einstellen müssen.

Neben **Bevölkerungswachstum, Ernährungskrisen** und wachsender **sozialer Ungleichheit** verstärken **politische Krisen, Terrorismus** und **militärische Auseinandersetzungen** die Migration auf globaler Ebene⁶⁷. Das kann langfristig zu einer **Marginalisierung** und **Prekarisierung** gesellschaftlicher Teilgruppen und zu einem Rückgang gesellschaftlichen Engagements führen^{68, 69}. Eine Zunahme lokaler und globaler Konflikte fordert Unternehmen mit weltweit verteilten Produktionsstandorten und Kooperationspartnern heraus.

Megatrends im Bereich Wirtschaft

China und Indien machen sich auf den Weg zu führenden Standorten im **globalen Innovationswettbewerb**. Schwellenländer wie Korea, Malaysia, Thailand und Singapur entwickeln sich zu neuen **Innovationszentren**⁷⁰. Auch in einigen Ländern Afrikas wächst die Wirtschaft deutlich, so dass sich globale Investoren auch dort engagieren⁷¹. Die für Schwellenländer typischen **Frugalen Innovationen** sind dabei die Grundlage für Innovationen trotz begrenzter Ressourcen und knappem Kapital. Ihre Prinzipien werden auch für das **Innovationsmanagement** deutscher Industrieunternehmen wichtiger, insbesondere wenn sie sich in diesen Ländern auf Märkten oder mit Produktionsstätten engagieren⁷². Während die USA und andere westliche Industrienationen dieser Konkurrenz mit einer Strategie der **Reindustrialisierung** begegnen, entwickelt die deutsche Wirtschaft unter dem Begriff **Industrie 4.0** neue Ansätze für die Produktion und Dienstleistungen von morgen.

Die fortschreitende wirtschaftliche **Globalisierung**, gekennzeichnet durch die Zunahme des internationalen Handels⁷³, macht Asien zu den Gewinnern im Welthandel. Während der Großteil Europas krisenbedingt im Welthandel im Vergleich zu den Schwellenländern an Bedeutung verliert, wird die **Exportnation** Deutschland ihre gute Position voraussichtlich halten können. Durch das Erstarken Chinas und Indiens auf dem Weltmarkt ist mit einem Anstieg des **globalen Energieverbrauchs** um 33 Prozent bis 2035 zu rechnen⁷⁴. Das treibt den Klimawandel weiter an. Ferner bremsen die steigenden **Staatsverschuldungen** bzw. **Konsolidierungsbemühungen** in den Industrieländern die öffentlichen Ausgaben und damit Investitionen in Infrastrukturen bis 2030⁷⁵. **Energieverbrauch** und **Infrastrukturen** sind wichtige Rahmenbedingungen für Markt- und Standortentscheidungen.

Mit der Herausbildung neuer Innovationszentren im internationalen Wettbewerb entsteht eine **neue, globale Mittelklasse** im urbanen Umfeld, die mit ihren Ausgaben für Konsum, Unterkunft, Gesundheitsvorsorge, Bildung und Altersvorsorge ein erhebliches **Kaufkraftpotenzial** aufweist⁷⁶. Dabei verbessern sich auch signifikant die Lebensbedingungen von Frauen vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern⁷⁷. In vielen Regionen übernehmen Frauen neue Rollen in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik und tragen maßgeblich zum Wandel von Industrien und Märkten bei⁷⁸. Diese gesellschaftlichen Veränderungen und die Auswirkungen auf die Märkte müssen international tätige Unternehmen im Blick behalten.

Eine Konsequenz der globalen Wissensgesellschaft und der demografischen Entwicklung ist ein **Wandel der Arbeitswelt**. Zwar haben **wissensintensive Tätigkeiten** und **Dienstleistungen** zugenommen. Zugleich ist damit zu rechnen, dass nicht nur gering bezahlte Tätigkeiten mit niedrigen **Qualifikationsanforderungen**, sondern auch hoch bezahlte Tätigkeiten in Wissensberufen durch **Softwaresysteme** und **Robotik** ersetzt werden⁷⁹. Laut einer Studie der Universität Oxford sind allein in den USA knapp die Hälfte der Arbeitsplätze dadurch gefährdet, dass bei immer mehr Tätigkeiten IT-Lösungen zum Einsatz kommen⁸⁰. Diese Entwicklung gefährdet nicht nur Arbeitsplätze, sondern bewirkt auch eine **Umverteilung der Wertschöpfung** sowie eine **negative Kopplung** von **Qualifizierung** und **Einkommen**⁸¹.

Durch das globale Wachstum werden die natürlichen Ressourcen knapper und teurer. Geringer Ressourcenverbrauch sowie **Recycling** und **Kreislaufwirtschaft** in der Industrie gewinnen damit an Bedeutung. So soll das Marktpotenzial für **Ressourceneffizienz** bis 2020 weltweit bei knapp unter drei Milliarden Euro liegen⁸². Durch die zu erwartenden Preissteigerungen für Rohstoffe und Energie steigt der Kostendruck auf Zulieferer und das verarbeitende Gewerbe in Europa. Die Tendenz zur **Verlagerung von Produktionsstandorten** könnte zunehmen⁸³.

Sowohl der **EU-Binnenmarkt** mit seinem freien Personen-, Dienstleistungs- und Warenverkehr wie auch das Verkehrsaufkommen insbesondere in Deutschland legen kräftig zu. Gleichzeitig zeichnet sich in Deutschland ein Wandel in der **Mobilitätskultur** ab mit Unterstützung von integrierten Informationssystemen, welche zu neuen **Sharing-Modellen** und **multimodaler Integration** der Verkehrsträger führen. Die Automobilindustrie ist mit einem Fünftel des Umsatzes des Verarbeitenden Gewerbes und einem Drittel aller Forschungsaufwendungen in Deutschland eine tragende Säule der deutschen Wirtschaft⁸⁴. Entsprechend groß sind die sich durch den **Wandel der Automobilmärkte** weltweit ergebenden unternehmensstrategischen und innovationspolitischen Herausforderungen. Der Wandel wird durch vier Entwicklungen getrieben⁸⁵: Erstens wird die **Energieversorgungssicherheit** hierzulande auf lange Sicht durch die Verknappung fossiler Energieträger herausgefordert. Zweitens steigt die Notwendigkeit eines **Treibhausgasreduktionsbeitrags** des Verkehrs in der nationalen und euro-

päischen **Klimapolitik**. Drittens sind **alternative Fahrzeugantriebe** mit nicht-fossilen Energieträgern im Kommen. Viertens verschiebt sich das Verhältnis der Produktions- und Absatzmärkte für Kraftfahrzeuge zugunsten stark und schnell wachsender neuer Märkte in Schwellenländern wie China, Brasilien und Indien. Zusätzlich erfordert die **multimodale Mobilitätskultur neue Geschäftsmodelle** basierend auf dem **Internet der Dinge** und Dienste.

Neben dem Wandel der Automobilmärkte stellt die zunehmende **Diversifizierung der Automobilindustrie** eine zweite große Veränderung für die kommenden zwei Dekaden dar. Treiber sind neue **Kundenwünsche**, Bedarf an **nicht-fossiler Energie-nutzung** und **Emissionsreduktion** sowie **effizientere Materialien** und **urbane Mobilitätsanforderungen**⁸⁶. Eine Analyse unterschiedlicher Zukunftsszenarien für die deutsche Automobilindustrie zeigt, dass sich sowohl ein **technologischer Umbruch** hin zu **neuen Antriebstechniken** als auch die Integration **neuer Mobilitätskonzepte** abzeichnen. Darüber hinaus werden **Wertewandel** und **Effizienzüberlegungen** Entwicklungen im **Leichtbau**, beim **Autonomen Fahren** und bei **neuen Mobilitätskonzepten** vorantreiben.

Auch der **Transformationsprozess des deutschen Energiesystems** ist in vollem Gang und wird durch politische Entscheidungen wie den schrittweisen **Atomausstieg**, den Ausbau der **erneuerbaren Energien** und die **Klimaschutzmaßnahmen** gestützt. Der Erfolg des Transformationsprozesses hängt maßgeblich ab von der **Energiebereitstellung**, der **Energieeffizienz**, dem Ausbau und der Integration des **Energiesystems** sowie der technischen Integration von **IT-basierter Steuerung** und **Vernetzung**, **Leistungselektronik** und **neuen Werkstoffen**. Diese **Energiewende** stellt einerseits eine große Herausforderung für die deutsche Wirtschaft und Politik dar, andererseits bietet sie auch eine Chance für die Industrie, durch **Versorgungssicherheit** und effiziente Nutzung innovations- und wettbewerbsfähig zu bleiben.

Megatrends im Bereich Ökologie

Der **Klimawandel** stellt eine große, **globale Herausforderung** dar. In Deutschland werden für den Zeitraum von 2021 bis 2050 klimatische Veränderungen mit erheblichen Auswirkungen prognostiziert. Die **Gesundheitsrisiken** steigen, insbesondere für ältere Menschen. Land- und Forstwirtschaft sowie Tourismus sind direkt betroffen. Aber auch die Wirtschaft insgesamt muss mit steigenden Kosten durch **Klimaschäden** rechnen. Somit besteht ein hoher Bedarf an Schutzmaßnahmen und **klimafreundlichen Technologien**.

Eine weitere Folge des Klimawandels ist die zunehmende **globale Wasserknappheit**, die durch Fehlverhalten und Fehlallokation noch verstärkt wird. Bis zum Jahr 2030, so Prognosen, werden fast 50 Prozent der Weltbevölkerung in Regionen mit Wasserknappheit leben⁸⁷.

Die ebenfalls zunehmende **Rohstoffknappheit** und einhergehende Preissteigerungen erfordern neben **Effizienz- und Nachhaltigkeitslösungen** beim Verbrauch auch neue Strategien der **Rohstoffversorgung**, z.B. bei den **Seltenen Erden**. Der Wettbewerb zwischen Industrie- und Schwellenländern wird sich beim **Zugang zu Rohstoffen** in den kommenden Dekaden weiter verschärfen.

Der Trend zur **Urbanisierung** bietet Chancen für Wirtschaftswachstum, Arbeitsmärkte und Innovation. Das Wachstum der Städte, insbesondere die Entwicklung von **Megacities**, führt jedoch auch zu **globaler Erwärmung**, **Umweltverschmutzung** und **Gesundheitsrisiken**. Zur Bewältigung dieser Herausforderungen werden Städte weltweit zu

Internet der Dinge

„Dinge“ erhalten durch Sensoren, Aktoren und eingebettete Computer eine eigene Handlungskompetenz. Sie sind über das Internet miteinander verbunden, können dessen Dienste nutzen und so mit ihrer Umwelt interagieren.

Megacity

Definiert eine Stadt mit mehr als 10 Millionen Einwohnern.

Quelle: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-urbanization-prospects.html>

eigenständigen neuen Akteuren und Treibern von nachhaltigen Innovationen in der Klima-, Umwelt-, Energie-, Verkehrs-, Gesundheits- und Sozialpolitik⁸⁸. Hieraus ergibt sich ein Bedarf an **lokalen, systemischen Lösungen** für Infrastrukturen. Ein Beispiel sind **intelligente Netze**, die Verkehrs-, Energie- und andere Versorgungsinfrastrukturen über zentrale Plattformen steuern⁸⁹.

Im Angesicht von Klimawandel, Rohstoffknappheit und Urbanisierung diskutieren Fachleute und Zivilgesellschaft in Deutschland⁹⁰ über ein neues **Wachstumsverständnis** im Spannungsfeld von **Nachhaltigkeit, Wohlstand** und **Lebensqualität**. Ziel ist die **Entkopplung** von **Wohlstand** und **Ressourcenverbrauch**⁹¹. Die Menschen werden sich ihres **ökologischen Fußabdrucks** und der sozialen Folgen ihres Konsums bewusst und setzen beispielsweise auf das Leihen oder das Teilen von Gütern anstatt auf den Besitz von Produkten⁹². Die Unternehmen reagieren darauf und bieten **ressourcen- und energieeffiziente Technologien** für **nachhaltige Systeminnovationen** an.

Megatrends im Bereich Technologie

Einzelne Technologien sind gut, deren **Verknüpfung** ist besser: Auf vielen für Ingenieurinnen und Ingenieure relevanten Arbeitsgebieten zeichnet sich ab, dass insbesondere die Verknüpfung von Technologien vielversprechende Lösungen für globale Herausforderungen bietet. Eine besondere Rolle spielen dabei die **Informatik**, aber auch **Produktionstechnik, Materialforschung, Photonik, Bio- und Medizintechnik**.

Die **Informations- und Kommunikationstechnologien** (IKT) werden in den nächsten Jahren fast alle Wirtschaftsbereiche stark verändern. IKT-Hardware wird kleiner. Ihr Einsatz wird für den Nutzer immer weniger greifbar. Die Integration in technische Systeme, zum Beispiel als **Internet der Dinge**, wird allgegenwärtig. Eine erfolgreiche Software-Entwicklung hängt von der Fähigkeit ab, mit Anwenderinnen und Anwendern sowie Kundinnen und Kunden bedarfsgerechte Lösungen zu entwickeln und diese in existierende betriebliche Strukturen und Systeme zu integrieren. Zudem wird FuE in den IKT zunehmend in Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen wie zum Beispiel den Materialwissenschaften, der Photonik, aber auch den Geistes- und Sozialwissenschaften betrieben.

Die Verbindung des **Internet der Dinge** mit den Ansätzen für **Industrie 4.0** wird die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen erheblich beeinflussen. Bis 2025 und darüber hinaus steigt der Bedarf an **Systemen zur Entscheidungsunterstützung** auf Basis von **Informationsgewinnung** und **-analyse** sowie an **autonomen Systemen** deutlich. Einsatzfelder sind zum Beispiel Produktionsumgebungen, die Energieversorgung, Krankenhäuser oder der Straßenverkehr.

Die **Software-Entwicklung** wird zu einem **Schlüsselement** wirtschaftlicher und technischer Leistungsfähigkeit, da immer mehr Zusatzfunktionen durch Software im Produkt realisiert werden. Unternehmen nutzen **Software-Dienste** als Differenzierungsmerkmal und zur Kundenbindung. Dabei sind die **Zertifizierung** und die **Qualitätssicherung** von Software gemäß den in den Ingenieurwissenschaften üblichen Maßstäben eine besondere Herausforderung. Auch gewinnen **Simulationstechnologien** und die **Virtualisierung** in der Produktion im Zuge der Entwicklungen zur Industrie 4.0 weiter an Bedeutung. Einer Befragung zufolge beabsichtigt die deutsche Industrie, bis 2020 jährlich **40 Milliarden Euro** in Industrie 4.0-Anwendungen zu investieren⁹³. Diese Anwendungen sind nicht auf spezielle Industriezweige beschränkt; für das produzierende Gewerbe sind sie jedoch von **besonderer Relevanz**⁹⁴. Zur Nutzung der **Wettbewerbs- und Wachstumseffekte** sind Standards, Anwenderunterstützung sowie praktikable und abgestimmte Regeln für schnelle und schnittstellenfreie Kommunikation, Datenschutz

und Datensicherheit notwendig, so dass die Realisierung nicht auf reine Technologieentwicklung beschränkt bleibt⁹⁵.

Die Zukunft der **Produktionstechnologien** und damit die Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden Industrie liegt in der Weiterentwicklung der **intelligenten Fabrik** mit dem Ziel einer flexiblen, ressourceneffizienten und vernetzten Wertschöpfung⁹⁶. Die technische Basis bilden software-intensive, eingebettete, mechatronische Systeme, die als **Cyberphysische Systeme (CPS)** bzw. Produktionsprozesse die virtuelle mit der physischen Welt verbinden^{97, 98}. Die hierfür erforderliche **interdisziplinäre FuE** kombiniert produktionstechnische IKT-Lösungen mit Sensorik und Aktorik, zum Beispiel können sich Roboter dann frei in der Halle bewegen und mit Menschen zusammenarbeiten. CPS werden bis 2025 **zentrales Forschungsthema** bleiben.

Diese Entwicklung zu CPS in der Fertigung verändert die Art und Weise, wie technische Innovationen entstehen. In Zukunft muss **simultanes Systems Engineering** zur Integration unterschiedlicher Disziplinen in den **Entwicklungsprozess** integriert werden. Damit einhergehend steigen die Anforderungen an den **Know-how- und Vulnerabilitätsschutz**. **Security-by-Design** gehört als integrales Entwurfsprinzip bereits in die Konzeption **digitaler Produktionssysteme** hinein. Kundinnen und Kunden werden durch neue Fertigungstechniken frühzeitig und stärker in den Prozess der Leistungserstellung integriert. Neue **hybride Geschäftsmodelle** einer dezentralen Produktion entstehen und erfordern innovative Ansätze des **Service Engineering**, der systematischen Entwicklung neuer Dienstleistungen mit Hilfe ingenieurwissenschaftlicher Methoden.

Produktions- und Wertschöpfungsnetzwerke werden sich bis zum Jahr 2025 auch geografisch weiter ausdehnen. Bereits heute exportieren die Automobilindustrie, der Maschinen- und Anlagenbau und die chemische Industrie den Großteil ihrer Produkte oder produzieren für den Markt vor Ort. Daher hängt die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen immer mehr auch von **flexiblen und robusten Produktionssystemen** ab. Aufgrund der Anforderung des weltweiten Einsatzes der CPS wird die Entwicklung von **energie- und ressourcenautarken Wertschöpfungsketten** global an Bedeutung gewinnen. Innovative Mess-, Steuer- und Regelungstechnik kann in Verbindung mit Material- und Energieeffizienz den entscheidenden Wettbewerbsvorteil im Maschinen- und Anlagenbau liefern. **Generative Fertigungsverfahren** bleiben auch bis 2025 ein relevantes Forschungsthema. Dabei geht es sowohl um die Optimierung bestehender Verfahren sowie deren Integration in klassische Produktionsverfahren als auch um die Entwicklung neuer Verfahren.

Energie- und Ressourceneffizienz sowie deren Verfügbarkeit werden bis zum Jahr 2025 und darüber hinaus eine entscheidende Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie sein. Die laufende Energiewende in Deutschland hat mit ihrer gestiegenen **Stromerzeugung** aus den **fluktuierenden Energieträgern** Wind und Sonne starke Auswirkungen auf die Strommärkte. In Gewerbe, Handel und Dienstleistungen ist der Anteil der **Stromkosten** an den Gesamtkosten häufig noch sehr niedrig. Im Bereich der Industrie lassen sich durch die Verwendung bester verfügbarer Techniken noch **erhebliche Einsparungen** erzielen. In den energieintensiven Industrieprozessen besteht zudem ein hoher FuE-Bedarf, vor allem für **radikale Prozessinnovationen**. Mit **inkrementellen Verbesserungen** der bestehenden Produktionsverfahren ist langfristig keine Effizienzverbesserung von mehr als zehn Prozent im aktuellen Anlagenbestand zu erreichen⁹⁹. Im Zusammenhang mit **Prozessinnovationen** werden Ansätze der **Kreislaufwirtschaft** und des **Recycling** immer wichtiger.

In der Materialforschung steigern neuartige **Materialkombinationen, Verbundwerkstoffe** und **Hybridbauweisen** die Nachfrage nach Techniken zum Fügen verschiedenartiger Werkstoffe. Neue Materialien ermöglichen zusätzliche **Funktionalisierungsmöglichkeiten**, Innovationen und technische Lösungen in zentralen Bedarfsfeldern wie Energieversorgung, Klima- und Umweltschutz, Mobilität, Gesundheit, Sicherheit und Kommunikation¹⁰⁰.

Auch die **Biotechnologie** und **Biochemie** kann einen wichtigen Beitrag zur Ressourcen- und Materialeffizienz im gesamten **Produktlebenszyklus** leisten¹⁰¹. Die Chemie- und die Energiebranche sind die wichtigsten Industriesektoren für die Nutzung **biomassebasierter Produktionsverfahren**. Zukünftig wichtiger werden Produktionsformen, die auf einer **Miniaturisierung** der Produktionsmittel selbst beruhen. Langfristig werden **systembiologische Erkenntnisse** und Methoden aus der **synthetischen Biologie** mit der **Nanotechnologie** und der **Mikrosystemtechnik** verknüpft. Von letzteren werden effizienzsteigernde Lösungen wie Gewichtseinsparungen sowie Reduzierung des Rohstoff- und Energieverbrauchs erwartet.

Die **Photonik** bleibt in den kommenden zehn Jahren eine wichtige **Basistechnologie** mit Querschnittscharakter für die Forschung und Entwicklungen in anderen Technologiefeldern. Hierzu zählen insbesondere die IKT sowie darüber hinaus die Produktionstechnik, Energie- und Beleuchtungstechnik, Medizin-, Umwelt- und Sicherheitstechnik. Ebenso hochdynamisch entwickeln sich die **Sicherheitstechnologien** für zivile Anwendungen im Verkehr, in der Logistik und in der Versorgungssicherheit. Zentrales Forschungsthema ist die Verbesserung von **Sensor- und Detektionstechnologien**.

3.1.2 Chancen und Herausforderungen für die Ingenieurwissenschaften

Die skizzierten Megatrends wirken sich in vielen Facetten direkt auf die Ingenieurwissenschaften aus. Das gesellschaftliche Umfeld, Wirtschaft und Industrie sowie die gesamte **Wissenschafts-, Lern- und Arbeitswelt** werden sich dynamisch ändern. Dieser Wandel stellt große Herausforderungen an Ingenieurinnen und Ingenieure, wie sie in Zukunft lehren und lernen, forschen und entwickeln.

Durch den **demografischen Wandel** wird es zu **längeren Erwerbszeiten** kommen. **Lebenslanges Lernen** und **berufliche Weiterbildung** werden in den Ingenieurwissenschaften zur **Selbstverständlichkeit**. Dem **Fachkräftemangel** kann man durch ein Maßnahmenbündel begegnen: junge Menschen, Frauen und Migrantinnen lassen sich für die MINT-Fächer und Berufe in FuE gewinnen. Neue **Beschäftigungsmodelle** stehen für **Familienfreundlichkeit**, eine **gute Work-Life-Balance** und das **Arbeiten im Alter**. Insbesondere wird eine erhöhte **qualifizierte Zuwanderung** der wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit im Ingenieurbereich zugutekommen.

Es besteht ein wachsender Bedarf an **innovativen Plattformen** für angewandte Forschung, wie sie beispielsweise in **Reallaboren** oder sogenannten **Living Labs** erprobt werden. Sie fördern nicht nur den Wissenstransfer aus der Wissenschaft in die Praxis, sondern durch **partizipative Methoden** der Forschung auch die Einbindung des Wissens unterschiedlicher Stakeholder, insbesondere der Bürgerinnen und Bürger. Daraus resultieren steigende Anforderungen an die Ingenieurinnen und Ingenieure, ihre **Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit** mit unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen zu verbessern. Für die Ingenieurwissenschaften bedeutet dieser Trend, dass die Anforderungen an **interkulturelle Kompetenzen und Diversitätsaspekte** steigen. Somit ist es wichtig, einerseits die neuen Bedarfe einer **pluralen Gesellschaft** frühzeitig zu erkennen und zu adressieren und andererseits die **Aus- und Weiterbildung** von Fachkräften entsprechend den **globalen Anforderungen** und **soziodemo-**

grafischen Gegebenheiten am Standort weiterzuentwickeln sowie **Gründergeist** und **Unternehmertum** schon an den Hochschulen zu vermitteln.

Durch die **Reindustrialisierung** in westlichen Industrieländern steigt die Nachfrage nach ingenieurwissenschaftlichem Know-how. Das ist eine große Chance für die Ingenieurwissenschaften. Wichtig bleibt eine verstärkte **Kooperation** zwischen **Informatik**, **Elektrotechnik** und **Maschinenbau**, insbesondere in der **Software-Entwicklung** für cyberphysische Systeme. Die heute bereits gut aufgestellten Forschungsbereiche der **Mikrosystemtechnik**, **Mechatronik**, **Sensorik** und **Aktorik** müssen dazu weiterentwickelt werden. Von den Ingenieurwissenschaften wird insbesondere erwartet, die dafür notwendige **IT-Kompetenz** aufzubauen sowie Aspekte der **Gebrauchstauglichkeit** und Ansätze wie **Privacy-by-Design** in Forschungs- und Entwicklungsprozesse zu integrieren. Durch diese erhöhte industrielle Nachfrage wächst auch der Bedarf an neuen **Aus- und Weiterbildungsgängen**^{102, 103}.

Im **asiatischen** und **afrikanischen** Raum entwickeln sich neue Zentren für Innovationen mit großem **Lead-Market-Potenzial**. Forschungsfördergelder werden künftig vermehrt über nationale Grenzen hinweg fließen und müssen global und auch von privaten Förderinstitutionen, zum Beispiel von **Stiftungen**, eingeworben werden. Hinzu kommt die Gefahr, dass öffentliche FuE-Ausgaben in den Industrieländern aufgrund steigender **Staatsverschuldung** bzw. **Konsolidierungsbemühungen** in den kommenden Jahrzehnten zurückgehen könnten. Damit bleibt die **industriefinanzierte FuE**, auch durch kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), für einen so international ausgerichteten Innovationsstandort wie Baden-Württemberg weiterhin die **tragende Grundlage** für die **globale Wettbewerbsfähigkeit**.

Durch die **Internationalisierung** des Forschungs- und Innovationssystems entstehen neue **Reputationsmechanismen** und **Publikationsstrategien**, wie heute bereits beim digitalen Publizieren und bei **Open-Access-Strategien** in einigen Disziplinen zu erkennen ist. Know-how-Sicherung und -Schutz werden im internationalen Innovationswettbewerb zu entscheidenden Erfolgsfaktoren. Das **Wissenschaftssystem** steht vor der Herausforderung, sich inhaltlich und strukturell an die **Verschiebung** und teilweise **Verschmelzung** von **traditionellen Forschungsdisziplinen** anzupassen. Die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in Baden-Württemberg¹⁰⁴ wird künftig von einer fundierten **ingenieurwissenschaftlichen Wissenskompetenz**, einer breiten **interdisziplinären Zusammenarbeit** und von einer **Gründerszene** abhängen, der es gelingt, von Zeit zu Zeit **innovative Start-up-Unternehmen** zu **Weltkonzernen** zu entwickeln.

Zur Stärkung der Ingenieurwissenschaften eignen sich **inter-** bzw. **transdisziplinär** ausgerichtete Forschungsprojekte und Verbundvorhaben unter Einbeziehung der **Geistes- und Sozialwissenschaften** sowie von Stakeholdern (Bürgerinnen und Bürger, kommunale Entscheiderinnen und Entscheider, lokale Unternehmen). Die Ingenieurinnen und Ingenieure müssen darin die Erkenntnisse zum **gesellschaftlichen Wandel** (etwa neue Bedarfe durch Megacities), die **Konsummuster** und die **kulturellen Besonderheiten** (etwa das Mensch-Technik-Verhältnis) in der Forschung berücksichtigen. In diesem Zusammenhang können faire und sozialverantwortliche Produktionsbedingungen und eine **nachhaltige** und **ressourcenschonende** Wertschöpfung an Bedeutung gewinnen. Unternehmen und das Land können hier mit einer klugen **Innovationspolitik** eine **Vorreiterrolle** einnehmen und weltweite **Qualitätsstandards** voranbringen, die den hohen Ansprüchen der Ingenieurwissenschaften genügen.

Die Ingenieurwissenschaften sind von den **ökologischen Megatrends** in mehrfacher Hinsicht betroffen: Zum einen sind die Fragestellungen und Probleme äußerst komplex, wie etwa beim **Klimawandel**. Neben anderen Fachdisziplinen sind hier gerade

die Ingenieurwissenschaften aufgerufen, Lösungen anzubieten. Neue Märkte können hier entstehen, etwa im Bereich der „**Smart Cities**“. Zum anderen können ein neues **Wachstumsverständnis** und ein **gesamtgesellschaftlicher Wertewandel** die Tätigkeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren in Forschung, Lehre und Industrie auf vielfältige Weise verändern.

Für die Ingenieurwissenschaften lassen sich aus den beschriebenen Entwicklungen drei grundsätzliche Tendenzen ableiten:

- Erstens ist von einer **steigenden Nachfrage** nach **Ingenieurwissen** auszugehen, um **komplexe Systeme** zu entwickeln, die **Energie-** und **Ressourceneffizienz** zu optimieren und damit die globale Wettbewerbsfähigkeit der Industrie zu sichern.
- Zweitens weisen die Trends aufgrund des **Systemcharakters** der Lösungen auf eine **Hybridisierung** klassischer ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen und eine größere **Vernetzung** mit benachbarten Technik- und Anwendungsfeldern hin.
- Drittens entwickelt sich das **Forschungssystem** in Richtung **kollaborativer**, stärker **bedarfsorientierter** Forschung und Entwicklung, sowohl an den Schnittstellen von Fachdisziplinen als auch zwischen Wissenschaft und Industrie sowie Gesellschaft.

3.1.3 Chancen und Herausforderungen für das Ingenieurland Baden-Württemberg

Die Megatrends haben eine hohe Bedeutung für die Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg. Themen wie Demografischer Wandel, Globalisierung/Individualisierung, Digitalisierung/Big Data, Ressourcenknappheit/Nachhaltigkeit/Energie/Mobilität sowie Materialwissenschaften und neue Produktionstechnologien werden das ingenieurwissenschaftliche Denken und Handeln verändern.

Demografischer Wandel

Deutschlandweit übertraf die **Arbeitskräftenachfrage** das **Arbeitskräfteangebot** in den Ingenieurberufen im zweiten Quartal 2015 um **117 Prozent**. Im Vergleich zum Vorjahresquartal lag diese Engpasskennziffer knapp 5 Prozent höher¹⁰⁵. Es gibt einen jährlichen **Ersatzbedarf** von rund **40.000 Ingenieurinnen und Ingenieuren** in Deutschland. Aufgrund des vom VDI geschätzten jährlichen **Expansionsbedarfs** von rund 40.000 Ingenieurinnen und Ingenieuren müssten die deutschen Hochschulen „jedes Jahr Ingenieurabsolventen im Umfang von aktuell etwa **5,4 bis 5,9 Prozent** des Erwerbsbestands hervorbringen, was mindestens **90.000 Erstabsolventen** entspricht“. Daher kann der jährliche Gesamtbedarf mit den aktuellen Zahlen der Absolventinnen und Absolventen der Hochschulen **nicht gedeckt** werden¹⁰⁶. Mittelständische Unternehmen werden also bald **Probleme** haben, **Ingenieurpositionen** zu besetzen.

Regional betrachtet hat **Baden-Württemberg den größten Ingenieurbedarf** – dicht gefolgt von Bayern und Nordrhein-Westfalen. Daher muss insbesondere auch hierzulande das Ingenieurstudium einerseits **attraktiver** gemacht werden (zum Beispiel durch Imagekampagnen). Andererseits müssen Schülerinnen und Schüler eine **höhere Studienreife** erreichen (vor allem in den Fächern **Mathematik** und **Physik**, um die **Abbrecherquote** zu reduzieren) und während des Hochschulstudiums besser unterstützt werden (**Mentoring-Programme**).

Aufgrund des drohenden **Fachkräftemangels** müssen die **Willkommenskultur** in Baden-Württemberg für **qualifizierte Fachkräfte** fortentwickelt und die **Integrationsfähigkeit** beider Seiten gestärkt werden. Ingenieurinnen und Ingenieure – vor allem

die starken Industriezweige wie Automobilindustrie, Maschinenbau, Chemie und Elektroindustrie – müssen in der Lage sein, in **internationalen, interkulturellen** und **interdisziplinären** Teams zu arbeiten.

Globalisierung/Individualisierung

In der Wirtschaft werden klassische Branchen immer mehr zu „**Ökosystemen**“ zusammenwachsen. Die Fähigkeit zur Adaption an neue Entwicklungen, auch bezüglich der **Geschäftsmodelle**, wird ein **kritischer Erfolgsfaktor** sein. Hinzu kommt die Notwendigkeit, **neue Partnerschaften** – auch branchenübergreifend – agil eingehen zu können und **mit Wettbewerbern** im vorwettbewerblichen Bereich zusammenzuarbeiten.

Die exportstarke Industrie in Baden-Württemberg muss Lösungen für globale Herausforderungen anbieten, auch unter Berücksichtigung der zahlreichen ausländischen Standorte baden-württembergischer Unternehmen, die häufig notwendig sind, um **marktnah** zu entwickeln und zu produzieren.

Der **globale Wettbewerb um Wertschöpfung** nimmt zu. Die frühzeitige Einbindung von Kundinnen und Kunden bei der **individualisierten** und **personalisierten** Produktentstehung ist zukünftig entscheidend. Man wird es sich immer weniger leisten können, technologiegetrieben zu entwickeln und darauf zu hoffen, dass die Kundinnen und Kunden die Produkte kaufen werden und der Markt dazu von alleine entsteht.

Leistungen, die effizient an **regionale** oder **länderspezifische Normen** und **Standards angepasst werden können**, werden für eine erfolgreiche globale Vermarktung immer wichtiger. Daher ist es notwendig bei der Erstellung international gültiger Normen (ISO/IEC,CEN/CENELEC) **mitzuwirken**.

Die **Ansprüche der Gesellschaft** hinsichtlich Lebensqualität, Arbeitsgestaltung, Lebensstil und Gendergerechtigkeit nehmen zu. Dies erfordert Innovationen betrieblicher Art, wie die Einführung individueller Arbeitsmodelle, Work-Life-Balance u.s.w.

Ressourcenknappheit/Nachhaltigkeit/Energie/Mobilität

Die Nachfrage der Industrie nach ingenieurwissenschaftlichem Wissen im Bereich **Energie-** und **Ressourceneffizienz** wird verstärkt den baden-württembergischen Mittelstand erreichen und den **Innovationsdruck** insbesondere im verarbeitenden Gewerbe erhöhen. Für Ausbildung und Forschung bedeutet dies, dass eine ingenieurwissenschaftliche Grundkompetenz in benachbarten Fachdisziplinen stärker integriert und innerhalb der Ingenieurwissenschaften die **Spezialisierung** auf **Querschnittstechnologien** wie **IKT, Energiesystemtechnik, Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie, Photonik** oder **Materialwissenschaften** und **Biotechnologie** ausgebaut werden müssen.

Der **Mobilitätssektor** sichert den größten **Wertschöpfungsbeitrag** in Baden-Württemberg. Hier wie überall werden sich die **Mobilitätsbedürfnisse** künftig drastisch wandeln. Karlsruhe ist heute schon deutsche **Car-Sharing-Hauptstadt**, Stuttgart folgt dichtauf. **Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung, Klimaverträglichkeit** und die **Vernetzung** von Verkehrsmitteln sind hier die wichtigen Kriterien. Künftig werden wir daher in **Mobilitätssystemen** denken, nicht in einzelnen Kategorien wie Auto, Öffentlicher Personennahverkehr oder Fahrrad. Die Energiewende soll zur **Entkopplung von Wohlstand und Ressourcenverbrauch** führen. Daher gelten nun andere **Nachhaltigkeitsregeln** als noch vor zehn Jahren.

Baden-Württemberg ist der bedeutendste Standort für die Herstellung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugteilen in Deutschland, etwa ein Fünftel des weltweiten Branchenumsatzes wird hier erwirtschaftet¹⁰⁷. Zusammen mit dem Maschinenbau gehört die Automobilbranche zu den **umsatz- und exportstärksten Branchen**. 75 Prozent des Auslandsumsatzes der baden-württembergischen Automobilindustrie werden mit Kundinnen und Kunden außerhalb des Euro-Raumes erzielt. Über die Hälfte der FuE-Aufwendungen der baden-württembergischen Industrie wird von der Automobilindustrie investiert (rund sechs Milliarden Euro in 2012).

Der sich aufgrund der **Diversifizierung** der **Automobilindustrie** abzeichnende **Marktanteilsverlust** von **Verbrennungsmotoren** betrifft auch die baden-württembergischen Unternehmen¹⁰⁸. Bei einem Anteil des Antriebs von etwa 25 bis 30 Prozent der Wertschöpfung geht es bei dieser Entwicklung unmittelbar um **ein bis zwei Prozent der Erwerbstätigen** und **1,5 bis drei Prozent des BIP** in Baden-Württemberg¹⁰⁹. Sich abzeichnende Veränderungen in den Berufsbildern und den Technologien werden zwar auf Landesebene thematisiert, jedoch bedarf es stärkerer **FuE-Anstrengungen** sowie **Kompetenzentwicklung** bei den **nicht-fossilen** und **hybriden Antriebstechnologien**, beim **Leichtbau** sowie bei der **Informationstechnik** (IT) für den Automobilbereich. Darüber hinaus ist die Entwicklung nachhaltiger Mobilitätslösungen für Menschen und Güter sowie **intermodaler Verkehrsinfrastrukturen** eine zentrale Herausforderung für den Innovationsstandort Baden-Württemberg.

Energieverbrauch und **Infrastrukturen** sind wichtige Rahmenbedingungen für Markt- und Standortentscheidungen in Branchen wie dem Maschinenbau und der Automobilindustrie, die zu Baden-Württembergs Stärken gehören. **Energie- und ressourcenautarke Wertschöpfungsketten** sind das Ziel künftiger ingenieurwissenschaftlicher Forschung. Effizienztechnologien in der **Prozesssteuerungs- und Regelungstechnik** könnten für die Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg an Relevanz gewinnen, weil der Maschinenbau auf dieses Know-how angewiesen ist.

Digitalisierung/Big Data

Cyberphysische Produktionsprozesse im Rahmen von Industrie 4.0 verlangen nach einer **Mensch-Maschine-Interaktion** und einer Verbindung der **virtuellen** mit der **physischen Welt**. Zunehmend wird die IT Bestandteil nahezu aller Produkte und Produktionsprozesse. Für die Rationalisierung der Produktion führt dies zum Beispiel zum Zusammenwachsen von **Internettechnologien** mit der **Automatisierungstechnik**. Die Bedeutung von **dezentraler Intelligenz** wird steigen, wenn sich Maschinen, Aufträge und Produkte künftig selbst in Arbeits- oder Energiesystemen organisieren. **Simultanes System Engineering** erfordert die Integration unterschiedlicher Disziplinen in einem komplexen, globalen Entwicklungsprozess. Das **Service-Engineering** zielt darauf ab, neue **Dienstleistungen** mit ingenieurwissenschaftlichen Methoden zu entwickeln. Die **Digitalisierung der Wertschöpfung** in den letzten Jahren hat zu einem **Paradigmenwechsel** in der Wirtschaft und bei den **Geschäftsmodellen** geführt. Das muss in der Lehre und Forschung berücksichtigt werden.

Wissenschaft und Wirtschaft Baden-Württembergs sind bei der Entwicklung und Umsetzung der **Industrie 4.0** vorne dabei. Sie müssen diese führende Rolle in den kommenden Jahren aber sichern und weiter ausbauen¹¹⁰.

Beim **Know-how- und Vulnerabilitätsschutz** von **digitalen Produktionssystemen** könnten die Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg aufgrund der Innovationskraft des Landes eine Vorreiterrolle einnehmen. **Security-by-Design** könnte sich zu einem **integralen Bestandteil** der Forschung entwickeln.

Im Bereich **Virtuelle Realität/Simulation** müssen die Ingenieurwissenschaften die **führende Position** des Standorts weiter ausbauen, zum Beispiel für die **echtzeitoptimierte Simulation** und **Virtualisierung** hoch vernetzter Modelle und für die Analyse und Nutzung immer größerer und komplexerer Datenmengen.

Materialwissenschaften und neue Produktionstechnologien

In vielen für die Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg relevanten Technologiefeldern zeichnet sich bis zum Jahr 2025 und darüber hinaus ab, dass sie durch die **Verknüpfung** der Technologiebereiche untereinander Lösungspotenziale für zukünftige, globale Herausforderungen bieten. Dabei haben die **Materialforschung** und neue Produktionstechnologien **strategische Bedeutung** für den **Innovationsstandort** Baden-Württemberg.

Die Nachfrage nach Innovationen im gesamten Spektrum der Materialforschung (**Neue Werkstoffe**) wird weiter zunehmen. In Baden-Württemberg ist die gesamte **Wertschöpfungskette** für den **Leichtbau** vorhanden. Es besteht Bedarf an **disziplinübergreifenden FuE-Kooperationen** in der Produktionstechnik/Automatisierung, bei Computer-Aided Engineering/Simulation, im **Faserverbund-** und **Metalleichtbau** sowie in der **Kunststofftechnologie**.

Für die baden-württembergischen Ingenieurwissenschaften öffnen sich auch in der **Photonik** neue Felder, die den Unternehmen **Wettbewerbsvorsprünge** verschaffen. Die heute bereits gut aufgestellte Wissensbasis in der **Mikrosystemtechnik**, **Mechatronik**, **Sensorik** und **Aktorik** könnte im Zusammenhang mit der **Mensch-Maschine-Interaktion** noch stärker nachgefragt werden.

3.2 Baden-Württemberg, das Land der Ingenieurinnen und Ingenieure: leistungsstark, vernetzt, interdisziplinär, exzellent

3.2.1 Anforderungen der Gesellschaft

Die Welt verändert sich, nicht nur kontinuierlich, sondern immer häufiger auch in Sprüngen. Durch **Krisen** und **neue Technologien** ausgelöste **Disruptionen** und gesellschaftliche **Trends** setzen sich aufgrund der **Digitalisierung** und **Vernetzung** sehr schnell global durch.

Für die Ingenieurinnen und Ingenieure bedeutet das: Sie müssen sich an **Disruptionen** und **Trends** anpassen, diese analysieren und dann auch mit gestalten. Diese Anpassungsfähigkeit ist wichtig, weil sie der Gesellschaft direkten Nutzen bringen. Es müssen also Strukturen geschaffen werden, die Veränderungen erlauben. Von Anfang an müssen Lehre, Forschung und Technologietransfer als **offenes Gesamtsystem** betrachtet und fortentwickelt werden.

Auch werden die Zusammenhänge in Unternehmen und Märkten immer komplexer. Man kann die steigende **Komplexität** zwar nicht vollständig beherrschen, aber man muss mit ihr umgehen, sie sinnvoll bewirtschaften können. Es werden mehr Menschen benötigt, die hier kompetent sind. Der **systemische Ansatz** muss künftig in den Ingenieurwissenschaften daher stärker verfolgt werden.

Die Ingenieurwissenschaften tragen von allen DFG-Fächergruppen am stärksten zur volkswirtschaftlichen **Zukunftssicherung** des Landes bei. Sie lassen den unmittel-

barsten Beitrag zur wirtschaftlichen **Innovationsfähigkeit** und **Prosperität** erwarten. Ihr starker **Anwendungsbezug** begründet auch den besonderen **Ausstattungsbedarf**. Wie stark das „**Geschäftsmodell Deutschland**“ auf seine Ingenieurinnen und Ingenieure angewiesen ist, zeigt der Blick des VDI auf ihren **Wertschöpfungsbeitrag**: „Mit einem direkten Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt (BIP) von mindestens **211 Milliarden Euro** sind Ingenieurinnen und Ingenieure der **Motor des Technologie- und Innovationsstandorts** Deutschland. Etwa jeder 13. Euro der gesamten Wirtschaftsleistung Deutschlands wird von einem Ingenieur erwirtschaftet (7 Prozent) – obwohl nur jeder 24. Erwerbstätige ein Ingenieur ist. Dieses Volumen entspricht mehr als zwei Dritteln des **Bundshaushaltes**“.

Da die Ingenieurwissenschaften nicht vorwiegend dem **Erkenntnisgewinn** verpflichtet sind, sondern auch der **zweckorientierten, dienenden Gestaltung**, sollten **Monitoring-Kennzahlen** der Ingenieurwissenschaften – anders als in anderen Disziplinen üblich – nicht vorwiegend über **wissenschaftliche Publikationen** evaluiert werden. Kriterien für ein Monitoring sind dann **Artefakte**, die aufgrund von ingenieurwissenschaftlichen Erkenntnissen gestaltet wurden, **Produkte, Maschinen** oder **Systeme**, die der Gesellschaft dienen und sie verändern.

3.2.2 Anforderungen der baden-württembergischen Unternehmen

Ingenieurinnen und Ingenieure werden – das hat die qualitative ZEW-Befragung ausgewählter baden-württembergischer Unternehmen ergeben – überall in **Innovationsprojekten** gebraucht¹¹¹.

Die meisten der befragten Unternehmen sehen in den Ingenieurinnen und Ingenieuren die **Haupttreiber** ihrer **Innovationsprojekte**. **85 Prozent** der Unternehmen setzen sie in **Forschung** und **Entwicklung** ein. Die Hälfte der Unternehmen setzt sie in der **Produktion** ein und rund **30 Prozent** beschäftigen sie im **Vertrieb** und im **Service**.

Die Fachdisziplinen sind stark von den Branchen geprägt. Knapp die Hälfte hat **Maschinenbauerinnen** bzw. **Maschinenbauer** beschäftigt, ein Drittel **Elektrotechnikerinnen** bzw. **Elektrotechniker** und sehr häufig auch **Softwareingenieurinnen** bzw. **Softwareingenieure** oder **Wirtschaftsingenieurinnen** bzw. **Wirtschaftsingenieure**.

Der **Anteil der Ingenieurinnen und Ingenieure** an allen Mitarbeiterinnen bzw. Mitarbeitern der befragten Unternehmen beträgt im Durchschnitt **38 Prozent**, am **Innovationspersonal** sogar **57 Prozent**.

Die Hälfte der Unternehmen wünscht sich für die Zukunft **mehr Praxisorientierung** in der Hochschulausbildung. Ein Viertel findet, dass sowohl **Theorie** als auch **Praxis** verstärkt werden müssen. Dazu muss die Basis des **Bachelor-Abschlusses** breiter werden.

50 Prozent der befragten Unternehmen brauchen eher **Generalisten**, ein „zu starkes Spezialistentum“ wird beklagt. **Ein Viertel der Unternehmen** dagegen benötigt **Spezialisten**. **Kommunikations-, Organisations- und Teamfähigkeit** sind heute und noch mehr für die Zukunft von hoher Bedeutung.

Inter- und Transdisziplinarität sowie **systemisches Denken** und **Handeln** wird zum Standard, sowohl bei **Querschnittsthemen** innerhalb der Ingenieurwissenschaften (zum Beispiel Mikrosystemtechnik, Mechatronik) als auch zwischen den Bereichen (vor allem Wirtschaftswissenschaften, aber auch Naturwissenschaften).

Um im Unternehmen mehrere unterschiedliche **Rollen** erfüllen zu können (vgl. Kapitel 2.2), sollten Ingenieurinnen und Ingenieure neben einer breiten **Grundlagenausbildung** auch mehr **Freiräume** für **Praktika** und den **Ausbau** ihrer **Sozialkompetenzen** erhalten.

Benötigt werden auch eine Verbindung klassischer ingenieurwissenschaftlicher Disziplinen und eine größere **Vernetzung** mit benachbarten Technik- und Anwendungsfeldern. Außerdem sind eine stärkere Vernetzung und frühzeitiger **Kontakt zwischen Unternehmen und Hochschulen** gewünscht. Dies erhöht einerseits den **Praxisbezug** und ermöglicht es andererseits den Unternehmen, Absolventinnen und Absolventen als Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter frühzeitig zu integrieren.

3.2.3 Kompetenzen von Ingenieurinnen und Ingenieuren der Zukunft

Die baden-württembergischen **Ingenieurinnen und Ingenieure der Zukunft** müssen also neben ihren **Grund- und Fachkenntnissen**

- in **Systemen** und **Kreisläufen** denken,
- mit **Komplexität** umgehen können,
- **interdisziplinär** und **teamfähig** handeln,
- über die **Folgen** und **Auswirkungen** ihres Tuns **reflektieren** (können), also **Technikfolgenabschätzung, -ethik, -philosophie, -soziologie** belegt haben
- **Kommunikations- und Organisationsfähigkeit** sowie **Projektmanagementkenntnisse** haben,
- **wissenschafts-methodisch** kompetent sein,
- **kreativ** und **anwendungsorientiert** Probleme lösen können,
- über **wirtschaftliche** Kenntnisse bzgl. **Produktlebenszyklus** und **Marktdenken** verfügen,
- **Berechnungsmethoden** beherrschen,
- **gesetzliche Rahmenbedingungen** kennen,
- über **Gründergeist** und **unternehmerisches Denken** verfügen,
- aufgrund der zunehmenden Bedeutung der **Digitalisierung** die **Informations- und Kommunikations-Technologien** beherrschen.

Diesen Anforderungen ist mit einem sich **ständig modernisierenden** Ausbildungssystem Rechnung zu tragen. Die Ingenieurwissenschaften sind dabei in besonderem Maße auf die institutionell abgesicherte und personelle **Vernetzung mit der Industrie** angewiesen.

3.2.4 Baden-Württemberg als „Exzellenzzentrum“ der Ingenieurwissenschaften

Das baden-württembergische **Innovationssystem** sichert die **internationale Wettbewerbsfähigkeit** des Landes und somit auch dessen **Wohlstand**. Die Ingenieurwissenschaften sind ein **elementarer Bestandteil** dieses Innovationssystems und tragen erheblich zu dessen Erfolg bei. Wenn man die Veränderungen in der Welt sowie die Möglichkeiten Baden-Württembergs und seiner kreativen Ingenieurinnen und Ingenieure betrachtet, eröffnet sich ein **Handlungsraum mit** enormem **Potenzial**, um den Beitrag der Ingenieurwissenschaften zum Erfolg des Innovationssystems zu sichern bzw. nachhaltig auszubauen.

Es ist deshalb die gemeinsam getragene Vision der Kommission, Baden-Württemberg zu einem national und international sichtbaren Zentrum exzellenter Ingenieurwissenschaften auszubauen und somit die Basis für die hohe Wettbewerbsfähigkeit des Innovationssystems in Baden-Württemberg zu sichern.

Dafür hat das Land **hervorragende Voraussetzungen**. Baden-Württemberg hat einen besonders **hohen Industrieanteil**. Die Megatrends eröffnen hervorragende Chancen für die **Technologieführerschaft** des Landes. Die **Hochschullandschaft** und die **außeruniversitären Forschungsinstitute** sowie die **industrielle Forschung** sind in Baden-Württemberg so gut aufgestellt wie nirgendwo sonst in Deutschland und sind **weltweit an der Spitze**. Baden-Württemberg wird zum **Exzellenzzentrum** der Ingenieurwissenschaften, wenn es gelingt die Chancen und Herausforderungen der Zukunft über **gut vernetzte** und **weiter verbesserte Institutionen** noch tragfähiger für die **Technologieführer** zu machen. Aufgrund seiner **Regionalität**, **Dezentralität** und der **mittelständischen Strukturen** sowie seiner **erfolgreichen Cluster** und **Zentren** (z.B. Micro TEC Südwest, ARENA2036), die genutzt und weiter professionalisiert werden müssen, kann ganz Baden-Württemberg als Land zum **Exzellenzzentrum** werden.

Über die **Profilierung** und **Vernetzung** der einzelnen Institutionen können für das Land **Synergien** erschlossen werden. Dazu braucht es nicht nur eine **gezielte Förderung** durch die **öffentliche Hand**, vielmehr muss der Nutzen eines solchen Exzellenzzentrums allen **gesellschaftlichen Gruppen** transparent gemacht werden, damit ein **Konsens** entsteht, dieses Ziel nach Kräften zu fördern und **chancenorientiert** sowie **konstruktiv** kritisch zu begleiten. Neben industriefinanzierten **Forschungsbudgets** bedarf es auch der Unterstützung **gesellschaftlicher** und **politischer Gremien**. Baden-Württemberg muss international sichtbar werden, um attraktiv zu sein für **internationale Fachkräfte** und **begabte Studentinnen und Studenten**, um diese auch nach dem Studium für das Land zu gewinnen. Die Wechselwirkungen zwischen den Megatrends erfordern eine deutlich stärkere **Bedarfsorientierung** („Market Pull“), damit die heute exportstarke baden-württembergische Industrie Lösungen für die wachsenden globalen Herausforderungen anbieten und neu entstehende Märkte frühzeitig bedienen kann.

Mit einer solchen Strategie lässt sich die **Innovationsleistung** und somit der hohe **Industrieanteil** sichern, der die Basis für die **Zukunftsfähigkeit** des Landes ist. Zudem kann das Land den durch die Megatrends getriebenen **strukturellen Wandel** mit seinen Forschungsinstitutionen erfolgreich mitgestalten. Es gilt, **den Wandel** zur **Digitalisierung** der Wertschöpfung, zur **multimodalen Mobilität**, zu **neuen Materialien** und andere Trends in Baden-Württemberg für die **Unternehmen** und damit für die Gesellschaft nutzbar zu machen. Dazu müssen die Ingenieurwissenschaften exzellent sein. Dann können sie über Forschung, Lehre und Technologietransfer sowohl die Unternehmen in ihrem **nachhaltigen Geschäftserfolg** als auch den **Strukturwandel** des Landes unterstützen.

Die in Kapitel 4 formulierten **Handlungsempfehlungen** der Arbeitsgruppen, die die Kommission in Kapitel 5 zu zentralen **Handlungsempfehlungen** verdichtet hat, sollen konkret zur Umsetzung dieser Vision dienen.

4 Der Weg zum Exzellenzzentrum Baden-Württemberg

Baden-Württembergs **Stärke** ist seine **Vielfalt** in den Ingenieurwissenschaften. Diese Vielfalt spiegelt sich in den drei Arbeitsgruppen **Lehre**, **Forschung** und **Transfer** durch Expertinnen und Experten aus der Wirtschaft und dem gesamten akademischen Fächerspektrum wider. Ihre Detailarbeit ist die Grundlage dieses Berichts. Zwei **Unterarbeitsgruppen** für **Genderfragen** und **Transferkennzahlen** gaben noch spezifischen Input, wie mehr Frauen für die Ingenieurwissenschaften gewonnen werden können, und wie der Transfer im Innovationssystem durch **Kennzahlen** besser zu organisieren sei. Die Fachleute analysierten die Ausgangsbasis und schlugen im Folgenden **Handlungsempfehlungen** vor, wie Baden-Württemberg zur **Exzellenz** in den Ingenieurwissenschaften geführt werden kann. Im anschließenden Kapitel 5 greift die Expertenkommission Ingenieurwissenschaften@BW2025 aus diesem Handlungskatalog nochmal die wichtigsten Punkte heraus.

4.1 Lehre

4.1.1 Heutige und zukünftige Anforderungen an die Lehre in den Ingenieurwissenschaften

Die Gesellschaft hat **vielfältige Erwartungen** und **Anforderungen** an das **Bildungssystem** als Ganzes und an die Lehre in den Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg im Speziellen. **Vier Spannungsfelder** werden in den nächsten zehn Jahren zu adressieren sein:

Ausbildung und Bildung

Für das **Technogieland** Baden-Württemberg sind wettbewerbsfähige, wertschöpfende, zukunftsweisende, nachhaltige und von der Gesellschaft akzeptierte Produkte und Prozesse von entscheidender Bedeutung. Die Entwicklung solcher Produkte und Prozesse erfordert das Mitwirken von Ingenieurinnen und Ingenieuren, die gleichzeitig über ein fundiertes **methodisches Wissen** wie auch über **exzellente anwendungsbezogene Fähigkeiten** verfügen. Sie müssen in **größeren betriebswirtschaftlichen** und **gesellschaftlichen** Zusammenhängen denken. **Fachliche Ausbildung** und **allgemeine Bildung** müssen hier in **Balance** zueinander stehen.

Aktualität, mittelfristiger Trend und langfristige Flexibilität

Bei aller **Aktualität der Studieninhalte** müssen die zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieure auf ein mittel- und langfristig erfolgreiches berufliches Wirken vorbereitet werden. Dabei sind die **globalen Trends** (Digitalisierung, Energiewende, demografische Entwicklung) von **mittelfristiger Natur**, auf die in der Lehre unbedingt reagiert werden muss. Gleichzeitig erfordern die heute nicht vorhersehbaren, langfristigen technologischen Entwicklungen ein hohes Maß an **Flexibilität**. Diese Flexibilität verlangt von Ingenieurinnen und Ingenieuren die **Orientierung** an den ingenieurwissenschaftlichen **Grundlagen** wie auch die Fähigkeit zu **wissenschaftlichem Arbeiten**, zu steter Erweiterung des Wissens und zur Aktualisierung des technischen Könnens.

Ingenieurbedarf und persönliche Lebensentwürfe

Die individuelle Entscheidung für einen bestimmten Weg im **tertiären Bildungssystem** ist frei und folgt den persönlichen **Lebensentwürfen** der Studentinnen und Studenten. Die **Deckung** des **Ingenieurbedarfs** in Baden-Württemberg kann nur gelingen, wenn sowohl das Angebot im **tertiären Bildungssystem** wie auch die **Realität** der **Arbeitswelt** mit diesen Vorstellungen in **Übereinstimmung** stehen.

Anforderungen und Studienerfolg

Erfolgreiches Arbeiten in den Ingenieurwissenschaften erfordert hohe **intellektuelle Fähigkeiten, Begeisterung** für das Fach sowie die Fähigkeit zum **selbstständigen** und **unternehmerischen Arbeiten**. Nicht jede Studentin und jeder Student wird diesen Anforderungen gerecht. Viele beenden das Studium vorzeitig und ohne Abschluss. Es sind naheliegende, sowohl **volkswirtschaftliche** wie auch **individuelle Gründe**, warum **mangelndem Studienerfolg** entgegen gewirkt werden muss. **Studienabbrecher** sind eine wichtige Zielgruppe für **technische Fachkräfte**. Eine **systematische Bildungsweiche** soll Studienabbrecher daher nach dem **Studienausstieg** in andere **technische Berufsfelder** führen.

4.1.2 Was ist gute Lehre?

Eine einheitliche Definition von **guter Lehre** gibt es nicht. Es lassen sich jedoch zahlreiche **Faktoren** nennen, die zum **Gelingen** von Lehre beitragen.

Der Wissenschaftsrat¹¹², die Deutsche Forschungsgemeinschaft¹¹³, der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft¹¹⁴ und die Europäische Union¹¹⁵ haben sich diesem Thema angenommen. Mit Blick auf die Ingenieurwissenschaften sind die zahlreichen Studien des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA)¹¹⁶ oder des VDI zu nennen, die auf die **Verbesserung** von **Studienerfolg** und die **Reduzierung** von **Studienabbrüchen** fokussieren, sowie die **forschungsorientierten Untersuchungen** des Deutschen Zentrums für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW)¹¹⁷ oder die Deutsche Hochschulrektorenkonferenz mit ihrem umfassenden **Projekt nexus**¹¹⁸. Die Beiträge machen deutlich, dass die Hochschulen in den vergangenen zehn Jahren begonnen haben, mit teilweise **erheblichen Anstrengungen** den **Stellenwert der Lehre** in der Wissenschaft zu erhöhen.

Grundsätzlich muss gute Lehre die Ingenieurabsolventinnen und -absolventen in die Lage versetzen, innerhalb der aktuellen **Grenzen der Erkenntnis, innovative Produkte** zu kreieren und **fundierte Ingenieurleistungen** zu erbringen. Ein Teil sollte in der Lage sein, in **aktueller Forschung** die Grenzen der Erkenntnis zu erweitern.

Die Anforderungen, die heute an eine gute Lehre gestellt werden, orientieren sich zunächst an den **Studienerfolgszielen**. Ein zentraler Aspekt von Studienerfolg ist der **Studienabbruch**, der aufgrund der ungünstigen Entwicklung in den Ingenieurwissenschaften seit Jahren in der **Kritik der Öffentlichkeit** steht. Weitere Aspekte von Studienerfolg sind die veränderten **Hochschulzugänge**, die **Studien- und Lehrbedingungen** sowie die **Schnittstelle Studium – Beruf**.

Die **Studienanforderungen** sind hoch, die Voraussetzungen der **Studierwilligen** hingegen nicht immer adäquat. In **Schule** und **Studienvorbereitungsphase** sollten daher die **heterogenen Leistungsvoraussetzungen** besser an die **Studienanforderungen** angeglichen werden. Die Qualität der Anfängerinnen und Anfänger muss steigen. Die

Projekt nexus

Um die Hochschulen bei der Weiterentwicklung der Studienprogramme und dem Ausbau der Studienqualität zu unterstützen, hat die Hochschulrektorenkonferenz (HRK) mit Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung das neue Projekt „nexus – Übergänge gestalten, Studienerfolg verbessern“ gestartet.

Schwerpunkte des von 2014–2018 angelegten Vorhabens sind:

- die Optimierung der Studieneingangsphase,
- die Förderung der Mobilität während des Studiums sowie
- der Übergang in das Beschäftigungssystem.

Quelle: <http://www.hrk-nexus.de/projekt-nexus/aufgaben-und-ziele/>

gute Lehre knüpft daran an: Sie sichert durch eine **heterogenitätsorientierte** und **diversitätssensible Lehr- und Lernumgebung** in der **Studieneingangsphase** den Studierfolg. Abgestimmt auf den **spezifischen Bedarf** der Ingenieurwissenschaften, umfasst sie mehr als nur die **reine Wissensvermittlung** in unterschiedlichen **Lehrformaten**. Weitere Bausteine guter Lehre sind die **Studieninhalte** und **-strukturen**, ein zielgerichtetes **Betreuungskonzept**, die weitere **Transformation** der **Digitalisierung** in die Lehre, ein umfassendes **Qualitätsmanagementsystem** und die **Personalentwicklung**.

Die Studieninhalte müssen **Fach-/Methodenwissen** in den wissenschaftlichen **Grundlagen**, für die Anwendung sowie nach dem aktuellen **Stand der Forschung** umfassen. Dabei wird die unterschiedliche Gewichtung von **Wissenschafts-, Anwendungs- und Praxisbezug** durch die **differenzierten Aufgabenprofile** der drei Hochschularten Universitäten, Hochschulen für Angewandte Wissenschaften und der Dualen Hochschule Baden-Württemberg bestimmt. Ferner sollten **soziale** und **interkulturelle** Kompetenzen gefördert werden.

Um der Bedeutung des **interdisziplinären** Ingenieurwesens besser Rechnung zu tragen, müssen die **Grenzen zwischen den Fachdisziplinen** durchlässiger werden. Ein Beleg dafür sind die steigenden **IKT-Anteile** und allgemein die zunehmende Bedeutung der **Digitalisierung**. Nur durch eine gute **interdisziplinäre Zusammenarbeit** zwischen den Ingenieurwissenschaften und den angrenzenden Fachgebieten lassen sich die Herausforderungen der Zukunft bewältigen.

Auch der **gesetzliche** und **finanzielle Rahmen** wirkt sich auf die **Qualität** der **Studien- und Lehrbedingungen** aus. Ebenso wird eine **adäquate Infrastruktur** benötigt.

In der Öffentlichkeit und insbesondere in Schulen muss die große **gesellschaftliche Bedeutung** von Ingenieurinnen und Ingenieuren stärker thematisiert werden. Es gibt einfache Rezepte, die **Attraktivität des Ingenieurberufs** zu steigern und die **Faszination für technische Berufe** zu wecken: **begeisternde Projekte, kreative Lösungen, gesellschaftlich relevante Aufgaben, faszinierende Perspektiven** und **inspirierende Vorbilder** gibt es zuhauf.

4.1.3 Handlungsfeld 1: Faszination Ingenieurin und Ingenieur – Begeisterung für technische Berufe und Studiengänge wecken

Ausgangsbasis

Baden-Württemberg ist als erfolgreicher Wirtschaftsstandort mit einer stark mittelständisch geprägten Industrie darauf angewiesen, dass für die unterschiedlichen Industriesparten und Unternehmensgrößen in ausreichendem Maß technisch qualifiziertes Personal auf allen **Ausbildungsebenen** zur Verfügung steht. Die Situation verschärft sich in den nächsten Jahren durch den **demografischen Wandel** und die damit verbundenen **rückläufigen Schülerzahlen** und die **schwindende Technikorientierung** von Jugendlichen.

Begeisterung und **Faszination** für die Ingenieurwissenschaften entsteht insbesondere über Inhalte, die Darstellung der **gesellschaftlichen Relevanz**, die **beruflichen** und **persönlichen Perspektiven** sowie über **konkret erlebbare Vorbilder** und über die Erwartungen an das Studium als solches.

TOP BORS

Im Rahmen des „Themenorientierten Projekts: Berufsorientierung an Realschulen (TOP BORS)“ sind die Schülerinnen und Schüler aufgefordert sich selbstverantwortlich und stark handlungsorientiert einen Grad an Berufswahlreife anzueignen, so dass sie sich gut begründet für einen Ausbildungsberuf oder eine weiterführende Schule entscheiden können.

TOP BORS wird in der Regel in der 9. Klasse der Realschule durchgeführt.

Quelle: <http://www.schule-bw.de/schularten/realschule/top/bors/ueber/info/>

BOGY: Berufs- und Studienorientierung am Gymnasium

BOGY ist das Kürzel für den Prozess der Berufs- und Studienorientierung an den allgemein bildenden Gymnasien in Baden-Württemberg. Hierbei handelt es sich um eine für alle Schülerinnen und Schüler der Klassen 9, 10 oder 11 – je nach Schule – verpflichtende Berufsorientierungszeit an baden-württembergischen Gymnasien.

Quelle: <http://www.schule-bw.de/schularten/gymnasium/bogy/ueber/info/>

Begeisterung durch Inhalte:

- Der Ingenieurberuf ist in erster Linie ein **kreativer Beruf**. Es geht darum, neue Wege zu gehen und neue Lösungen zu schaffen. Das ist die inhaltliche Klammer für das gesamte Berufsfeld des Ingenieurwesens: Die Aufgabe Neues zu erfinden und konkret auszugestalten steht damit für **Kreation** im eigentlichen Wortsinn.
- In Programmen wie der **Berufsorientierung** an Realschulen **BORS** oder der **Berufs- und Studienorientierung** am Gymnasium **BOGY** kommen **Talenttests** derzeit nur punktuell zum Einsatz. Solche Tests sind jedoch eine gute Möglichkeit, **Techniktalente** zu entdecken und eine **intrinsisch motivierte** Zielgruppe anzusprechen.
- Zentrale **Entwicklungs- und Innovationsbereiche** der Ingenieurwissenschaften mit Bezug zu Produkten aus der **Lebenswelt** sollen jungen Menschen anschaulich vermittelt werden. Dazu eignen sich sowohl Endprodukte wie Smartphones als auch gesellschaftlich relevante Themen, wie die **Energiewende**, oder Themen zum Staunen, wie die **Raumfahrt**.
- Neue Arbeitskonzepte im Ingenieurberuf wie das „**Agile Ingenieurwesen**“ passen zu den Vorstellungen junger Menschen von einer **modernen Arbeitswelt**.

Begeisterung über gesellschaftliche Relevanz:

- Insbesondere für Frauen hängt die **Attraktivität** des **Berufsbilds Ingenieurin** in hohem Maß davon ab, ob Technik zum **Wohl der Gesellschaft** eingesetzt werden kann.
- Der schonende Umgang mit Ressourcen als Beitrag zu einer **nachhaltigen gesellschaftlichen Entwicklung** und die Bedeutung der Ingenieurinnen und Ingenieure für **Innovationen** und **wirtschaftliche Stabilität** sind Themenfelder, die gesellschaftlich relevante Ingenieursarbeit illustrieren.
- **Qualität** und **Sicherheit** von Produkten und Prozessen stehen derzeit im Fokus der Ingenieurwissenschaften. Ziel ist es, mit der kontrollierten Innovation neue Produkte und Technologien **nachhaltig** und **vertrauensvoll** zu gestalten und am **Nutzen der Gesellschaft** auszurichten.

Begeisterung durch Perspektiven:

- Die beruflichen Perspektiven, die die Ingenieurwissenschaften für **technikaffine** junge Menschen bieten, sind von **zentraler Bedeutung**. **Gehaltstabellen** liefern die Basis für **extrinsische Motivation**.
- Die **unterschiedlichen Karrierewege** (Fach- oder Führungskarriere, internationale Optionen etc.) sind in einer **Multioptionsgesellschaft** ein Pluspunkt. Man entscheidet sich für ein Studium, aber noch nicht für einen festen Karriereweg.

Begeisterung durch Vorbilder:

- Reale **Rollenvorbilder** – gerade auch von Ingenieurinnen zur Überzeugung junger Frauen – wirken **authentisch** und **motivierend**. Hier sind direkte Kooperationen auf Ebene der **Bildungspartnerschaften** Schule – Unternehmen und Schule – Hochschule von Vorteil. Die gängige fachorientierte Darstellung des **Berufsbilds** erfolgt u. a. über die **Agentur für Arbeit**, deren Teams informieren, aber naturgemäß nicht als Rollenvorbild fungieren können.

Begeisterung für das Studium:

- Für Schülerinnen und Schüler sowie für angehende Studentinnen und Studenten spielt auch der **vermutete Spaß**, mit der sie ein bestimmtes Fach studieren würden, eine große Rolle bei der **Studienentscheidung**. Die Aussagen lauten: „Nur wenn mir das Studium **Spaß** macht, werde ich es auch mit **Erfolg** absolvieren“, oder „Ich habe mich in der Schulzeit genug gequält. Das muss ich jetzt nicht unbedingt auch im Studium haben“. Für die meisten Studienanfängerinnen und -anfänger ist die Studienzeit ein mit Spannung und Aufregung erwarteter neuer **Lebensabschnitt**. Er erfordert **Selbstständigkeit** und **Eigenverantwortung**. Die Entscheidung für oder gegen

ein bestimmtes Studienfach ist vor der Familie, den Freundinnen und Freunden und den Mitschülerinnen und Mitschülern zu rechtfertigen. In dieser Situation spielen die **Begeisterung** für das bevorstehende Studium und der meist vom Hörensagen geprägte Ruf eines **Studiengangs** eine wichtige Rolle bei der **Studienentscheidung**. Bei vielen potenziellen Studentinnen und Studenten und ihrer Peer Group ist der Ruf von ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen zwar durch viele positive und bewundernswürdige Aspekte geprägt. Es heißt aber auch, dass sie zum Beispiel fachlich sehr schwierig seien, viele **Mathematikkenntnisse** erforderten, fast keinen **Frauenanteil** aufweisen oder nur von langweiligen und wenig weltoffenen Studentinnen und Studenten gewählt würden. Diesem **abträglichen Ruf** muss durch geeignete Informationen entgegen gewirkt werden.

Handlungsempfehlungen

- 1. MINT-Talente systematisch entdecken und fördern:** Die Landesregierung sollte die Voraussetzungen für flächendeckende **Talenttests** in der **Mittelstufe** aller Schularten schaffen (u. a. in Kooperation mit der Industrie- und Handelskammer oder Bildungspartnern der Schulen), um frühzeitig Schülerinnen und Schüler auf ihr **technisches Talent** hinzuweisen. Insbesondere Schülerinnen können mit Tests schon in der **frühen Prägungsphase** der Mittelstufe eine Karriere als Ingenieurin in Erwägung ziehen. Das kann den Erfolg der **Genderbemühungen** steigern. Ob das technische Talent von Schülerinnen und Schülern über eine **Berufsausbildung im dualen System** oder ein **Studium** in den **Ingenieurberuf** mündet, ist für den Wirtschaftsstandort sekundär. Um die Vielfalt der technischen Berufsfelder darzustellen und für die unterschiedlichen Talente **Perspektiven** zu bieten, sollten auch die **Alternativen** zum Studium dargelegt werden. Im Rahmen der in Baden-Württemberg an den Schulen etablierten **Berufsorientierung** BORS und BOGY müssen Berufserfahrungen aus dem Umfeld des Ingenieurwesens leicht zugänglich sein. Industrie, Verbände und Kammern können hier über eine gemeinsame **Informationsplattform** technisch orientierte BORS-/BOGY-**Praktikumsstellen** proaktiv anbieten. Damit ließe sich sicherstellen, dass nicht der zufällige Zugang zur **Praktikumsstelle** die **Berufsorientierung** prägt.
- 2. Authentische Vermittlung des Berufsbilds:** Die bestehenden **Bildungspartnerschaften** sollen genutzt werden, um mit jungen Ingenieurinnen und Ingenieuren aus der **Berufspraxis** das **Berufsbild** authentisch in den Schulen zu vermitteln. Unterschiedliche Formen (Veranstaltungen der Berufsorientierung, Beiträge im Fachunterricht, Projekte mit Schülerinnen und Schülern) sollten angeboten werden. Die **Perspektiven technische Berufsbilder** (technische Fachkraft, Meisterin/Meister, Technikerin/Techniker, Ingenieurin/Ingenieur) sollten verstärkt in Sekundarstufe I und II thematisiert werden.
- 3. Stärkung der Schulen im Bereich Informatik (I) und Technik (T) innerhalb des MINT-Spektrums:** Berufsorientierung erfordert eine frühe Erfahrung mit Kernbereichen der Berufsfelder zu Beginn der Sekundarstufe. Dies lässt sich sehr erfolgreich an Schulen realisieren, wenn im Rahmen des Unterrichts mehr konkrete Themen aus dem Feld **Informatik/Technik** bearbeitet werden. Bei den **Beschäftigungsaussichten im MINT-Sektor** kommt dem „I“ und dem „T“, d. h. den Berufsbildern Informatikerin bzw. Informatiker und Ingenieurin bzw. Ingenieur eine besondere Bedeutung zu. Anders als in der Mathematik und den Naturwissenschaften bestehen hier aus **Unternehmenssicht** die größten Engpässe. Im Rahmen des Unterrichts sollen die **gesellschaftliche Bedeutung** und **Verantwortung** von Ingenieurinnen und Ingenieuren deutlich werden. Dies erweitert nicht nur die Zielgruppe potenzieller Studentinnen und Studenten der Ingenieurwissenschaften, sondern ist gerade

Naturwissenschaft und Technik (NWT)

Das Fach Naturwissenschaft und Technik wurde im Schuljahr 2007/08 landesweit eingeführt und stellt das Profilmfach des naturwissenschaftlichen Profils dar. Es entspricht als Kernfach der dritten Fremdsprache im sprachlichen Profil und wird ebenso wie diese in den Klassen 8, 9 und 10 jeweils 4-stündig unterrichtet. Im Fach Naturwissenschaft und Technik werden Themen und Problemstellungen, die sich an der Erfahrungs- und Gedankenwelt der Schülerinnen und Schüler orientieren, aus den Blickwinkeln aller Naturwissenschaften sowie der Technik fächervernetzend betrachtet.

Quelle: <http://www.nwt-bw.de/>

im Hinblick auf die **Genderbalance** in den Studiengängen ein **wichtiges Argument**, um Frauen von einer **Ingenieurkarriere** zu überzeugen. Damit der Unterricht in diesen Fächern sowie die Teilnahme der Schulen an **außercurricularen Sonderprojekten** der Hochschulen und Firmen gelingen, muss das Land Baden-Württemberg die Schulen in geeigneter Weise ausstatten (personelle Ressourcen und Mittel). Hier ist insbesondere bei den an allen **Schularten** etablierten **Fächerverbänden** darauf zu achten, dass nicht aufgrund der **personellen Ausstattung** der Schulen lediglich die früher im Rahmen des **Lehramtsstudiums** vorherrschenden Themen der **Mathematik** und **Naturwissenschaften authentisch** vermittelt werden. Bei der **vollwertigen Etablierung** von **Naturwissenschaft und Technik (NWT)** als Vertiefungsfach für die Oberstufe geht es auch darum, den allgemeinbildenden Gymnasien die notwendige **Sach- und Personalausstattung technischer Labore** zu geben. Für die Zukunft des Ingenieurwesens in Baden-Württemberg ist es von **entscheidender Bedeutung**, dass alle Schularten eine **ausreichende Ausstattung** zur kompetenten Vermittlung von **Technikthemen** besitzen. Vorteilhaft sind **Bildungspartnerschaften** mit den Hochschulen, die als Plattform für gemeinsame Projekte genutzt werden.

4. **Weniger differenzierte Bachelor-Studiengänge:** Damit das Berufsbild klar ist und Fehlorientierung begrenzt wird, sollten **Bachelor-Studiengänge** der Hochschulen weniger spezialisiert sein, sondern auf ein möglichst **breites thematisches Feld** in einer Fachrichtung, verzahnt mit **Anwendungskompetenzen**, fokussieren.
5. **Lebensperspektiven und Image des Berufsbilds bei Frauen:** Um die **Attraktivität** des Ingenieurstudiums für Studentinnen zu erhöhen, ist es von entscheidender Bedeutung, die **gesellschaftliche Verantwortung** von Ingenieurinnen und den **Nutzen des Berufs** klar herauszuarbeiten. Erfolgreiche Studiengänge im Sinne der **Genderbalance** beinhalten meist neben der **technischen Komponente** einen **interdisziplinären Aspekt**, der ein Themenfeld außerhalb der Technik beinhaltet. Bei der Rücknahme der zu großen **Differenzierung** der **Bachelor-Studiengänge** muss darauf geachtet werden, dass dieser Aspekt ausreichend berücksichtigt wird. Darüber hinaus müssen die Darstellungen der **Berufsfelder** mit **persönlichen** und **privaten Perspektiven** verschränkt werden, um dem **Klischee** der **Familienfeindlichkeit** zu begegnen. Ein entscheidendes Argument für Schülerinnen und Schüler ist die **Karrierperspektive** nach Studienabschluss und die meist erfreuliche **Bewerbersituation**. Diese **extrinsische Motivation** kann in Verbindung mit den ermittelten Talenten und Neigungen eine entscheidende **Richtungsweisung** sein.
6. **Faszination Studium:** Der Ruf der ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge in Baden-Württemberg sollte durch gezielte Maßnahmen wie beispielsweise eine **Imagekampagne** verbessert werden. Da eine solche Maßnahme nur langfristig wirken würde, muss sie auf einen langen Zeithorizont hin angelegt sein. Ferner muss eine solche Kampagne die tatsächlichen Gegebenheiten **authentisch** und **glaubwürdig** beschreiben.

4.1.4 Handlungsfeld 2: Differenziertes Hochschulsystem in Baden-Württemberg – Profile in der Lehre weiterentwickeln und kommunizieren

Ausgangsbasis

Ströme der Studentinnen und Studenten im Ingenieurwesen

Um die heutigen Rahmenbedingungen mit den zukünftigen **quantitativen** und **qualitativen Anforderungen** an das Hochschulsystem abzugleichen, hat die Arbeitsgruppe Lehre ein **Flussdiagramm** entworfen, das den Weg von Studentinnen und Studenten der Ingenieurwissenschaften durch das baden-württembergische **Hochschulsystem** anhand von heute verfügbaren Daten verdeutlichen soll (Abbildung 4-1).

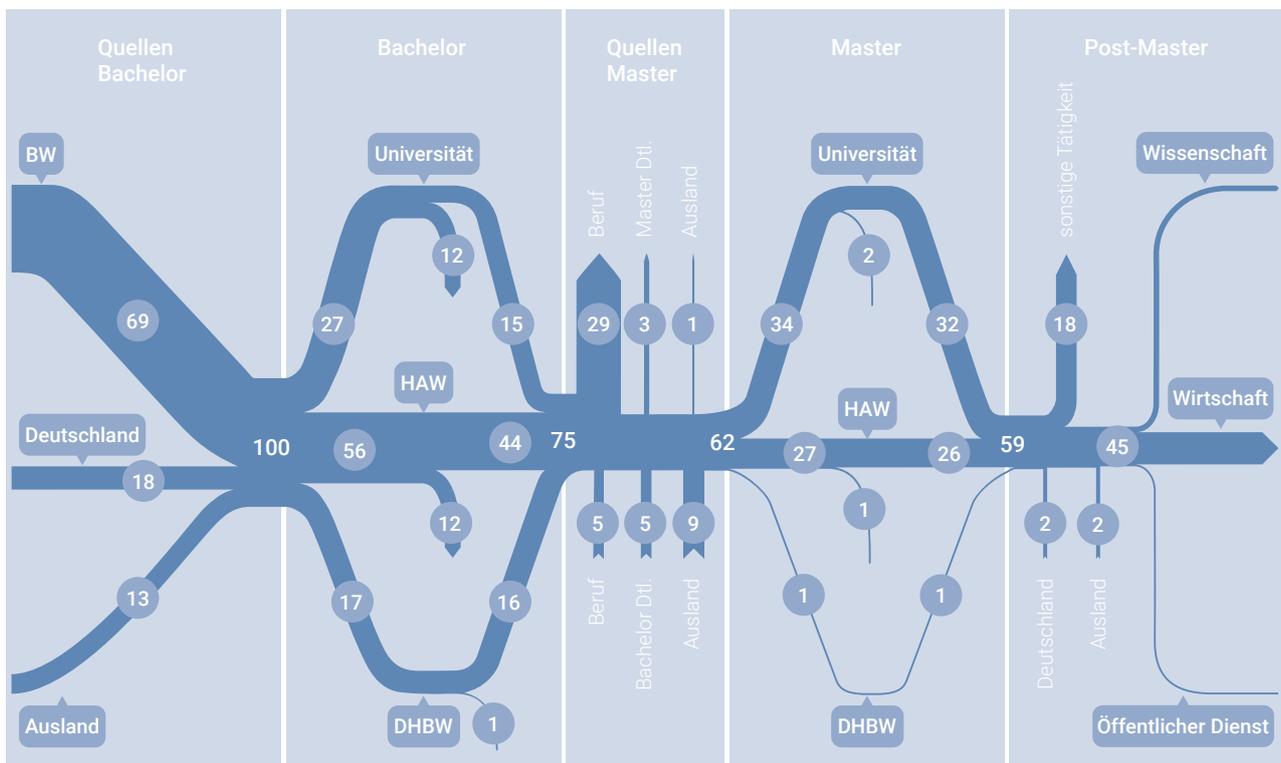


Abbildung 4-1: Ströme der Studentinnen und Studenten im Ingenieurwesen*

* Die Berechnung der dargestellten Verteilung basiert auf Daten des Statistischen Landesamtes, Absolventenbefragungen sowie Schätzungen. Ausführliche Erläuterungen zur Herkunft und Berechnung der einzelnen Angaben sind im Anhang einzusehen.

Dargestellt wird der quantitative Input (Studienanfängerinnen und Studienanfänger) und Output (Absolventinnen und Absolventen) nach Hochschulzugangsberechtigung (HZB) bzw. Abschlussart Bachelor/Master (aufgrund der Umstellung durch den **Bologna-Prozess** wurden **Diplom-Studentinnen** und **-Studenten** nicht berücksichtigt) sowie die unterschiedlichen Möglichkeiten in das Hochschulsystem hinein bzw. heraus zu treten.

Das Flussdiagramm zeigt den Verlauf der Studienanfängerinnen und Studienanfänger, die ein ingenieurwissenschaftliches Studium aufnehmen (Index = 100). Hier zeigt sich, dass mehr als **zwei Drittel** der Studienanfängerinnen und Studienanfänger ihre **HZB in Baden-Württemberg** und rund **ein Drittel** in einem **anderen Bundesland** oder **dem Ausland** erlangt haben. Das bestätigt Baden-Württembergs Ruf als **Importland** in der **Ingenieurausbildung**.

Dass mehr als die Hälfte ihr Bachelorstudium an einer HAW beginnen, ist ingenieur-spezifisch, wie Tabelle 4-1 zeigt. Hier kommt vor allem die **Anwendungsorientierung** der Ingenieurwissenschaften zum Ausdruck, die die HAW mit ihrem praktischen Bezug zur **regionalen Wirtschaft** aufgreifen.

	Verteilung der Studienanfängerinnen und Studienanfänger im Bachelor ¹¹⁹		
	Universität	HAW	DHBW
Ingenieurwissenschaften *	27 %	56 %	17 %
Naturwissenschaften **	89 %	11 %	0 %
Baden-Württemberg gesamt ***	39 %	35 %	17 %

Tabelle 4-1: Verteilung der Studienanfängerinnen und Studienanfänger im Bachelor auf die staatlichen Hochschularten (Durchschnitt von 2010–2013)

* Ingenieurwissenschaften beinhalten hier Informatik (in amtlicher Statistik unter Naturwissenschaften geführt) und das gesamte Wirtschaftsingenieurwesen (in amtlicher Statistik teilweise unter Wirtschaftswissenschaften eingeordnet).

** Ohne Informatik, siehe Anmerkung Ingenieurwissenschaften.

*** 9 % sonstige Hochschularten: Kunst-, Pädagogische, nicht-staatliche, Verwaltungs- oder Privathochschulen.

Rund **drei Viertel** der Studentinnen und Studenten der Ingenieurwissenschaften verbleiben bis zu ihrem Bachelor-Abschluss im baden-württembergischen **Hochschulsystem**. Rund **ein Drittel** geht nach dem Bachelorabschluss direkt einer **beruflichen Tätigkeit** nach. Nach diesen Ab- und auch Zuflüssen des Systems findet im Masterbereich eine entgegengesetzte Verteilung auf die Hochschularten statt: Mehr als **die Hälfte** der Studentinnen und Studenten nehmen ihr **Masterstudium** an einer **Universität** auf. Die Anzahl der **Abbrüche** im Master sind im Vergleich zu den Abbrüchen im Bachelor als eher gering einzustufen. Anzumerken ist der relativ hohe Anteil (etwa ein Drittel) derjenigen, die beim Übergang zum ingenieurwissenschaftlichen **Wirtschafts- und Wissenschaftssystem** an andere Regionen oder andere Tätigkeitsfelder abgegeben werden. Dies wird zum Teil durch **Zuwanderung** abgemildert.

Das baden-württembergische Hochschulsystem

Baden-Württemberg verfügt über ein gut ausgebautes, differenziertes Hochschulsystem, das mit den **Studienangeboten** der drei Hochschularten **Universitäten, HAW** und **DHBW** eine große Bandbreite an **Ingenieurdisziplinen** abdeckt. Die grundsätzliche **Differenzierung** ist auf der Grundlage der in §2 Absatz 1 Satz 1 Landeshochschulgesetz (LHG) verankerten Aufgaben festgelegt.

Das breite Spektrum der Einsatzbereiche und Rollen von Ingenieurinnen und Ingenieuren in **Wissenschaft, Unternehmen** und **Verwaltung** wird in Baden-Württemberg durch die **Ausbildungsprofile** der drei Hochschularten bedient, die sich durch die Gewichtung von **Wissenschafts-, Anwendungs- und Praxisbezug** unterscheiden.

Als Folge steht dem **Beschäftigungssystem** ein Spektrum von Ingenieurprofilen zur Verfügung, das mit der **konsekutiven Studienarchitektur Bachelor-, Master-** sowie der **Doktorandenausbildung** eine **weitere Differenzierung** aufweist.

Die Substitution der nach Hochschulart in der Vor-Bologna-Zeit klar unterscheidbaren **Diplom-Studiengänge** durch die offenkundig **undifferenzierten Bachelor- und Master-Abschlüsse** in den vergangenen zehn Jahren wirft die Frage auf, wie die Unterneh-

men diese Entwicklung mit Blick auf das **differenzierte Hochschulsystem** und mit Bezug auf die Ingenieurwissenschaften bewerten. Hierzu liefert die Studie des ZEW: Ingenieurinnen und Ingenieure werden als Haupttreiber der unternehmerischen Innovationsgeschehen gesehen. **Forschung und Entwicklung** sind für über **80 Prozent** der interviewten Unternehmen die **wichtigsten Einsatzbereiche**, gefolgt von Produktion sowie Vertrieb und Service¹²⁰.

Auch wenn die Unternehmen keine **identifizierbaren Unterschiede** in den **Einsatzbereichen** für Absolventinnen und Absolventen nach den drei Hochschularten benennen, orientiert sich die Suche bei hinreichender Auswahl an den unterschiedlichen **Hochschulprofilen**. So gelten für die allermeisten der befragten Unternehmen Absolventinnen und Absolventen von einer Universität als geeigneter im Vergleich zu denen der anderen Hochschularten, wenn sie Bewerberinnen oder Bewerber mit einer **wissenschaftlichen Grundqualifikation** und der **Fähigkeit zur selbstständigen wissenschaftlichen Arbeit** suchen. Je nach Betonung des **Anwendungsbezugs** wird der HAW- oder DHBW-Abschluss als Vorteil gesehen. Allerdings gaben nur deutlich weniger als die Hälfte der Unternehmen an, dass sie unterschiedliche Einsatzbereiche für Absolventinnen und Absolventen von Universitäten, HAW und DHBW haben¹²¹. Die meisten der befragten Unternehmen zeigen sich mit der ausdifferenzierten **akademischen Ausbildungslandschaft** zufrieden, d. h. die hochschularten-spezifische Gewichtung von **Wissenschafts- und Forschungs-** sowie **Anwendungs- und Praxisbezug** der Ingenieurstudiengänge wird überwiegend als hinreichend funktional gesehen.

Demgegenüber zeigt die Kritik an der **Europäischen Studienreform** – und vor allem auch an deren Umsetzung – **Handlungsbedarf** auf. Einzelne Aussagen thematisieren den Verlust der **klaren Kompetenzprofile**, die in der **Vor-Bologna-Zeit** mit den Abschlüssen der unterschiedlichen Hochschultypen verbunden waren. Dieser Umstand und die starke **Ausdifferenzierung** der Studiengänge machen den Arbeitsmarkt allgemein, aber auch zwischen Abschlüssen der gleichen Hochschulart deutlich unübersichtlicher¹²².

Die Weiterentwicklung der unterschiedlichen **Hochschulprofile** in Bezug auf die Lehre muss sich im Spannungsfeld bewegen zwischen der **hohen Zufriedenheit** der Unternehmen mit der ausdifferenzierten **akademischen Ausbildung** in Baden-Württemberg und der allgemeinen Wertung eines **unübersichtlicheren Arbeitsmarkts** für Ingenieurinnen und Ingenieure. In den Fokus der Unternehmenskritik rückt dabei der **Bachelor-Abschluss**, der vereinzelt sogar als **nicht vollwertig** ausgebildeter Ingenieur wahrgenommen wird. Diese ansteigende **Skepsis** und **Unzufriedenheit** mit dem ersten Studienabschluss wird in anderen Befragungen der jüngsten Vergangenheit einerseits belegt, andererseits ihr aber auch widersprochen¹²³.

So relativiert der aktuelle Ergebnisbericht zur Unternehmensbefragung „Karrierewege für Bachelor-Absolventen“ deutlich die Kritik, indem er gute Chancen für Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen allgemein und die **Bevorzugung von Fachhochschul-Absolventinnen und -Absolventen** beim Berufseinstieg und bei der Karriere nachweist¹²⁴. Mit dem Bericht wurde im Jahr 2014 vom **Institut der deutschen Wirtschaft** Köln und vom **Stifterverband** für die Deutsche Wissenschaft eine umfangreiche **empirische Basis** zur **Akzeptanz** von **Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen** vorgelegt.

Für grundsätzliche Betrachtungen und daraus abgeleitete Empfehlungen zur Weiterentwicklung der institutionellen Struktur des Hochschulsystems wird auf die Empfehlungen und Stellungnahmen des **Wissenschaftsrats** verwiesen¹²⁵.

Handlungsempfehlungen

1. Entsprechend den Aufgaben in §2 Absatz 1 Satz 2 LHG bilden sowohl die HAW und DHBW als auch die Universitäten im Wesentlichen für die **Berufspraxis** aus. Dies wird u. a. durch **Absolventenverbleibsstudien** belegt. Die Bedeutung der **Berufspraxis** muss sich daher in den Bereichen Studium und Lehre an allen Hochschularten wiederfinden. Dabei legen die sehr konkreten Berufs- und Tätigkeitsfelder der Ingenieurinnen und Ingenieure nahe, die oft unscharfe und gelegentlich auch strittige Übersetzung des mit dem Bologna-Prozess einhergehenden Begriffs der „Employability“ passgenau in Richtung **beruflicher Relevanz** oder **Arbeitsmarktrelevanz** zu erweitern¹²⁶.
2. Ungeachtet der gesetzlich festgelegten, differenzierten Aufgaben der Hochschularten muss in den Ingenieurstudiengängen durch entsprechende **Studieninhalte** und **-konzepte** verstärkt eine **arbeitsmarktbezogene Kompetenzorientierung** aufgebaut werden. Je nach Profil der Hochschulart ist die Gewichtung von **Wissenschafts-** und **Forschungs-** sowie **Anwendungs-** und **Praxisbezug** entsprechend dem Grad des **Berufsfeldbezugs** und den **unterschiedlichen Rollen** von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Beschäftigungssystem weiterzuentwickeln.
3. Die unterschiedliche Stärkung der **akademischen Kompetenzorientierung** für berufsrelevante Anforderungen wird als Chance für die Weiterentwicklung der Bildungsfunktion der Hochschularten entlang ihres Bildungsauftrags gesehen. Um zu einem besseren Verständnis der hochschularten-spezifischen Kompetenzen von Absolventinnen und Absolventen zu gelangen, ist eine **verstärkte Reflexion** und damit auch ein **engerer Dialog** zwischen **Hochschule** und **Beschäftigungssystem** zu **fachlichen** und **überfachlichen Kompetenzen** notwendig.
4. Innerhalb des gesetzlichen Rahmens kann jede Hochschule ihr **spezifisches Profil** entwickeln, auch unter Berücksichtigung der konkreten Bedarfe an unterschiedlichen **Berufs-** und **Tätigkeitsfeldern** von Ingenieurinnen und Ingenieuren. Denkbar wäre, durch ein **Struktur-** und **Regionalisierungskonzept** die bessere Abstimmung bzw. Arbeitsteilung zwischen benachbarten Hochschulen und Hochschularten in der **Profilbildung** weiter zu fördern.
5. Das Verhältnis von **Theorie** und **Praxis** kennzeichnet Hochschularten und deren Absolventenprofile im Arbeitsmarkt. Die Profilierung muss unter den **Beteiligten-** und **Interessengruppen** wie Politik, Hochschulen, Lehrenden und dem Beschäftigungssystem ausreichend kommuniziert werden. Mit Bezug auf einen **übersichtlicheren Arbeitsmarkt** gilt dies besonders für die verschiedenen Kompetenzen von Bachelor- und Master-Absolventinnen und -Absolventen der jeweiligen Hochschulart.
6. Eine weitere **Profilierung** kann neben der **inhaltlichen Gewichtung** der **Theorie** und **Praxisanteile** auch grundsätzlich durch eine **längere Studiendauer** der **Bachelor-Studiengänge** auf bis zu **acht Semester** unter Beibehaltung mindestens **drei-semestriger**, besser **vier-semestriger Master-Studiengänge** erreicht werden. Die Empfehlung für eine zeitliche Neuausrichtung der **konsekutiven Studienarchitektur** ist insbesondere ein Aspekt des **Studienkonzepts** und wird deshalb im Handlungsfeld 6 (Kapitel 4.1.8) weiter konkretisiert.
7. Damit die Erwartungen bzw. die fachlichen Vorkenntnisse der Studienbewerberinnen und -bewerber zu den Anforderungen des jeweiligen Ingenieurstudiums passen, sind die **spezifischen Merkmale** von Universitäten, HAW und Dualer Hochschule gegenüber den **Studieninteressierten** besser zu kommunizieren.

4.1.5 Handlungsfeld 3: Heterogenität und Diversität als Chance – Qualität der Studienanfängerinnen und Studienanfänger erhöhen

Ausgangsbasis

Unter der **Heterogenität** der Studentinnen und Studenten an Hochschulen versteht man in erster Linie die unterschiedlichen **Bildungsbiografien** und divergierenden **Eingangskompetenzen**, denen die Hochschulen bereits heute schon mit hohem Aufwand begegnen. Der Begriff **Diversität** wird in Verbindung mit der **Chancengleichheit** einzelner Gruppen benutzt, die sich durch Merkmale wie **Geschlecht, Alter, Religion, kulturelle Zugehörigkeit, Behinderung** oder **soziale Herkunft** unterscheiden. Während der Bedarf an **hoch qualifizierten Fachkräften** in Deutschland – verstärkt durch die demografische Entwicklung – in den Unternehmen schon länger zu einem bewussteren Umgang mit **Vielfalt** oder **Diversität** der Belegschaft geführt hat, wird das Potenzial einer **diversitätssensiblen Hochschule** erst in neuerer Zeit erkannt.

Studieren gilt heute als Normalfall. In Deutschland nimmt mehr als die Hälfte eines **Altersjahrgangs** ein Hochschulstudium auf¹²⁷. Mit der Zahl der Studentinnen und Studenten ist infolgedessen auch die **Heterogenität** der Studentinnen und Studenten gestiegen. Im Wesentlichen lassen sich bei den Veränderungen der Hochschulzugänge, die signifikant die **Heterogenität** der Studienanfängerinnen und -anfänger erhöhen, zwei Ursachen ausmachen:

- Die **Übergangsquote** in ein Studium ist durch die politisch gewollte höhere **Bildungsbeteiligung** stark angewachsen. Vergleiche der Daten zu **Studienberechtigten** und Studienanfängerinnen und Studienanfängern belegen, dass auf mittlere Sicht etwa **80 Prozent** der **Studienberechtigten** ein **Studium** an einer Hochschule aufnehmen¹²⁸.
- Die Öffnung der Hochschulen durch die Diversifizierung der Hochschulzugänge hat die **Studierendenvielfalt** weiter verstärkt. Neben der klassischen schulischen HZB stehen **Studienmöglichkeiten** für Personen (etwa Meisterinnen und Meister) ohne schulische HZB mit allgemeinem Hochschulzugang ohne **Eignungsprüfung** sowie die fachgebundenen HZB mit Prüfung für sonstige beruflich Qualifizierte.

Die höheren **Übergangsquoten** und weitere Ausprägungen, wie z. B. der **Wegfall der gymnasialen Empfehlung** oder von **Leistungskursen** in den Gymnasien, verstärken tendenziell die **Heterogenität** in den **Leistungsvoraussetzungen** der Studienanfängerinnen und -anfänger. Insbesondere in den für die MINT-Studiengänge wichtigen **Grundlagenfächern Mathematik** und **Physik** sind teils erhebliche **Leistungsdefizite** zu beklagen. Der **Nachwuchsmangel** bei den **Informatik-** und **Techniklehrkräften** hat sich verschärft. Die AG Lehre sieht darin ein deutliches Alarmsignal für die dringend notwendige Verbesserung der **Studierfähigkeit** bei ingenieurrelevanten Studiengängen.

Ingenieurstudiengänge sind teilweise schwierig zu füllen. Ohne **Bewerberüberhang** zwingt das **Kapazitätsrecht**, alle Bewerberinnen und Bewerber zuzulassen, auch bei **eklatant disparaten Leistungsniveaus**. Das stellt einen erfolgreichen Studienabschluss stark in Frage¹²⁹. Neben den reinen Maßnahmen zur Gewinnung von Bewerberinnen und Bewerbern wird deshalb ein erheblicher Handlungsbedarf gesehen, eine **heterogenitätssensible Zulassungspraxis** zu entwickeln, um der **individuellen Leistungsstreuung** der Studienanfängerinnen und -anfänger gezielter Rechnung tragen zu können.

Kapazitätsrecht

Das Kapazitätsrecht regelt, wie die jährliche Aufnahmekapazität (Zahl der verfügbaren Studienplätze) an den staatlichen Hochschulen zu ermitteln ist und auf welche Weise gegebenenfalls Zulassungsbeschränkungen für einzelne Studiengänge festgesetzt werden können.

Quelle: Zimmerling, W., Brehm, R (2011): *Hochschulkapazitätsrecht. Band 1. Der Kapazitätsprozess, Köln*

Folgerichtig wird der Handlungsdruck auf die Hochschulen steigen, durch passgenaue Information und Beratung in der Vorstudienphase

- **fehlenden Kenntnissen** entgegenzuwirken,
- **Fehlorientierung** zu reduzieren und
- die **Wahrnehmung** der Ingenieurstudienangebote und ihre spezifischen Anforderungen zu steigern.

Grundsätzlich macht die AG Lehre deutlich, dass **Vielfalt** nicht nivelliert werden soll. Sie kann vielmehr als **Chance** begriffen und durch **heterogenitäts-** und **diversitätsorientierte** Konzepte für den Studienerfolg genutzt werden. Ziel sind Studienanfängerinnen und -anfänger mit möglichst **stimmigen Studiererwartungen, hoher intrinsischer Motivation** und **wenig disparaten fachlichen Vorkenntnissen**.

Handlungsempfehlungen

1. In der **Vorstudienphase** sind Studieninformation und Beratung über technische Berufe, das Berufsbild Ingenieurin oder Ingenieur und besondere Anforderungen des Ingenieurstudiums durch konzeptuelle Lösungen zu stärken. In Zusammenarbeit mit Akteurinnen und Akteuren aus Schulen, Politik, Verbänden, Vertreterinnen und Vertretern der Berufspraxis, Studienberatung durch Agentur für Arbeit etc. sollen die **besonderen Anforderungen** eines Ingenieurstudiums in Verbindung mit den **hochschularten-spezifischen** Merkmalen Universitäten, HAW und DHBW besser kommuniziert werden. Im Fokus stehen dabei die spezifischen **Leistungsmerkmale, Anforderungen** und **Voraussetzungen** bei Ingenieurinnen und Ingenieuren unterschiedlicher Fachdisziplinen.
2. Durch diese Maßnahmen soll einerseits das Interesse an technischen Berufen im Allgemeinen und am Ingenieurwesen im Besonderen gefördert werden. Andererseits sollen möglichst **gute Kenntnisse** über die verschiedenen **Berufsbilder, Perspektiven** und vor allem **Bildungswege** im **Tertiärbereich** vermittelt werden. Bei der Studienwahl sollen **intrinsische Motivationen**, wie **Neigung** oder **Interesse** an den Berufs- und Tätigkeitsfeldern von Ingenieurinnen und Ingenieuren, im Vordergrund stehen. Dagegen zählen **extrinsische Motivationen**, wie **Einkommen** oder ein **sicherer Arbeitsplatz**, zu den weniger günstigen Voraussetzungen, ein Studium erfolgreich abzuschließen. Folgerichtig müssen verstärkt auch Alternativen zu einem Studium, wie z. B. eine **Karriere im dualen System**, aufgezeigt werden.
3. Um den **Leistungsdefiziten** in Grundlagenfächern wie **Mathematik** und **Physik** erfolgreich begegnen zu können, müssen die Schulen weitreichende Konsequenzen ergreifen. Es gilt, die ungünstige Entwicklung bei den individuellen fachlichen Voraussetzungen für ein erfolgreiches Studium zu korrigieren. Schulen sind dazu in die Lage zu versetzen, der zunehmend **heterogeneren Schülerschaft** durch Ausstattung und Angebot Rechnung tragen zu können. Dazu gehört auch, die **Kurswahl** durch ein verbessertes Angebot mit einem eigenständigen **Technikunterricht** zu fördern. Schülerinnen und Schüler sollen Kurse aufgrund der eigenen Talente wählen und weniger wegen des geringeren Aufwands für gute Noten. **Lehrermangel** in den **MINT-Fächern** sowie in den beruflichen **technischen Fachrichtungen** ist entgegenzuwirken.
4. Ein **heterogenitätsorientiertes Zulassungsverfahren** soll verhindern, dass Studienbewerberinnen und -bewerber, die offenkundig nicht über das notwendige **schulische Leistungsniveau** verfügen, zum Studium im gewählten Ingenieurstudienengang zugelassen werden. Dabei sollten auch keine **übermäßigen Nachrückver-**

fahren durchgeführt werden, um unbedingt die **Kapazitätsgrenzen** zu erreichen. Diese Nachrücker erfordern in der Regel aufgrund ihrer **Leistungsdefizite** starken **Betreuungsaufwand** und brechen dann doch oft genug ihr Studium wieder ab.

Je nach rechtlichen Maßgaben, die dem **Zulassungsverfahren** zugrunde liegen, muss Studieninteressierten mit **ungenügenden schulischen Leistungsniveaus** die Gelegenheit gegeben werden, dies durch Zusatzangebote der Hochschule auszugleichen. Das können Angebote wie **propädeutische Kurse**, **Brückenkurse** bis hin zu **flexiblen Studienmodellen** oder **Orientierungssemester** sein. An vielen Hochschulen ist das bereits eingeführt.

5. Die **sozialen Aufstiegschancen** lassen sich durch **offene Bildungswege** weiter erhöhen. Den Ingenieurwissenschaften kommt hier eine große Bedeutung zu, da sie weniger stark von **sozial geprägten Konventionen** und **ererbten Netzwerken** geprägt sind. Die **Bildungswege** sind durchlässig. Es geht hier aber nicht nur um die **Integration von Studentinnen und Studenten**, die ihre **primäre Bildungssozialisation** nicht oder nur teilweise in Deutschland erfahren haben, sondern allgemein um einen bewussteren **konzeptionellen Umgang** mit der **Diversität** der Studentinnen und Studenten und ihren **unterschiedlichen Voraussetzungen**.
6. Zum Weiterentwickeln der auf die Schule bezogenen Empfehlungen wird das Einrichten eines **runden Tisches** mit dem **Ministerium für Kultus, Jugend und Sport** Baden-Württemberg vorgeschlagen.

4.1.6 Handlungsfeld 4: Entwicklungsperspektive Genderbalance – Attraktivität des Ingenieurberufs für Frauen steigern

Ausgangsbasis

Obgleich die Hochschulen in den letzten Jahren zahlreiche Maßnahmen zur Steigerung der **Frauenquoten** durchgeführt haben, von denen viele die MINT-Fächer adressieren, ist der Anteil der Frauen in diesen Fächern dennoch gering. So waren an den Hochschulen in Baden-Württemberg 2013 nur etwa **20 Prozent** der Absolventinnen und Absolventen in den Ingenieurwissenschaften **weiblich**, im Vergleich zu fast **50 Prozent** über **alle Studiengänge**¹³⁰. Da der Frauenanteil mit **steigender Karrierestufe** sinkt, wirken sich diese niedrigen Zahlen besonders drastisch auf das Wissenschaftssystem aus. So waren 2013 nur **18 Prozent** des wissenschaftlichen Personals in den Ingenieurwissenschaften **Frauen**. Der **Anteil der Professorinnen** lag bei **unter 10 Prozent**¹³¹. Obgleich dank zahlreicher **Gendermaßnahmen** ein anhaltend **positiver Trend** zu erkennen ist, machen diese Zahlen weiteren **Handlungsbedarf** deutlich.

Die momentane Situation stellt sogar einen **Wettbewerbsnachteil** dar, da **Gleichstellungsaspekte** eine immer größere Rolle bei der Bewertung von Forschungseinrichtungen und größeren Verbundprojekten spielen. Der **Wettbewerb um die besten Frauen** ist **hoch kompetitiv** geworden. Gesamtziel der unten aufgeführten Handlungsempfehlungen ist es deswegen, den Ingenieurberuf insbesondere für Frauen attraktiv zu machen und diese auch während und nach ihrem Studium bestmöglich zu unterstützen. Die vorgeschlagenen Maßnahmen sind darauf ausgelegt, unter Einbezug aktueller Erkenntnisse aus der **Genderforschung** den Frauenanteil auf **allen akademischen Qualifikationsstufen** nachhaltig zu steigern. In den Ingenieurwissenschaften kann Baden-Württemberg darin national wie international eine **Vorreiterrolle** übernehmen.

Handlungsempfehlungen

Nachfolgende Handlungsempfehlungen gliedern sich in Empfehlungen zum **Gewinnen von Studentinnen** für ein ingenieurwissenschaftliches Studium, zur optimalen Unterstützung während des Studiums sowie zur **Motivation** und **Ermütigung** geeigneter Kandidatinnen für die Promotion und die wissenschaftliche Karriere.

Vor dem Studium: Wie können junge Frauen zur Wahl eines ingenieurwissenschaftlichen Studiums motiviert werden?

1. Es wird ein Ausbau der **technischen Ausbildung** an Schulen über das **Fach NwT** hinaus empfohlen. Dies sollte in enger Kooperation mit den Hochschulen ausgearbeitet werden und insbesondere auch Aspekte **gendergerechter Lehre**¹³², wie beispielsweise das Aufzeigen geeigneter **weiblicher Vorbilder**, enthalten.
2. Dass ein **hohes Selbstbewusstsein** in die **eigenen Fähigkeiten** gerade bei Frauen ein **wichtiges Kriterium** bei der Entscheidung für ein ingenieurwissenschaftliches Studium darstellt, ist durch zahlreiche Studien belegt¹³³. Es wird daher der Ausbau von Programmen empfohlen, welche die **Selbsteinschätzung der Technikkompetenz** von Frauen gezielt fördern. Hier soll auf das Projekt der Universität Stuttgart „**Probiert die Uni aus!**“ verwiesen werden, in welchem junge Frauen für ein MINT-Studienfach begeistert werden sollen. Die jungen Frauen haben nicht nur Gelegenheit mit **Vorbildern in persönlichen Kontakt** zu treten, sondern stärken durch Erfolgserlebnisse in Kleingruppenarbeit ihr Selbstvertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit.
3. Aktuelle Zahlen belegen, dass junge Frauen sich eher für einen ingenieurwissenschaftlichen Studiengang entscheiden, wenn dieser **anwendungsorientiert und interdisziplinär** ausgerichtet ist. Auch der **gesellschaftliche Kontext** des Studiums ist relevant. Folglich ist es besonders wichtig, die **Außendarstellung** von ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen zu überarbeiten, so dass sich junge Frauen mit dem Berufsbild der Ingenieurin identifizieren können. Das **vermittelte Bild** muss zeigen, dass Frauen in den Ingenieurwissenschaften umworben werden und ihr **Potenzial** gebraucht und geschätzt wird.

Während des Studiums: Wie können junge Frauen in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen optimal unterstützt werden?

4. Frauen sind in der Regel zögerlicher bei der Festlegung der Ausrichtung ihres Studiums. Anknüpfend an den vorherigen Punkt wird daher die Einrichtung von **Kollegphasen** zur **breiten Orientierung in technischen Studiengängen** empfohlen. Das Projekt „**startING**“ aus Offenburg¹³⁴ bietet dies bei gleichzeitigem **Hervorheben der Interdisziplinarität** des Faches. Die bereitgestellten Mittel sollten ausgebaut und verstetigt werden.
5. Mit steigenden Zahlen der Studentinnen und Studenten und damit verbundenen anonymen und **verschlechterten Betreuungsverhältnissen** an den Hochschulen sieht die AG Lehre **Mentoring-Konzepte** als ein **wirksames Instrument zur Senkung von Abbrecherquoten** an. Langjährige Erfahrungsberichte zeigen, dass insbesondere Frauen dieses Angebot wahrnehmen und davon profitieren. Hier spielt der **persönliche Kontakt** zu **weiblichen Vorbildern** eine erhebliche Rolle. Folglich wird das Bereitstellen von Mitteln empfohlen, um solche Programme beizubehalten und auszubauen.

Probiert die Uni aus!

Das Projekt „Probiert die Uni aus!“ der Universität Stuttgart richtet sich an Schülerinnen der Vorkurs- und Oberstufe (ab Klasse 10), die Interesse an Naturwissenschaften und/oder Technik haben. Hierfür bieten Institute durch Workshops spannende Einblicke in Studieninhalte.

Quelle: <http://www.uni-stuttgart.de/probiert>

startING

Das Studienmodell „startING“ umfasst ein Studiensemester, das allen Ingenieurstudiengängen der Hochschule Offenburg vorgeschaltet werden kann und Interessierten Orientierung geben soll.

Quelle: <http://starting.hs-offenburg.de/>

6. Es wird die **Einrichtung von Stipendien** für **begabte Frauen** in den **MINT-Fächern** empfohlen, welche besonderen Bedürfnisse wie **Teilzeitstudium** und **flexible Studienzeiten** berücksichtigen. Dies setzt nicht nur **finanzielle Anreize**, sondern fördert das **Selbstbewusstsein** der jungen Frauen und könnte eine besonders wirksame Maßnahme zur Gewinnung von Frauen sein. Ein solches **kompetitives Förderprogramm** ist sicher auch interessant für Sponsoren aus der Wirtschaft.
7. Das Thema **gendergerechte Lehre** sollte an den Hochschulen stärker als bisher thematisiert werden, um Lehrende zu einer **kritischen Selbstreflexion** anzuregen. Insbesondere wird es als wichtig erachtet, solche Maßnahmen verpflichtend einzuführen, um möglichst breit für dieses Thema zu sensibilisieren. So wird als **strukturelle Maßnahme** empfohlen, **Genderaspekte** bei der **Akkreditierung von Studiengängen** und in **Qualitätsmanagementsystemen** zu verankern und ein **Monitoring** einzurichten.

Nach dem Studium: Wie kann der weibliche wissenschaftliche Nachwuchs in den Ingenieurwissenschaften spezifisch gefördert werden?

8. Insbesondere nach der Promotion kehren viele Frauen den Hochschulen den Rücken und entscheiden sich für andere Karrierewege. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Im Vergleich zwischen Frauen und Männern in Universitäts-Karrieren nach der Promotion fällt auf, dass Frauen im Durchschnitt **mehr Zeit und Energie** in **Lehre** und **didaktische Weiterbildungsangebote** stecken als ihre männlichen Kollegen. Dies wird gegenwärtig bei **Berufungsverfahren nicht angemessen berücksichtigt**. Es wird deswegen bei der Auswahl geeigneter Kandidatinnen und Kandidaten in Berufungsverfahren empfohlen, der **Lehre einen höheren Stellenwert** zukommen zu lassen.

4.1.7 Handlungsfeld 5: Vom Studienstart zum Berufseinstieg – Studienerfolg als Ganzes begreifen

Ausgangsbasis

Oberstes Qualitätsziel der Hochschulen ist der **Studienerfolg**. **Heterogenität** innerhalb der Studierendenschaft, die Umsetzung der **Europäischen Studienreform** und die Veränderungen in der industriell geprägten Berufswelt beeinflussen den Studienerfolg unterschiedlich. **Studienabbruch** – ein Aspekt von Studienerfolg – steht aufgrund der ungünstigen Entwicklung in den Ingenieurwissenschaften seit Jahren **im Brennpunkt** einer öffentlichen **kritischen Betrachtung**. Dabei ist Studienabbruch selbst ein komplexer Prozess mit vielfältigen Ursachen wie **institutionelle** und **fachliche Fehlanpassung** bis hin zu **individuellen Lebenssituationen**. Rund vier Fünftel aller Studienabbrecher lassen sich in drei Gruppen einordnen: **Leistungsdefizite** und **Prüfungsversagen**, **finanzielle Motive** sowie **mangelnde Studienmotivation**¹³⁵. Folgerichtig haben die Hochschulen begonnen, dem „**Passungsproblem**“ bei den **individuellen Studienvoraussetzungen**, der **Studierweise** und den **institutionellen Bedingungen** mit teilweise erheblichen Anpassungsleistungen zu begegnen. Die zum Teil noch **modellhaften Maßnahmen** reichen von **entzerrten Studieneingangsphasen** durch **flexible Studienstrukturen** über **Orientierungssemester**, **intensive individualisierte Beobachtung** des Studienerfolgs bis hin zu **modernen Lehr- und Lernformen**.

Weitere Aspekte von Studienerfolg sind die **Lehr- und Lernumgebung** einschließlich eines **zielgerichteten Betreuungskonzepts**, das **Studienumfeld** bzw. die **Studienbedingungen** sowie der Verbleib der Absolventinnen und Absolventen im **Beschäft-**

tigungssystem. Die Qualitätsentwicklung dieser Aspekte sind grundsätzlich Ziele der Europäischen Studienreform, auch wenn in den Empfehlungen nur die aufgeführt werden, die einen direkten Bezug zu den Ingenieurwissenschaften haben.

Die **Berufsfähigkeit** und damit die **Vorbereitung** der Studentinnen und Studenten auf den Arbeitsmarkt ist ein wesentlicher Bereich von Studienerfolg. Die Hochschulen haben in den vergangenen Jahren viele Maßnahmen zur Verbesserung von **Karriereberatung** eingeführt. Insbesondere wird die Beratung an der Schnittstelle Studium und Beruf heute als hochschulweite Aufgabe verstanden. An vielen Hochschulen begleiten **Career Center** die Studentinnen und Studenten bei der Entwicklung ihres persönlichen und **beruflichen Profils** und beim **Berufseinstieg**.

Generell gilt, dass alle Maßnahmen, die den Studienerfolg fördern, sich auch wirksam zur Förderung **unterrepräsentierter gesellschaftlicher Gruppen** nutzen lassen. Das Spektrum reicht hier von **beruflich Qualifizierten** über **Betreuungsangebote für Studentinnen und Studenten in besonderen Lebenslagen, ausländische Studentinnen und Studenten** bis hin zu **Studentinnen und Studenten mit Behinderungen** oder **chronischen Krankheiten**.

Handlungsempfehlungen

1. Studieneingangsphase

Flexible Studienmodelle beziehungsweise **Studienmodelle individueller Geschwindigkeit** sollen im Hinblick auf Wirksamkeit, Verstetigung und Übertragbarkeit weiter verfolgt werden¹³⁶. Dem teilweise hohen Aufwand muss je nach Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen durch **Vereinfachung** begegnet werden (**Kostenaspekt**). Die Erhöhung der Studiendauer verstärkt die Empfehlung von **längeren Bachelor-Studiengängen**.

Die **Unübersichtlichkeit der Bachelor-Studiengänge** in den Ingenieurwissenschaften fördert die **Fehlorientierung**. Bachelor-Studiengänge sollten deshalb **weniger spezialisiert** sein, sondern auf ein möglichst **breites thematisches Feld** in einer Fachrichtung – verzahnt mit **Anwendungskompetenzen** – fokussieren.

Jüngste empirische Untersuchungen zeigen, dass **psychologische Aspekte**, wie **Selbstvertrauen, Selbsteinschätzung** und **Belastbarkeit**, einen Studienabbruch spürbar beeinflussen können. Um **Fehleinschätzungen** und **Überbelastungen** entgegenzuwirken, sollen in der Studieneingangsphase Anforderungen und Lernerfolg durch verbindliche **Orientierungsprüfungen** reflektiert werden. Mit fortschreitendem Studienverlauf ist die **Eigenverantwortung der Studentinnen und Studenten** am Studienerfolg durch **Reflexionsprozesse** auf gemeinsame Beiträge von Lehrenden und Lernenden zu fördern. Gleichzeitig ist die **Lernunterstützung** durch ein ausgeweitetes **zielgerichtetes Betreuungskonzept** zu stärken. Die Studieneingangsphase darf Vielfalt nicht nivellieren, sondern muss die unterschiedlichen Talente individuell fördern.

Durch eine systematische Analyse von **Abbruchursachen** – differenziert nach Hochschularten und Fächergruppen – gilt es, ein besseres Verständnis des komplexen Prozesses Studienabbruch zu erhalten. Mittlerweile existieren erste Ergebnisse der **Wirkforschung** für einzelne Maßnahmen, aus denen Verbesserungen des Studienerfolgs abgeleitet werden können¹³⁷. Das **Teilzeitstudium** ist als Lösung für **besondere Lebenssituationen**, wie zum Beispiel die **Gründung einer Familie** oder die **Erholung nach einer Erkrankung**, besser herauszustellen.

Studienmodelle individueller Geschwindigkeit

Mit dem Programm „Studienmodelle individueller Geschwindigkeit an Hochschulen in Baden-Württemberg“ fördert das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst seit Ende 2010 insgesamt zwölf Hochschulen, die mit innovativen Studienmodellen die Bedingungen von Studium und Lehre individualisieren und flexibilisieren. Ziel ist die nachhaltige Förderung von Studienerfolg und die Verringerung von Studienabbrüchen.

Quelle: https://mwk.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mvi/offen/Broschuere_TdL2015_end.pdf

2. Lehr- und Lernumgebung

Eine zukunftsfähige Lehr- und Lernumgebung, die auf den spezifischen Bedarf der Ingenieurwissenschaften abgestimmt ist, umfasst mehr als nur die reine Wissensvermittlung in unterschiedlichen Lehrformaten. Die **Kompetenzentwicklung** im Studienverlauf muss hier eng an der **beruflichen Relevanz** ausgerichtet sein. **Anwendungsnahe Projekte** in technischen Bereichen, die gleichzeitig **Arbeitstechniken** und **Methodenkompetenzen** fördern, integrieren gerade im Bachelor-Studium von Unternehmen geforderte **stärkere Praxisorientierung**.

Klar ist, dass die Curricula **studierbar** sein müssen. Gleichrangig muss aber auch die im Zentrum der Europäischen Studienreform stehende **Orientierung der Lehre an Lernergebnissen** sowie das **eigenständige Lernen** der Studentinnen und Studenten durch ein besseres Verständnis des **studierendenzentrierten Lernens** weiter entwickelt werden. Studentinnen und Studenten sind einerseits in die Lage zu versetzen, mit **Wissen** und **Haltungen** umzugehen, und andererseits nicht nur fachwissenschaftliche Fähigkeiten, sondern auch **eigene Ansichten** und **Werte** sowie **überfachliche Fähigkeiten** zu entwickeln.

Den Studentinnen und Studenten soll die Gelegenheit gegeben werden, die verschiedenen Phasen eines Forschungsprojekts zu erfahren. Das soll die **Begeisterung fürs Studienfach** und die **eigene Verantwortung am Kompetenzerwerb** stärken. Folgerichtig ist **forschendes Lernen als aktivierendes Lehr-Lern-Format** und zum **Heranführen an wissenschaftliches Arbeiten** weiterzuentwickeln.

Um der Bedeutung von interdisziplinärem Ingenieurwesen besser Rechnung tragen zu können, müssen die Grenzen zwischen den klassischen Fachdisziplinen durchlässiger werden. Ein Beleg dafür sind die steigenden IKT-Anteile oder allgemein die **zunehmende Digitalisierung** jeglicher Technik.

3. Studenumfeld beziehungsweise -bedingungen

Ein wichtiger Baustein bei der Gestaltung von Studenumfeld bzw. -bedingungen, insbesondere bei der **Curriculumentwicklung**, ist ein **leistungsfähiges Qualitätssicherungssystem**. Dieses System trägt durch unterstützende Prozesse den zukünftigen Veränderungen bei ingenieurrelevanten Qualifikationen Rechnung. Dabei spielt die **inhaltliche Ausrichtung von Megatrends** und **Schlüsseltechnologien**, die die Wirtschaft von morgen prägen, zwar in der konkreten Ausgestaltung von Studienschwerpunkten eine Rolle, nicht aber bei den grundsätzlichen Strukturen.

Die dynamische Entwicklung **digitaler Medien** und **Kommunikationstechnologien** verändert die **Lernwelt**. Die Bandbreite der davon betroffenen Themenfelder reicht von der **Infrastruktur** über die **Virtualisierung von Lerninhalten**, die weiteren Ausprägungen von **asynchronen Lernprozessen** bis hin zu **projektorientiertem Lernen** als Teil eines **spezifischen Betreuungskonzepts**. Die Integration **neuer Medien** ist kein besonderes Spezifikum der Ingenieurwissenschaften. Gleichwohl kann der didaktisch sinnvolle Einsatz die Lehre, wie zum Beispiel bei der **Darstellung oder Simulation technisch komplexer Sachverhalte**, ganz besonders unterstützen.

Auch wenn die Erwartungen der Europäischen Studienreform an die **Mobilität der Lernenden** bisher nur eingeschränkt erfüllt werden, ist zu beobachten, dass der **Hochschulwechsel** von Studentinnen und Studenten in den Ingenieurstudiengängen innerhalb Deutschlands eigentlich nicht stattfindet. Ein quantifizierbarer Beleg lässt sich aufgrund des fehlenden Datenmaterials nicht führen. Hemmnisse, die die

Mobilität national wie international erschweren, müssen weiter abgebaut werden, um auch darüber **zusätzliche Kompetenzen** und die **Persönlichkeitsentwicklung** zu fördern.

4. Bildungsweichen und Karrierewechsel

Nach dem Ausstieg kommt der Einstieg – möglichst wieder in einen technischen Beruf. Daher soll bei einem bevorstehenden Studienabbruch die Möglichkeit eines **geregelten Ausstiegs** aus dem Studium geschaffen werden. Als „**zweite Chance**“ soll **Studienabbruch als Bildungsweiche** oder **Karrierewechsel** die Durchlässigkeit zu anderen technischen Berufen ermöglichen.

Die Durchlässigkeit zwischen Hochschulen und Hochschularten ist durch die Verständigung auf Kernelemente zu erhöhen. Dies schließt nicht aus, dass identifizierte Defizite im Vergleich zu dem Bachelor-Profil der aufnehmenden Hochschule durch entsprechende Auflagen kompensiert werden müssen. So können zur Qualitätssicherung oder aus Kapazitätsgründen nach den ländergemeinsamen Strukturvorgaben für die Akkreditierung vom 4. Februar 2010 für den Zugang oder die Zulassung zu Master-Studiengängen weitere Voraussetzungen bestimmt werden. Dies impliziert aber, dass für einen Wechsel die **Zulassungsverfahren** und **Anerkennungsprozesse nachvollziehbar gestaltet** und **ausreichend kommuniziert** werden müssen.

Der nach der **Lissabon-Konvention** hierfür zugrunde zu legende Vergleich der **Lernziele** und **erworbenen Kompetenzen** hat sich als **untauglich** erwiesen. Da einerseits die identische Beschreibung von Kompetenzen in Modulhandbüchern kein Garant für die tatsächlichen Kenntnisse der Absolventinnen und Absolventen aus den verschiedenen Ländern und Hochschulen darstellt und andererseits der administrative Aufwand für eine detaillierte Überprüfung der Bewerbungsunterlagen von den meisten Hochschulen nicht geleistet werden kann, müssen **praxistaugliche Zulassungsverfahren** entwickelt werden. Ein **Lösungsansatz** hierfür, der von vielen deutschen Universitäten bereits angewendet wird, ist der **Vergleich des Umfangs der Module (Leistungspunkte)**, häufig in Verbindung mit der **Bachelor-Abschlussnote**. Letztere stellt allerdings nach wie vor ein Problem dar: Die durchschnittlichen Abschlussnoten weisen in Abhängigkeit von den Hochschularten und -standorten teilweise erhebliche Unterschiede auf, so dass ein fairer Vergleich schwierig ist. Deshalb ist zumindest deutschlandweit anzustreben, eine einheitliche Abschlussnotenermittlung normativ vorzuschreiben (zum Beispiel durch Berücksichtigung aller Module jeweils gewichtet mit der Anzahl der Leistungspunkte). Eine Alternative hierzu könnte die **Einführung von Eingangstests** sein.

Es werden die jüngsten Erklärungen der Landesrektorenkonferenzen und der Rektorenkonferenz der HAW BW e.V. in Bezug auf die Handhabung der kooperativen Promotion begrüßt, insbesondere mit Blick auf die gesetzlichen Vorgaben im LHG § 38 Promotion. Diese sind umzusetzen.

Die Datenbasis zu den Strömen der Studentinnen und Studenten im Ingenieurwesen (Kapitel 4.1.4) muss so angepasst werden, dass ein **Monitoring der Ströme** der Studentinnen und Studenten an den **Bildungsweichen** hin zu einem **Bachelor- bzw. Master-Studium** sowie zu einer **Promotion** hochschul- wie auch standortübergreifend möglich wird. Ein grundlegender Schritt muss die Überführung der Bachelor- und Master-Abschlüsse in die amtliche Statistik sein.

Best Practice: „MINT-Kolleg Baden-Württemberg“ sowie „startING“ identifizieren relevante Erfolgsfaktoren für den Studienerfolg und erleichtern die **Anpassung heterogener Leistungsniveaus** und **Studienbedingungen**.

4.1.8 Handlungsfeld 6: Wandel des Ingenieurberufs – Studieninhalte und Studienstrukturen auf die Zukunft ausrichten

Ausgangsbasis

In allen Stufen des **industriellen Innovationsprozesses** machen Ingenieurinnen und Ingenieure einen Großteil des Personals aus. Damit beeinflussen sie unmittelbar die **Wettbewerbsfähigkeit** der Unternehmen, die damit auch in Zukunft auf die Verfügbarkeit von hoch qualifizierten Absolventinnen und Absolventen angewiesen sind. Dies wirft die Frage auf, wie die Hochschulen mit **zukunftsfähigen Studienbedingungen, -inhalten** und **-strukturen** den dynamischen Veränderungen in Technologien und Märkten und damit dem Wandel des Ingenieurberufs Rechnung tragen müssen.

Wesentlicher Treiber dieser Entwicklung sind die Komplexität, Neuartigkeit oder Unbestimmtheit, die zunehmend die hohen Ansprüche an die **systemische Lösungskompetenz** der Absolventinnen und Absolventen bestimmen. D. h. neben der fachlichen Fundierung geht es im Rahmen von veränderten Lehr-/Lernprozessen darum, Studentinnen und Studenten in die Lage zu versetzen, **eigene Einstellungen** und **Werte** sowie **überfachliche Fähigkeiten** zu entwickeln. **Kompetenzorientierung** und **studierendenzentriertes Lernen** sind **wesentliche Forderung** der Europäischen Studienreformen.

Ungeachtet der besonderen Anforderungen für eine akademische Karriere fokussieren die nachstehenden Betrachtungen auf die **industriell geprägte Sicht** der Unternehmen. Die Erwartungen der Wirtschaft auf eine **stärkere Vermittlung von Praxisbezügen, Praxiserfahrung** und **Schlüsselkompetenzen** ist eng verflochten mit der geforderten größeren **Arbeitsmarktorientierung** und **Berufsqualifizierung** des Studiums. Dies ist insbesondere bei Studentinnen und Studenten mit Bachelor-Abschluss keinesfalls eine triviale Aufgabe. Betrachtet man das durchschnittliche Studieneintrittsalter, das mit der Einführung des achtjährigen Gymnasiums (G8) und dem Wegfall der Wehrpflicht gesunken ist, so verwundert es nicht, dass mangelnde soziale Kompetenzen bei Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen aufgrund ihres geringeren Alters die Bedenken der Unternehmer verstärken. Damit stellt sich die Frage, inwieweit eine **Verlängerung der Studiendauer** notwendig wird.

Die akademische Qualifizierung durch das Studium bereitet die Absolventinnen und Absolventen auf **Lebenslanges Lernen** vor, das bereits heute durch umfangreiche Weiterbildungsformate der Hochschulen – einschließlich Programme für **Wiedereinsteigerinnen** und **Wiedereinsteiger** – getragen wird. Weiterbildung beginnt in diesem Sinn nicht nur nach einem Studienabschluss, sondern beschreibt den Bedarf an zusätzlicher oder begleitender **Wissens- und Kompetenzvermittlung**, was neben berufsbegleitenden Studienprogrammen auch eigenständige **Kontaktstudiengänge** und **Zertifikatskurse** beinhalten kann.

MINT-Kolleg Baden-Württemberg

Das MINT-Kolleg Baden-Württemberg ist ein Gemeinschaftsprojekt des Karlsruher Instituts für Technologie und der Universität Stuttgart. Es dient der Verbesserung der fachlichen Voraussetzungen und Kenntnisse in der Übergangsphase von der Schule zum Fachstudium in den MINT-Fächern.

Quelle: <http://www.mint-kolleg.de>

Handlungsempfehlungen

1. Ausbau des **institutionellen Qualitätssystems** für die Entwicklung der Curricula zur Sicherung **aktueller ingenieurrelevanter Qualifikationen** der Absolventinnen und Absolventen in Eigenverantwortung der Hochschulen. Beim Ausbalancieren von Grundlagen und anwendungsbezogenen Spezialisierungen kommt den Hochschularten ihre spezifische Rolle zu.
2. Die **Vielzahl spezialisierter Bachelor-Programme** (vorrangig HAW und DHBW) haben den **Studienabbruch** aufgrund **Fehlorientierung** erhöht¹³⁸. Die AG Lehre empfiehlt deshalb das Bachelor-Studium in der Regel **weniger fachlich diversifiziert** anzulegen. Diese Empfehlung muss aufgrund der besonderen Abhängigkeit der DHBW von der Ausbildungsstätte mit den Unternehmenspartnern erörtert werden.
3. Die Hochschulen sollen die **Kompetenzen**, die eine Ingenieurin oder ein Ingenieur mit einem Bachelor- bzw. Master-Abschluss der jeweiligen Hochschulart erwirbt, gegenüber den Unternehmen **besser kommunizieren**. In Anlehnung an die im LHG festgelegten Aufgaben der Hochschularten wird die überwiegend etablierte Aufteilung in „**stärker forschungsorientierte**“ Studiengänge an Universitäten und „**stärker anwendungsorientierte**“ Abschlüsse an HAW und DHBW weiterhin als funktional angesehen. Bezüglich weiterer Ausprägungen von Profilen und Kompetenzen wird auf Empfehlungen von Berufsverbänden oder Fachgesellschaften verwiesen¹³⁹.
4. Angesichts der **zunehmenden Komplexität** der geforderten **professionellen Handlungskompetenzen** sowie **Anwendungs- und Praxisbezüge** sollten die Hochschulen den im Gesetz vorgesehenen **Spielraum nutzen** und eine **Flexibilisierung** der heutigen Bachelor-Studiengänge durch **zeitliche und inhaltliche Umstrukturierung** auf bis zu **acht Semester** prüfen. Bei **konsekutiven Master-Studiengängen** sollten **dreisemestrige** oder **viersemestrige Studiengänge** weiterhin möglich sein. Die im Studium notwendige Kompetenzentwicklung ist auf diesem Weg zu verbessern, ohne Einschnitte beim Fachwissen vornehmen zu müssen. Solche Studiengänge haben für die jeweiligen Hochschulen auch **profilbildende Aspekte**.
5. Es sollte eine Diskussion darüber geführt werden, ob Hochschulen (vorrangig Universitäten) neben der bestehenden Studienstruktur die Möglichkeit bekommen sollten, **grundständige 10-semesterige Master-Studiengänge** zu erproben. Diese Studiengänge sollten nach dem sechsten Semester eine explizit beschriebene, dem **Bachelor-Abschluss äquivalente Qualifizierungsstufe** enthalten, die zum Hochschulwechsel sowohl **inbound** wie auch **outbound** genutzt werden kann. Wegen dieser Qualifizierungsstufe würden solche Studiengänge nicht als Rückkehr zum Diplom-Ingenieur gewertet werden können, da die Durchlässigkeit zu Studiengängen von HAW und DHBW sowie zu anderen Studienstrukturen gewahrt bleiben würde. Solche **grundständigen Masterstudiengänge** böten gegenüber der heutigen konsekutiven Studienstruktur folgende Vorteile:
 - **Verkürzung der Gesamtstudienzeit**, da Wartezeiten und Studienzeiten geringer Arbeitsbelastung wegen noch nicht vollständig erbrachter oder bewerteter Prüfungsleistungen entfallen
 - **Steigerung der Mobilität** und **einfachere Einbindung von Praxisphasen**, da eine größere Flexibilität der Studienplanung möglich ist
 - **Steigerung der Anziehungskraft** der Studiengänge gegenüber anderen Standorten, da sie ein Alleinstellungsmerkmal aufweisen würden
 - **Reduzierung des administrativen Aufwands** in der akademischen Selbstverwaltung und den Zentralen Verwaltungen, da erfahrungsgemäß der überwiegende

Anteil der Universitätsstudentinnen und -studenten den konsekutiven Masterabschluss an einem Standort anstrebt und damit **weniger Zulassungsverfahren, einfachere Prüfungsordnungen, geringere Belastung der Prüfungsausschüsse, Prüfungsämter** und **Studiensekretariate** möglich wären

- Eröffnung eines zwar vorzeitigen, aber **geregelten Studienabschlusses für Studienabbrecher (zweite Chance)**, da die Qualifizierungsstufe nach dem sechsten Semester äquivalent zum Bachelor-Abschluss wäre und mit einem solchen Zeugnis dokumentiert würde

Diese Empfehlung wird von den AG-Mitgliedern der Universitäten vertreten.

- Gemäß §9 (2) Hochschulrahmengesetz sollen die Hochschulen die Arbeitswelt in ausreichendem Maß in die Prozesse der **Studiengangentwicklung** einbinden (z. B. durch **Kompetenznetzwerke, Beiräte**). **Fachsiegel** oder die **Ausrichtung der Curricula** an gemeinsam erarbeiteten **Qualifikationsrahmen** können in den Ingenieurwissenschaften als weiteres **Qualitätsmerkmal** eingesetzt werden.
- Die Studentinnen und Studenten sollen dabei unterstützt werden, **Sozialkompetenz** dadurch zu erwerben, dass sie sich während des Studiums verstärkt in die **Zivilgesellschaft** einbringen. Damit kann die von den Arbeitgebern geforderte Entwicklung von **Persönlichkeit** und **Sozialkompetenz**¹⁴⁰ gefördert werden. Ein solches Engagement könnte in gewissem Umfang als **Studienleistung (Schlüsselkompetenz)** anerkannt werden.

Best Practices: Hochschulnetzwerk Bildung durch Verantwortung e.V.

- Um ein hochwertiges akademisches Angebot für das **Lebenslange Lernen** bieten zu können, müssen Hochschulen sich an einem **differenzierten Weiterbildungsbedarf** orientieren. Die Programme zu Forschungs- und Entwicklungsthemen sollten in **Zertifikatskursen** vermittelt werden. Diese können regionale **Bedürfnisse** berücksichtigen und gegebenenfalls in Verbindung mit Verbänden oder Fachgesellschaften angeboten werden. Die bestehenden rechtlichen Unsicherheiten über hochschulinterne oder -externe Weiterbildungsstrukturen sind zu klären. Die Berücksichtigung der inhaltlichen und organisatorischen Anforderungen der Lernenden erhöht bei hochschulinternen Lösungen den Ressourcenbedarf der Hochschule.

Hochschulnetzwerk Bildung durch Verantwortung e.V.

Das Hochschulnetzwerk Bildung durch Verantwortung ist ein Zusammenschluss von über 30 Hochschulen, die das zivilgesellschaftliche Engagement von Studierenden, Lehrenden und anderen Hochschulangehörigen stärken möchten.

Quelle: <http://www.bildung-durch-verantwortung.de/>

4.1.9 Handlungsfeld 7: Personalentwicklung für gute Lehre – Stellenwert erhöhen und Lehrkompetenz fördern

Ausgangsbasis

Die Qualität von Studium und Lehre und damit auch der Studienerfolg hängen ganz entscheidend vom **Stellenwert der Lehre** und der **Weiterqualifizierung des Hochschulpersonals** für die Aufgaben in Lehre, Betreuung und Beratung ab. Während die kontinuierliche Verbesserung der **Lehr-, Lern- und Prüfungsmethoden** formal Teil des Qualitätsmanagementsystems sein muss, schaffen die **Qualifikation** und **Weiterbildung** des Personals die Voraussetzungen für eine gute Lehre.

Personalentwicklung ist ein grundsätzliches **strategisches Element** der Hochschulen auf ihrem Weg zu einer **qualitätsgeleiteten Entwicklung**. Die Weiterqualifizierung für Lehrende im Hinblick auf die **Lehrkompetenz** gilt als **Kernaufgabe** der Hochschulen. Das ist kein ausgeprägtes Spezifikum der Ingenieurwissenschaften. Dennoch, der rasante Wandel der Berufs- und Tätigkeitsfelder von Ingenieurinnen und Ingenieuren so-

wie das erweiterte Verständnis der Lehrkompetenz der Europäischen Studienreform ergeben erhebliche Konsequenzen für die Qualifikation des Lehrpersonals.

Neben **sehr gutem Fachwissen** in den wissenschaftlichen Grundlagen, der **Anwendungsorientierung** sowie **Know-how in den angrenzenden Fachdisziplinen** haben die Qualitätsziele des Bologna-Prozesses (wie die Anforderungen an eine heterogenitätsorientierte Lehr- und Lernumgebung) die Rolle der Lehrkräfte im Hinblick auf ihre **didaktische** und **fachdidaktische Lehrkompetenz** neu definiert.

Hochschuldidaktische Fachkompetenz wird aufgebaut, indem Lehrende an Weiterbildungen wie **Seminaren, Einzelberatungen** oder **Coachings** teilnehmen. Dort werden Methoden aufgezeigt, die **studentische Lern- und Entwicklungsprozesse** und das eigenständige Lernen der Studentinnen und Studenten anregen¹⁴¹. Dazu gehören auch Konzepte neuer **Lehr-Lern-Settings**, um sich kritisch mit Rückmeldungen der Studentinnen und Studenten auseinanderzusetzen oder um gemeinsam Lösungen eines Problems entwickeln zu können¹⁴².

Ein wichtiger Schritt zur Förderung der **hochschulischen Personalpolitik** ist, den **Stellenwert von Lehre** und **didaktischer Lehrkompetenz** weiter zu **erhöhen**. Dies gilt besonders für die Universitäten und dem Spannungsfeld unterschiedlich gewichteter Lehr- und Forschungszielen.

Mit dem Motto „**Digitalisierung der Lehre**“ vollzieht sich derzeit unter dem Einfluss von immer leistungsfähigeren Kommunikationstechnologien, Lernplattformen oder mobilen Endgeräten eine **massive Transformation** der Lehr- und Lernumgebung. Die Digitalisierung hat den Druck auf die Hochschulen erhöht, mit dem Wandel durch eine stetige Qualifizierung des Personals Schritt zu halten.

Handlungsempfehlungen

1. Personalentwicklung ist ein wichtiger Baustein für gute Lehre. Die oben beschriebenen Anforderungen in der Lehre fordern die **stetige Personalentwicklung** im Bereich Studium und Lehre. Neben der spezifischen Fachkompetenz müssen die Lehrenden verstärkt den veränderten Kompetenzanforderungen an ihre Lehre gerecht werden.

Die Lehre ist durch eine bessere **Verzahnung ihrer Praxis** mit den Ergebnissen aus der **Didaktikforschung** zu stärken. Durch den Ausbau hochschulübergreifender Kooperationen und die bessere Annahme von zentralen Weiterbildungsangeboten können die Beratung und der Erfahrungsaustausch weiter gefördert werden.

Best Practices: Hochschuldidaktikzentrum Baden-Württemberg der Universitäten, Geschäftsstelle der Studienkommission für Hochschuldidaktik an HAW in Baden-Württemberg in Karlsruhe.

2. Insbesondere bei HAW-Lehrenden ermöglicht **kooperative Forschung** mit gemeinsamen Veröffentlichungen die **Kompetenzerweiterung** im wissenschaftlichen Bereich und fordert die Lehrenden, sich mit ihrem Fachgebiet fortwährend auseinanderzusetzen. Andererseits kann Praxiswissen durch die in **Partnerschaft mit der Industrie** durchgeführten **konsultativen Forschungsprojekte** gestärkt werden. Auch hierzu können Förderungen hochschulübergreifender Plattformen neue Potenziale wecken.

Best Practices: Baden-Württemberg Center of Applied Research

- Der Verwaltungsaufwand ist massiv gestiegen. Das Lehrpersonal muss deshalb von administrativen Aufgaben entlastet werden. Dies kann durch zusätzliche personelle Ressourcen, besser qualifiziertes Personal, effizientere Lehr- und Prüfungsorganisation wie auch durch **IT-gestützte Prozesse** ermöglicht werden.
- Den **Stellenwert der Lehre** und der **Lehrprofessionalität** gilt es weiter zu erhöhen. Anreize können durch das Ausloben von **Lehrpreisen** oder **Wettbewerben** – hochschulintern oder -übergreifend – gesetzt werden. Die Lehrkompetenz in Berufungsverfahren ist sicherzustellen. An die Adresse der Universitäten: **Lehrexzellenz** ist als Profilelement **gleichberechtigt zur Forschungsexzellenz** anzusetzen.

Best Practices: Ars legendi-Preis für exzellente Hochschullehre, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft und die Hochschulrektorenkonferenz (HRK), oder Ars legendi-Fakultätenpreis für exzellente Hochschullehre in der Mathematik und den Naturwissenschaften, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

- Die Potenziale und die Herausforderungen der zunehmenden **Virtualisierung von Lerninhalten** und **des Lernkontextes** bis hin zur **Intensivierung asynchroner Lernprozesse**, die gezielt **projekt- und problembasierte Lehre** fördern oder sogar eine **Neuformatierung von Lehr- und Lernzeiten** ermöglichen, werden als besonders hoch eingeschätzt. Folgerichtig rückt dabei die **hochschuldidaktische Sensibilisierung** und **Weiterbildung der Lehrenden** als „**learning activator**“ und „**facilitator**“ in den Fokus der Qualitätssicherung.
- Alle Maßnahmen sind nur dann erfolgversprechend, wenn infrastrukturelle und personelle Ausstattungen zur Weiterbildung dauerhaft zur Verfügung gestellt werden.

4.1.10 Handlungsfeld 8: Finanzierung als Fundament – Gute Lehre finanziell dauerhaft absichern

Ausgangsbasis

Die Ingenieurstudiengänge verzeichneten nach dem Einbruch der frühen 90er Jahre zunächst in den Diplom-Studiengängen und ab 2005 infolge der Europäischen Studienreform in den grundständigen Bachelor- und Master-Studiengängen einen starken Anstieg der Zahl der Studentinnen und Studenten.

Der Effekt der Substitution der Diplom-Studiengänge durch die Bologna-Abschlüsse wird ab 2007 überlagert durch den Zuwachs an grundständigen Bachelor-Studienanfängerplätzen durch das Landesausbauprogramm „**Hochschule 2012**“. Mit diesem Programm wurden in Baden-Württemberg seit 2006 in ingenieurrelevanten Bachelor-Studiengängen **zusätzlich mehr als 6.600 Studienanfängerplätze** geschaffen¹⁴³. Innerhalb der ersten fünf Jahre nach der vollständigen Umstellung des Bologna-Prozesses ist die **Zahl der Studienanfängerinnen und Studienanfänger im Bachelor von mehr als 20.000 um 50 % auf über 30.000 gestiegen** (Tabelle 4-2).

Baden-Württemberg Center of Applied Research (BW-CAR)

Am 9. Mai 2014 wurde die virtuelle Kooperationsplattform BW-CAR von der Mitgliederversammlung des HAW BW e.V. eingerichtet. Auf Basis eines umfassenden Qualitätssystems ermöglicht das Netzwerk als Dach für seine Mitglieder die hochschul- und standortübergreifende Vernetzung von Forschungskompetenzen in themenspezifischen Forschungsschwerpunkten.

Quelle: <https://www.hochschulen-bw.de/home/bw-car/ueber-bw-car.html>

Hochschule 2012

Mit dem Ausbauprogramm „Hochschule 2012“ baute die Landesregierung die Studienkapazitäten von 2007 bis 2012 aus. Bis zum Jahr 2012 wurden damit rund 22.500 zusätzliche Studienanfängerplätze an den Hochschulen in Baden-Württemberg geschaffen. Damit wurde sichergestellt, dass die Studienberechtigten, insbesondere die Studienberechtigten des Abiturjahrgangs 2012, die gleichen Chancen zur Aufnahme eines Studiums haben wie die Schulabsolventen früherer Jahre.

Quelle: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/ministerium/kerndaten/>

Studienjahr	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Änderung 2013 zu 2008
Bachelor IngW	20.145	23.078	24.044	28.440	30.172	30.302	50 %
Bachelor insgesamt	47.876	54.579	56.977	66.412	71.722	71.679	50 %
Anteil IngW an insgesamt	42 %	42 %	42 %	43 %	42 %	42 %	
Master IngW	2.162	3.462	3.900	4.917	6.556	7.895	265 %
Master insgesamt	5.461	8.575	11.062	13.534	16.910	19.676	260 %
Anteil Master IngW an gesamt	40 %	40 %	35 %	36 %	39 %	40 %	

Tabelle 4-2: Studienanfängerinnen und Studienanfänger in den Ingenieurwissenschaften und insgesamt in Baden-Württemberg*

* Abweichung zu amtlicher Statistik, da Ingenieurwissenschaften hier Informatik und Wirtschaftsingenieurwesen inkludieren.

Master 2016

Mit dem Ausbauprogramm „Master 2016“ hat die Landesregierung die Schaffung von 6.300 zusätzlichen Anfängerplätzen in Masterstudiengängen beschlossen, um der in den kommenden Jahren steigenden Nachfrage nach Masterstudienplätzen im Zuge des Ausbauprogramms „Hochschule 2012“ zu entsprechen. Die Zahl der Masterplätze wird daher von bisher 9.500 Anfängerplätzen landesweit sukzessive bis zum Wintersemester 2017/2018 auf insgesamt 15.800 Plätze erhöht werden. Der Ausbau erfolgte im Dialog mit Hochschulen, Wirtschaft, öffentlichen Arbeitgebern und Wissenschaft.

Quelle: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/hochschulen-studium/master-2016/>

Im Jahr 2013 wurde das Programm „Master 2016“ gestartet. Dabei konnten bis heute insgesamt **über 4.000 Studienanfängerplätze** in Master-Studiengängen neu eingerichtet werden. Davon entfielen im Bereich MINT mehr als **1.300 an Universitäten** und **über 800 an HAW**¹⁴⁴.

Beide Ausbauprogramme haben zwar zu einem Anstieg der Studienanfängerinnen und -anfänger geführt, der ingenieurrelevante Anteil an der Gesamtzahl blieb aber weitgehend unverändert (Tabelle 4-2).

Betrachtet man strukturelle Fragen und Ressourcen in den Hochschulen im Hinblick auf den Studienerfolg, so ist allem voran die **Betreuungsrelation** zu adressieren. Die **budgetfinanzierten Ausbaumaßnahmen** werden durch die Bundesmittel Hochschulpaket I (2007–2010) und II (2011–2015) komplementär finanziert; die für die **Betreuungsrelation** maßgebliche Kennzahl „**Studentinnen und Studenten pro Professorin bzw. Professor**“ haben sich in den Ingenieurstudiengängen aber gegenüber früheren Ausbaumaßnahmen **nahezu halbiert**. So hat der starke Ausbau der Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg zwangsläufig eine **deutliche Verschlechterung der Betreuungsrelation** nach sich gezogen.

Jahr	Studentinnen und Studenten pro Professorin bzw. Professor ¹⁴⁵	
	Universitäten	HAW
2005	68,7	27,8
2013	104,8	37,1

Tabelle 4-3: Unterschied der Betreuungsrelation in den Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg vor Beginn der Ausbaumaßnahme (2005) und 2013

Es zeichnet sich eine deutlich **negative Entwicklung** hinsichtlich der Betreuung der Studentinnen und Studenten durch die Professorin oder den Professor ab.

Im bundesweiten, universitären Vergleich hatte **Baden-Württemberg 2005 das schlechteste Betreuungsverhältnis**¹⁴⁶. Auch wenn sich dieser Rang bis 2013 um 3 Plätze verbessert hat, zeichnet sich eine **deutlich negative Entwicklung** hinsichtlich der Betreuung der Studentinnen und Studenten durch die Professorinnen und Professoren ab (Tabelle 4-3). Diesen Trend bestätigt auch der Verlauf an den baden-württembergischen **HAW**, welche jedoch im Bundesvergleich mit dem **drittbesten Betreuungsverhältnis** wesentlich besser positioniert sind.

Der massive Anstieg der Zahl der Studentinnen und Studenten wirft die Frage auf, ob die Hochschulfinanzierung entsprechend mitgewachsen ist. Die Studie „**Die Entwicklung der Hochschulfinanzierung – von 2000 bis 2025**“ der Konrad Adenauer Stiftung liefert dazu folgende ernüchternde Zahlen: Der **Rückgang der Hochschulausgaben** von Bund und Ländern für die Grundmittel für Lehre und Forschung in Baden-Württemberg je Studentin bzw. Student zwischen 2000 und 2011 liegt bei **22 Prozent**. **Betrachtet man die Ausgaben des Landes für die Grundmittel, d. h. ohne die Bundesmittel, so beträgt der Rückgang je Studentin bzw. Student 21,7 Prozent im gleichen Zeitraum; lediglich das Land Brandenburg verzeichnet eine noch schlechtere Entwicklung**¹⁴⁷. Im Vergleich dazu lag der Rückgang in Bayern bei nur gut sechs Prozent. Die Studie legt abschließend die Vermutung nahe, dass die **Zunahme der Studienabbruchquoten** in den Ingenieurwissenschaften eben durch diese Verschlechterung überproportional angestiegen ist¹⁴⁸.

Im Januar 2015 haben die baden-württembergischen Hochschulen den Hochschulfinanzierungsvertrag „**Perspektive 2020**“ unterzeichnet. Der Vertrag sichert den Hochschulen einen **Aufwuchs der Grundfinanzierung bis 2020 um mindestens 3 Prozent pro Jahr** durch Veredlung einiger bisher befristet zur Verfügung stehenden Mittel sowie durch die teilweise Übernahme der Steigerung der Personalkosten durch das Land. Zudem setzt der Vertrag u. a. die Zulassungszahlen bis einschließlich des Studienjahrs 2018/19 fest. Die Möglichkeit, die Zulassungszahlen mittelfristig auf die rechnerischen Kapazitäten nach der geltenden Kapazitätsverordnung zurückzuführen, soll erst im Rahmen der Verhandlungen zum nächsten Hochschulfinanzierungsvertrag geprüft werden.

Mit dem „**Innovations- und Qualitätsfonds**“, den die Hochschulen im Rahmen des Solidarpakts II seit 2009 anteilig (50 Prozent) speisen, werden überwiegend Vorhaben der Hochschulen zur **Verbesserung der Lehre in den MINT-Fächern** finanziert. Unter anderem werden damit die **Studienmodelle individueller Geschwindigkeiten** gefördert. Der Fonds wird im Hochschulfinanzierungsvertrag nicht mehr fortgeführt.

Die Bewältigung von mehr Studentinnen und Studenten mit unterschiedlichsten Hochschulzugangsberechtigungen und Vorkenntnissen in zeitlich verkürzten Studiengängen, die Umsetzung der Qualifikationsziele der Europäischen Studienreform, die Etablierung eines international anerkannten Qualitätsmanagementsystems sowie die Übernahme zahlreicher neuer Aufgaben¹⁴⁹, stellen die Hochschulen weiterhin vor **große finanzielle Schwierigkeiten**. Die erneute Schaffung „befristeter Qualität“ – bei den HAW werden bis 2020 keine HS 2012-Studienanfängerplätze in die Grundfinanzierung überführt – **behindert die Weiterentwicklung einer qualitätsgeleiteten Lehre**.

Die Nachfrage nach Master-Studienplätzen wird perspektivisch weiter zunehmen. Bereits heute führt diese in den Ingenieurdisziplinen dazu, dass viele Master-Bewerberinnen und -Bewerber keinen Studienplatz erhalten bzw. dass die Programme in **erheblicher Überlast** durchgeführt werden.

Perspektive 2020

Mit dem Hochschulfinanzierungsvertrag „**Perspektive 2020**“ wird die Grundfinanzierung der Hochschulen von 2015 bis 2020 jährlich um durchschnittlich mindestens drei Prozent pro Jahr steigen. Ziel ist es, die baden-württembergischen Hochschulen in ihrer führenden Position in der bundesweiten Wissenschafts- und Forschungslandschaft zu sichern und ausbauen zu können.

Quelle: Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (2015): Perspektive 2020. Hochschulfinanzierungsvertrag Baden-Württemberg 2015–2020; Stuttgart

Handlungsempfehlungen

Aus den oben genannten Voraussetzungen resultieren die folgenden übergeordneten Handlungsempfehlungen. Die zunächst allgemein formulierten Empfehlungen gelten in besonderem Maß für die Studiengänge der Ingenieurwissenschaften, da neben der exponierten Ausgangsbasis diese auch deutlich **betreuungs-** und **kostenintensiver** als Buchwissenschaften sind.

1. Die beiden relevanten Rahmenbedingungen, **Grundmittel für Lehre und Forschung** je Studentin bzw. Student sowie **Betreuungsverhältnisse**, sind auf den Stand vor den Ausbaumaßnahmen, d. h. auf den Stand von 2005 zu korrigieren. Eine mögliche weitgehend kostenneutrale Umsetzung dieser Forderung lässt sich dadurch erreichen, dass bei einem **demografisch bedingten Rückgang** der Studienberechtigten und damit Studentinnen und Studenten die personellen wie finanziellen Ressourcen bei den Hochschulen verbleiben. Keinesfalls dürfen **studienabbruch-bezogene Kennzahlen** als Malus in die Finanzierung eingehen. Damit würden die Ingenieurstudiengänge gegenüber den Buchwissenschaften massiv benachteiligt und letztlich die Bemühungen der Hochschulen um gute Lehre in einem komplexen und hoch dynamischen Wandel konterkariert.
2. Die **projektbasierte Finanzierung** von Bund und Land kann gute Lehre nicht dauerhaft absichern, da die Mittel nur **begrenzt verlässlich planbar** sind. Eine nachhaltige Finanzierung setzt eine **Überführung in die Grundfinanzierung** oder zumindest eine **langfristige Absicherung** der Programme voraus. In der Änderung des Artikels 91b GG sieht die AG Lehre hinreichend Möglichkeiten für das Land, in der nächsten Legislaturperiode des Bundes den jährlichen Aufwuchs der Grundmittel über den finanziellen Anstrengungen des Landes zu verhandeln.
3. Der Hochschulfinanzierungsvertrag „**Perspektive 2020**“ sieht eine vollständige Umwandlung der „Hochschule 2012“-Studienanfängerkapazitäten der Universitäten bis 2020 vor. Bei den HAW muss frühzeitig vor Auslaufen des Vertrags 2020 eine vergleichbare Lösung ausgehandelt werden.
4. Der Wegfall von rund **30 Millionen Euro pro Jahr** aus dem „**Innovations- und Qualitätsfonds**“ muss durch Mittel aus der Qualitätssicherungslinie des Hochschulpakts 2020 zusätzlich ausgeglichen werden.
5. Das **Kapazitätsrecht ist so zu modernisieren**, dass der Mehraufwand für eine qualifizierte heterogenitäts- und studierendenzentrierte Lehr- und Lernumgebung berücksichtigt wird. Dies impliziert, dass eine **flexible Verschiebung von Kapazitäten zwischen Bachelor- und Master-Studiengängen** grundsätzlich möglich wird. In einem zweiten Schritt müssen die Bandbreiten angemessen erhöht werden. Die **Korrektur der Fehlentwicklung in der Betreuungsrelation** ist durch Anpassung der Hochschulfinanzierung rechtzeitig, d. h. vor der im Hochschulfinanzierungsvertrag genannten Frist 2018, zu verhandeln.

4.1.11 Zusammensetzung der Arbeitsgruppe Lehre

Mitglieder der Arbeitsgruppe Lehre:

Hr. Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl (Universität Stuttgart; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz (Universität Stuttgart)

Hr. Dr. rer. pol. Dietrich Birk (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau Baden-Württemberg)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Martin Bossert (Universität Ulm)

Hr. Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer (Hochschule Offenburg)

Hr. Prof. Dr. Hendrik Brumme (Hochschule Reutlingen)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Stephan Engelsmann (Ingenieurkammer Baden-Württemberg)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Matthias Kind (Karlsruher Institut für Technologie)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Winfried Lieber (Hochschule Offenburg) (Leiter der Arbeitsgruppe)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Carsten Proppe (Karlsruher Institut für Technologie)

Fr. Prof.in Dr. rer. nat. Nicole Radde (Universität Stuttgart)

Fr. Prof.in Dr. rer. pol. Sabine Rein (Hochschule für Technik Stuttgart)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Werner Sobek (Universität Stuttgart)

Hr. Dr.-Ing. Kurt Schmalz (J. Schmalz GmbH)

Fr. Prof.in Dr.-Ing. Ulrike Wallrabe (Universität Freiburg)

Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Sounding Boards:

Hr. Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer (Universität Stuttgart)

Hr. Dr.-Ing. Winfried Blümel (Progress-Werk AG)

Hr. Prof. Dr. rer. nat. Achim Bubbenzer (Hochschule Ulm)

Hr. Thomas Dederer (Student Universität Stuttgart)

Hr. Klaus Erdrich (BCT Technology)

Hr. Lars Garcia (Student DHBW)

Fr. Corinna Henninger (Studentin Hochschule Offenburg)

Fr. Pia Klante (Studentin Hochschule Ulm)

Hr. Gebhard Lehmann (Herrenknecht AG)

Hr. Dr.-Ing. Thomas Peukert (Meiko GmbH)

Hr. Prof. Dr. rer. nat. Peter Väterlein (Hochschule Esslingen)

Hr. Dr. rer. nat. Frank Woitzik (Gymnasium Ettenheim)

4.2 Forschung

4.2.1 Was ist gute Forschung?

Gute Forschung löst Probleme – theoretisch und praktisch!

Im Kern ist Forschung die **methodisch gestützte Suche nach Lösungen**, teils für bekannte, teils für zunächst nur **vage greifbare Problemstellungen**. Gute Forschung besteht im Aufgreifen der richtigen, das heißt die für die **Lösung konkreter Probleme relevantesten** oder aus **wissenschaftlicher Sicht interessantesten Fragestellungen**, deren Beantwortung sowie im **Aufwerfen weiterführender, relevanter Problemstellungen**. Hierbei folgt gute Forschung den Regeln **guter wissenschaftlicher Praxis** und bemüht sich fortwährend um **wissenschaftliche Redlichkeit**.

Zu guter Forschung gehört es an erster Stelle, **bestens qualifizierte** und hoch **talentierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler** mit einem **inspirierenden Umfeld** und **leistungsfähiger Infrastruktur** auszustatten, um sie im **Wettbewerb um die besten Köpfe** halten bzw. gewinnen zu können.

Ein wichtiges Kriterium ist die **gute Balance** zwischen **theoretischen Forschungsleistungen**, die meist große Zeithorizonte umfassen, sowie anwendungsnäheren bis hin zu sehr **praxisnahen Forschungsleistungen** mit mittleren und kurzen Zeithorizonten, die die Schnittstelle zur Übertragung von Forschungsergebnissen in **gesellschaftlich** und wirtschaftlich **nutzbaren Mehrwert** darstellen. Die Bearbeitung von zunächst theoretischen Fragestellungen bringt oftmals vollkommen **neuartige Erkenntnisse** hervor, von denen manchmal nur zu ahnen ist, in welchen gesellschaftlichen Kontexten sie sich Nutzen stiftend einsetzen lassen. Die Aufgabe der anwendungsnäheren und sehr anwendungsnahen Forschung besteht schwerpunktmäßig darin, diese Erkenntnisse aufzugreifen, mit weiteren Forschungsleistungen anzureichern, mit Erkenntnissen aus anderen Disziplinen zu verknüpfen und auf **lebensweltliche Kontexte** hin zu adaptieren.

Akteure einer guten Forschungslandschaft haben verstanden, dass **gelebte Interdisziplinarität** einen der **wesentlichen Schlüsselfaktoren** für den **wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Erfolg** der Zukunft darstellt. Die Gesellschaft fordert zunehmend die Lösung ihrer Probleme durch die Wissenschaften ein. Wollen die Wissenschaften diesem Auftrag gerecht werden, können sie dies nur, indem der **interdisziplinäre Geist tief in der Scientific Community verankert wird**. Interdisziplinarität darf künftig nicht mehr als eine fakultative Möglichkeit verstanden werden, sondern muss als das „kleine Einmaleins“ in akademische Studiengänge integriert sein. Andererseits darf Interdisziplinarität nicht zur Aufweichung der wissenschaftlichen Disziplinen führen. Die **Fachdisziplinen** stellen **wissenschaftliche Tiefe** sicher. **Interdisziplinarität** leistet die frühzeitige, nachhaltige und immer wieder aufs Neue in Angriff zu nehmende Aufgabe der **Vernetzung zwischen diesen Disziplinen**.

Gute Forschung vernetzt die Forschungsstandorte. Sie nutzt die jeweiligen Stärken unterschiedlicher Hochschultypen, unterschiedlicher außeruniversitärer Forschungseinrichtungen der industriellen Forschung sowie der Region. Darüber hinaus vernetzen sich gute Forscherinnen und Forscher gezielt mit **exzellenten internationalen Partnern** in der Wissenschaft und stellen somit den regelmäßigen Austausch neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse über Landesgrenzen hinweg nachhaltig sicher.

4.2.2 Handlungsfeld 1: Die Ingenieurwissenschaften als Innovationsmotor – Profile schärfen, Potenziale nutzen

Ausgangsbasis

Die Ingenieurwissenschaften unterscheiden sich von allen anderen Wissenschaftsdisziplinen am augenscheinlichsten dadurch, dass bei ihnen die **Erkenntnis** (technologischer Zusammenhänge) immer Hand in Hand mit der **Gestaltung** (von Produkten, Methoden und Lösungen) geht (vgl. Kapitel 2.1). Während beispielsweise das Ziel naturwissenschaftlicher Forschung mit der Beantwortung theoretischer Fragestellungen zurecht als erreicht gilt, ist dies für ingenieurwissenschaftliche Forschung nicht ausreichend. Von den Ingenieurwissenschaften wird stets verlangt – und dies entspricht auch ihrem Selbstbild –, dass sie nicht nur mit der Generierung von Wissen, sondern auch mit der **Gestaltung konkreter Produkte, Methoden und Lösungen** gesellschaftliche Problemstellungen adressieren und somit direkt zu **volkswirtschaftlicher Wertschöpfung** beitragen. Angesichts der **Beschleunigung von Entwicklungszyklen und gesellschaftlichen Prozessen** bedeutet dies aber auch: Es werden zusätzliche Anstrengungen seitens der ingenieurwissenschaftlichen Forschungslandschaft, ebenso wie auch von den verantwortlichen politischen Institutionen notwendig sein, um die **wertschöpfende Rolle** der Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg dauerhaft abzusichern.

Die ingenieurwissenschaftliche Forschungslandschaft in Baden-Württemberg deckt alle technologischen Felder ab, sowohl in ihrer thematischen Breite als auch im Hinblick auf alle Zeithorizonte technikrelevanter Forschung. Eine besondere Stärke der Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg besteht dabei in der bereits **sehr guten Vernetzung von Wirtschaft und Wissenschaft**, die sich in einer Vielzahl von gemeinsamen Projekten und Kooperationen niederschlägt. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich allerdings, dass von diesen Kooperationen vor allem große und große mittelständische Unternehmen profitieren, während **kleine und mittlere Unternehmen** nur **unzureichend Zugang zu Forschungsergebnissen** und **-kapazitäten** haben.

Die hohe **Attraktivität** und große **Verfügbarkeit von Drittmitteln** aus der Industrie birgt für ingenieurwissenschaftliche Einrichtungen in Baden-Württemberg zudem die Gefahr, sich zu sehr auf die Durchführung von Forschungsprojekten in Kooperation mit Industriepartnern zu fokussieren. Da diese Art von Forschungsprojekten meist eher kurz- bis mittelfristig ausgerichtet ist, besteht das **Risiko**, dass **strategische Forschungsinitiativen unterrepräsentiert** sind.

In Bezug auf ingenieurwissenschaftliche Forschung zeichnen sich **Universitäten** vor allem durch ihre Fähigkeit aus, umfangreiche **Forschungsvorhaben mit großen Zeithorizonten** zu konzipieren, zu organisieren und durchzuführen. Hierzu greifen sie auf vorhandene **Forschungsinfrastruktur** zurück, die in ihrer Art und in ihrem Umfang in manchen Fällen national, gelegentlich sogar international einmalig ist. Zudem gewährleisten die Ingenieurwissenschaften an Universitäten die **systematische Verschränkung technikrelevanter Forschung aller Zeithorizonte sowie des Erkenntnis- und Gestaltungsaspektes in den Ingenieurwissenschaften**. Die disziplinäre Fortentwicklung und wissenschaftliche Selbstreproduktion ingenieurwissenschaftlicher Fachrichtungen ist auf dieser Basis nur an Universitäten institutionell möglich und damit langfristig und nachhaltig gewährleistet.

Die **HAW** haben im vergangenen Jahrzehnt ihren **Auftrag zur technikrelevanten Forschung** immer stärker wahrgenommen. Dies zeigt sich nicht nur an der Zunahme der Zahl der **forschungsaktiven Professorinnen und Professoren**, sondern vor allem

auch an der sichtbaren Steigerung der eingeworbenen Drittmittel und der Kooperationsprojekte mit der Industrie. Durch die Entwicklung fachlicher **HAW-Schwerpunkte**, in denen **interdisziplinär** an **gemeinsamen Fragestellungen** geforscht wird, und die teilweise über ein – angesichts der begrenzten personellen und zeitlichen Rahmenbedingungen beachtliches – jährliches Budget von **bis zu 1 Million Euro** verfügen¹⁵⁰, sind sie **leistungsfähige Kooperationspartner** für die Universitäten und die Wirtschaft sowie **wichtige Träger des Wissens-** und **Technologietransfers** für die in Baden-Württemberg im nationalen Vergleich stark ausgeprägte mittelständische Industrie.

Entdifferenzierungsprozesse haben in der Vergangenheit dazu geführt, dass die ehemals klar definierten Unterschiede zwischen Universitäten und HAW ihre allgemeine und ausschließliche Gültigkeit verloren haben. Dies bezieht sich vornehmlich auf die historische Zuordnung von Grundlagenforschung zu Universitäten, zeigt sich aber auch in der zunehmenden Angleichung der Ausbildungsprofile an den beiden genannten Hochschultypen im Rahmen des Bologna-Prozesses, welcher auf andersartige, aber bezogen auf die Kompetenz gleichwertige Bachelor- und Master-Abschlüsse an allen Hochschultypen abzielt.

Die Entwicklung sollte aus Sicht der Arbeitsgruppe Forschung mit Blick auf die bestmögliche Nutzung der Entwicklungschancen der Hochschultypen durch **komplementäre Ergänzung und Schärfung der Forschungsprofile** fortgeführt werden. Hierbei müssen die bestehenden **Unterschiede** in **Art, Struktur, Ausrichtung, Umfang** und **infrastruktureller** Ausstattung der Forschung an Universitäten und HAW beachtet und im Rahmen **institutionell abgesicherter Kooperationen** bestmöglich eingebracht werden.

Die Schärfung der Profile ingenieurwissenschaftlicher Forschung und Lehre an Universitäten und HAW wird auch **von der baden-württembergischen Industrie gefordert**. Hochrangige Vertreterinnen und Vertreter baden-württembergischer Industrieunternehmen fordern **einstimmig** und **vehement** die **eindeutige Abgrenzung des Forschungs-, Lehr- und Innovationsauftrages von Universitäten und HAW**. In diesem Zusammenhang betonen sie insbesondere die große Bedeutung, Studienabschlüsse von Universitäten und HAW klar in ihrem Profil zu definieren¹⁵¹. Das umfangreiche Spektrum ingenieurwissenschaftlicher Aufgaben, das in Industrieunternehmen bewältigt werden muss, verlangt zwingend nach **geeigneten Schwerpunktsetzungen bereits in der Hochschulausbildung**.

Neben dem **deutlichen Ausbau der Kooperationen** zwischen Universitäten und HAW sieht die Arbeitsgruppe **großes Synergiepotenzial** in der inhaltlichen und organisatorischen **Vernetzung der verschiedenen Ingenieursdisziplinen** und **Forschungsstandorte**. Denn: Heute weltweit bekannte Produkte aus Baden-Württemberg, wie Autos, Werkzeugmaschinen oder Medizingeräte, werden ohne weitreichende Innovationen, die nur durch die **interdisziplinäre Verbindung von Maschinenbau-, Elektrotechnik- und Informatikkompetenzen** entstehen können, nicht mehr wettbewerbsfähig sein.

Weitreichende und umwälzende Innovationen, die ihre Wirksamkeit oft erst in zehn oder mehr Jahren entfalten, setzen allerdings das **frühzeitige Ergreifen von langfristige angelegten Forschungsinitiativen** voraus. Diese technikrelevante Forschung großer Zeithorizonte ist in Baden-Württemberg allerdings bedroht. Der Hauptgrund dafür liegt in der oben genannten an sich sehr positiven engen Verzahnung von Hochschul- und Industrieforschung und der damit einhergehenden hohen Attraktivität und großen Verfügbarkeit von industriellen Drittmitteln. Das Ergreifen strategischer Forschungsinitiativen, wie beispielsweise die **Konzipierung und Beantragung von DFG-Sonderforschungsbereichen**, die ein großes Investment darstellen und in der

Regel der **Hochrisikoforschung** zuzuordnen sind, hat in den letzten Jahren bereits abgenommen. Die **sinkende Anzahl der Sonderforschungsbereiche** auf dem Gebiet der Ingenieurwissenschaften verdeutlicht diese Entwicklung (2005: 14¹⁵²/ 2015: 4¹⁵³). Dieser Zusammenhang zeigt sich besonders augenscheinlich an der Entwicklung der Stellung baden-württembergischer Hochschulen in den einschlägigen Rankings der DFG¹⁵⁴.

Der Ausbau von mit hohem Risiko behafteten Forschungsaktivitäten, die den wissenschaftlich-technischen Fortschritt vorantreiben, würde die industrielle Innovationsfähigkeit über längere Zeiträume hinweg deutlich stärken. Die mit diesem Segment typischerweise verknüpfte **Publikationstätigkeit auf öffentlich zugänglichen Plattformen** würde darüber hinaus zu einer **besseren Vergleichbarkeit** des Niveaus der baden-württembergischen Ingenieurwissenschaften auf internationaler Ebene beitragen. Besonders zum Tragen käme dieser Aspekt im Hinblick auf optimalen Erfolg beim Einwerben öffentlicher Fördermittel, beispielsweise in einer Fortsetzung der **Exzellenzinitiative**.

Der wachsenden gesellschaftlichen Forderung an Forschungseinrichtungen, wissenschaftliche Forschung an gesellschaftlichen Herausforderungen und Aufgabenstellungen zu orientieren, stehen die Ingenieurwissenschaften gelassen gegenüber, entspricht dies doch in einem wesentlichen Teil ihrem Selbstbild. Dies liegt an der herausgehobenen Bedeutung des **Gestaltungsaspektes** für die Ingenieurwissenschaften. Ergebnisse ingenieurwissenschaftlicher Forschung – konkrete Methoden, Artefakte (z.B. Maschinen, Produkte und Bauwerke) und weitere technische Lösungen – **gewinnen ihre Relevanz** immer auch **aus ihrem späteren gesellschaftlichen Nutzen**.

Die Ausrichtung ingenieurwissenschaftlicher Forschung impliziert für das Land Baden-Württemberg einerseits die **Etablierung von Forschungsschwerpunkten** an Standorten und in Regionen, die **thematisch komplementär** ausgerichtet sind. Aus nationaler und internationaler Perspektive bedeutet die strategische Ausrichtung der Ingenieurwissenschaften aber auch, **Schwerpunktthemen für das gesamte Land Baden-Württemberg** zu definieren.

Vor diesem Hintergrund wird die **enorme Wichtigkeit des Bereiches Mobilität** nicht nur für die Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg, sondern für die gesamte Wertschöpfungsstruktur Deutschlands betont. Der Bereich Mobilität umfasst dabei zwar als zentralen Teil den **Automobilbau**, aber auch die Erforschung und Entwicklung nachhaltiger Lösungen in der **Individualmobilität** wie auch die Entwicklung **hochintegrierter Verkehrskonzepte**. Das Land Baden-Württemberg hat beste Voraussetzungen, in diesem Segment auch künftig führend zu sein und damit langfristig den größten und zuverlässigsten Wertschöpfungsmotor für Baden-Württemberg zu sichern und auszubauen.

Als weiterer **wichtiger Wertschöpfungsmotor** wird der **Bereich Energie** gesehen. Baden-Württemberg hat hier mit starken Forschungsleistungen und einer starken Industriestruktur beste Voraussetzungen, an führender Position die **intelligenten Energiesysteme** von morgen zu erforschen und zu entwickeln.

Um die großen Erfolge der Erforschung und Entwicklung von Technologien, vor allem in den Bereichen Mobilität und Energie, nachhaltig in Wertschöpfung in Baden-Württemberg umsetzen zu können, sind auch die **Produktionsarbeitsplätze in Baden-Württemberg** zu halten und neu aufzubauen. Aus diesem Grund ist die **Produktionsforschung** in Baden-Württemberg unverzichtbar. Vor allem **hoch wertschöpfende** und

Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

Das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand ist ein bundesweites, technologie- und branchenoffenes Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) für mittelständische Unternehmen und mit diesen zusammenarbeitende wirtschaftsnahe Forschungseinrichtungen. Mit dem ZIM-Förderprogramm sollen die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen, einschließlich des Handwerks und der unternehmerisch tätigen freien Berufe, nachhaltig unterstützt und damit ein Beitrag zu deren Wachstum verbunden mit der Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen geleistet werden.

Quelle: <http://www.zim-bmwi.de/>

hochqualifizierte Produktionsarbeit muss langfristig in Baden-Württemberg gehalten und strategisch abgesichert werden.

Neben der Stärkung übergreifender Forschungsschwerpunkte besteht aus Sicht der Arbeitsgruppe zudem großer Nachholbedarf im Bereich der unbürokratischen und verlässlichen Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und KMU. Verfügbare Fördermodelle (vgl. **Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand [ZIM]**) haben im Bereich des Transfers und der gemeinsamen Erarbeitung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse zwar hochwertige Kooperationen entstehen lassen. Diese bleiben bislang aber auf wenige KMU beschränkt. Viele KMU werden schon durch den **Beantragungsaufwand** entsprechender Vorhaben **abgeschreckt**. Zudem sind diesen Unternehmen oftmals weder die finanzielle Investition noch der zu erwartende Mehrwert der Kooperationen mit Forschungseinrichtungen bekannt.

In der Einbindung von KMU in die Hochschulforschung werden beste Möglichkeiten gesehen, die starke **regionale Verankerung von HAW** nutzbar zu machen. So können HAW weiter Forschungs- und Entwicklungsexpertise aufbauen und in ihre jeweilige Region diffundieren. Hierzu gehört auch die Ausbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs mit und ohne Promotion für Hightech-Unternehmen in ländlichen Regionen.

Handlungsempfehlung 1:

Profile der Hochschultypen schärfen, kommunizieren und Kooperationen stärken

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt, den Forschungs-, Bildungs-, und Innovationsauftrag von Universitäten und HAW in den Ingenieurwissenschaften klar zu definieren. Hierzu eignet sich die Erarbeitung von **Profilbeschreibungen für die Ingenieurwissenschaften an Universitäten sowie an HAW**. Es ist darauf zu achten, dass die Profilbeschreibungen **sinnvolle Ausnahmen explizit zulassen**.
2. Die Profilbeschreibungen sollen insbesondere die **komplementäre Ausrichtung technikrelevanter Forschung an Universitäten und HAW** berücksichtigen. Dazu zählen die bedienten **Zeithorizonte technikrelevanter Forschung** sowie die Unterschiede in **Art, Struktur, Ausrichtung, Umfang** und **infrastruktureller Ausstattung** technikrelevanter Forschung an Universitäten und HAW.
3. Es wird sowohl für die wissenschaftliche Ausrichtung der Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg als auch zur Erfüllung ihrer Aufgabe als Innovationsmotor für die Industrie in Baden-Württemberg als unverzichtbar angesehen, dass das **Promotionsrecht auf Universitäten beschränkt** bleibt. Im gleichen Zuge wird der dringende **Ausbau der Kooperationen zwischen Universitäten** und HAW (vgl. Ziffer 5 und 6) angemahnt. Die Ausweitung des Promotionsrechtes auf HAW oder weitere Forschungseinrichtungen hätte **unkalkulierbare Folgen** für den Industrie- und Wissenschaftsstandort Baden-Württemberg.
4. Die Arbeitsgruppe empfiehlt nachdrücklich den **Abbau aller faktisch bestehenden Ungleichbehandlungen und Diskriminierungen von Absolventinnen und Absolventen der HAW bei der Zulassung einer Promotion** an Universitäten in Baden-Württemberg. Dies betrifft insbesondere alle Formen von zusätzlich zu erbringenden Prüfungsleistungen für die Anmeldung einer Promotion. Künftig muss durch Änderungen in den Promotionsordnungen aller ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten sichergestellt werden, dass die pauschale Auferlegung von zusätzlich zu erbringenden Prüfungsleistungen als Voraussetzung zur Anmeldung einer Promotion für Absolventinnen und Absolventen von HAW entfällt. Diese pauschale Auferlegung wird durch die meisten Promotionsordnungen ingenieurwissen-

schaftlicher Fakultäten in Baden-Württemberg zum jetzigen Zeitpunkt zwar nicht vorgeschrieben, aber auch nicht wirksam verhindert. Es wird vorgeschlagen, dass die Auferlegung von zusätzlich zu erbringenden Prüfungsleistungen als Voraussetzung zur Anmeldung einer Promotion durch Promotionsausschüsse künftig nur noch im Einverständnis mit den voraussichtlichen Betreuerinnen und Betreuern der Promotion festgelegt werden kann. **Die betroffenen Promotionsordnungen sind entsprechend zu ändern.**

5. Die Arbeitsgruppe sieht es zudem für geboten an, eine deutlich **größere Anzahl forschungsstarker Professorinnen und Professoren der HAW** als bisher an ingenieurwissenschaftliche **Fakultäten der Universitäten zu kooptieren**. Das Heben von Synergiepotenzialen sowohl für Universitäten als auch für HAW ist auf die **strukturell abgesicherte Kooperation** von Lehrkräften beider Hochschultypen angewiesen. Hierzu bietet die **Kooptierung** von Lehrpersonal von HAW an ingenieurwissenschaftliche Fakultäten der Universitäten beste Voraussetzungen.
6. Die Arbeitsgruppe empfiehlt zudem, auch nicht kooptierte Professorinnen und Professoren von HAW verstärkt in **Promotionsverfahren** als **gleichberechtigte Prüferinnen** und **Prüfer** sowie **Gutachterinnen** und **Gutachter** zu involvieren. Dazu muss durch ein **transparentes Verfahren** auf Basis der **fakultätsüblichen Evaluationskriterien** die **wissenschaftliche Befähigung** zur Mitwirkung als Gutachterinnen und Gutachter im jeweiligen Promotionsverfahren geklärt werden. Die **Qualitätskontrolle von Promotionsverfahren** durch die **Promotionsausschüsse** der Fakultäten muss dabei erhalten bleiben.
7. Es wird auf die große Bedeutung einer **effizienten Kommunikation mit Unternehmen** über die **strategische Ausgestaltung** des Verhältnisses zwischen den Hochschultypen hingewiesen. Dieser Dialog sollte stets auf breiter Front und betont reflektiert erfolgen. Nur so können von der Mehrheit der Industriepartner letztlich nicht gewünschte Entwicklungen wie die Einebnung der unterschiedlichen Profile und Aufgaben zwischen den Hochschultypen vermieden werden
8. Kooperationen zwischen Universitäten, HAW und außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Bereich **kooperativer Forschungsprojekte, kooperativer Graduiertenkollegs** sowie im Rahmen von **Zentren für Angewandte Forschung an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften** sind zu fördern. Ziel muss es sein, die Stärken von Forschungseinrichtungen sowie Einzelpersonen bestmöglich nutzbar zu machen, um die jeweilige Kooperationsform institutionell und personell nachhaltig zu verankern.
9. Es ist ein **friktionsfreier** und **organisierter Übergang** für Studentinnen und Studenten zwischen den Hochschultypen Universität und HAW sicherzustellen. Exzellente Absolventinnen und Absolventen von HAW soll nach Ansicht der Arbeitsgruppe deutlich leichter als bisher der direkte Zugang in die universitäre Forschung und Lehre ermöglicht werden. Studentinnen und Studenten an HAW sind frühzeitig und umfassend über die **Möglichkeiten einer Promotion** und **weiterführende akademische Karrierewege** zu informieren.
10. Studentinnen und Studenten an Universitäten, deren Begabungen die erfolgreiche Absolvierung eines Hochschulstudiums in eher angewandten Bereichen vermuten lassen, soll **frühzeitig** ein **moderierter Übergang an HAW** angeboten werden. Dabei ist darauf zu achten, dass dieser Übergang von den betroffenen Studentinnen und Studenten als **neue Chance** begriffen wird und bereits mit Erfolg abgelegte Studienleistungen möglichst von der aufnehmenden HAW anerkannt werden.

Zentren für Angewandte Forschung an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften - ZAFH

ZAFH sind hochschulübergreifende Forschungsverbünde, die unter der Federführung einer HAW, die Forschungsaktivitäten mehrerer HAW, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu zukunftsweisenden Forschungsfeldern bündeln.

Quelle: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse/pressemittteilung/pid/neue-zentren-fuer-angewandte-forschung-erhalten-ueber-2-millionen-1/>

Entsprechende Maßnahmen sind so auszugestalten, dass sie zum Ziel, die **totale Abbrecherquote** bezogen auf das Feld der Ingenieurwissenschaften zu senken, bestmöglich beitragen.

Handlungsempfehlung 2:

Ingenieurwissenschaftliches Forschungsprofil für Baden-Württemberg weiterentwickeln

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt, **technikrelevante Forschung aller Zeithorizonte** in einem sinnvollen Maß **auszubalancieren**. Hierzu sieht es die Arbeitsgruppe als zielführend an, dass kurzfristige, mittelfristige sowie langfristige Forschung zu je ungefähr **einem Drittel** im ingenieurwissenschaftlichen Forschungsportfolio Baden-Württembergs vertreten sind. Die genannten Anteile sind dabei als **Richtwerte** für die strategische Ausrichtung der Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg im Allgemeinen sowie die Ausrichtung von Forschungsförderung im Besonderen zu verstehen. Sie zielen auf eine optimal und zukunftsorientiert aufgestellte **Spitzenforschung** vor allem im **Bereich der Universitäten**.
2. Die Arbeitsgruppe empfiehlt der Landesregierung, einen gemeinsamen **Strategiefindungsprozess** der Hochschulen in Baden-Württemberg anzuregen, der das Ziel verfolgt, eine gemeinsame **Förderstrategie** für **technikrelevante Forschung großer Zeithorizonte** und **interdisziplinärer Zusammenarbeit** in Baden-Württemberg zu erarbeiten und verbindlich zu vereinbaren. Die **Förderstrategie** soll dabei insbesondere **regionale Forschungsschwerpunkte** berücksichtigen. Zudem empfiehlt die Arbeitsgruppe, langfristige technikrelevante Forschung durch entsprechende **Leistungsanreize** wie beispielsweise **Forschungsprämien** zu unterstützen. Bereits vorhandene Leistungsanreize sind aktiv zu kommunizieren und regelmäßig auf den Bedarf ihrer Zielgruppe abzustimmen.
3. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, **thematische Schwerpunkte in Baden-Württemberg** zu etablieren und zu fördern, um damit zum Erhalt und zur Bildung von **Forschungsleuchttürmen** beizutragen. Dabei sind forschungsstarke Fachbereiche und Institute an Hochschulen wie auch thematischer Forschungsschwerpunkte in Regionen zu unterstützen. Weitere Forschungspartner aus Industrie und außeruniversitären Forschungseinrichtungen sind einzubinden.
4. Die Arbeitsgruppe sieht es als notwendig an, dass das Land Baden-Württemberg **technikrelevante Forschung mit großen Zeithorizonten** in Einzelfällen durch Bereitstellung eigener Mittel fördert. Eine derartige Projektförderung soll nach Möglichkeit als **technikrelevante, interdisziplinäre Vorlaufforschung** großer Zeithorizonte in Vorbereitung auf DFG-Fördervorhaben angelegt sein und Synergiepotenziale mit naturwissenschaftlichen, aber auch gesellschaftswissenschaftlichen Fächern berücksichtigen. Diese Projektförderung soll sich auf solche Forschungsbereiche konzentrieren, die einen direkten Beitrag zu den **wichtigen Wertschöpfungsmotoren** in Baden-Württemberg leisten. Dies sind vor allem die Branchen **Fahrzeugbau, Maschinenbau, Energie- und Elektrotechnik** mit den jeweils zugehörigen **IKT-Technologien**. Darüber hinaus soll die Landesregierung ihren Einfluss auf Bundesebene geltend machen, um technikrelevante Forschung mit großen Zeithorizonten auszuweiten.

5. Neben der **Etablierung von Forschungsleuchttürmen** empfiehlt die Arbeitsgruppe, die Ingenieurwissenschaften weiterhin in ihrer gesamten Breite trotz oft kleiner Volumina zu fördern. Vor dem Hintergrund noch unbekannter Herausforderungen hält es die Arbeitsgruppe für unabdingbar, die **Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg in ihrer Breite zu bewahren**. Trotz der Notwendigkeit, die Ausrichtung von Forschungseinrichtungen zunehmend an ihrem Beitrag zur Lösung gesellschaftlicher Probleme zu orientieren und somit ihren **Anwendungsfokus ins Zentrum** zu rücken (vgl. 4.2.2, Handlungsempfehlung 3), darf der **disziplinäre Kern** der Ingenieurwissenschaften **Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik** sowie Bauingenieurwesen in seiner gesamten Breite nicht gefährdet werden.
6. Die Arbeitsgruppe sieht große **standortübergreifende Synergiepotenziale** im Bereich der Forschung, vor allem zwischen den **Universitäten Stuttgart, Karlsruhe, Ulm und Freiburg**. Möglichkeiten der **strategischen Zusammenarbeit** sollten mit den beteiligten Standorten ausgearbeitet werden. Beispiele für vielversprechende standortübergreifende Kooperationen sieht die Arbeitsgruppe in den Bereichen **Mobilität, Energie, Softwaretechnik, Produktionsforschung** sowie **Leichtbau** und **Robotik**. Die Arbeitsgruppe weist darauf hin, dass die standortübergreifende Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen nicht an den Landesgrenzen Halt machen darf. Hier sieht sie vor allem große Potenziale im Ausbau der Zusammenarbeit mit anderen in den Ingenieurwissenschaften renommierten Standorten wie beispielsweise der **Technischen Universität München**. Entsprechende Entwicklungsmöglichkeiten sollen mit den beteiligten Standorten ausgearbeitet werden. Dies soll zu einer die Landesgrenzen **übergreifenden Schwerpunktsetzung** und **Profilbildung** beitragen.
7. Zudem empfiehlt die Arbeitsgruppe, dass die Landesregierung die Notwendigkeit der Förderung ingenieurwissenschaftlicher Forschung bei der DFG aktiv herausstreicht.

Handlungsempfehlung 3:

Ingenieurwissenschaftliche Forschung an gesellschaftlichen Herausforderungen ausrichten

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt, die **ingenieurwissenschaftliche Forschung an gesellschaftlichen Problemfeldern und Anwendungsszenarien auszurichten**. Hierzu zählt aus Sicht der Arbeitsgruppe insbesondere die Entwicklung disziplinübergreifender Methoden und Konzepte. Zudem ist die aufbauorganisatorische Struktur ingenieurwissenschaftlicher Forschung, die an Universitäten und HAW mit ihren Fakultäten, Instituten und Fachbereichen gegenwärtig disziplinären Gesichtspunkten folgt, um Elemente zu ergänzen, die den Beitrag der Ingenieurwissenschaften zur Bewältigung gesellschaftlicher Fragestellungen sichtbar werden lassen.
2. Die Arbeitsgruppe empfiehlt zudem, **Leistungsindikatoren** in den Ingenieurwissenschaften **an den Charakteristika des jeweiligen Wissenschaftsgebietes auszurichten**. Bewährte Indikatoren, die die erkenntnisorientierte Bedeutung von Forschungsleistung (**Erkenntnisaspekt**) messen, sind um weitere quantifizierbare Leistungsfaktoren zu ergänzen, die die technisch umsetzbaren Beiträge zur Lösung gesellschaftlicher Herausforderungen (**Gestaltungsaspekt**) abbilden.

Handlungsempfehlung 4: Ingenieurwissenschaftliche Wertschöpfungsmotoren Baden-Württembergs stärken und weiterentwickeln

1. Die Arbeitsgruppe Forschung betont die **herausragende Bedeutung des Bereiches Mobilität für die Zukunft des Innovationssystems** Baden-Württemberg. Sie sieht es als unverzichtbar an, dass das Land Baden-Württemberg den Bereich Mobilität als das zentrale ingenieurwissenschaftliche Forschungsthema in Baden-Württemberg definiert, stärkt und aktiv kommuniziert.
2. Die strategische Ausrichtung von Forschungseinrichtungen und Forschungsförderung muss daher aus Sicht der Arbeitsgruppe einen **klaren Schwerpunkt** auf den **Bereich Mobilität** legen. Hierzu gehören neben dem **modernen Automobilbau** hochintegrierte **Mobilitätssysteme** und **Mobilitätsinfrastrukturen** sowie umfangreiche **Mobilitätsdienstleistungen**.
3. Zudem empfiehlt die Arbeitsgruppe die Definition des Bereiches **Energie** als zweiten Forschungsschwerpunkt für Baden-Württemberg. Ziel der Energieforschung in Baden-Württemberg muss es sein, einen wesentlichen Beitrag zur **Versorgungssicherheit** in einer **postatomaren** sowie **postfossilen Gesellschaft** zu leisten.
4. Die Arbeitsgruppe betont die Bedeutung, neben Arbeitsplätzen in der Entwicklung auch **Produktionsarbeitsplätze** in Baden-Württemberg zu halten und zu schaffen. Hierzu sieht die Arbeitsgruppe die **Produktionsforschung** in Baden-Württemberg **als zentralen Motor** an. Die Produktionsforschung in Baden-Württemberg sollte entsprechend gestärkt und auf die Erfordernisse der Zukunft ausgerichtet werden.
5. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, die Forschung zu Aspekten der **Nachhaltigkeit** in Industrie und Gesellschaft zu stärken. Ziel muss es dabei sein, sowohl die **Produktion** und den **gesamten Lebenszyklus von Produkten** als auch die **Produktentwicklung** für Märkte im **In-** und **Ausland nachhaltig** zu gestalten.

Handlungsempfehlung 5: Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen und Unternehmen stärken

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt die gezielte Entwicklung neuer und den Ausbau bestehender **Kooperationsmodelle zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen**. Ein klarer Fokus sollte hierbei auf den **Wissenstransfer** und den **Transfer neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse** von Universitäten und HAW zu KMU sowie auf die konkrete Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und KMU mit dem Ziel gelegt werden, innovative Technologien für künftige Märkte gemeinsam zu entwickeln. Wichtige Kriterien sind nach Ansicht der Arbeitsgruppe hierbei die **Niederschwelligkeit von Förderlinien** sowie die zuverlässige **Planbarkeit von Forschungsaktivitäten** aus der Perspektive der KMU. Entsprechend sollten die jeweiligen Kooperationsmodelle **dauerhaft** und **nachhaltig** ausgelegt werden.
2. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, **KMU** gezielt über Möglichkeiten und Mehrwert der Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen zu informieren. Ziel muss es sein, ihre Nachfrage nach **kooperativen Forschungsvorhaben signifikant zu erhöhen**.
3. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, **Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten von KMU gezielt zu fördern**. Hierzu haben sich in der Vergangenheit Förderinstrumente wie das **Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand** als geeignet erwiesen. Die Ar-

beitsgruppe regt daher an, Instrumente zur Förderung von Forschungsaktivitäten in KMU strategisch weiterzuentwickeln und zu verstetigen. Förderinstrumente sind so auszulegen, dass **Entwicklungsaktivitäten langfristig planbar** sind. Insbesondere ist darauf zu achten, dass Förderinstrumente den **Wissenstransfer von Forschungseinrichtungen in KMU** gezielt anregen.

4. Zudem soll hierbei die steigende Bedeutung von **IKT** und **neuen Materialien** für KMU des Maschinenbaus berücksichtigt werden.
5. Die Arbeitsgruppe sieht **Industry on Campus-Modelle** als ein geeignetes Instrument an, Forschungsk Kooperationen zwischen Hochschulen und Industrieunternehmen strategisch zu verankern, und betont den **großen Mehrwert** sowohl für die beteiligten Unternehmen als auch für die gastgebenden Hochschulen.

Handlungsempfehlung 6: Interdisziplinäre Zusammenarbeit fördern

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt, den Aspekt der **Interdisziplinarität** in den Ingenieurwissenschaften durch **entsprechende Förderung** und **Profilbildung standortübergreifender Forschungsverbünde** in Baden-Württemberg zu stärken. Die Bearbeitung von Problemstellungen in diesen Forschungsverbänden soll sich dabei an einer **integrativen Systemsicht** orientieren.
2. Die Arbeitsgruppe sieht den Ausbau der **Kooperationen zwischen Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik** als wichtigen Erfolgsfaktor für die technikrelevante Forschung der Zukunft an und schlägt daher den strategisch geplanten und institutionell abgesicherten Ausbau der bestehenden Zusammenarbeit vor. Hierzu sollen Best Practices identifiziert und für die Breite der Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg im Rahmen **adaptierbarer Modelle** nutzbar gemacht werden.
3. Der Ausbau der **Kooperationen** zwischen **Ingenieurwissenschaften** und **Naturwissenschaften** ist ein wichtiger Faktor – vor allem im Bereich technikrelevanter Forschung großer Zeithorizonte. Der strategische Ausbau der Zusammenarbeit zwischen Ingenieurwissenschaften und Naturwissenschaften soll daher strukturiert und über Forschungseinrichtungen hinweg erfolgen und sich auf zukunftssträchtige Felder wie beispielsweise die gemeinsame **Erforschung neuer Materialien** fokussieren.
4. Die Arbeitsgruppe empfiehlt den Ausbau der interdisziplinären **Zusammenarbeit** zwischen den **Ingenieurwissenschaften** und den **Geistes- und Sozialwissenschaften** sowie den **Wirtschaftswissenschaften**. Sie trägt hiermit dem Umstand Rechnung, dass sich technische und gesellschaftliche Entwicklungen letztlich nicht trennen lassen. Technische Entwicklungsvorschläge treffen einerseits auf gesellschaftliche Erwartungen und Bedarfslagen. Andererseits prägt gesellschaftliche Techniknutzung den weiteren Entwicklungsprozess von Produkten und Dienstleistungen. Die Gestaltung dieser Entwicklungsprozesse bedarf dabei jeweils der **Integration von technischen, ökonomischen, rechtlichen, sozialen, ethischen** und anderen **disziplinären Wissensbeständen**. Die Arbeitsgruppe empfiehlt vor diesem Hintergrund die Stärkung der interdisziplinären Zusammenarbeit über die Ingenieur- und Naturwissenschaften hinaus, um durch **interdisziplinäre Technikanalysen** das Innovationspotenzial von Technologien frühzeitig und umfassend beurteilen zu können. Ziel soll dabei sein, **interdisziplinäre Innovationsanalysen** begleitend zu Entwicklungsprozessen durchzuführen, da hierdurch die entsprechenden Erkenntnisse unmittelbar in die Technikentwicklung einfließen können.

Zentren des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT-Zentren)

Die wissenschaftlichen Disziplinen des KIT sind fünf Bereichen, zum Beispiel „Maschinenbau und Elektrotechnik“ oder „Physik und Mathematik“, zugeordnet. In KIT-Zentren werden bereichsübergreifend Fragestellungen, die von fundamentaler Bedeutung für die Existenz und Weiterentwicklung der Gesellschaft sind oder die aus dem Streben nach Erkenntnis resultieren, bearbeitet. KIT-Zentren zeichnen sich aus durch ein Alleinstellungsmerkmal im wissenschaftlichen Ansatz, in der strategischen Zielsetzung sowie Aufgabenstellung und eine langfristige Perspektive. Sie stellen die größten organisatorischen Einheiten im KIT dar.

Quelle: https://www.kit.edu/forschen/kit_zentren.php

- Zur institutionellen Verankerung interdisziplinärer Zusammenarbeit schlägt die Arbeitsgruppe die Bildung **themenorientierter Forschungscluster** an den Universitäten des Landes vor. Diese sollen **aufbauorganisatorisch orthogonal** zur bestehenden Struktur von Fakultäten und Instituten angeordnet sein. Hiervon verspricht sich die Arbeitsgruppe die Überwindung der ausschließlichen Fächerorientierung innerhalb der Ingenieurwissenschaften und darüber hinaus. Zur Implementierung schlägt die Arbeitsgruppe vor, vorhandene themenorientierte Forschungscluster in Baden-Württemberg – wie zum Beispiel die **Zentren des KIT** – aber auch darüber hinaus zu identifizieren und zu analysieren. Ziel soll dabei sein, aus Best Practices und aufgetretenen Problemen Erfolgs- und Störfaktoren für die erfolgreiche Ausrichtung themenorientierter Forschungscluster zu gewinnen und entsprechend zu berücksichtigen.

4.2.3 Handlungsfeld 2: Investieren in die Zukunft – die Ingenieurwissenschaften an der Basis stärken

Ausgangsbasis

Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen verfügen über einen guten Zugang zu Finanzierungsquellen aus der Industrie, der sich auf technikrelevante Forschung kleiner und mittlerer Zeithorizonte beschränkt. Der **zufriedenstellenden Finanzierung vonseiten der Industrie** steht eine insgesamt **unzureichende Finanzierungssituation vonseiten des Landes** gegenüber. Es besteht die Gefahr, insbesondere die bislang sehr gute Qualität ingenieurwissenschaftlicher Lehre und den Erfolg der baden-württembergischen Hochschulen in der technikrelevanten Forschung großer Zeithorizonte aufs Spiel zu setzen.

Die **Entwicklung der Ausgaben des Landes** sowohl im Hochschulbereich als auch im außeruniversitären Sektor hält seit Jahren bei Weitem nicht mit der **Entwicklung der FuE-Ausgaben** der Industrie in Baden-Württemberg Schritt¹⁵⁵. Hierdurch entsteht die große Gefahr, dass ingenieurwissenschaftliche Forschung vor allem mit einem langen Zeithorizont an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg im Vergleich mit der Forschung von Industrieunternehmen aufgrund mangelnder Grundausrüstung insgesamt an Bedeutung verliert.

Die Tatsache, dass die DFG bei Bewilligungen prinzipiell die **übliche Grundausrüstung** voraussetzt und **DFG-Mittel als Ergänzungsausstattung** versteht, verschärft das Problem fehlender Grundausrüstung in den Ingenieurwissenschaften zusätzlich. Sofern die Ingenieurwissenschaften an Hochschulen unter **deutlicher Unterfinanzierung** in ihrer Grundausrüstung leiden, ist ihre Handlungsfähigkeit im Hinblick auf die Beantragung und Durchführung von DFG-Projekten erheblich eingeschränkt.

Neben der **stagnierenden** bzw. **lediglich unterdurchschnittlich anwachsenden Grundausrüstung** der Ingenieurwissenschaften an Universitäten und HAW geraten die Ingenieurwissenschaften unter zusätzlichen Druck bei der Verteilung dieser Mittel zwischen den Fachbereichen. Zwischen **1995 und 2011** ging der **Anteil der Ingenieurwissenschaften an den FuE-Ausgaben der Universitäten** in Baden-Württemberg **von 22 Prozent auf 16 Prozent**¹⁵⁶ zurück. Zudem stiegen die Zahlen der Studentinnen und Studenten in den Ingenieurwissenschaften an Universitäten und HAW in den letzten Jahren kontinuierlich¹⁵⁷. Diese Gesamtsituation führt mittlerweile dazu, dass die **Grundausrüstung** mancher **Institute** und **Fachbereiche** nicht nur **nicht mehr dazu ausreicht**, überhaupt **technikrelevante Forschung zu betreiben**. Vielmehr findet mittlerweile in Teilen eine **Quersubventionierung von Lehrtätigkeiten durch drittmittelfi-**

nanzierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter statt. Die Arbeitsgruppe warnt eindringlich vor den **wirtschaftlichen, wissenschaftlichen** und **rechtlichen Risiken**, die mit dieser Entwicklung verbunden sind.

Die Arbeitsgruppe weist ausdrücklich darauf hin, dass die infrastrukturellen und personellen Bedarfe und Randbedingungen der Ingenieurwissenschaften von denjenigen der Naturwissenschaften, der Lebenswissenschaften und der Geistes- und Sozialwissenschaften klar zu unterscheiden sind. Ingenieurwissenschaftliche Forschung ist aufgrund der **großen Bedeutung des Gestaltungsaspektes** im Allgemeinen und der traditionell in Baden-Württemberg **sehr guten Vernetzung** von **Forschungseinrichtungen** und **Industrieunternehmen** im Besonderen prädestiniert, substantielle und praxisrelevante Beiträge zur Erforschung und Entwicklung von Methoden, Artefakten und weiteren technischen Lösungen zu leisten, die in erfolgreiche Produkte und Dienstleistungen münden.

Insgesamt betrachtet, müssen Universitäten und HAW als das zentrale **Element des Wissenschaftsstandortes** Baden-Württemberg angesehen werden. Mittlerweile nehmen über **50 Prozent eines Altersjahrganges ein Studium** auf¹⁵⁸. Die **Einheit von Forschung und Lehre**, einschließlich des Wissens- und Technologietransfers, hebt die Hochschulen von außeruniversitären Forschungseinrichtungen klar ab. Sie garantiert, dass neueste Erkenntnisse zuverlässig in die Bildung und Ausbildung der nächsten Generation einfließen. Hierdurch nehmen Hochschulen eine besonders wichtige gesellschaftliche Aufgabe wahr, die angesichts der **zunehmenden Verwissenschaftlichung** vieler gesellschaftlicher Bereiche an Bedeutung gewinnen wird.

Bund und Länder haben der skizzierten Entwicklung mit der Novellierung des Artikels 91b des Grundgesetzes Rechnung getragen. Ziel der Novellierung ist es, „die Grundfinanzierung der Hochschulen [zu] stärken und ihnen sowohl im **nationalen** als auch im **internationalen Kontext verlässliche Perspektiven** und **Planungssicherheit** [zu] geben“¹⁵⁹. Künftig wird es Bund und Ländern möglich sein, bei der Grundfinanzierung von Hochschulen zu kooperieren. Die Arbeitsgruppe begrüßt die **Novellierung des Artikels 91b des Grundgesetzes** ausdrücklich. Sie sieht an dieser Stelle die Landesregierung in der Pflicht, die **entstehenden Finanzierungsmöglichkeiten** vor allem auch für die **Grundfinanzierung der Ingenieurwissenschaften** an Universitäten und HAW nachhaltig nutzbar zu machen. Zudem weist die Arbeitsgruppe in diesem Zusammenhang auf die Notwendigkeit hin, die in den letzten Jahren offensichtlich gewordene **Bevorzugung vornehmlich bundesfinanzierter, außeruniversitärer Forschungseinrichtungen** bei den Steigerungsraten öffentlicher Forschungsförderung auszugleichen. Ein wesentlicher Ort gesellschaftlichen Mehrwertes ingenieurwissenschaftlicher Forschung sind aus Sicht der Arbeitsgruppe die Universitäten und HAW, da nur sie den **Transfer neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse** in die **Bildung** und **Ausbildung** der nächsten Generation sicherstellen können.

Hinzu kommen die landesfinanzierten außeruniversitären Forschungseinrichtungen der **Innovationsallianz Baden-Württemberg**, die eine besondere Rolle für den Wissens- und Technologietransfer gerade in den baden-württembergischen Mittelstand spielen. Allerdings ist ihre **Grundfinanzierung** im Vergleich zu bundesfinanzierten außeruniversitären Einrichtungen **signifikant geringer**. Zudem verfügen die Institute der Innovationsallianz Baden-Württemberg über deutlich **schlechtere Finanzierungsbedingungen** bei der Einwerbung von Bundesmitteln. Die Arbeitsgruppe sieht die Notwendigkeit, hier eine **Gleichstellung** mit **bundesfinanzierten, außeruniversitären Einrichtungen** zu erreichen.

Im Umgang mit Drittmitteln innerhalb von Universitäten und HAW beobachtet die Arbeitsgruppe, dass zunehmend **leistungshemmende Strukturen** und **Prozesse** implementiert werden, die die Einwerbung industrieller und öffentlicher Drittmittel **bestrafen**, anstatt diese zu belohnen. Zunehmend greifen vor allem einige Universitäten zentral mit **pauschalen Abgabesätzen** auf die eingeworbenen Drittmittel zu, um damit zentrale Verwaltungseinheiten und defizitäre Institute und Lehrstühle zu finanzieren. Hierdurch geraten vor allem **leistungsstarke Forschungseinheiten unter zusätzlichen Druck**, der ihre Leistungsfähigkeit mindert. Die Arbeitsgruppe sieht pauschale Abgabesätze auf eingeworbene Drittmittel als den **falschen Weg** an, **Finanzierungsschwierigkeiten** zentraler Verwaltungseinheiten oder **defizitärer Institute und Lehrstühle** zu lösen.

Handlungsempfehlung 7: Grundfinanzierung an Universitäten und HAW ausbauen

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt dringend, die grundlegende Arbeitsfähigkeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Forschung und Lehre durch eine **adäquate Grundausrüstung** sicherzustellen. Hierzu sieht die Arbeitsgruppe eine Ausweitung der Steigerungsraten der Grundausrüstung ingenieurwissenschaftlicher Institute an Universitäten und HAW als unverzichtbar an. Die Steigerungsraten der Grundausrüstung der Ingenieurwissenschaften an Universitäten und HAW sollen so bemessen sein, dass sie auch in Zukunft ihre Rolle als **Forschungs- und Entwicklungsmotor** für Baden-Württemberg wahrnehmen können – insbesondere im Hinblick auf technikrelevante Forschung großer Zeithorizonte.
2. Die Arbeitsgruppe weist auf die Dringlichkeit hin, das an Universitäten und HAW vorhandene Know-how langfristig zu sichern. Da viele wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an ingenieurwissenschaftlichen Instituten die Promotion anstreben und somit die Institute nach meist drei bis fünf Jahren wieder verlassen, bestehen **große Fluktuationsraten** beim **wissenschaftlichen Personal**. Diesen Fluktuationsraten und dem damit verbundenen regelmäßigen und massiven Wissensabfluss kann aus Sicht der Arbeitsgruppe nur durch einen deutlichen **Ausbau des akademischen Mittelbaus** in Dauerstellung begegnet werden. Hierin sieht die Arbeitsgruppe einen notwendigen Baustein, die **wissenschaftliche Exzellenz** in Baden-Württemberg **auf Dauer zu sichern**.
3. Moderne technikrelevante Forschung ist auf **zeitgemäße Infrastruktur** angewiesen. Die Arbeitsgruppe zeigt sich besorgt über die derzeitige Situation, in der die Verfügbarkeit moderner Infrastruktur immer seltener in ausreichendem Maße gewährleistet ist. Die Arbeitsgruppe empfiehlt der Landesregierung, finanzielle Mittel für zeitgemäße Forschungsinfrastruktur zur Verfügung stellen, um die Zukunftsfähigkeit technikrelevanter Forschung strategisch zu sichern. Komplementär werden wissenschaftliche Einrichtungen dazu aufgefordert, vorhandene und künftig zu beschaffende **Forschungsinfrastruktur standortübergreifend gemeinsam** und **effizienter** als bisher zu nutzen (vgl. Kapitel 4.2.5, Handlungsempfehlung 11).
4. Die Arbeitsgruppe empfiehlt zudem, ein **Infrastrukturkonzept** für **Bestand, Instandsetzung und Neubau** von Gebäuden öffentlicher, landesfinanzierter Forschungseinrichtungen zu erarbeiten. Das Konzept soll sich dabei nahtlos in die Ansätze des **Erneuerbare-Wärme-Gesetz** (EWärmeG 2015) eingliedern und die besonderen Bedarfe der Ingenieurwissenschaften berücksichtigen.

Handlungsempfehlung 8: Zukunftsfähige Finanzierungsmodelle gestalten

1. Die Arbeitsgruppe empfiehlt eine **ausgewogene Förderstruktur** mit insgesamt klarer Fokussierung auf Universitäten und HAW, da diese die gesellschaftliche Aufgabe des Transfers neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Bildung und Ausbildung der nächsten Generation sicherstellen können. Die Arbeitsgruppe ruft die Landesregierung dazu auf, die **zusätzlichen Möglichkeiten** der **Grundfinanzierung** für die Ingenieurwissenschaften, die die **Novellierung des Artikels 91b** des Grundgesetzes bietet, auszuloten und auf **Bundesebene aktiv einzubringen**.
2. Landesfinanzierte, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen wie die Institute der Innovationsallianz sollen in Bezug auf die **relative Grundfinanzierung** und deren Steigerungsraten mit bundesfinanzierten Forschungseinrichtungen **gleichgestellt** werden, um ihren **besonderen Auftrag** für das Land weiterhin leisten zu können. Die Zusammenarbeit von Universitäten, HAW, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Instituten der Innovationsallianz sollte strategisch ausgebaut und weiter gestärkt werden.
3. Die Arbeitsgruppe rät zudem, **leistungsfördernde Anreizsysteme** an Universitäten und HAW zu etablieren, die die **Einwerbung von Drittmitteln belohnen**. **Pauschale Abgabesätze auf eingeworbene Drittmittel sind abzuschaffen** und durch **aufwandsorientierte Vollkostensätze** zu ersetzen.

4.2.4 Handlungsfeld 3: Es geht um die Köpfe – Exzellente Ingenieurinnen und Ingenieure für Baden-Württemberg ausbilden

Ausgangsbasis

Die **ingenieurwissenschaftliche Ausbildung** in Baden-Württemberg hat im internationalen Vergleich eine **sehr hohe Qualität** und ist hoch anerkannt. Absolventinnen und Absolventen ingenieurwissenschaftlicher Bachelor- und Masterstudiengänge in Baden-Württemberg werden von Industrie und Wissenschaft sehr geschätzt und finden in der Regel **attraktive Arbeitsplätze**. Die Verzahnung von Universitäten und HAW mit der Industrie leistet durch gemeinsame Projekte einen großen Beitrag, Curricula in den Ingenieurstudiengängen um aktuelle und anwendungsrelevante Inhalte zu ergänzen.

Die Arbeitsgruppe weist darauf hin, dass **Studienanfängerinnen** und **-anfänger** in den Ingenieurwissenschaften zunehmend über **mangelhafte Kenntnisse in Mathematik** und **Physik** verfügen, da die Vermittlung **elementarer Grundlagen an Schulen** teilweise nicht mehr erfolgt. Diese Fehlentwicklung hat ein Ausmaß erreicht, dass **Vorbereitungskurse** in den entsprechenden Fächern für angehende Studentinnen und Studenten **nicht mehr ausreichen**, die vorhandenen **Wissenslücken zu schließen**. Diese Entwicklung ist auch deshalb besonders dramatisch, da sie gerade die Zukunftsaussichten von Schülerinnen und Schülern in denjenigen Fächern massiv einschränkt, deren Abschlüsse mit äußerst **attraktiven Berufs- und Einkommensaussichten** verbunden sind. Die Arbeitsgruppe sieht an dieser Stelle großen Handlungsbedarf in der schulischen Ausbildung.

Die Arbeitsgruppe ist der Auffassung, dass diese Entwicklung auf **vielfältige Ursachen** zurückzuführen ist. An manchen Gymnasien war der **Umfang des Unterrichts in den MINT-Fächern** in den letzten Jahren **rückläufig**. Zudem wird der Unterricht in Technikfächern teils von Lehrpersonen durchgeführt, die durch **Aufbauqualifikationen** nur bedingt in der Lage sind, die **Begeisterung für technische Zusammenhänge**

und **Anwendungen** an Schülerinnen und Schüler zu vermitteln. Die **Medienkompetenzen** werden an Schulen zwar gestärkt. Das kann den Abbau der Vermittlung von **Informatikkompetenzen** aber in keiner Weise kompensieren.

Die Arbeitsgruppe nimmt mit Sorge wahr, dass der **Anteil weiblicher Schulabsolventinnen mit Hochschulreife**, die ein ingenieurwissenschaftliches Studium aufnehmen, nach wie vor **deutlich zu gering** ist¹⁶⁰. Vorrangig sieht die Arbeitsgruppe jedoch das Problem, dass das **Image der MINT-Fächer** in der Gesellschaft insgesamt deutlich zu schlecht ist.

Ein Qualitätssiegel von international herausragendem Rang ist nach wie vor der **Titel des Dr.-Ing.** Die Mehrzahl in Baden-Württemberg absolvierter Promotionen ist im Rahmen der **Assistenzpromotion** organisiert. Solchermaßen Promovierte zeichnen sich durch ihren **breiten fachlichen Überblick** in Kombination mit **tiefen Kenntnissen in ihrem Spezialgebiet** aus. Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter agieren während der Assistenzpromotion in vielen Fällen als **eigenständige Projektleiter**. Sie sind aus Sicht der Arbeitsgruppe nicht als reine Promotionsstudentinnen und -studenten, sondern nach Abschluss der Promotion als **eingearbeitete Fachleute mit Berufserfahrung** anzusehen, was sie für die Wirtschaft zu begehrten Bewerberinnen und Bewerbern macht.

Die Arbeitsgruppe sieht Entwicklungen, die die Assistenzpromotion als Leitbild ingenieurwissenschaftlicher Promotionen in Frage stellen, als große Gefahr für das international höchst anerkannte Profil des Dr.-Ing. Eine **Verwässerung der Assistenzpromotion hätte unabsehbare Folgen** sowohl für den **Wissenschafts- und Industriestandort Baden-Württemberg** als auch für die lange bewährten und stark nachgefragten Kompetenzprofile promovierter Ingenieurinnen und Ingenieure (vgl. auch Empfehlungen zur Assistenzpromotion von der deutschen Akademie der Technikwissenschaften [acatech], den führenden Technischen Universitäten Deutschlands [TU9] sowie dem Zusammenschluss der Fakultätentage der Ingenieurwissenschaften und Informatik [4ING]¹⁶¹). Die **internationale Tendenz, Promotionen kumulativ zu gestalten**, wird zudem sehr kritisch gesehen, da sie nur in Ausnahmefällen geeignet erscheint, die fachliche Breite und Tiefe einer Assistenzpromotion zu gewährleisten.

Die Arbeitsgruppe sieht mit Besorgnis, dass die **Gewinnung der besten Köpfe** vor allem in den Ingenieurwissenschaften an Universitäten durch **ungünstige Rahmenbedingungen erschwert** wird. Die ingenieurwissenschaftlichen Fachbereiche und Institute stehen im Gegensatz zu anderen Fachbereichen im Hinblick auf das Recruiting von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Professorinnen und Professoren in **verschärfter Konkurrenz zu Industrieunternehmen**. Hier wirken sich **restriktive Vergaberahmen, Altersgrenzen bei der Verbeamtung** und teils **nachteilige Ruhestandsregelungen** negativ aus. Das gilt besonders für die Akquise hochqualifizierter Personen mit **langjähriger Industrierfahrung**.

Handlungsempfehlung 9: Attraktivität wissenschaftlicher Karrierewege steigern

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt nachdrücklich, die **Assistenzpromotion als Leitbild** ingenieurwissenschaftlicher Promotionen zu definieren, aktiv zu kommunizieren und langfristig abzusichern. Die **Regelzeit von Promotionen** in den Ingenieurwissenschaften sollte auch in Zukunft zwischen **drei und fünf Jahren** liegen.
2. Der **Erwerb interdisziplinärer Kompetenz** muss systematischer und stärker gefördert werden. Die Arbeitsgruppe schlägt hierzu die Etablierung geeigneter Angebote vor, die im Rahmen der **Assistenzpromotion strukturiert als Baustein für den individuellen Kompetenzerwerb** angeboten werden sollen.

3. **Kooperative Promotionsmodelle** zwischen Universitäten und HAW sowie zwischen Universitäten und der Industrie sind zu vereinfachen. Hierbei ist der **diskriminierungsfreie Zugang** von Absolventinnen und Absolventen der HAW sicherzustellen. Die **organisatorische Verankerung** soll dabei in jedem Fall **an den Universitäten** verortet sein, da nur diese eine adäquate Qualitätssicherung in Promotionsverfahren gewährleisten können.
4. In den Ingenieurwissenschaften ist in vielen Fällen eine **adäquate Industrieerfahrung** Basis für eine erfolgreiche Forschung. Die Arbeitsgruppe sieht es daher als sinnvoll an, durch **Kooperationsmodelle** zwischen Universitäten und Unternehmen, wie beispielsweise **shared professorships**, eine Möglichkeit zu schaffen, dass Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler immer wieder auch in der Industrie tätig sein können. Hierdurch soll sichergestellt werden, dass die **gegenseitige Befruchtung** zwischen Wissenschaft und Industrie nicht nur in Form gemeinsamer Projekte geschieht, sondern auch **institutionalisiert** ist.
5. Die **infrastrukturelle** und **personelle Ausstattung** sowie die **persönlichen Bezüge** von führenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sollten der Verantwortung **angemessen** und **vergleichbar zu entsprechenden Positionen in der Industrie** sein. Hier müssen für die Ingenieurwissenschaften **eigene Maßstäbe** gelten, um im Wettbewerb um die **besten Köpfe** erfolgreich zu bleiben.
6. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, bei **Berufungen** auf ingenieurwissenschaftliche Lehrstühle sowohl **Spitzenwissenschaftlerinnen bzw. -wissenschaftlern** ohne einschlägige Industrieerfahrung als auch **hoch anwendungsorientierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler** mit **großem Industrie-Background** zu berücksichtigen. Hierzu sollen sich Berufungskommissionen am gesamten Spektrum der Leistungsindikatoren in den Ingenieurwissenschaften orientieren, um eine **Balance zwischen Erkenntnis- und Gestaltungsorientierung** bei der Besetzung ingenieurwissenschaftlicher Lehrstühle sicherzustellen.
7. Die Arbeitsgruppe sieht in geeigneten Einzelfällen, insbesondere bei Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit Industrieerfahrung, die **Einrichtung von Junior-professuren mit Tenure-Track** als geeignetes Mittel an, die Attraktivität und Planbarkeit ingenieurwissenschaftlicher Karrieren deutlich zu erhöhen.
8. Es wird aufgrund positiver Erfahrungen und aktueller Kennzahlen der Ausbau des **Professorinnen-Programms** speziell für die Ingenieurwissenschaften empfohlen. Dieses Programm hat sich als wirksames Mittel für die **Erhöhung des Frauenanteils** in diesen Studiengängen erwiesen. So konnte nicht nur der Anteil der Professorinnen, sondern auch der **Frauenanteil** in den anderen Berufsgruppen der Hochschulen erhöht werden. Durch Mitwirkung von Frauen in Gremien und Berufungskommissionen wirkt dieses Programm als Multiplikator.
9. Insbesondere nach der Promotion kehren viele Frauen den Hochschulen den Rücken und entscheiden sich für andere Karrierewege. Im Vergleich zwischen Frauen und Männern auf universitären Karrierestufen nach der Promotion fällt auf, dass **Frauen im Durchschnitt mehr Zeit und Energie in Lehre und didaktische Weiterbildungsangebote** investieren als ihre männlichen Kollegen. Dies wird gegenwärtig bei Berufungsverfahren nicht immer angemessen berücksichtigt. Es wird deswegen empfohlen, bei der Auswahl geeigneter Kandidatinnen und Kandidaten in Berufungsverfahren der **Lehre einen höheren Stellenwert** zukommen zu lassen.

Handlungsempfehlung 10: MINT-Fächer stärken

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt, das **Image der MINT-Fächer** bei Schülerinnen und Schülern durch Aufzeigen der großen **persönlichen** und **gesellschaftlichen Potenziale** der Ingenieurwissenschaften zu verbessern. Hierzu sollen Schulen und Hochschulen in Baden-Württemberg gemeinsam und **institutionell verankert Kooperationen** vereinbaren, die Schülerinnen und Schüler frühzeitig mit ingenieurwissenschaftlichen Anwendungsszenarien in Kontakt bringen. Insbesondere sollen im Rahmen dieser Kooperationen der **gesellschaftliche Beitrag** und die **gesellschaftliche Verantwortung** von Ingenieurinnen und Ingenieuren vermittelt werden. Die Arbeitsgruppe schlägt hierzu vor, **Pilotprojekte** zu konzipieren und durchzuführen, die in übertragbare Modelle münden.
2. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, **Informatiklehrinhalte** deutlich stärker als bisher in den Lehrplänen von Schulen zu verankern. Der gegenwärtige Trend, die Vermittlung von Informatikkenntnissen sukzessive zu verringern, stellt aus Sicht der Arbeitsgruppe eine **Fehlentwicklung** dar, die in keiner Weise durch die Vermittlung von Medienkompetenz kompensiert werden kann. Nur wenn neben der **Bedienung von IT-Systemen** auch deren **mathematische Grundlagen** und ihre **technische Funktionsweise** unterrichtet werden, können Voraussetzungen für technische Studiengänge gelegt werden.
3. Die Arbeitsgruppe hält die inhaltliche Umstellung der Schulfächer **Mathematik und Physik im Rahmen von G8 für fehlgeschlagen** und empfiehlt daher dringend eine gründliche **inhaltliche Überarbeitung**. Es muss dafür gesorgt werden, dass Mathematik- und Physikkenntnisse von Schulabsolventinnen und -absolventen mit Hochschulreife in der Breite wieder ein Niveau erreichen, welches ihnen ermöglicht, ein ingenieurwissenschaftliches Studium erfolgreich zu absolvieren.
4. Die Arbeitsgruppe empfiehlt zudem, die **MINT-Themen in Schulen speziell auf Schülerinnen** auszurichten. Hierzu soll explizit auf die **spannenden Berufsperspektiven** eingegangen werden, die junge Frauen in ingenieurwissenschaftlichen Karrieren erwarten.

Neue Wege in der NwT-Lehrer-Ausbildung

Um Schülerinnen und Schüler für die Ingenieurwissenschaften zu begeistern, müssen Lehrerinnen und Lehrer in technischen Fächern wie beispielsweise „**Naturwissenschaft und Technik (NwT)**“ diese Begeisterung selbst erlebt haben. Hierzu hat das IPEK Institut für Produktentwicklung am Karlsruher Institut für Technologie eine Modellinitiative gestartet. Ziel ist es, Lehramtsstudierende im Fach NwT frühzeitig in realitätsnahe Produktentwicklungsprozesse einzubinden, um ingenieurmäßiges Handeln hautnah erlebbar zu machen.

Karlsruhe Nano Micro Facility (KNMF)

Die Karlsruhe Nano Micro Facility ist eine Helmholtz-Forschungsinfrastruktur im Bereich Nano- und Mikrotechnologien am Karlsruher Institut für Technologie. Sie stellt Nutzerinnen und Nutzern aus aller Welt, die sowohl aus der Industrie als auch aus der Wirtschaft kommen, nicht nur die einzigartigen Forschungslagen und komplexen Prozessketten in insgesamt über 20 Technologie-Clustern, sondern auch die Expertise der beteiligten 49 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur Bearbeitung ihrer komplexen Forschungsfragen zur Verfügung.

<https://www.knmf.kit.edu/>

4.2.5 Handlungsfeld 4: Organisationsstrukturen und Forschungsinfrastruktur – Schlanke Prozesse in der Forschung etablieren

Ausgangsbasis

Ingenieurwissenschaftliche Forschung von heute und morgen ist auf umfangreiche und **hochmoderne Forschungsinfrastruktur** angewiesen. Dies liegt darin begründet, dass ingenieurwissenschaftliche Forschung sich längst nicht mehr auf die Untersuchung und Gestaltung einzelner technischer Komponenten oder Teilsysteme beschränkt. Vielmehr umfasst sie die **Integration von Komponenten in technische Systeme**, die **Abstimmung mechanischer, elektronischer und informatischer Teilsysteme** aufeinander sowie die **Integration technischer Systeme** in die **Lebens- und Arbeitswelt** der Gesellschaft. Hierbei spielt auch die **frühzeitige Validierung** von Methoden, Prozessen und Artefakten eine Rolle, um die Funktionsfähigkeit von Produkten und ihre Akzeptanz am Markt abzusichern.

Die Arbeitsgruppe sieht die große Chance, durch **geeignete Vernetzung vorhandener Infrastruktur** sowie die **Abstimmung zwischen interessierten Akteuren** bei der Anschaffung neuer Forschungsinfrastruktur, **Synergiepotenziale** für alle Beteiligten zu

heben. Hierzu existieren bereits Best Practices in Baden-Württemberg, auf die zurückgegriffen werden kann.

In Bezug auf die nachhaltige Absicherung des Bestandes an Forschungsinfrastruktur sieht die Arbeitsgruppe die Gefahr, dass heute durch **ungeeignete Rechnungslegungsverfahren Abschreibungen** auf vorhandene Einrichtungen **nicht genügend** und teils überhaupt nicht **berücksichtigt** werden. Hierdurch sind **notwendige Reinvestitionen** in manchen Fällen **nicht möglich**, was die Forschungsstärke der betroffenen Einrichtungen mindert und die Planungssicherheit untergräbt.

Die Arbeitsgruppe stellt fest: Außerhalb von Forschungsvorhaben, die explizit institut- bzw. standortübergreifend durchgeführt werden, findet **kaum Austausch** zwischen Forschungseinheiten bei der **gegenseitigen Nutzung** oder **gemeinsamen Anschaffung von Laboren, Prüfständen sowie Prüf- und Messeinrichtungen** statt. Dies hat zwei Hauptgründe. Erstens besteht für potenzielle Nachfrager von Forschungsinfrastruktur von anderen Instituten, Universitäten oder HAW **keine Transparenz** hinsichtlich Vorhandensein und Verfügbarkeit von Forschungsinfrastruktur. Zweitens sind die jeweiligen **Nutzungsbedingungen** von Forschungsinfrastruktur durch externe Forscher **nicht transparent** geregelt und bekannt, so dass es für potenzielle Anbieter von Forschungsinfrastruktur kaum Anreize gibt, diese anderen Forscherinnen und Forschern proaktiv zur Verfügung zu stellen.

Die Arbeitsgruppe zeigt sich besorgt über das teilweise **massive Überhandnehmen von Verwaltungsaufgaben** an Universitäten und HAW. Betroffene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler klagen über **unbegründete** oder **redundante, bürokratische Vorgaben**, die die eigentlich wertschöpfende Tätigkeit in Forschung und Lehre unterminieren. Diese Verwaltungsprozesse werden häufig durch **pauschale Abgabesätze** auf eingeworbene Drittmittel refinanziert, was zu einer **ungünstigen Anreizstruktur** bei operativ forschenden und lehrenden Einheiten und bei zentralen, administrativen Einheiten führt.

Zudem **verzögern Verwaltungsprozesse** die **Akquise von Drittmittelprojekten**. Ingenieurwissenschaftlichen Instituten entgehen zunehmend anspruchsvolle, zukunftsweisende und finanziell attraktive Projekte, da **potenzielle Auftraggeber** aus der Industrie nicht gewillt sind, **mehrere Monate andauernde Vertragsverhandlungen** in Kauf zu nehmen. Als Reaktion hierauf wurden vereinzelt an Universitäten angeschlossenen Forschungsgesellschaften gegründet, über deren agilere Strukturen Drittmittelprojekte mit Industrieunternehmen effektiv und effizient durchgeführt werden können.

Das wünschenswerte Bemühen vieler Universitäten und HAW um Professionalisierung ihrer Strukturen führte nach Ansicht der Arbeitsgruppe in den vergangenen Jahren vor allem an Universitäten zu einer **Zentralisierung von Entscheidungskompetenz** und damit zu einer **Vielzahl neuer Vorgaben**. **Zentrale Verwaltungsvorgaben** müssen sich daran messen lassen, inwieweit sie **operativ forschende** und **lehrende Einheiten wirkungsvoll unterstützen** und **entlasten**. Dieser Maßstab administrativen Handelns ist aus Sicht der Arbeitsgruppe kaum umgesetzt.

Handlungsempfehlung 11:

Konzepte gemeinsamer Nutzung vorhandener Infrastruktur entwickeln

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt das Erarbeiten eines **Vernetzungs- und Kooperationsmodells für die Forschungsinfrastruktur** an Universitäten und HAW in Baden-Württemberg. Das Modell soll dabei einerseits vorhandene Forschungsinfrastruktur berücksichtigen, andererseits auch als Orientierungshilfe für künftig

zu beschaffende Forschungsinfrastruktur dienen. Das Modell soll so ausgelegt sein, dass es die **unbürokratische Nutzung** von Forschungsinfrastruktur durch Forscher anderer Einrichtungen zu **transparenten Bedingungen** ermöglicht.

2. In diesem Kontext empfiehlt die Arbeitsgruppe das Erarbeiten eines **Forschungsinfrastruktur-Atlas** für Baden-Württemberg, in dem vorhandene Forschungsinfrastruktur an Hochschulen transparent dargestellt wird. Der Atlas soll dabei nur Forschungsinfrastruktur relevanter, **sinnvoll zu definierender Größenordnung** oder mit **besonderem Alleinstellungsmerkmal** umfassen und auch die **Nutzungs- und Weiterentwicklungspotenziale** aufzeigen.
3. Die Arbeitsgruppe weist auf die Notwendigkeit hin, **Rechnungslegungsverfahren** an Universitäten und HAW so auszurichten, dass **Abschreibungen** auf vorhandene Forschungsinfrastruktur berücksichtigt und **entsprechende Rücklagen für Reinvestitionen** gebildet werden.

Handlungsempfehlung 12:

Verwaltungsprozesse entbürokratisieren und die Dezentralisierung von Entscheidungen weiter vorantreiben

1. Die Arbeitsgruppe Forschung empfiehlt den **Umbau von administrativen Einheiten** in Universitäten und HAW nach dem **Leitbild der serviceorientierten Verwaltung**. Ziel hierbei ist, Verwaltungsprozesse in ihrer **Effektivität** und **Effizienz** deutlich zu verbessern, um die **Flexibilität** und **Reaktionsschnelligkeit** operativ forschender Einheiten zu erhöhen. Die Arbeitsgruppe weist in diesem Zuge auf die Vielzahl unterschiedlicher Projektarten, Projektgrößen und Auftrag- bzw. Geldgeber hin, die jeweils unterschiedliche Anforderungen mit sich bringen. Eine zu **rigide Standardisierung von Prozessabläufen** wird diesem Sachverhalt **nicht gerecht** und verursacht **unnötigen Mehraufwand**. Zudem sollen operativ forschende Einheiten darüber entscheiden können, welche zentralen Verwaltungsdienstleistungen sie nachfragen. Hierfür sind entsprechende, **transparente Abrechnungsmodelle** Voraussetzung. In diesem Zuge sieht es die Arbeitsgruppe als sinnvoll an, die **landesrechtlichen Vorgaben** im Hinblick auf eine weitere Vereinfachung zu **überprüfen**.
2. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, die administrative Abwicklung von Forschungsprojekten an Universitäten und HAW in Baden-Württemberg zu vereinfachen.
3. Zudem empfiehlt die Arbeitsgruppe den **pragmatischen Umgang mit Fragestellungen zu intellectual property (IP)** in kooperativen Forschungsprojekten. Hierzu kann ein Baustein die flächendeckende Nutzung von **standardisierten Vertragsvorlagen für kooperative Forschungsprojekte** sein, wie sie von einigen juristischen Abteilungen an Hochschulen in Baden-Württemberg bereits vorangetrieben wird. Das berechnete **Interesse an der kommerziellen Nutzung** von Forschungsergebnissen durch die beteiligten Unternehmen darf nicht zur **Behinderung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern** bei der Veröffentlichung ihrer Ergebnisse führen. Dies sollte als Randbedingung bei vertraglichen Vereinbarungen kooperativer Forschungsprojekte dringend beachtet werden.
4. Die Arbeitsgruppe empfiehlt der Landesregierung, die **flexible Umwidmung von Personal- und Sachmitteln** für landesgeförderte Forschungsvorhaben zu etablieren bzw. auszubauen. Zudem soll sich die Landesregierung im Bund dafür stark machen, entsprechende Regelungen auch für bundesfinanzierte Forschungsvorhaben zu etablieren und zu verankern.

5. Die Arbeitsgruppe empfiehlt, dass Entscheidungen, die operativ forschende Einheiten direkt betreffen, so weit wie möglich in diesen Einheiten direkt getroffen werden. Ingenieurwissenschaftliche Forschung benötigt ein **hohes Maß an Handlungsfreiräumen** und sollte deswegen möglichst **dezentral** und **subsidiär organisiert sein**. Es sind entsprechende Strukturen und Prozesse zu etablieren und auszubauen.

4.2.6 Zusammensetzung der Arbeitsgruppe Forschung

Mitglieder der Arbeitsgruppe Forschung:

Hr. Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers (Karlsruher Institut für Technologie) (Leiter der Arbeitsgruppe)

Hr. Dr.-Ing. Jörg Böcking (Freudenberg Gruppe)
Hr. Prof. Dr. rer. nat. Michael Decker (Karlsruher Institut für Technologie)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Gerhard Kachel (Hochschule Offenburg)
Hr. Prof. Dr. rer. nat. Alfred Leitenstorfer (Universität Konstanz)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Detlef Löhe (Karlsruher Institut für Technologie)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Peter Middendorf (Universität Stuttgart)
Fr. Prof.in Dr. rer. nat. Britta Nestler (Karlsruher Institut für Technologie, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft)
Fr. Prof.in Dr.-Ing. Nejila Parspour (Universität Stuttgart)
Hr. Prof. Dr. rer. nat. Ralf Reussner (Karlsruher Institut für Technologie; Forschungszentrum Informatik)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Oliver Sawodny (Universität Stuttgart)
Hr. Prof. Dr. rer. nat. Hans-Joachim Werner (Universität Stuttgart)
Fr. Prof.in Dr. rer. nat. Martina Zitterbart (Karlsruher Institut für Technologie)

Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Sounding Boards:

Hr. Joachim Bereth (John Deere GmbH & Co. KG)
Hr. Bernd Danckert (DIF DIE IDEENFABRIK GmbH)
Hr. Christian Erbe (ERBE Elektromedizin GmbH)
Hr. Martin Hubschneider (CAS Software AG)
Hr. Dr.-Ing. Dirk Klug (Schuler Pressen GmbH)
Hr. Dirk Lappe (Porsche Engineering Group GmbH)
Hr. Prof. Dr.-Ing. Peter Post (Festo AG & Co. KG)
Hr. Dr. sc. techn. Christoph Puls (PULSGETRIEBE GmbH & Co. KG)
Hr. Dr.-Ing. Klaus-Peter Schnelle (Robert Bosch GmbH)
Hr. Dr.-Ing. Dirk Schweinberger (tech-solute GmbH & Co. KG)
Hr. Dr.-Ing. Andreas Stuffer (Schaeffler AG)
Hr. Dr.-Ing. Martin Tietz (Voith Paper GmbH & Co. KG)
Hr. Dr. rer. nat. Hans-Peter Trah (Robert Bosch GmbH)
Hr. Dr. rer. nat. Christian Zeidler (ABB AG)

4.3 Transfer und Zusammenarbeit

4.3.1 Was ist guter Technologietransfer?

Ein gut funktionierender **Technologietransfer** zwischen den Ingenieurwissenschaften und der Wirtschaft zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass **regionale Unternehmen** ihre Position im internationalen Wettbewerb auf der Basis von **Zukunftstechnologien** stärken und ausbauen. Dieser Anspruch gilt nicht nur für **etablierte Industrieunternehmen** und **KMU**, sondern auch für **Neugründungen**. So muss es von Zeit zu Zeit gelingen, **Start-up-Unternehmen** zu **international führenden Industrieunternehmen** zu entwickeln. Ein wichtiger Aspekt dabei ist, dass auch die heimischen Standorte der Unternehmen **international wettbewerbsfähig** bleiben. Wenn all das gelingt, kann man von **Exzellenz** im Zusammenwirken des **regionalen Wissenschaftssystems** mit der ansässigen Wirtschaft sprechen. Wenn das ausbleibt oder regionale Unternehmen mit ihren Zukunftsentwicklungen in andere Regionen der Welt abwandern, besteht hingegen Handlungsbedarf. Gerade bei KMU nimmt die Innovationskraft seit Jahren ab (vgl. Kapitel 4.3.2, Innovationsprobleme in kleinen und mittleren Unternehmen).

Innovationen im **KMU-** und **Start-up-Bereich** brauchen deshalb eine starke **Förderung des Technologietransfers** von der Wissenschaft in die Wirtschaft. Umgekehrt muss auch die Wirtschaft Anforderungen an die Wissenschaft formulieren, so dass ein **agiler, schneller Regelkreis** entsteht, der Wissenschaft und Wirtschaft weltweit eine **Spitzenposition** sichert. Derzeit sind es in erster Linie **Großunternehmen**, die von dieser Förderung profitieren, was gut ist und auch nicht geschwächt werden darf.

Baden-Württemberg braucht aber im **internationalen Maßstab** deutlich mehr **Innovationskraft bei KMU** und **Start-ups**, um seine **wirtschaftliche Stärke** und damit seinen **Wohlstand** auch für die Zukunft zu sichern. Guter **Technologietransfer** ist hierzu einer der wichtigsten **Schlüssel**.

Die wesentlichen **Prozesse** des **Technologietransfers** zwischen Wissenschaft und Industrie können über **drei Kanäle** in beide Richtungen laufen:

- (1) Transfer über Köpfe
- (2) Transfer über Projekte/Maßnahmen
- (3) Transfer über Ausbildung, Seminare, Lizenzvergabe, IP

Guter **Technologietransfer** zeichnet sich durch folgende **Eigenschaften** aus:

- **Fokussierung** und **Strategie** in Bezug auf Produkt- und Dienstleistungsinnovationen
- **Leidenschaft** und **Hunger** nach **wirtschaftlichem Erfolg** und **gesellschaftlicher Anerkennung**
- **Räumliche Nähe** von Wissenschaft und Wirtschaft
- **Vertrauen** zwischen den beteiligten Partnern
- Die richtigen Rahmenbedingungen in Hinblick auf **Einfachheit**, **Schnelligkeit** und unbürokratischen Zugang zu **Finanzierungsmöglichkeiten**
- Lebendige **Gründungskultur** und Start-up-Szene
- **Sichtbarkeit** und **Messbarkeit**

Guter Technologietransfer misst sich in den Ingenieurwissenschaften vor allem am wirtschaftlichen Erfolg innovativer Produkte, **Made in Baden-Württemberg**, die **anspruchsvolle Arbeitsplätze** und **nachhaltigen Wohlstand** in der Region sichern. Die Entwicklung einer **Gründungskultur** bereits auf dem **Hochschulcampus** unterstützt

dieses Ziel. Dazu bedarf es Professorinnen und Professoren, die neben der Freiheit in Forschung und Lehre vor allem die **Freiheit des Unternehmertums** nutzen und erfolgreiche Start-ups als **Exzellenzbotschafter** mit weltweitem Ansehen gründen. Guter Technologietransfer schafft also **Freiräume** und **Möglichkeitenräume** auf dem Hochschulcampus, um aus dem Zweiklang aus Forschung und Lehre einen **Dreiklang** aus **Forschung, Lehre** und **Unternehmertum** zu machen. Das Silicon Valley oder Tel Aviv sind dafür gute, weltweit sichtbare Beispiele.

4.3.2 Stärken-Schwächen-Analyse

Stärken

Wirtschaftlich starker Hochtechnologiestandort

Baden-Württemberg ist ein wirtschaftlich starkes Land. Seine wirtschaftliche Leistungsfähigkeit beruht auf seiner **differenzierten Wirtschaftsstruktur** aus Groß- und mittelständischen Unternehmen, die stärker als in anderen Ländern über das ganze Land verteilt sind, der **hohen Wettbewerbsfähigkeit** seiner **innovativen, exportstarken** Industrie und der **guten Ausbildung** der Beschäftigten. Baden-Württemberg weist den **höchsten Industrialisierungsgrad** aller Bundesländer auf. Der Anteil der Industrie am Gesamtumsatz im Land lag 2013 bei gut 31 Prozent, in Deutschland bei knapp 22 Prozent und in der EU ohne Deutschland bei 14 Prozent¹⁶².

Kern sind die industriellen Hochtechnologiebranchen **Fahrzeugbau, Maschinenbau, Elektrotechnik** und – mit etwas Abstand – die **technischen** und **FuE-Dienstleistungen** sowie der **IKT-Bereich**. Die Hochtechnologiebranchen hatten 2013 im Land einen **Wertschöpfungsanteil** von gut **21 Prozent**, in ganz Deutschland nur von rund 12 Prozent. Im Fahrzeugbau und im Maschinenbau betrug dieser Anteil mehr als die Hälfte am Gesamtumsatz dieser Branchen in Deutschland. Der Anteil der Beschäftigten in diesen Branchen belief sich im Land auf 13 Prozent, während er in Deutschland nur knapp 8 Prozent erreichte¹⁶³.

Baden-Württemberg gehört zu den **international innovationsstärksten Regionen** und belegt bei internationalen **Innovationsrankings** regelmäßig **vordere Plätze**. Beim aktuellen **Innovationsindex 2014** des Statistischen Landesamts liegt Baden-Württemberg bei der Innovationsfähigkeit im Vergleich der EU-Regionen mit **weitem Abstand an der Spitze**¹⁶⁴. 2013 wurden **20,2 Milliarden Euro** und damit **4,8 Prozent des Bruttoinlandsprodukts** in **Forschung und Entwicklung** investiert. Dies war in Deutschland der Spitzenwert und international ein Spitzenwert. Mit **16,3 Milliarden Euro** kamen gut **80 Prozent der FuE-Ausgaben** aus der Wirtschaft, der überwiegende Teil davon aus **innovationsintensiven Großunternehmen**. Knapp 20 Prozent entfielen auf den Staats- (außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) und den Hochschulsektor. Von den rund **80 Milliarden Euro**, die 2013 in Deutschland für **Forschung und Entwicklung** eingesetzt wurden, trug Baden-Württemberg **25 Prozent**¹⁶⁵. Mit gut 23 Prozent hatte das Land im Ländervergleich auch die **höchste FuE-Personalintensität**: 130.000 von bundesweit 590.000 Beschäftigten (Vollzeitäquivalente) arbeiteten hier 2013 in Forschung und Entwicklung¹⁶⁶.

Von den deutschlandweiten **FuE-Aufwendungen** entfielen 2011 im **Fahrzeugbau** knapp **49 Prozent**, in der **Elektrotechnik** gut **25 Prozent** und im **Maschinenbau** rund **33 Prozent** auf Baden-Württemberg. Diese Innovationsaktivitäten unterstreichen die **dominante Stellung** dieser drei Branchen, insbesondere der Kraftfahrzeug-Industrie, in Baden-Württemberg¹⁶⁷.

Leistungsfähige Hochschul- und Forschungslandschaft

Baden-Württemberg gehört zu den **hochschulreichsten** und **forschungsintensivsten Regionen** in Europa. Die **differenzierte Hochschul- und Forschungslandschaft** besteht aus **neun Universitäten, 23 HAW** (davon vier verwaltungsinterne Hochschulen), der **DHBW** sowie einem zahlenmäßig und fachlich breiten Spektrum von Forschungseinrichtungen der **Fraunhofer-Gesellschaft**, der **Helmholtz-Gemeinschaft**, der **Max-Planck-Gesellschaft**, der **Leibniz-Gemeinschaft**, der **Innovationsallianz Baden-Württemberg** und verschiedener Bundes- und Landesministerien. Diese wissenschaftlichen Kapazitäten sind über das ganze Land verteilt und für viele Regionen strukturbildend.

Die Leistungsstärke der Forschung in den Universitäten und Forschungseinrichtungen zeigt sich nicht nur bei der Einwerbung von **Drittmitteln** der Deutschen Forschungsgemeinschaft, des Bundes, der EU und der Wirtschaft. In den Hochschulen (ohne Hochschulkliniken) betragen sie 2013 knapp **861 Millionen Euro**. Sie haben sich im vergangenen Jahrzehnt verdoppelt. Der Löwenanteil mit rund **777 Millionen Euro** ging an die Universitäten¹⁶⁸. Unter den 20 deutschlandweit drittmittelaktivsten Universitäten befinden sich fünf Universitäten aus dem Land¹⁶⁹. Mit rund **415.000 Euro je Professorin bzw. Professor** erzielten die Universitäten 2012 den **höchsten Wert** im Ländervergleich¹⁷⁰. Auch in den großen, bundesweiten Wettbewerben **Exzellenzinitiative**, **Spitzencluster-Wettbewerb** und **Forschungscampus-Wettbewerb** hat Baden-Württemberg **überdurchschnittlich gut** abgeschnitten.

Die **Ingenieurwissenschaften** sind eine zahlen- und leistungsmäßig **starke Fächergruppe** an den Hochschulen in Baden-Württemberg. Sie sind dominant am **Karlsruher Institut für Technologie** und an der **Universität Stuttgart** sowie in Teilbereichen an den **Universitäten Freiburg** und **Ulm**, an den **meisten HAW** und an der **DHBW** vertreten. Sie verfügten 2013 mit 1.607 Professuren über **30 Prozent** der 5.323 Professuren im Land, an den Universitäten mit 274 Professuren über gut 12 Prozent, an den HAW mit 1.177 Professuren über 48 Prozent und an der DHBW mit 156 Professuren über gut 24 Prozent. Die unterschiedlichen Zahlen und unterschiedlichen Anteile sind auf die unterschiedlichen Aufgaben der Hochschularten und die daraus abgeleitete Organisationsstruktur und Personalausstattung zurückzuführen. Professorinnen und Professoren in den **Ingenieurwissenschaften** leiten an den Universitäten **Institute** von teilweise **erheblicher Größe**. An den HAW und der DHBW ist dies nicht der Fall. Dort gibt es in der Regel nur zentral organisierte Institute, die deutlich kleiner sind. Die wissenschaftlichen Angehörigen der Institute, die – finanziert vom Land oder von dritter Seite – lehren, forschen sowie Technologietransfer betreiben, machen einen wichtigen Teil des **Innovationspotenzials** der Ingenieurwissenschaften in den Hochschulen des Landes aus.

Zum Wintersemester 2013/14 gab es an den Hochschulen knapp **345.000 Studentinnen und Studenten**, davon mehr als **77.000 Studentinnen und Studenten** (gut 22 Prozent) in den **Ingenieurwissenschaften**. Auf die **Universitäten** entfielen davon fast **29.000 Studentinnen und Studenten** (38 Prozent), auf die **HAW** knapp **39.000 Studentinnen und Studenten** (50 Prozent) und auf die **DHBW** über **12.000 Studentinnen und Studenten** (12 Prozent). Der Anteil an der Gesamtzahl der Studentinnen und Studenten in den Ingenieurwissenschaften in Deutschland betrug gut 15 Prozent¹⁷¹.

Baden-Württemberg hat die Studienplatzkapazitäten in den Ingenieurwissenschaften in den letzten Jahren deutlich ausgeweitet: Im Rahmen des Ausbauprogramms „**Hochschule 2012**“ wurden mehr als **6.600 Studienanfängerplätze** in den Ingenieurwissenschaften und im Rahmen des Ausbauprogramms „**Master 2016**“ nahezu **2.200 Studienplätze** in den MINT-Fächern zusätzlich eingerichtet.

Die **Ingenieurwissenschaften** sind **Grundlage** und **Motor** der **Forschungsstärke** Baden-Württembergs. Das Karlsruher Institut für Technologie und die Universität Stuttgart gehören bei Berücksichtigung aller Förderquellen deutschlandweit in absoluten und personalrelativierten **Rankings** zur **Spitzengruppe** der „**Drittmittel-Allrounder**“ in den Ingenieurwissenschaften¹⁷². Die Universität Stuttgart erzielte 2013 mit **744.000 Euro** bundesweit die höchsten Drittmiteinnahmen **je Professorin** bzw. **Professor**¹⁷³. Die Ingenieurwissenschaften sind auch **tragende Säulen** in den **Spitzenclustern** und den **Forschungscampus-Projekten**.

Der im Ländervergleich wahrscheinlich **nachhaltigste Wettbewerbsvorteil** Baden-Württembergs liegt darin, dass Forschung und Innovation landesweit sowohl in der **Spitze** als auch in der **Breite** wettbewerbsfähig aufgestellt sind. Die **dezentrale Hochschul-, Forschungs- und Innovationslandschaft** stellt sicher, dass es in **allen Regionen** des Landes Hochschulen mit **leistungsfähigen ingenieurwissenschaftlichen** Fakultäten/ Fachbereichen gibt sowie Lehre, Forschung und Technologietransfer in **fachlicher** und **geographischer Breite** gewährleistet sind und wirken. Neben den **forschungsstarken Universitäten** trägt dazu das **breite Netz der HAW** und der Standorte **der DHBW** bei. Die HAW haben ihre Innovationskapazitäten in den letzten Jahren ausgebaut. Die Standorte der DHBW bemühen sich, ihr Innovationsprofil zu schärfen. Diese regionale innovationsorientierte Zusammenarbeit verbessert die **Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft** der jeweiligen Region und damit die Leistungskraft der Region insgesamt.

Hochentwickeltes Technologietransfersystem

Die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Industrie funktioniert im Land. Neben den Hochschulen sind besonders die Institute der **Innovationsallianz** und der **Fraunhofer-Gesellschaft** starke Kooperationspartner. 2012 hatten **3.500** und damit **15 Prozent** der **innovationsaktiven Unternehmen** in den für Baden-Württemberg wichtigen Branchen **Forschungsk Kooperationen** mit Wissenschaftseinrichtungen; in Deutschland waren es 12 Prozent¹⁷⁴. Die Universitäten in Baden-Württemberg nahmen durch Aufträge aus der Wirtschaft 2013 knapp **100 Millionen Euro**, die **HAW** gut **16 Millionen Euro** ein. Mehr als die Hälfte der Mittel entfielen auf die Ingenieurwissenschaften, zwei Drittel auf das Karlsruher Institut für Technologie und die Universität Stuttgart¹⁷⁵.

Zu dieser Entwicklung hat auch das **differenzierte** und **flächendeckende Technologietransfersystem** im Land beigetragen. Es besteht aus einer Vielzahl von **Transfer-einrichtungen**, unterschiedlichen **Kooperationsstrukturen** und **Kooperationsformen** sowie **Förderprogrammen** des Landes und des Bundes. In allen Hochschulen, Forschungseinrichtungen, Industrie- und Handelskammern, Handwerkskammern, Fachverbänden und Wirtschaftsorganisationen gibt es **eigene Organisationseinheiten** für den **Technologietransfer** als **Anlauf- und Kontaktvermittlungsstellen**. Eine Reihe von HAW hat mittlerweile eigene Forschungsinstitute aufgebaut, die fachlich an den wirtschaftlichen Schwerpunkten der Region ausgerichtet sind. Mit den **Zentren für Angewandte Forschung an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften** gibt es leistungsfähige Forschungsverbünde, in denen – unter Leitung einer HAW – mehrere HAW und Unternehmen zusammenarbeiten; auch Universitäten sind beteiligt.

Wichtige Dienstleister an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sind die **Steinbeis-Stiftung**, die **Landesagenturen** und die **Technologie-Lizenz-Büro** der Baden-Württembergischen Hochschulen GmbH (TLB). Die Steinbeis-Stiftung bietet mit ihren rund **600 Transferzentren** im Land, die zum überwiegenden Teil an den Hochschulen betrieben werden, insbesondere den KMU ein breites Angebot an Beratungs- und FuE-Aktivitäten. Die Landesagenturen **BIOPRO**, **e-mobil BW**, **Leichtbau BW**,

MFG Medien- und Filmgesellschaft Baden-Württemberg sowie **Umwelttechnik BW** fördern in ihren jeweiligen Technologiefeldern die Innovationsvorhaben von Unternehmen und fungieren als Plattform für Information, Kommunikation und Koordination. Die TLB unterstützt die Hochschulen bei der Bewertung, Betreuung und Vermarktung von **kommerziell interessanten Erfindungen**. Hochschulen sowie **Technologie- und Gründerzentren** stellen für die Gründung neuer Unternehmen gemeinsam nutzbare personelle und sachliche Ressourcen sowie technische Infrastruktur zur Verfügung.

Das Land ist durchzogen von zahlreichen **technologieorientierten Netzwerken und Clustern**. Die **zehn Netzwerke** wie Photonics BW und die **vier Spitzencluster** Elektromobil Südwest, MicroTec-Südwest, Biotechnologie Rhein-Neckar und Forum Organic Electronics sind landesweit, die **118 Cluster** regional, vereinzelt auch lokal, organisiert. Sie sind industriegetrieben und am technologischen Bedarf der stark beteiligten KMU ausgerichtet. Ziel ist es, durch die räumliche Zusammenfassung von Ideen, Kompetenzen und Ressourcen die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu fördern und ihre Zusammenarbeit mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf eine stabile Grundlage zu stellen.

Industry on Campus

Industry on Campus-Vorhaben sind strategische Forschungsk Kooperationen von Hochschulen und Unternehmen, die für eine gewisse Dauer zu festgelegten Themen gemeinsam forschen.

Quelle: <https://mwk.baden-wuerttemberg.de/de/forschung/forschungsfoerderung/technologietransfer/industry-on-campus/>

Beispiel Forschungscampus ARENA2036 der Universität Stuttgart:

Unter einem Dach arbeiten Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft mit finanzieller und politischer Unterstützung durch den Bund und das Land Baden-Württemberg zusammen. Ziel ist es, bis zum Jahr 2036 neuartige, ressourceneffiziente und wettbewerbsfähige Produktionsmodelle und -systeme zu realisieren. Hochqualifizierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beschäftigen sich mit wandlungsfähiger Produktion und funktionsintegriertem Faserverbund-Leichtbau in der Serienfertigung von Fahrzeugen.

Quelle: <http://www.arena2036.de/de/>

Neben der **vorwettbewerblichen Projektförderung** gewinnen Formate einer stärker institutionalisierten Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Unternehmen an Bedeutung (**Industry on Campus-Projekte**). In solchen **strategischen Partnerschaften** legen Hochschulen und Unternehmen gemeinsam die **Forschungsagenda** fest, arbeiten in einer Einrichtung auf dem Hochschulgelände zusammen und kommen gemeinsam für die Kosten auf.

Für die Entwicklung des **Technologietransfersystems** steht im Land ein **breites Förderspektrum** zur Verfügung. Die Maßnahmen reichen von der Grundfinanzierung verschiedener Einrichtungen über die Förderung kooperativer Forschungsprojekte und die Unterstützung von Unternehmensgründungen bis zu Anreizen für FuE-Aktivitäten in KMU durch Innovationsgutscheine.

Innovationsfreundliche Rahmenbedingungen

Das Land kümmerte sich schon immer um **innovationsfreundliche Rahmenbedingungen**. Dafür stehen die über lange Jahre hinweg stabile **Grundfinanzierung** der Hochschulen durch finanzielle „**Solidarpakte**“ auf einem im Bundesvergleich zwar hohen, aber **stagnierenden Niveau**. Hinzu kommen finanzielle **Sonderprogramme**, die vor allem der **technologischen Schwerpunktsetzung** und dem Ausbau der **wissenschaftlich-technischen Infrastruktur** dienen.

Mit mehreren Ausbauprogrammen hat das Land zusammen mit dem Bund in den vergangenen Jahren die Zahl der Studienanfängerplätze auch in den MINT-Fächern deutlich erhöht. Der jüngste **Hochschulfinanzungsvertrag „Perspektive 2020“** gibt den Hochschulen eine längerfristige verlässliche **Finanzierungsperspektive**. Ab 2015 werden die **Grundfinanzierung** der Hochschulen **jährlich um 3 Prozent** gesteigert, die bisher befristeten Mittel der verschiedenen **Sonderprogramme** des Landes und des Bundes verstetigt und **600 Millionen Euro** für ein **Bausonderprogramm** bereitgestellt, das dazu beitragen wird, den Hochschulen **zusätzliche Forschungsflächen** zur Verfügung zu stellen¹⁷⁶. Außerdem haben die Institute der Innovationsallianz Baden-Württemberg mit einer dreiprozentigen Steigerungsrate für die nächsten Jahre eine **verlässliche Finanzierungsgrundlage** erhalten.

Seit 1995 ist der **Technologietransfer** als **Kernaufgabe** der Hochschulen und als **Dienstaufgabe** der **Professorinnen und Professoren** im LHG verankert. Dort ist auch

die **wirtschaftliche Betätigung** der **Hochschulen** durch **Gründung** von bzw. **Beteiligung** an technologieorientierten Unternehmen geregelt. Hilfreich ist auch, dass für Aktivitäten im Technologietransfer nach dem Landesbesoldungsgesetz Leistungsbezüge gewährt werden können.

Schwächen

Drohende Engpässe bei Ingenieurinnen und Ingenieuren

Gut ausgebildete Hochschulabsolventinnen und -absolventen der Ingenieurwissenschaften sind das wichtigste **Potenzial** des **Technologietransfers**. **Ingenieurmangel** bedeutet **Innovationshemmnis** und **Wachstumsbremse**. Globalisierung, wissenschaftlich-technischer Fortschritt und demografischer Wandel verschärfen den Wettbewerb um Ingenieurinnen und Ingenieure. Die **Deckung des Ingenieurbedarfs** stellt die Unternehmen vor quantitative und qualitative **Herausforderungen**.

Trotz der Prognosen über eine **erhebliche Ingenieurücke** hat sich der Arbeitsmarkt für Ingenieurinnen und Ingenieure in der letzten Zeit entspannt¹⁷⁷. Diese Situation ändert aber nichts daran, dass es nach Region, Branche und Unternehmensgröße unterschiedliche Entwicklungen und Bedarfe gibt. Baden-Württemberg ist davon **besonders betroffen**. Die Zahl der Ingenieurinnen und Ingenieure ist hier in den letzten Jahren deutlich stärker als die Gesamtbeschäftigung gestiegen. In der **Ingenieurdichte** liegt Baden-Württemberg mit rund **48 Ingenieurinnen und Ingenieuren auf 1.000 Erwerbstätige** in Deutschland hinter Sachsen auf Platz zwei¹⁷⁸. Hinzu kommt, dass die Kernbranchen in Baden-Württemberg – Fahrzeugbau, Maschinenbau, Elektroindustrie, technische/FuE-Dienstleistungen und IKT – zu den **Branchen** mit der **höchsten Ingenieurdichte** gehören. In diesen Branchen übertrifft die Nachfrage das Angebot. Diese Situation wird durch die Bedarfe der **Energiewende**, der Elektromobilität und der Industrie 4.0 noch schwieriger. Der **Wettlauf um Ingenieurinnen und Ingenieure** wird sich beschleunigen.

Dagegen steht die **Ausbildungsleistung** der Hochschulen. Die Zahl der Studentinnen und Studenten und der Absolventinnen und Absolventen in den Ingenieurwissenschaften ist in Baden-Württemberg seit **2010** um rund **10 Prozent** pro Jahr **gestiegen**. Mit mehr als **77.000 Studentinnen und Studenten** bildeten die baden-württembergischen Hochschulen 2013 gut **15 Prozent der Studentinnen und Studenten** in den Ingenieurwissenschaften in Deutschland aus. Zwischen 2008 und 2013 hat sich die Zahl der Hochschulabsolventinnen und Hochschulabsolventen in den Ingenieurwissenschaften um 57 Prozent erhöht¹⁷⁹. Mit knapp **14.000 Hochschulabsolventinnen und Hochschulabsolventen** hatte Baden-Württemberg im Ländervergleich einen Anteil von gut 16 Prozent. Trotz dieses **respektablen Zuwachses** ist es fraglich, ob und inwieweit der Bedarf an Ingenieurinnen und Ingenieuren in sämtlichen Branchen im Land gedeckt werden kann. Baden-Württemberg ist und bleibt auch in Zukunft in erheblichem Umfang ein **Netto-Importeur von Ingenieurinnen und Ingenieuren** und ist auf **Zugänge** aus anderen **Bundesländern** und aus dem **Ausland angewiesen**.

Land, Hochschulen und Wirtschaft müssen sich gemeinsam darum bemühen, dass der **Selbstversorgungsgrad** des Landes an Ingenieurinnen und Ingenieuren zumindest **stabil bleibt** und sich nicht verschlechtert. Dazu gehören zum Beispiel eine deutliche **Verringerung** der **Abbrecherquoten** in den Ingenieurwissenschaften, die **Gewinnung von Frauen** und **Menschen mit Migrationshintergrund** für ein Ingenieurstudium, der Ausbau der **beruflichen Weiterbildung** und Maßnahmen zur **Steigerung des öffentlichen Ansehens** des Ingenieurberufs.

Genauso wichtig wie die **Quantität** ist die **Qualifikation** der künftigen Ingenieurinnen und Ingenieure. Nicht nur in der Umfrage, die das ZEW im Auftrag der Kommission durchgeführt hat¹⁸⁰, kritisierten die Unternehmensvertreter die **Spezialisierung** und die **Intransparenz** der Studiengänge sowie die **zerfließende Kompetenzdifferenzierung** zwischen den Universitäten, den HAW und der DHBW. Sie forderten eine **breite Grundlagenausbildung mit Spezialisierung erst im Masterstudium**, die stärkere Vermittlung von **Systemkompetenz** und **Interdisziplinarität** sowie von **profunden IT-Kenntnissen**. Die Ingenieurausbildung der Zukunft muss sich daran messen lassen, ob sie dieses Kompetenzprofil vermittelt.

„Zwei Kulturen im Technologietransfer“

a) Zäher Kulturwandel

Die wahrscheinlich **größte Herausforderung** für einen erfolgreichen Technologietransfer liegt in der **Überbrückung der Kulturunterschiede** zwischen **Wissenschaft** und **Wirtschaft**. Technologietransfer ist ein **wechselseitiger** und **rückgekoppelter Prozess** zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Dabei wird Wissen von den Partnern **bedarfsgerecht** und **zielorientiert** zusammengeführt. Das traditionelle **Vorwurfs-** bzw. **Entschuldigungsritual** der **Hol-** und **Bringschuld** hilft angesichts des globalen Innovationswettbewerbs nicht weiter.

Es muss ein gemeinsames Verständnis über die Steigerung der **internationalen Innovations-** und **Wettbewerbsfähigkeit** der Wirtschaft und damit des Landes als übergeordnetes volkswirtschaftliches Ziel des Technologietransfers entwickelt werden, ohne die unterschiedlichen betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen und Interessen der Partner zu vernachlässigen. Dazu gehört auch, dass Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen über **zielorientierte Transferstrategien, fundierte Transferkompetenzen** sowie **effiziente Transferstrukturen** und **Kommunikationsinstrumente** verfügen.

Es ist die gemeinsame Aufgabe der Hochschulen, der Forschungseinrichtungen und der Unternehmen, den **institutionellen** und **individuellen Kulturwandel** zwischen **Erkenntnisinteresse** und **Verwertung** zu fördern und voranzubringen. **Unternehmerische Selbstständigkeit** als Berufsoption muss ein **wichtiges Element** von **Lehre** und **Forschung** in den Hochschulen werden – weg vom Zweiklang der Freiheit in Lehre und Forschung hin zum Dreiklang der **Freiheit in Lehre, Forschung und Technologietransfer bzw. Unternehmertum**.

b) Ambivalenter Stellenwert des Technologietransfers in den Hochschulen

Der **Technologietransfer** ist seit langem auch rechtlich die **dritte Mission** der Hochschulen. Im Spannungsverhältnis zwischen den verschiedenen Aufgaben der Hochschulen sowohl auf der **institutionellen** als auch auf der **persönlichen Ebene** der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und angesichts der kontinuierlichen Zunahme der quantitativen und qualitativen Anforderungen an die Hochschulen und ihren Lehrkörper steht er aber nicht gleichwertig neben den klassischen Aufgaben Lehre und Forschung. An dieser Rangfolge kann auch eine Umfrage des Stifterverbandes, in der sich 2013 die große Mehrheit der Hochschulleitungen für eine verstärkte Zusammenarbeit mit der Wirtschaft in der Forschung ausgesprochen hat, nichts ändern¹⁸¹.

Im Leitbild und in der **Außendarstellung** der Hochschulen spielt der **Technologietransfer** in der Regel nur eine **nachgeordnete Rolle**. An vielen Hochschulen fehlt eine aufgabenintegrative sowie personell und materiell unterlegte Strategie für den

Technologietransfer. Um dies zu ändern, müssen die **traditionellen Wertemuster** der Hochschulen, orientiert an den **innovationspolitischen Herausforderungen**, weiterentwickelt werden.

c) Konfliktreiches Patent- und Lizenzmanagement

Die **Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen** steht im Mittelpunkt des Technologietransfers. Seit Abschaffung des **Hochschullehrerprivilegs** durch die Änderung des **Arbeitnehmererfindungsgesetzes** 2002 können die Hochschulen das Eigentum am Patent beanspruchen. Sie unterschätzen aber oft die rechtliche und verfahrensmäßige Komplexität der **Verwertung von Forschungsergebnissen** und überschätzen gleichzeitig die erzielbaren **Verwertungserlöse**. Die Unternehmen verweisen auf ihre fachliche Kompetenz und die guten Erfahrungen mit der früheren Praxis direkter Verhandlungen mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ohne Einschaltung der „bürokratischen Instanz“ Hochschule. Die Verhandlungen sind **mühsam** und **langwierig**. Sie haben sich mittlerweile zu einem **Innovationshemmnis** entwickelt, das auch zu Umgehungen verleitet. Eine Studie, nach der die Rechtsänderung zu einem Rückgang der Patentanmeldungen von Professorinnen und Professoren geführt hat¹⁸², gibt zu denken; die Entwicklung muss weiter beobachtet werden.

Zwischenzeitlich wurden **Musterverträge** für Auftragsforschung und Forschungs Kooperationen erarbeitet¹⁸³. Das Wissenschaftsministerium hat den Hochschulen empfohlen, diese Verträge in ihren Verhandlungen mit Unternehmen zu verwenden; die Resonanz ist bisher gering. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass nur wenige Hochschulen über eine **Verwertungsstrategie** verfügen und **Leitlinien** für ihr Patent- und Lizenzmanagement entwickelt haben.

Die **unbefriedigende Situation** wird im Spannungsfeld zwischen **institutioneller Autonomie, finanziellen Interessen** und **fachlichen Bedarfen** und **Anforderungen** zusätzlich erschwert durch Meinungsverschiedenheiten zwischen den Hochschulen über Ziele, Rahmen und Umfang einer systematischen landesweiten und arbeitsteiligen Verwertungsstrategie. Die TLB, die als Einrichtung der Hochschulen diese im Verwertungsprozess unterstützen soll, ist mittlerweile zum **Spielball hochschulspezifischer**, sich teilweise **blockierender Interessen** geworden.

d) Fehlende Validierung von Forschungsergebnissen

Das Potenzial vieler Forschungsergebnisse wird nicht ausgeschöpft, da ihre **Verwertungschancen** nicht abgeschätzt werden können. Für die Unternehmen sind Forschungsergebnisse erst interessant, wenn deren **Kommerzialisierungspotenzial** belastbar abgeschätzt werden kann. Dies kann durch **Machbarkeitsstudien, Prototypen, Demonstratoren** usw. nachgewiesen werden. Die **Lücke** zwischen **Erkenntnisinteresse** und **Verwertbarkeit** und die sich daraus ergebenden ordnungspolitischen **Finanzierungszuständigkeiten** werden häufig zum „**Valley of Death**“ für innovative Forschungsergebnisse. Es besteht ein grundsätzlicher **innovationspolitischer Bedarf**, diese Phase der **Prüfung** und **Weiterentwicklung von Forschungsergebnissen** im Hinblick auf konkrete Anwendungen stärker zu fördern.

Das Förderprogramm „**Validierung des Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung – VIP+**“ des Bundes ist hilfreich und sollte durch ein vergleichbares Förderprogramm des Landes ergänzt werden.

Validierung des technologischen und gesellschaftlichen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung – VIP+

Die Fördermaßnahme VIP+ unterstützt Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler dabei, das Innovationspotenzial von Forschungsergebnissen zu prüfen und nachzuweisen sowie mögliche Anwendungsbereiche zu erschließen. So schafft VIP+ die Voraussetzungen für die Weiterentwicklung von Forschungsergebnissen zu innovativen Produkten, Prozessen oder Dienstleistungen.

Quelle: <https://www.bmbf.de/de/vip-technologische-und-gesellschaftliche-innovationspotenziale-erschliessen-563.html>

e) *Nachholbedarf bei strategischen Forschungsk Kooperationen*

Die **projektbezogene Zusammenarbeit** zwischen Hochschulen und Unternehmen ist Forschungsalltag. Sie ist in der Regel **kurzfristig** und beschäftigt sich mit konkreten **aktuellen Problemen** der Unternehmen. Eine **längerfristige strategische institutionalisierte Zusammenarbeit** zwischen Unternehmen und Hochschulen ist die **Ausnahme**. Daran ändern auch entsprechende Initiativen in den Ländern und der **Forschungscampus-Wettbewerb** des BMBF nichts.

Der globale Innovationswettbewerb zwingt zu **neuen strategischen Partnerschaften**, in denen der Wissens- und Technologietransfer mit einer größeren **kritischen Masse**, in **räumlicher Nähe „on campus“**, mit **längerfristiger Perspektive** sowie organisatorisch und finanziell stärker institutionalisiert auf der Grundlage einer **gemeinsamen Forschungsagenda** betrieben wird. Die **zunehmende Verlagerung von FuE-Aktivitäten und FuE-Ausgaben** aus den Unternehmen¹⁸⁴ deutet neben den zugrunde liegenden Kostenüberlegungen auf eine **größere Offenheit** der Unternehmen für die Vorteile einer **intensiveren Zusammenarbeit** mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen hin und eröffnet **zusätzliche Chancen**.

In diesen **neuen Kooperationsstrukturen** können im vorwettbewerblichen Bereich die **Grundlagenforschung** der Universitäten und die **strategische Vorlaufforschung** der Unternehmen zur **interdisziplinären Bearbeitung** komplexer Fragestellungen in **Schlüsseltechnologien** und **Zukunftsfeldern** mit hohem Forschungsbedarf zusammengeführt werden. Voraussetzung dafür ist, dass solche Initiativen von den Unternehmen ausgehen und beide sich ressourcenmäßig entsprechend beteiligen.

f) *Intransparenz und Komplexität des Technologietransfersystems*

Das Technologietransfersystem im Land ist breit ausgebaut und leistungsfähig. **Effizienzprobleme** sind jedoch nicht zu übersehen. Die Vielfalt der Transferstellen, Transferformate, Förderprogramme und Verantwortungs- und Zuständigkeitsebenen hat die **Heterogenität** und die **Komplexität** erhöht, die **Transparenz** verschlechtert und zu Konkurrenz untereinander geführt, die die mit den verschiedenen Maßnahmen verfolgten Ziele teilweise konterkariert. Klagen über die **Intransparenz des Technologietransfer-Dickichts** gehören zum innovationspolitischen Alltag.

Für jede Transferorganisation, jedes Förderformat und jedes Förderprogramm gibt es bei der Einrichtung institutions- und funktionsbezogen plausible Gründe. Ebenso wichtig ist aber auch die Einpassung der einzelnen Maßnahme in das Gesamtsystem. Die Prüfung der **Effektivität** und der **Effizienz** der bestehenden **Einheiten, Strukturen und Programme** sowie die Abstimmung der verschiedenen Maßnahmen mit dem Ziel eines landesweiten arbeitsteiligen **Technologietransfersystems** sind beim **dynamischen Ausbau der Technologietransferlandschaft** manchmal zu **kurz gekommen**. Darauf hat auch der Innovationsrat der letzten Landesregierung hingewiesen¹⁸⁵.

In Zukunft sollten die Effizienz und die Zielerreichung der einzelnen Technologietransfer-Aktivitäten kontinuierlich überprüft werden. Dabei geht es nicht nur um eine **Bewertung der Leistungsbilanz**, sondern gleichgewichtig auch um die **Identifizierung von Erfolgsfaktoren** und **Hemmnissen**, die bei künftigen Transfermaßnahmen berücksichtigt werden müssen, um Effizienz und Effektivität der Förder- und Transfermaßnahmen zu verbessern. Trotz der **Komplexität, Differenziertheit** und **Interdependenz** des Technologietransfersystems muss sich die Landesregierung der Herausforderung stellen, mit den Hochschulen, den Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft dafür ein **transparentes, robustes und verlässliches Kennzahlensystem** zu entwickeln.

Schwache Gründungsaktivitäten in den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen

Unternehmensgründungen sind ein Indikator für die Dynamik der Wirtschaft und Motor für den technologischen und wirtschaftlichen Strukturwandel. Dies gilt besonders für Unternehmensgründungen in den **wissensintensiven Branchen** der Hightech-Industrie. Spin-offs aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen liefern wegen ihres **Innovationsgrads** und ihres **Entwicklungspotenzials** dazu einen **wichtigen Beitrag**.

Die allgemeine **Gründungstätigkeit** und die **Gründungsrate** sind in Baden-Württemberg im Ländervergleich **unterdurchschnittlich**¹⁸⁶. Dies gilt weniger für Unternehmensgründungen aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen. **10 Prozent aller Gründungen** in Baden-Württemberg hatten in den Jahren 2010 bis 2013 einen **wissenschaftlichen Hintergrund**, davon waren **2,5 Prozent forschungsbasierte Spin-offs**. In den Hightech-Branchen kamen sogar rund **20 Prozent der Gründungen** aus der **Wissenschaft**, knapp **8 Prozent** waren **forschungsbasierte Spin-offs**. In Baden-Württemberg wurden in diesem Zeitraum jährlich knapp **300 forschungsbasierte Spin-offs** gegründet, davon gut die Hälfte im Hightech-Bereich. Baden-Württemberg lag damit über dem bundesweiten Durchschnitt. Dies zeigt auch, dass das Gewicht des Hightech-Sektors bei Gründungen aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen relativ hoch ist¹⁸⁷.

Zusätzlich zum **EXIST-Förderprogramm** des Bundes hat das Land mit dem Förderprogramm „**Junge Innovatoren**“ ein erfolgreiches Instrument zur **Gründungsförderung** aufgelegt. Bisher wurden **225 Gründungsvorhaben** mit **335 Gründerinnen** und **Gründern** unterstützt. Die Mehrheit der Gründungen hat sich **erfolgreich entwickelt** und ist noch auf dem Markt. Einige Unternehmen haben sich in ihrer Branche bereits etabliert¹⁸⁸.

Erfreulich ist, dass in einer Untersuchung, die der Stifterverband 2013 zur Gründungssituation im Hochschulbereich durchführte, bei den großen Hochschulen das **Karlsruher Institut für Technologie** in der **Spitzengruppe** und auch die **Universität Stuttgart** ebenso wie die **HAW Aalen** und **Esslingen** bei den **mittleren Hochschulen** gut platziert waren¹⁸⁹. Die Universität Freiburg, das Karlsruher Institut für Technologie und die HAW Esslingen gehörten 2013 zu den 12 ausgewählten Hochschulen im Wettbewerb „EXIST-Gründungskultur – Die Gründerhochschule“ des BMWi, an dem sich 49 Hochschulen beteiligten¹⁹⁰. Die Mehrzahl der Hochschulen in Baden-Württemberg nahm an diesen Aktivitäten nicht teil.

Baden-Württemberg ist – wie Deutschland insgesamt – im internationalen Vergleich **kein Gründerland**. Dies gilt sowohl für das allgemeine Gründungsgeschehen als auch für Gründungen im Medium- und Hightech-Bereich. Ein Grund dafür sind auch die **schwach ausgeprägten Gründungsaktivitäten** von Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Großunternehmen.

Die **Gründerneigung** deutscher Hochschulabsolventinnen und Hochschulabsolventen war 2014 mit 7,5 Prozent zwar **ausgeprägter** als in der Bevölkerung insgesamt¹⁹¹. Die grundsätzliche Bereitschaft der Hochschulabsolventinnen und Hochschulabsolventen zu einer Unternehmensgründung ist in Deutschland aber gering. Nach einer Studie, in der 93.000 Studentinnen und Studenten weltweit nach ihren Karriereabsichten gefragt worden waren, wollten sich 2012 nur **6 Prozent** der Hochschulabsolventinnen und Hochschulabsolventen in Deutschland **selbstständig machen**, in **Großbritannien** waren dies **15 Prozent**. Der **weltweite Durchschnitt** betrug **11 Prozent**. Damit belegte

EXIST-Förderprogramm

EXIST ist ein Förderprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi), welches Hochschulabsolventinnen und -absolventen, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Studentinnen und Studenten bei der Vorbereitung ihrer technologieorientierten und wissensbasierten Existenzgründungen unterstützt. Ziel ist es, das Gründungsklima an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu verbessern.

Quelle: <http://www.exist.de/DE/Programm/Ueber-Exist/inhalt.html>

Förderprogramm „Junge Innovatoren“

Das Förderprogramm „Junge Innovatoren“ hilft jungen wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen dabei, sich zur Herstellung und zum Vertrieb von innovativen Produkten oder Verfahren selbständig zu machen.

Quelle: <http://www.junge-innovatoren.de/>

Deutschland Platz 16 unter 18 erfassten Ländern¹⁹². Nachteilig ist auch, dass Absolventinnen und Absolventen in den MINT-Fächern nur ein Viertel der Gründerinnen und Gründer aus Hochschulen ausmachen¹⁹³ und Hochschulabsolventinnen – wie allgemein im Gründungsgeschehen¹⁹⁴ – auch bei den **Gründungsaktivitäten** in Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen **unterrepräsentiert** sind.

Verantwortlich für diese Situation sind neben der **Wirtschaftsstruktur** mit ihren **guten Beschäftigungs-** und **Verdienstmöglichkeiten** die **fehlende Kultur** und **Wertschätzung** unternehmerischer **Selbstständigkeit** und **Gründung** sowie eine **unzureichende gründungsbezogene Ausbildung** in den deutschen Hochschulen. In der angeführten Studie wünschten sich mehr als die Hälfte der befragten deutschen Studentinnen und Studenten mehr **gründungsrelevante Studienangebote** und **Maßnahmen**. Die Universitäten im angelsächsischen Raum bieten nicht nur für „Graduate“-Studentinnen und -Studenten, sondern teilweise schon für „Undergraduate“-Studentinnen und -Studenten zahlreiche **Entrepreneurship-bezogene Kurse** und andere Maßnahmen im und neben dem Fachstudium an, organisieren in „**startup centres**“ schon für Studentinnen und Studenten personelle und technische Unterstützung und setzen dafür gezielt **Mentorinnen** und **Mentoren** aus ihren aktiven **Alumni-Organisationen**¹⁹⁵ ein.

Hinzu kommt, dass der **Lehrkörper an amerikanischen Forschungsuniversitäten deutlich gründungsaktiver** ist als an deutschen Hochschulen¹⁹⁶. Professorinnen und Professoren sind als Gründer **wichtige Vorbilder** und **Promotoren** für gründungsinteressierte Studentinnen und Studenten. Die vergleichsweise **geringe Gründungsbereitschaft** des Lehrkörpers an deutschen Hochschulen ist neben unterschiedlichen Werte- und Berufsmustern zum einen auf **rechtliche** und **finanzielle Rahmenbedingungen**, die z.B. die Nutzung eigener Patente und eine Unternehmensbeteiligung erschweren, und zum anderen darauf zurückzuführen, dass eine erfolgreiche Ausgründung im **institutionellen Anreizsystem** der Hochschulen als Bewertungsgröße bisher **keine Rolle** spielt¹⁹⁷.

Ohne die **Stärkung** einer **erfolgreichen Gründungskultur** in den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen wird sich diese Situation nicht ändern¹⁹⁸. Dabei sollten – im Unterschied zum angelsächsischen Raum – nicht schnelles Wachstum der Start-ups sowie eine schnelle und hohe Rendite für Investoren durch Anteilsverkäufe, sondern ein **kontinuierliches qualitatives Wachstum** der jungen Hightech-Unternehmen in den für Baden-Württemberg wichtigen Industriebranchen im Mittelpunkt der **Gründungskultur** und der **Gründungsförderung** stehen.

Innovationsprobleme in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU)

KMU sind als **wichtiger Teil** des **Innovationssystems** Motoren für Innovation, Wachstum und Beschäftigung. Dies gilt besonders für Baden-Württemberg. **KMU** stellen über **60 Prozent der Arbeitsplätze** in der Wirtschaft insgesamt und **44 Prozent der Arbeitsplätze** in der Industrie. In Baden-Württemberg gibt es eine ganze Reihe von **Hidden Champions**, die mit ihrer **technologischen Führerschaft** auf den **globalen Märkten** erfolgreich sind. Die **innovationsaktiven Unternehmen** haben in Baden-Württemberg mit **55 Prozent** einen deutlich höheren Anteil als in Deutschland insgesamt mit 48 Prozent. Dies ist auf die höhere Zahl der Unternehmen in der forschungsintensiven Industrie zurückzuführen¹⁹⁹.

Entwicklungen sind jedoch nicht zu übersehen, die angesichts des internationalen **Innovationswettbewerbs** die **Innovationsfähigkeit** und **Leistungskraft der KMU gefährden**. Seit Jahren gehen sowohl die Zahl der innovationsaktiven KMU als auch die Zahl von Patentanmeldungen durch KMU zurück. Bei den **Innovationsausgaben** und bei der **Innovationsintensität** öffnet sich die Schere zwischen Großunternehmen und

KMU immer weiter. Die **Innovationsintensität bei KMU** beträgt mittlerweile **nur noch 1,6 Prozent**, bei Großunternehmen 4,5 Prozent. Für den Rückgang ist vor allem die große Gruppe der gelegentlich forschenden KMU verantwortlich²⁰⁰. Diese Entwicklung ist auch in Baden-Württemberg zu beobachten. Viele KMU setzen sich nicht ausreichend mit künftigen technologischen Entwicklungen und Märkten auseinander und **vernachlässigen ihre Innovationsfähigkeit**²⁰¹.

KMU tun sich bei Innovationsaktivitäten schwerer als Großunternehmen. Dies zeigt erneut die Untersuchung des ZEW im Auftrag der Kommission²⁰². **KMU haben Schwierigkeiten** beim **Zugang zu Fachkräften**, bei der **Beantragung, Durchführung und Finanzierung** von **Forschungsprojekten** und beim Umgang mit **rechtlichen Regelungen** und **administrativen Verfahren**. Dazu gibt es Probleme des internen Innovationsmanagements bei der Kenntnis der **Forschungs-, Technologie- und Förderlandschaft** und beim Zugang zu **externer fachlicher Expertise** und **technischer Infrastruktur**. Die Hälfte der Unternehmen findet nach eigenen Aussagen keinen adäquaten Partner für Kooperationsvorhaben²⁰³.

Die Steigerung der **Innovationsfähigkeit der KMU** liegt nicht nur in deren eigenem Interesse, sondern auch im **Interesse des Landes**. Hochschulen und Forschungseinrichtungen können die Unternehmen, z.B. durch die Bereitstellung **teurer und komplizierter Geräte** mit dem **notwendigen Fachpersonal** als **Testbeds** für Experimente, Prototypen und Demonstratoren und für die **Validierung von Forschungsergebnissen** und **Entwicklungsstadien** von Produkten, unterstützen. Eine noch so gute Hilfestellung reicht aber nicht aus. Viele KMU müssen zur Sicherung ihrer künftigen Wettbewerbsfähigkeit ihre **interne Innovationskultur** grundsätzlich **verbessern**.

Materielle Rahmenbedingungen

„**Köpfe**“ sind der **Goldstandard** im **Technologietransfer** und in der Innovation. Verglichen mit Karrieren in der Wirtschaft sind die **Rahmenbedingungen für Karrieren in der Wissenschaft nicht wettbewerbsfähig** und die Schere geht weiter auseinander. Trotz der mit dem **Beamtenstatus** verbundenen **Sicherheit** müssen Professuren in den Hochschulen mehrfach ausgeschrieben werden mit der Folge, dass Professuren auch in technischen Kernfächern **mehrere Jahre unbesetzt** bleiben. Dies beeinträchtigt die **Qualität von Lehre und Forschung**, insbesondere aber auch die **Spitzenforschung**. Dazu kommt, dass **Leistungszulagen** rechtlich auch für erfolgreiche Aktivitäten im Technologietransfer zulässig sind, die Hochschulen von dieser Möglichkeit jedoch **kaum Gebrauch machen**. Der Wettbewerb zwischen Wissenschaft und Wirtschaft um ausgezeichnete Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wird sich angesichts des demografischen Wandels und des internationalen Innovationswettbewerbs in den nächsten Jahren weiter verschärfen.

Für einen erfolgreichen Technologietransfer benötigen die Hochschulen und die Forschungseinrichtungen eine ausreichende personelle und materielle Ausstattung sowie eine **qualitativ hochwertige technische Infrastruktur**. Hochschulen haben in der Regel erhebliche Schwierigkeiten, diese technische Infrastruktur bereitzustellen und kontinuierlich zu modernisieren.

Die **FuE-Intensität** betrug 2013 in Baden-Württemberg 4,8 Prozent. Auf die Wirtschaft entfielen 80 Prozent, auf die Hochschulen und die außeruniversitären Forschungseinrichtungen (Staatssektor) jeweils 10 Prozent. Knapp 2,2 Milliarden Euro gaben die Hochschulen 2013 für Forschung und Entwicklung aus. Diese vergleichsweise hohen FuE-Ausgaben ändern jedoch nichts daran, dass das **Land** bei der **FuE-Intensität** sowohl im **Hochschulsektor** als auch im **Staatssektor** mit einem Anteil von knapp über

bzw. knapp unter **0,5 Prozent** im Ländervergleich nur im **Mittelfeld** lag. Die Anteile haben sich seit Jahren nicht verändert²⁰⁴.

Der **Hochschulfinanzierungsvertrag „Perspektive 2020“** stellt für die nächsten fünf Jahre zusätzliche Mittel für die Hochschulen zur Verfügung. Sie werden auf absehbare Zeit zum größten Teil benötigt, um die **Ausbildung der hohen Zahl von Studentinnen und Studenten sicherzustellen**. Die **Forschung** wird in den Universitäten – und auch in den HAW – überwiegend mit **Drittmitteln** betrieben. Die **Drittmittelquote** beträgt an den Universitäten mittlerweile im Durchschnitt **26 Prozent**. In den Technischen Universitäten und in den ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten ist sie noch deutlich höher. In der Universität Stuttgart und im Karlsruher Institut für Technologie liegt der Anteil bei rund **40 Prozent**²⁰⁵. Diese **Entwicklung gefährdet** die langfristig angelegte **Grundlagenforschung** und damit auch **Durchbruchsinnovationen**.

4.3.3 Handlungsfeld 1: Ich geh' nach Baden-Württemberg – Exzellenzzentrum Ingenieurwissenschaften Baden-Württemberg entwickeln

Ausgangsbasis

Es sind immer Menschen, die den Erfolg in Wissenschaft und Wirtschaft ausmachen. Der globale Innovationswettbewerb wird über ihre Qualifikation und Leistungsfähigkeit entschieden. Die Ingenieurwissenschaften im Land spielen dabei eine entscheidende Rolle. Sie gehören zu den **wichtigsten Treibern von Innovationen**. Nur wenn es den Ingenieurwissenschaften in den Hochschulen gelingt, die **besten Köpfe** – Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Studentinnen und Studenten – aus dem **In- und Ausland** zu gewinnen und Kooperationen mit führenden Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen einzugehen, können sie ihre Aufgaben in Lehre, Forschung und Technologietransfer erfüllen.

Voraussetzung dafür sind **attraktive** wissenschafts-, wirtschafts- und gesellschafts-politische **Rahmenbedingungen**, die eine Tätigkeit in Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Baden-Württemberg interessant machen. Gute **materielle Angebote** sind dafür nicht ausreichend. Hinzu kommen müssen eine **Willkommenskultur** mit **Unterstützungsangeboten**, flexible **familienfreundliche Beschäftigungsstrukturen** und eine landesweite leistungsfähige **digitale Infrastruktur**. Ebenso wichtig ist eine **innovationsfreundliche öffentliche Atmosphäre**, in der die **Chancen des wissenschaftlichen Fortschritts** und **neuer Technologien** für wirtschaftliches Wachstum und gesellschaftlichen Wohlstand ebenso offen erörtert werden wie die Risiken. Auch die Arbeitsstruktur und das Arbeitsumfeld müssen an die **Herausforderungen der Digitalisierung** aller Lebensbereiche und den **kulturellen Wandel** bezüglich der **Work-Life-Balance** angepasst werden, um das gesamte Arbeitskräftepotenzial auszuschöpfen.

Das dichte und differenzierte Innovationssystem in Baden-Württemberg aus Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Großunternehmen und KMU bildet eine leistungsstarke Grundlage, um das Land insgesamt zu einem **Exzellenzzentrum** in den **Ingenieurwissenschaften** auszubauen. Im **Wechselspiel** von **Wettbewerb** und **Zusammenarbeit** zwischen den Einrichtungen kann sich eine - auch im internationalen Maßstab beispielgebende - **Modellregion** innovationsorientierter und wettbewerbsfähiger Ingenieurwissenschaften entwickeln, in der die unterschiedlichen branchen-, unternehmens- und technologiespezifischen Innovationsbedarfe quantitativ und qualitativ, fachlich und geographisch sowohl in der Spitze als auch in der Breite abdeckt werden.

Die folgenden Handlungsempfehlungen – nicht nur in diesem Handlungsfeld – können dazu beitragen, dieses Ziel in den nächsten Jahren zu erreichen und „**Leuchttürme**“ mit **international** hoher **Sichtbarkeit** und breiter **Strahlkraft** entstehen zu lassen.

Handlungsempfehlungen

Hochschulen

- Bereitstellung eines **qualifizierten Studienangebots** in den Ingenieurwissenschaften zur Stärkung des Technologietransfers über Köpfe
 - + Sicherung einer **multidisziplinären Grundausbildung** im **Bachelorstudium**
 - + **Spezialisierung** erst im **Masterstudium**
 - + Sicherung von **Freiräumen** für **Industriepraktika** im **Bachelorstudium**
 - + Integration von **interdisziplinären Kompetenzen** und **Soft Skills** durch den Einbau entsprechender Studienmodule aus den **Natur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften**
 - + Stärkung von **Eigeninitiative** und **Unternehmertum** bei den Studentinnen und Studenten – **Reduzierung der Verschulung**
 - + Ausbau der Studiengänge und der Kursangebote in der **berufsbegleitenden wissenschaftlichen Weiterbildung** mit einem entsprechenden **materiellen Anreizsystem**
- Strategische fachliche **Schwerpunktsetzung** unter Berücksichtigung der für Baden-Württemberg wichtigen **Zukunftsfelder**, die sich im Technologietransfer sichtbar niederschlägt
- Förderung einer **technologietransferfreundlichen Kultur** an den Hochschulen durch Einstellung von Professorinnen und Professoren mit **industriellem oder Gründungshintergrund**
- Schaffung **attraktiver familienfreundlicher Arbeitsbedingungen**

Wirtschaft

- Bereitstellung einer ausreichenden Zahl von **Praktikumsplätzen**
- Schaffung **attraktiver familienfreundlicher Arbeitsbedingungen**

Landesregierung

- Förderung einer **innovationsfreundlichen öffentlichen Atmosphäre**
- Gewährleistung konkurrenzfähiger **materieller** und **rechtlicher Rahmenbedingungen** für die Hochschulen im Wettbewerb um die besten Köpfe
- Gestaltung attraktiver Studienbedingungen
 - + Schaffung **zeitlicher Freiräume** im Studium z.B. durch die Möglichkeit eines vertieft grundlagenorientierten **4-jährigen Bachelor-Studiums**, an das sich ein **2-jähriges Master-Studium** anschließt
 - + **Ausreichende Finanzierung** einer bedarfsgerechten Zahl von Studienplätzen in den Ingenieurwissenschaften und eines qualitativ hochwertigen Studienangebots
- Entwicklung des **Exzellenzzentrums** durch landesweit abgestimmte **strategische Schwerpunktsetzungen**
 - + Sicherung der **Finanzierung** der kurz-, mittel- und langfristigen Forschung an den Hochschulen und den außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die dem Anspruch einer **international führenden Rolle** gerecht wird
 - + Identifizierung der für Baden-Württemberg wichtigen **Zukunftsfelder** sowie **Definition der Exzellenzkriterien**
 - + landesweiter **Masterplan** für die gemeinsame **Beschaffung** und **Nutzung** teurer **wissenschaftlich-technischer Infrastruktur**

- + Erweiterung bestehender **Förderprogramme** zur Bildung von **Forschungsschwerpunkten** an Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen auch mit dem Ziel des Auf- und Ausbaus **wettbewerbsfähiger Forschungsregionen**
- + Auflage eines Förderprogramms zur **interdisziplinären Bearbeitung visionärer Themen** zur Lösung der großen technologischen und gesellschaftlichen Herausforderungen
- + **internationale Vermarktung** des Exzellenzzentrums

4.3.4 Handlungsfeld 2: Gemeinsam stark – Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft weiterentwickeln

Ausgangsbasis

Der **Transfer** von Ideen, Erfahrungen und Forschungsergebnissen funktioniert nicht als Einbahnstraße, sondern ist ein **wechselseitiger und rückgekoppelter Austauschprozess** zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen zum gegenseitigen Nutzen. Dafür müssen **Technologiegenese, Technologieproduktion** und **Technologietransfer** noch stärker zusammengebracht werden.

Trotz des kontinuierlichen Ausbaus der Technologietransfer-Aktivitäten im Land gibt es immer noch Defizite. Sie liegen in den **unterschiedlichen Kulturen** von Wissenschaft und Wirtschaft, im **ambivalenten Stellenwert** des Technologietransfers in den Hochschulen und in der teilweisen **Intransparenz** und **Heterogenität** des **Technologietransfersystems**. Für den gemeinsamen Erfolg benötigen beide Seiten **zielorientierte Transferstrategien, effektive Transferstrukturen** und **Kommunikationsinstrumente**, ausreichende **Transferkapazitäten** und die Bereitschaft, die **Zusammenarbeit auf Augenhöhe** zu gestalten.

Handlungsempfehlungen

Hochschulen

- **Verankerung des Technologietransfers** als eigener Verantwortungsbereich auf der **strategischen Ebene** der Hochschulleitung als **Chefsache** und im **Leitbild** sowie stärkere Berücksichtigung in der **Außendarstellung**
- Erweiterung des **institutionellen Anreizsystems** der Hochschulen durch stärkere Anerkennung von **Erfolgen in Technologietransfer- und Verwertungsaktivitäten**, z.B. Berücksichtigung bei **Berufungen, Aufgabenentlastung** und **finanzielle Zuschläge** sowie **stärkere Würdigung** dieser Aktivitäten in der Hochschul- und der allgemeinen Öffentlichkeit
- Beibehaltung des Kriteriums **Industrieerfahrung** bei Berufungen in den Ingenieurwissenschaften an den HAW; stärkere Gewichtung der **Transferkompetenz** bei Berufungen an den Universitäten
- Beibehaltung der klassischen „**Assistenz-Promotion**“ an den Universitäten sowie der **Promotion in Kooperation mit Unternehmen**; **kein Ersatz** dieser Modelle durch die **strukturierte Promotion** (Graduiertenschulen)
- Stärkere Zusammenarbeit zwischen den Hochschulen und der Industrie durch **gemeinsam finanzierte Professuren (shared professorships)** sowie einen **befristeten Personalaustausch** von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern
- Verwendung der vom Innovationsrat ausgearbeiteten **Musterverträge für Forschungsk Kooperationen** mit Unternehmen als Grundlage für die Verhandlungen
- Entwicklung von Leitlinien für das **Patent- und Lizenzmanagement** (IP-Strategie); offene und kritische **Überprüfung der Rolle der TLB** mit dem Ziel einer effizienteren

hochschulinternen und landesweit abgestimmten **Patentverwertung**

Wirtschaft

- Verstärkung der **Zusammenarbeit bei Bachelor- und Master-Abschlussarbeiten** unter Beachtung der akademischen Anforderungen
- Ausbau der **Kooperations- und Auftragsforschung** zur **Ausschöpfung des Forschungspotenzials** der Hochschulen und Forschungseinrichtungen in Baden-Württemberg
- Steigerung der Zahl **langfristiger und strategischer institutioneller Kooperationen** insbesondere mit Universitäten mit gemeinsamer Finanzierung
- **Intensivierung des Personalaustauschs** mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen im Forschungsbereich
- Erhöhung der Zahl finanzierter **Forschungskooperationen** mit **Promotionsmöglichkeit** und **verstärkte Mitfinanzierung** von Graduiertenkollegs
- Verstärkter **Einsatz von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern als Lehrbeauftragte** durch Anerkennung dieses Engagements und Unterstützung dieser Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei Zeitaufwand und Reisekosten

Landesregierung

- **Bedarfsorientierte Weiterförderung** von Netzwerken, Forschungsallianzen und Clustern bei **regelmässiger Evaluation** ihrer Effizienz und Innovationsfähigkeit sowie kontinuierlicher **Verbesserung der Transparenz** des Technologietransfersystems
- Ausbau der **Förderung** von langfristigen und strategischen **institutionellen Kooperationen** zwischen Universitäten und Unternehmen („**Industry on Campus-Vorhaben**“) in **Leitbranchen** des Landes und in **Schlüsseltechnologien** unter Einbeziehung von HAW und KMU
- Erweiterung des Förderprogramms „**Zentren für Angewandte Forschung an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften**“ mit dem Ziel, auch kleinere **regionale „Industry on Campus-Projekte**“ aus mehreren HAW und KMU aufzubauen, um deren zum Teil hohes Innovationspotenzial zu nutzen
- Überprüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen für eine stärkere **leistungsorientierte Berücksichtigung** von erfolgreichen Aktivitäten im **Technologietransfer** im persönlichen und institutionellen Bereich
- Ergänzung des **Landesforschungspreises** um einen **Landesinnovationspreis** für erfolgreiche Aktivitäten im **Technologietransfer**

4.3.5 Handlungsfeld 3: Gute Rahmenbedingungen sind unabdingbar – Transferprozesse beschleunigen

Ausgangsbasis

Die **Globalisierung der Information** und **disruptive Technologien** stellen Unternehmen vor große – nicht nur technische – Herausforderungen. Dies gilt vor allem für KMU. Neben inkrementellen Innovationen in Form von Produkt- und Prozessverbesserungen benötigen auch sie **radikale Innovationen**, wenn sie z.B. neue Wertschöpfungsketten entwickeln müssen, um die Geschäftschancen von **Industrie 4.0** zu nutzen, und sich auf umkämpften bzw. neuen globalen Märkten behaupten wollen. Die in den letzten Jahren **zurückgehende Innovationsintensität der KMU** gibt Anlass zur Sorge. Es genügt nicht, wenn die Zahl der innovationsaktiven KMU zunimmt. Es ist genauso wichtig, dass KMU, die nur gelegentlich oder gar nicht forschen, ihre Innovationsaktivitäten deutlich steigern oder überhaupt erst damit beginnen.

Umfragen unter KMU bestätigen immer wieder, dass sie der **Faktor Zeit** erheblich unter Druck setzt. Die **Komplexität** des **Innovationsprozesses** durch Beteiligung unterschiedlicher Personen, Organisationen und Ebenen erschwert den Innovationsprozess und verlängert die „**Time to Market**“. Sie muss durch eine **verbesserte Transparenz des Förderspektrums** und durch eine **Verringerung des administrativen Aufwands** bei Forschungskooperationen verkürzt werden.

Die entscheidende Größe im Innovationsprozess sind und bleiben die Beschäftigten. Auch KMU werden nur mit **eigenen Fachkräften** die inkrementellen und radikalen Innovationen erreichen, die notwendig sind, um sich auch künftig auf dem Markt zu behaupten. Ohne einen **deutlichen Kulturwandel** wird ein Großteil der KMU den „Balanceakt Innovation“²⁰⁶ nicht bewältigen. Dies ist vor allem die Aufgabe der KMU.

Sie geht aber auch die Hochschulen, die Forschungseinrichtungen und das Land an. Unterstützungsmaßnahmen müssen mit **maßgeschneiderten Förderformaten** die Besonderheiten und Schwierigkeiten der KMU berücksichtigen und darauf abzielen, das **Transfermanagement der Hochschulen** und **Forschungseinrichtungen** und das **Innovationsmanagement der KMU** durch Aufbau interner **Innovationskapazitäten** qualitativ und quantitativ zu professionalisieren. Nur wenn sich die **Transferkompetenz der Hochschulen** und die **Absorptionskompetenz** der Unternehmen ergänzen, kann der Transferprozess insgesamt beschleunigt werden. Ohne die kontinuierliche **fachliche Kommunikation** und **Kooperation** qualifizierter Fachkräfte auf beiden Seiten wird dies nicht gelingen.

Handlungsempfehlungen

Hochschulen

- Überprüfung der **Strukturen** und **Verfahren** bei der **Abwicklung von Forschungsprojekten** insbesondere mit KMU, um die **Innovationsneigung** in den KMU zu erhöhen
- Bereitstellung **kostenintensiver technischer Infrastruktur** insbesondere zur Nutzung durch KMU bei angemessener Nutzungs- und Kostenregelung

Wirtschaft

- Akzeptanz der Rahmenbedingungen des **Arbeitnehmererfindungsgesetzes** bei der **Patentierung** und **Lizenzierung** von **Forschungsergebnissen** auf der Grundlage **vorliegender Musterverträge** zur Beschleunigung der Verhandlungen und im Sinne eines **fairen Interessenausgleichs**
- Häufigere **Nutzung des Innovationspotenzials** der Hochschulen durch KMU durch **direkte Einbeziehung von Professorinnen** und **Professoren** in die Produktentwicklung und den Produktionsprozess

Landesregierung

- Förderung der Entwicklung eines **Wegweisers durch das komplexe Fördersystem** und die **Vielfalt der Technologieanbieter** insbesondere für KMU
- Zielspezifische und passgenaue **Ausrichtung der Förderprogramme** auf die **Bedürfnisse der KMU**
- **Profilierung** der HAW als **regionale Innovationsmotoren** durch **Verstärkung der Projektförderung mit KMU** und Bereitstellung einer bedarfsgerechten **technischen Infrastruktur** zur gemeinsamen Nutzung
- Überprüfung des **besonderen Forschungsauftrags der DHBW**, um ihr Innovationspotenzial für KMU breiter nutzbar zu machen

- Einrichtung eines Förderprogramms zum **Aufbau neuer** bzw. **zusätzlicher personeller Innovationskapazitäten** in KMU mit gemeinsamer hälftiger Finanzierung und Übernahmeverpflichtung der KMU nach der Förderung
- Einrichtung eines **Validierungsfonds** zur **schnelleren Kommerzialisierung** von Forschungsergebnissen
- Einführung einer **Overhead-Prämie** für die Hochschulen für FuE-Projekte mit KMU
- Erweiterung des finanziellen Rahmens bei den **Innovationsgutscheinen** des Landes auch **im Sinne einer Forschungsprämie**, um angesichts der hohen Kosten, die für KMU mit Kooperationsprojekten verbunden sind, die Zusammenarbeit mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen zu erleichtern

4.3.6 Handlungsfeld 4: Durchstarten! – Unternehmensgründungen aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen unterstützen

Ausgangsbasis

Unternehmensgründungen aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind eine besonders **wirksame Form des Technologietransfers** über Köpfe. **Forschungsbasierte Spin-offs** sind das Ergebnis **innovativer Forschungsaktivitäten** und des **Unternehmergeists** von Mitgliedern der Hochschulen. Sie sind neben der vorherrschenden Verwertung von Forschungsergebnissen durch Lizenzierung die **schnellste** und **direkteste Form** des Technologietransfers, die deutlich ausgebaut werden sollte.

Nicht nur in Baden-Württemberg, sondern auch bundesweit liegt die Zahl der Unternehmensgründungen aus Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf einem niedrigen Niveau²⁰⁷. Im Vergleich mit anderen führenden Wirtschaftsnationen gibt es hier **Nachholbedarf**. Das Angebot an öffentlichen Fördermaßnahmen muss deshalb durch Maßnahmen ergänzt werden, die die **Entwicklung einer lebendigen Gründungskultur** fördern.

Adressatenspezifische **Sensibilisierungs-, Qualifizierungs- und Unterstützungsmaßnahmen** sollten nicht nur potenzielle Gründerinnen und Gründer ansprechen. Sie sollten inhaltlich und zeitlich so in das Studium eingebaut werden, dass möglichst **früh im Studium** das **grundsätzliche Interesse** der Studentinnen und Studenten am **Unternehmertum** und an einer **Unternehmensgründung** geweckt wird. Dabei ist darauf zu achten, durch **maßgeschneiderte Maßnahmen** und **Beispiel gebende Rollenmodelle** die Diversität der Studentinnen und Studenten zu berücksichtigen, um mehr Studentinnen und ausländische Studentinnen und Studenten für eine Unternehmensgründung zu gewinnen. Außerdem müssen sich erfolgreiche **Gründungsaktivitäten** für Mitglieder des Lehrkörpers durch Berücksichtigung im **hochschulinternen Anreizsystem** auch materiell lohnen.

Handlungsempfehlungen

Hochschulen

- Erweiterung der **personellen** und **infrastrukturellen Unterstützung** von Gründungen
- sichtbare **Bereitstellung von Inkubatoren/Gründerzentren** nicht nur für Gründerinnen und Gründer, sondern auch für gründungsinteressierte Studentinnen und Studenten
- Integration der **Entrepreneurship Education** möglichst frühzeitig in das Ingenieurstudium unter **Einbeziehung von Gründerinnen** und **Gründern** sowie **erfahrenen Fachleuten** aus dem Gründerbereich

- Entwicklung von **spezifischen Qualifizierungs-** und **Unterstützungsmaßnahmen** für Studentinnen
- Auslobung von **Gründungs-/Businessplan-Wettbewerben** und **Stipendien** für die Mitarbeit von Studentinnen und Studenten in Spin-offs
- Berücksichtigung von **erfolgreichen Gründungsaktivitäten** im **hochschulinternen Anreizsystem** und in der **Öffentlichkeitsarbeit**
- Entwicklung einer **Gründungskultur** an den Hochschulen mit Leistungsanreizen und **Best-Practice-Beispielen**; Motivation der Studentinnen und Studenten sowie der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an Hochschulen und Forschungseinrichtungen durch **Botschafter des Erfolgs** (Der Wunsch nach einer Unternehmensgründung muss zu den **fünf am häufigsten genannten Zielen** der Studentinnen und Studenten gehören.).

Landesregierung

- Ausbau der laufenden Förderprogramme des Landes, insbesondere des Existenzgründungsprogramms „**Junge Innovatoren**“
- Durchführung eines gesonderten regelmäßigen **Businessplan-Wettbewerbs** für **forschungsbasierte Spin-offs**
- Überprüfung und Anpassung der **rechtlichen Rahmenbedingungen** bei **individueller** und **institutioneller Beteiligung** an forschungsbasierten Unternehmensgründungen
- Förderung der **Gründungskultur** in Baden-Württemberg durch **geeignete Marketingmaßnahmen**

4.3.7 Handlungsfeld 5: Qualität ist messbar – Monitoring-System für den Technologietransfer einführen

Ausgangsbasis

Angesichts der quantitativen und qualitativen Unterschiede zwischen den einzelnen Transferformen und des differenzierten Hochschul- und Forschungssystems ist es schwierig, die **Aktivitäten und Erfolge** einer Einrichtung im **Technologietransfer vergleichbar zu messen** und **zu bewerten**. Dennoch kann auf eine **Erfolgskontrolle** nicht verzichtet werden. Technologietransfer lässt sich nur effektiv gestalten, wenn festgestellt werden kann, ob die **getroffenen Maßnahmen** die **gewünschten Ergebnisse** erzielen, welche Maßnahmen die **größte Wirkung** zeigen und welche Maßnahmen eingestellt oder ausgebaut werden sollen.

Ein quantitativ und qualitativ unterlegtes **Kennzahlensystem** dient der **Erfolgsmessung des Technologietransfers**. Bei dessen Entwicklung muss man schrittweise vorgehen. Zunächst sollten **quantitative Kennzahlen** festgelegt werden, die die **Schwerpunkte des Technologietransfers** in den Hochschulen abbilden und die mit den Zahlen der **amtlichen Statistik** und einschlägiger **Kennzahlensysteme in der Wirtschaft** verbunden werden können. Darauf aufbauend sollte das Kennzahlensystem kontinuierlich verbessert und zunehmend um **qualitative Aspekte**, die mit **Best-Practice-Beispielen** verbunden werden, erweitert werden.

Handlungsempfehlungen

Landesregierung

- Entwicklung eines möglichst **effizienten** und **aussagekräftigen Kennzahlensystems** zur **kontinuierlichen Bewertung** der Aktivitäten und der Erfolge der Hochschulen und Forschungseinrichtungen im Technologietransfer
- **landesweite Evaluation** der Ingenieurwissenschaften (Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) hinsichtlich eines **erfolgreichen Technologietransfers** mit Hilfe dieses Kennzahlensystems
- Herausgabe eines **Technologietransferberichts** in dreijährigem Abstand mit **Best-Practice-Beispielen**
- Einrichtung eines **Technologietransferrats Wirtschaft-Wissenschaft** zur **Begleitung der Umsetzung** der Handlungsempfehlungen der Kommission sowie zur **Weiterentwicklung des Technologietransfersystems** im Land

4.3.8 Zusammensetzung der Arbeitsgruppe Transfer und Zusammenarbeit

Mitglieder der Arbeitsgruppe Transfer und Zusammenarbeit:

Hr. Dr. rer. pol. Dietrich Birk (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau Baden-Württemberg)

Hr. Hagen Buchwald (andrena objects AG)

Hr. Dr.-Ing. Alexander Colsmann (Karlsruher Institut für Technologie)

Hr. Dr. rer. nat. Klaus Dieterich (Robert Bosch GmbH)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Herbert Dreher (Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg)

Fr. Prof.in Dr. habil. Ursula Eicker (Hochschule für Technik Stuttgart)

Hr. Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf (Universität Stuttgart)

Hr. Prof. Dr. rer. nat. Christian Maercker (Hochschule Esslingen)

Hr. Prof. Dr. rer. pol. Dr. h.c. Ortwin Renn (Universität Stuttgart)

Fr. Prof.in Dr. rer. pol. Dipl.-Ing. Meike Tilebein (Universität Stuttgart; Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf)

Hr. Dr.-Ing. E.h. Manfred Wittenstein (Wittenstein AG) (Leiter der Arbeitsgruppe)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Peter Woias (Universität Freiburg)

Hr. Dr.-Ing. Andreas Wolf (robomotion GmbH)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Roland Zengerle (Universität Freiburg; Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung)

Hr. Prof. Dr.-Ing. Thomas Zwick (Karlsruher Institut für Technologie)

Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Sounding Boards:

Hr. Prof. Dr. rer. nat. Karl Joachim Ebeling (Universität Ulm)

Hr. Christoph Hahn-Woernle (Viastore)

Hr. Steffen Jäger (OPVengineering)

Hr. Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Mescheder (Hochschule Furtwangen)

Hr. Dr.-Ing. Kai-Udo Modrich (Carl Zeiss Automated Inspection)

Hr. Hartmut Rauen (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau)

Hr. Dr. -Ing. Klaus-Peter Schnelle (Robert Bosch GmbH)

Hr. Dr.-Ing. Sebastian Schöning (Gehring GmbH)

Fr. Uta Vogel (Hodapp GmbH)

Hr. Dr.-Ing. Detlev Wittmer (Endress+Hauser)

Fr. Prof.in Dr. rer. nat. Margit Zacharias (Universität Freiburg)

5 Zentrale Handlungsempfehlungen

Dieser Abschlussbericht der Expertenkommission Ingenieurwissenschaften@BW2025 richtet sich an **Entscheiderinnen** und **Entscheider** in **Politik, Verwaltung, Wissenschaft** und **Wirtschaft**.

Angesichts der Dynamik des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und sich dadurch abzeichnender z.T. disruptiver Umbrüche in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft hatte Frau Ministerin **Theresia Bauer**, Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Anfang 2014 die Expertenkommission eingesetzt und beauftragt, auf der Grundlage einer Stärken-Schwächen-Analyse der Ingenieurwissenschaften im Land Vorschläge zu ihrer strategischen, fachlichen und strukturellen **Weiterentwicklung** in einem mittelfristigen Zeithorizont vorzulegen. Im Mittelpunkt der Beratungen der drei Arbeitsgruppen und der Kommission stand das Ziel, das „**Ingenieurland**“ **Baden-Württemberg** zu einem **Exzellenzzentrum** der Ingenieurwissenschaften mit **internationaler Sichtbarkeit** und **Strahlkraft** zu entwickeln.

Die erarbeiteten Handlungsempfehlungen haben das Potenzial, die Ingenieurwissenschaften und mit ihnen die Hochschulen und die außeruniversitären Forschungseinrichtungen in nationalen, europäischen und internationalen Fördersystemen erfolgreich zu positionieren und damit die **Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit des Innovations- und Produktionsstandorts Baden-Württemberg** durch eine überlegte und mutige **Profilbildung** und **Schwerpunktförderung** der Ingenieurwissenschaften zu sichern und weiter zu verbessern.

Im Folgenden werden die **übergreifenden Handlungsempfehlungen** zusammengefasst, die kurz- bis mittelfristig einen starken Beitrag zur Verwirklichung dieses Ziels leisten können. Die Analyse und die Begründung der einzelnen Maßnahmen finden sich in den Berichtskapiteln der drei Arbeitsgruppen. Auch die weiteren arbeitsgruppenspezifischen Handlungsempfehlungen sind wichtig: Sie konkretisieren und ergänzen die übergreifenden Handlungsempfehlungen in Teilaspekten.

5.1 Verstehen wir Innovationsunterstützung als ingenieurwissenschaftliche Mission im gleichgewichtigen Zusammenspiel von Lehre-Forschung-Technologietransfer der Hochschulen

Hochschulen stehen im **Zentrum des Innovationssystems**. Ingenieurinnen und Ingenieure generieren neues Wissen und transferieren es in gesellschaftlich relevante und wirtschaftlich erfolgreiche Produkte.

Hochschulen

- Verankerung des **Technologietransfers** im **Leitbild** und auf **strategischer Ebene** der Hochschule mit **eigener Zuständigkeit** in der Hochschulleitung sowie als **Schwerpunktthema in der Öffentlichkeitsarbeit**
- Berücksichtigung **erfolgreicher Transfer-, Verwertungs- und Gründungsaktivitäten** (Drittmittel aus der Industrie, Patente, Lizenzen, Ausgründungen) als mit dem Hirsch-Faktor/Publikationsverzeichnis **gleichgewichtige Indikatoren** bei der Be-

wertung der wissenschaftlichen Leistungsfähigkeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern besonders in den Ingenieurwissenschaften

- Erweiterung des **institutionellen Anreizsystems** der Hochschule durch die **stärkere Anerkennung** erfolgreicher **Transfer-, Verwertungs- und Gründungsaktivitäten**, z.B. bei Berufungen, Aufgabenentlastung und finanziellen Sonderleistungen

Landesregierung

- Schaffung **konkurrenzfähiger** materieller und rechtlicher **Rahmenbedingungen** für die Hochschulen im Wettbewerb um die **besten Köpfe**, insbesondere mit der Wirtschaft
- Überprüfung des rechtlichen und finanziellen Rahmens für eine stärker **leistungsorientierte Berücksichtigung** erfolgreicher **Transfer-, Verwertungs- und Gründungsaktivitäten** im **persönlichen** und **institutionellen Bereich**

Hochschulen und Landesregierung

- Beibehaltung des Berufungskriteriums „**Industrieerfahrung**“ an HAW sowie Berücksichtigung dieses Kriteriums bei Berufungen an Universitäten
- Stärkere Berücksichtigung des **Technologietransfers** als wichtiger Innovationstreiber in der **Öffentlichkeits- und Pressearbeit**

5.2 Schaffen wir strukturelle und infrastrukturelle Rahmenbedingungen zur Stärkung des Innovationssystems unter Berücksichtigung der differenzierten Hochschul- und Forschungslandschaft Baden-Württembergs

Die Akteure im Innovationssystem müssen sich besser vernetzen, um in der Lehre kreative Köpfe auszubilden, in der Forschung ausgezeichneten Ingenieurinnen und Ingenieuren Freiraum zu geben und den Transfer in die Wirtschaft zu erleichtern.

Hochschulen und teilweise außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

- **Strukturelle, infrastrukturelle** und **materielle Absicherung** der **technikrelevanten Forschung** mit kurz-, mittel- und langfristigem Zeithorizont zu etwa gleichen Teilen
- Ausbau des **institutionellen Qualitätssicherungssystems** für die Entwicklung der Curricula zur Vermittlung und zum Erwerb aktueller und künftiger **ingenieurrelevanter** fachlicher und sozialer **Qualifikationen** der Absolventinnen und Absolventen in der **Eigenverantwortung der Hochschulen**, wobei sich das Verhältnis zwischen grundlagen- und anwendungsbezogenen Spezialisierungen nach dem differenzierten Auftrag und Aufgabenspektrum der Hochschularten richtet
- Beibehaltung der klassischen „**Assistenzpromotion**“ und der „**Promotion in Kooperation mit Unternehmen**“ bei **strenger Qualitätssicherung** und mit Ergänzung durch die strukturierte Promotion (Graduiertenkollegs)
- **Diskriminierungsfreie Praxis** der Zulassung von Absolventinnen und Absolventen der HAW zur Promotion durch **Anpassung der Promotionsordnungen** der fachlich zuständigen Fakultäten der Universitäten
- **Gleichberechtigte Beteiligung** von Professorinnen und Professoren der HAW an Promotionsverfahren, insbesondere durch deren **verstärkte Kooptation** in die fachlich zuständigen Fakultäten der Universitäten nach **wissenschaftlichen Kriterien** und in einem **transparenten Verfahren**
- Ausbau der **arbeitsteiligen Zusammenarbeit** zwischen den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen unter Beteiligung von Unternehmen im

- Gesamtspektrum der Schlüsseltechnologien**, mit Schwerpunkt aber in den für Baden-Württemberg wichtigen Technologiebereichen
- Überprüfung der traditionellen **Governance-Strukturen** auf ihre Innovationsfähigkeit und Ausschöpfung des rechtlichen Spielraums zur Entwicklung flexibler fakultäts-/fachbereichs- und auch institutionenübergreifender Strukturen zur verstärkten **interdisziplinären Zusammenarbeit** zwischen
 - + **Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik**
 - + **Ingenieur- und Naturwissenschaften**
 - + **Ingenieur-, Geistes- und Sozialwissenschaften**,
 um sowohl dem **systemischen Ansatz** der Ingenieurwissenschaften als auch dem **integrativen Innovationsprozess** stärker Rechnung zu tragen
 - Erprobung neuer Formate **transdisziplinärer Zusammenarbeit**, um die Erfahrung und das **Wissen der Zivilgesellschaft** bei der Lösung der großen **gesellschaftlichen Herausforderungen** zu nutzen
 - Bereitstellung teurer technischer Infrastruktur durch instituts- und fakultätsübergreifende Beschaffung und Einrichtung von **Technologie-Plattformen** mit Zugang auch für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus anderen Hochschulen und aus Unternehmen bei **transparenten Nutzungs- und Kostenregelungen**

Landesregierung

- Beschränkung des **Promotionsrechts** auf die **Universitäten**
- Langfristige Förderung der **Zusammenarbeit** zwischen Wissenschaft und Wirtschaft auf allen Ebenen und in der **gesamten Breite der Schlüsseltechnologien**
- Verortung der Gestaltung von und der Verantwortung für die **ingenieurwissenschaftlichen Curricula** an den jeweiligen **Hochschulen**
- Ablehnung der Bestrebungen, die sich in der deutschen Gesetzgebung und im europäischen Raum abzeichnet, über das **Ingenieur-Berufsrecht** das Recht zur Führung der Berufsbezeichnung „**Ingenieur**“ unverhältnismäßig zu beschränken, beispielsweise durch Vorgabe fachwissenschaftlicher Anteile. Die Ausarbeitung von Curricula und die Festlegung der fachwissenschaftlichen Anteile erfolgen im Ingenieurland Baden-Württemberg bislang in qualitätsgesicherten, wissenschaftsadäquaten Verfahren in Verantwortung der Hochschulen. Ein **erfolgreich abgeschlossenes Studium** in einer technischen oder technisch-naturwissenschaftlichen Fachrichtung mit einer Regelstudienzeit von mindestens sechs Semestern (entspricht mindestens **180 ECTS-Punkten**) an einer **deutschen staatlichen** oder **staatlich anerkannten Hochschule** muss zur Führung der Berufsbezeichnung Ingenieur berechtigen.
- Aufbau **technologischer „Hotspots“** in den für Baden-Württemberg wichtigen Technologiebereichen, zum Beispiel **Mobilität, Produktionstechnik, Energiesysteme** und **IKT** mit einer auch international **wettbewerbsfähigen attraktiven personellen Ausstattung** und mit **modernster technischer Infrastruktur**, um die **besten Köpfe und Talente** aus Wissenschaft und Wirtschaft aus dem In- und Ausland zu gewinnen
- Förderung einer **landesweiten Abstimmung** und **Organisation** technikrelevanter **Lehr-, Forschungs- und Transferaktivitäten** in den **Geistes- und Sozialwissenschaften**, zum Beispiel in der **Technikfolgenabschätzung, der Techniksoziologie** und der **Technikphilosophie/Technikethik**
- Auflage eines Forschungsförderprogramms zur **interdisziplinären Bearbeitung visionärer Fragestellungen** mit **hohem Forschungsrisiko** und besonderem **wirtschaftlichem und gesellschaftlichem Potenzial** für die Lösung der großen technologischen und gesellschaftlichen Herausforderungen
- Förderung einer **innovationsfreundlichen Atmosphäre** und **Meinungsbildung** in der Gesellschaft durch eine **offene und reflektierte Diskussion** und **Kommunikation** der **Potenziale neuer Technologien**

5.3 Erhöhen wir die Anzahl und den Erfolg der Studentinnen und Studenten in Baden-Württemberg durch eine stärkere Berücksichtigung ihrer Heterogenität und Diversität und bilden wir sie zu fachlich kompetenten, sozial verantwortlichen und innovationsstarken Ingenieurinnen und Ingenieuren aus

Nur wer motiviert ist und Erfolg hat, schafft Spitzenleistung. Die Ausbildung von Studentinnen und Studenten muss transparenter, durchlässiger und auf individuelle Voraussetzungen besser abgestimmt werden.

Hochschulen

- Schärfung der Profile der Hochschularten durch eine transparente und **differenzierte Gewichtung des Theorie- und Praxisbezugs** in der Lehre sowie der Forschungsausrichtung und verstärkte **Vermittlung** dieser Unterschiede in der **Öffentlichkeit**
- **Flexibilisierung** der Bachelor-Studiengänge durch eine **zeitliche** und **inhaltliche Umstrukturierung** auf bis zu **acht Semester**, an die sich **konsekutive Master-Studiengänge** von **drei bis vier Semestern** anschließen können
- Sicherung einer **breiten Grundausbildung** im **Bachelor-Studium** durch Verzicht auf immer neue spezialisierte Studiengänge
- **Verpflichtendes Industriepraktikum** vor oder während des Ingenieurstudiums, auch für Studentinnen und Studenten an den Universitäten
- Erweiterung des **institutionellen Anreizsystems** der Hochschule durch eine **stärkere Anerkennung erfolgreicher Lehr- und Lernkonzepte**
- Ausbau der **Bildungspartnerschaften mit Schulen**, um über gemeinsame Projekte Mädchen wie Jungen für das Ingenieurstudium zu begeistern
- Förderung einer **gendergerechten Lehre** und **Ausbau von Mentoring-Programmen** für Studentinnen
- Bedarfsgerechter Ausbau der **berufsbegleitenden wissenschaftlichen Weiterbildungsangebote**
- Stärkerer **Einsatz IKT-gestützter Lehr- und Lernformate** im Studium und in den Weiterbildungsaktivitäten mit Bereitstellung entsprechender **didaktischer Weiterbildungsangebote** für Lehrende
- Ausbau der Angebote zur **Kinderbetreuung**

Landesregierung

- Überprüfung der Lehrpläne für Mathematik und Physik im G8-Bereich und eine deutlich **stärkere Verankerung von Informatik und Technik** in den **Lehrplänen der Schulen**
- Sicherung des **Ausbaus** von **Master-Studiengängen** in den Ingenieurwissenschaften unter Berücksichtigung des **Bedarfs von Wissenschaft und Wirtschaft**
- **Modernisierung des Kapazitätsrechts** durch eine stärkere Berücksichtigung der **deutlich gestiegenen Anforderungen** an eine heterogenitäts- und diversitätsorientierte Lehre
- Zulassung einer **flexiblen, bedarfsgerechten Verschiebung der Kapazitäten** zwischen **Bachelor-** und **Master-Studiengängen**
- Prüfung des **rechtlichen** und **materiellen Rahmens** für den Auf- und Ausbau eines **bedarfsgerechten wissenschaftlichen Weiterbildungsangebots** der Hochschulen
- Ausbau der Angebote zur **Kinderbetreuung**

Wirtschaft

- Bereitstellung einer ausreichenden **Zahl von Praktikumsplätzen**
- Entwicklung **interessanter beruflicher Ausbildungsangebote**, um einen geregelten Ausstieg aus dem Studium für eine **zweite berufliche Chance** zu ermöglichen
- Schaffung attraktiver **familienfreundlicher** Arbeitsbedingungen

Hochschulen, Landesregierung und Wirtschaft

- Regelmäßige abgestimmte **Öffentlichkeitsarbeit** zum Ingenieurberuf, seiner **wirtschaftlichen Bedeutung** und **gesellschaftlichen Verantwortung**

5.4 Bringen wir Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Unternehmen enger zusammen und kümmern wir uns gezielt um die Innovationsfähigkeit der KMU

Gemeinsam hoch hinaus: Jeder Akteur im Innovationssystem hat seine Stärken. Werden diese effizient gebündelt, profitiert der Standort. Das gilt insbesondere für KMU.

Hochschulen und teilweise außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

- Steigerung der Zahl von Land und Unternehmen **gemeinsam finanzierter Professuren (shared professorships)** und Verstärkung des **befristeten Personalaustauschs mit Unternehmen**
- Ausbau der strategischen, langfristigen und institutionellen Zusammenarbeit zwischen Universitäten und Unternehmen (**Industry on Campus-Vorhaben** und **von der Industrie gestiftete Forschungsinstitute**) auch unter Einbeziehung von außeruniversitären Forschungseinrichtungen, HAW und KMU
- Bereitstellung **teurer technischer Infrastruktur** mit angemessener **Kostenregelung** zur projektorientierten Nutzung insbesondere durch KMU als „**Testbeds**“ zur **Validierung** und **Kommerzialisierung** von **Forschungsergebnissen** (Transferforschung)

Landesregierung

- Prüfung des rechtlichen Rahmens für eine **nachhaltige Finanzierung** von Professuren und Instituten an Hochschulen **durch Unternehmen**, die damit entsprechenden **Einfluss auf deren Einrichtung** und **Weiterentwicklung** gewinnen
- Weitere Förderung von **Clustern, Netzwerken** und **Forschungsallianzen** bei kontinuierlicher **Überprüfung** ihrer **Effizienz-** und **Innovationsfähigkeit**
- Weitere Förderung von **Industry on Campus-Vorhaben** mit mindestens gleichem Finanzierungsanteil der Industrie und Verbesserung der für ihren **effizienten Betrieb** notwendigen **rechtlichen Rahmenbedingungen**
- Profilierung der HAW als **regionale Innovationsmotoren** durch eine **verstärkte Förderung von FuE-Projekten mit KMU** und **Finanzierung einer bedarfsgerechten technischen Infrastruktur** zur gemeinsamen Nutzung bei **angemessener Kostenregelung**
- Einrichtung eines **Validierungsfonds**, um die **Kommerzialisierungsrisiken** von Forschungsergebnissen (**Demonstratoren, Prototypen**) zu verringern
- Einführung einer **Overhead-Prämie** für die Hochschulen für **FuE-Projekte mit KMU**
- Mehr Mittel für das Förderprogramm „**Innovationsgutscheine**“ des Landes und **Modifizierung der Fördervoraussetzungen**, um den **differenzierten Innovationsbedarf der KMU** gezielter abzudecken

Wirtschaft

- Stärkere Nutzung der **Innovationspotenziale** der Hochschulen insbesondere durch KMU durch eine **direkte Einbeziehung von Professorinnen und Professoren** in die **Produktionssystem- und Produktentwicklung**
- **Nachhaltiges Engagement** bei der gemeinsamen Einrichtung von **Industry on Campus-Vorhaben**
- Steigerung der **externen FuE-Ausgaben** für **Kooperations- und Auftragsforschung** mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen

5.5 Gestalten wir das Innovationssystem offen und dynamisch, bauen wir eine lebendige Gründerkultur auf und entwickeln wir die Hochschulen zu Gründerschmieden

Jedes Unternehmen fängt klein an. Nicht alle Neugründungen schaffen den Markterfolg. Doch jedes verdient eine Chance.

Hochschulen

- Möglichst frühzeitige **Integration der Entrepreneurship Education** in das Ingenieurstudium
- Erweiterung der **personellen** und **materiellen** Unterstützung für **forschungsbasierte Ausgründungen**
- Entwicklung von **Qualifizierungs- und Unterstützungsmaßnahmen** für **gründungsinteressierte Studentinnen und Wissenschaftlerinnen**
- Sichtbare Bereitstellung von **Inkubatoren/Gründerzentren** auf dem Campus nicht nur für Gründerinnen und Gründer, sondern auch für Studentinnen und Studenten

Landesregierung

- **Weiterführung und Ausbau der Gründungsprogramme** des Landes
- Unterstützung beim Auf- und Ausbau **regionaler Inkubatoren/Gründerzentren**, die eng mit benachbarten Hochschulen und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten
- Überprüfung und Anpassung der **rechtlichen Rahmenbedingungen** für die individuelle und institutionelle Beteiligung an **forschungsorientierten Ausgründungen**, um die **Bereitschaft der Professorinnen und Professoren** zu Ausgründungen zu fördern und ihre Rolle als **Initiatoren** und **Promotoren** zu stärken

5.6 Machen wir das Innovationssystem flexibler

Verwaltung ist gut und notwendig. Eine schlanke Verwaltung ist besser. Entlasten wir Ingenieurinnen und Ingenieure von Verwaltungstätigkeiten, damit sie sich ganz ihren Kernaufgaben widmen können: neue Sachen machen.

Hochschulen und teilweise außeruniversitäre Forschungseinrichtungen

- Kritische Prüfung der **administrativen Rahmenbedingungen** und **Strukturen**, um die hohe Zahl administrativer Aufgaben in Forschung, Lehre und Technologietransfer zu verringern, die administrativen Prozesse zu verschlanken und zu beschleunigen, zum Beispiel durch **Aufgabendelegation** und **effiziente IT-gestützte Verfahren**
- Überprüfung des **Managements** bei der Abwicklung von FuE-Projekten mit Unternehmen, um insbesondere bei KMU **Transparenz** und **Planungssicherheit** zu verbessern und den **Zeit-** und **administrativen Aufwand** zu verringern
- Entwicklung von **realistischen Leitlinien** für das **Patent-** und **Lizenzmanagement** unter Verwendung vorliegender **Musterverträge**

Landesregierung

- Anpassung der **administrativen Rahmenbedingungen** mit dem Ziel, die **Hochschulen zu entlasten**
- Überprüfung der Durchführung von **Förderprogrammen** im Hinblick auf **Transparenz, Dauer** und **Nutzerfreundlichkeit**
- Überprüfung des Auftrags und der Aufgaben der **Technologie-Lizenz-Büro GmbH** zusammen mit den Hochschulen mit dem Ziel einer landesweit **abgestimmten Patentverwertung**

5.7 Investieren wir klug in das Innovationssystem

Mit dem Hochschulfinanzierungsvertrag „**Perspektive 2020**“ hat die Landesregierung unterstrichen, dass die **Förderung der Wissenschaft** auch künftig zu ihren **politischen Schwerpunkten** gehört. Der Vertrag gibt den Hochschulen **finanzielle Planungssicherheit**. Die entfristeten und zusätzlichen Mittel werden aber in den nächsten Jahren vor allem benötigt, um eine **bedarfsgerechte Zahl** von Studienplätzen zu finanzieren. Die **Forschung** wird in erheblichem Umfang durch **Drittmittel** betrieben.

Die Landesregierung muss deshalb die **Abschaffung des Kooperationsverbots** zwischen Bund und Ländern durch die **Novellierung von Art. 91 b GG** nutzen und beim Bund darauf drängen, dass er sich möglichst bald in **substantiellem Umfang** und langfristig an der **Grundfinanzierung der Hochschulen** beteiligt. Trotz der politischen Situation mit ihren **finanziellen Herausforderungen**, derer sich die Kommission bewusst ist, sollte die Landesregierung aber gleichzeitig ein **Innovationspaket** aus **verschiedenen Fördermaßnahmen** auflegen, um das **große Innovationspotenzial** der **Ingenieurwissenschaften** im Land insbesondere für die **Zusammenarbeit mit den KMU** in den nächsten Jahre noch stärker zu nutzen und damit die **Innovationsfähigkeit** des Landes zu steigern.

Landesregierung

- Nutzung der **zusätzlichen Möglichkeiten**, die die **Novellierung des Artikels 91b** des Grundgesetzes bietet, um den heute hohen Anteil projekt- bzw. programmbasierter Finanzierung von Lehre und Forschung **zugunsten der Grundfinanzierung** umzuschichten
- Unabhängig von Förderprogrammen ist eine **verlässliche** und **ausreichende (Grund-) Finanzierung** technikrelevanter Forschung, insbesondere mit **langfristigem Zeithorizont**, zu gewährleisten
- Zusätzlich zur sofortigen Umsetzung sind **35 Millionen Euro pro Jahr** bereitzustellen, um die infrastrukturellen und finanziellen Grundlagen der Forschung insbesondere mit langfristigem Zeithorizont in den Ingenieurwissenschaften zu verbessern:
 - + Förderprogramm zur Beschaffung und Modernisierung **teurer technischer Infrastruktur**
 - + Förderprogramm zur **interdisziplinären Bearbeitung visionärer Fragestellungen**
- Weitere 25 Millionen Euro pro Jahr sind notwendig, um in Abstimmung mit der Wirtschaft die Fördermaßnahmen insbesondere zur **Stärkung der Innovationsfähigkeit von KMU** und zur **Steigerung forschungsbasierter Gründungsaktivitäten** auszubauen:
 - + Fördermaßnahmen zur **Verbesserung der Innovationsfähigkeit von KMU** einschließlich des **Ausbaus der Transferforschung an HAW**
 - + Einrichtung eines **Validierungsfonds**
 - + Ausbau der **Gründungsförderung**
 - + Weitere Beteiligung an der **Förderung von „Industry on Campus“-Vorhaben**

5.8 Stellen wir uns dem Wettbewerb. Wir brauchen valide und robuste Kennzahlen als Grundlage für ein aussagekräftiges Monitoring der Innovationsfähigkeit und des Innovationsbeitrags der Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Wer viel erreicht hat und international vorn bleiben will, muss sich mit den Besten vergleichen und seinen Weg ständig überprüfen. Dazu muss eine solide Datengrundlage geschaffen werden.

Landesregierung

- Entwicklung eines **effizienten Kennzahlensystems** in Zusammenarbeit mit den Hochschulen, den außeruniversitären Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft. Ziel ist eine **kontinuierlichen Bewertung** der **Aktivitäten** und **Erfolge der Hochschulen** und **außeruniversitären Forschungseinrichtungen** in Lehre, Forschung und Technologietransfer.
- Einsetzung eines **Technologietransferrats** aus Vertreterinnen und Vertretern von Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Politik mit der Aufgabe, die **Umsetzung der Handlungsempfehlungen** zu begleiten und **Impulse für die Weiterentwicklung des Innovationssystems** im Land zu geben
- Herausgabe eines **Technologietransferberichts** in **dreijährigem Rhythmus** mit **Best-Practice-Beispielen**

6 Nicht stehen bleiben

Der vorliegende Bericht der Kommission Ingenieurwissenschaften@BW2025 nennt sich zwar „Abschlussbericht“ (den Abschluss der Beratungen), er definiert aber einen Anfang. Er skizziert den Weg, den wir nun rasch weiter gehen müssen. Es liegt an uns, den **Hochschulen** und **außeruniversitären Forschungseinrichtungen**, der **Landesregierung** und der **Wirtschaft**, **überlegt, mutig** und **schnell voranzuschreiten**. Es kann unterwegs an der einen oder anderen Stelle eine kleine Umleitung oder eine Abkürzung notwendig und sinnvoll sein. Aufgrund der **Dynamik des Umfelds** kann es Änderungen geben, ein Thema kommt hinzu oder wird verändert umgesetzt. Unser herausforderndes Ziel ist jedoch heute schon klar:

Im Jahr 2025 ist Baden-Württemberg ein hoch wettbewerbsfähiges und international strahlendes Exzellenzzentrum der Ingenieurwissenschaften.

Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es einer **konzertierten Vorgehensweise**. Der weitere **konstruktive Dialog** der Landesregierung mit den Hochschulen, den Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft ist dafür **unverzichtbar**. Wir empfehlen, einen **Technologietransferat** einzusetzen und ein **Umsetzungsprogramm** aufzulegen, das auf der **Basis des Berichts** definiert werden muss.

Es gilt, zeitnah die **Maßnahmen umzusetzen**, mit denen man schon heute beginnen kann. Des Weiteren müssen **Umsetzungsgruppen** gebildet werden, die die **Realisierung** der definierten **mittel- bis langfristigen Themen** vorantreiben. Die Landesregierung ist hier gefordert, mit **hoher Priorität Zeichen zu setzen** und die innovationsfreundlichen und innovationsfördernden **Rahmenbedingungen zu schaffen**, damit der beschriebene Weg zum **Exzellenzzentrum** erfolgreich beschritten werden kann und somit die **Grundlage für das Innovationssystem in Baden-Württemberg** weiter gestärkt wird.

Glossar

Artefakt

Gegenstand, der seine Form durch menschliche Einwirkung erhielt (im Text: Bauwerke, Maschinen, Produkte u.v.m.)²⁰⁸

Best Practice

(besonders in Wirtschaft und Politik) bestmögliche [bereits erprobte] Methode, Maßnahme o. Ä. zur Durchführung, Umsetzung von etwas²⁰⁹

Betreuungsrelation

Die Kennzahl beschreibt das zahlenmäßige Verhältnis der Studentinnen und Studenten zum wissenschaftlichen und künstlerischen Personal in Vollzeitäquivalenten ohne drittmittelfinanziertes Personal²¹⁰

Cluster

Gruppe von Unternehmen, verwandten ökonomischen Akteuren und Institutionen, die in regionaler Nähe zueinander angesiedelt und miteinander vernetzt sind. Ein Cluster beschreibt ein Netzwerk von Akteuren, die in einer Austauschbeziehung entlang der Wertschöpfungskette stehen. Durch eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Unternehmen und Institutionen entstehen für alle Beteiligten Wettbewerbsvorteile²¹¹

College

(in den USA) Eingangsstufe der Universität²¹²

Curriculum, Curricula (pl.)

auf einer Theorie des Lehrens und Lernens aufbauender Lehrplan²¹³

Curricularwert

bestimmt den in Deputatstunden gemessenen Aufwand aller beteiligten Lehreinheiten, der für die ordnungsgemäße Ausbildung in dem jeweiligen Studiengang erforderlich ist²¹⁴

Employability

Einsetzbarkeit im Beruf; Fähigkeit, auf dem Arbeitsmarkt zu bestehen²¹⁵

Entrepreneurship

Begriff beinhaltet die Identifikation von Marktchancen, die Entwicklung einer Geschäftsidee sowie deren Umsetzung hin zur Unternehmensgründung. Die Unternehmerin bzw. der Unternehmer (Entrepreneurin bzw. Entrepreneur) besitzt die Fähigkeit, mittels Kombination verschiedener Arten von Wissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Ressourcen eine Erfindung (Invention) in eine erfolgreiche Innovation umzusetzen. Der Begriff Entrepreneur bezieht sich damit vor allem auf Gründerinnen und Gründer mit innovativen und wachstumsstarken Geschäftsideen²¹⁶

Facility

(technische) Ausstattung, Einrichtung, Infrastruktur eines Unternehmens oder Gebäudes²¹⁷

Hidden Champions

Als Hidden Champions (heimliche Gewinner) werden mittelständische Unternehmen bezeichnet, die in Nischen-Marktsegmenten Europa- oder Weltmarktführer geworden sind. Sie sind „heimliche Gewinner“, weil sie in der Öffentlichkeit kaum bekannt und in der Regel keine Aktiengesellschaften sind und so auch nicht von Analysten und Investoren beobachtet werden. Auch sind die von ihnen besetzten Nischenmärkte volumenmäßig meist so eng, dass sie von Konzernen nicht beachtet werden bzw. nicht mit diesen im Wettbewerb stehen. Der Begriff wurde von Hermann Simon (1990) geprägt und hat sich in den letzten Jahren als Synonym für Wachstumsunternehmen in Deutschland durchgesetzt. Dieser Unternehmenstypus wird als Grund für den Exporterfolg der deutschen Wirtschaft gesehen²¹⁸

Hochschulen

Universitäten, Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW), Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW)

Hochschulsektor

alle staatlichen und nicht-staatlichen Universitäten, Gesamthochschulen, Pädagogischen Hochschulen, Kunsthochschulen, (Verwaltungs-) Hochschulen für Angewandte Wissenschaften, Duale Hochschulen sowie die Theologischen Hochschulen²¹⁹

Hub

zentraler Umschlagplatz, Knotenpunkt (besonders des internationalen Luftverkehrs)²²⁰

Forschungs- und Entwicklungsintensität

Die FuE-Intensität entspricht den Forschungs- und Entwicklungsausgaben bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt²²¹ (hier: bezogen auf das BIP von Baden-Württemberg)

Frugale Innovation

Der Begriff „Frugale Innovationen“ steht für intelligente, kreative Lösungen für lokale gesellschaftliche Bedarfe unter starken Ressourcenbeschränkungen²²²

Innovationsintensität

Der Anteil der Innovationsausgaben am Umsatz von Unternehmen, Branchen oder allen Unternehmen eines Landes beziehungsweise am Bruttoinlandsprodukt eines Landes (Angabe in Prozent)²²³

Interdisziplinarität

Verfahren der Suche nach Problemlösungen durch Einbeziehung von Erkenntnissen möglichst aller durch ein Problem tangierten Fachdisziplinen²²⁴

kooperative Forschung

ist Forschung, in deren Rahmen Forscher unterschiedlicher Disziplinen, Standorte, Organisationen oder Organisationsarten zusammenarbeiten. Die wesentlichen Formen kooperativer Forschung beziehen sich auf die Zusammenarbeit innerhalb derselben Disziplin, die Zusammenarbeit über Disziplinengrenzen hinweg sowie die Zusammenarbeit zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen und privatwirtschaftlich organisierten Unternehmen. Für unterschiedliche Formen kooperativer Forschung stehen jeweils geeignete Formate zur Verfügung

Lead Market

Lead Markets sind regionale Märkte (in der Regel Länder), die ein bestimmtes Innovationsdesign früher als andere Länder nutzen und über spezifische Eigenschaften (Lead Market Faktoren) verfügen, die die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass in anderen Ländern das gleiche Innovationsdesign ebenfalls breit adoptiert wird²²⁵

Living Lab

ist ein offenes Forschungskonzept zur nachhaltigen Produktentwicklung, bei dem der Nutzer in den gesamten Entwicklungsprozess einbezogen wird. Living Labs entwickeln sich meist in einem abgegrenzten Territorium (z.B. Stadt, Region) und nehmen auf regionale und soziale Spezifika Rücksicht. Damit fördern sie regionale Innovationen

poietisch

bildend, das Schaffen betreffend²²⁶

Prekarisierung

von Prekarität: Gesamtheit der Arbeitsverhältnisse ohne soziale Absicherung²²⁷

Privacy-by-Design

Die „sieben Prinzipien“ des Privacy-by-Design, beschreiben den Datenschutz für Unternehmen. Sie werden mittlerweile auch von der EU-Kommission sowie der Bundesbeauftragten für Datenschutz und Informationsfreiheit in Datenschutzeempfehlungen berücksichtigt²²⁸

Security-by-Design

steht für die Berücksichtigung von Sicherheit bereits in der Entwurfsphase des Softwareentwicklungsprozesses. In einem weiter gefassten Sinn kann man unter Security-by-Design den systematisch organisierten und methodisch ausgestatteten Rahmen verstehen, der im Lebenszyklus von sicherer Software Anwendung findet. Dieser Rahmen umfasst dann beispielsweise die Verankerung sicherer Softwareentwicklung auf der Governance-Ebene, einzelne Sicherheitsprozesse für die Phasen im Lebenszyklus der Software und Sicherheitsanalysen von zu integrierenden Softwarekomponenten anderer Hersteller²²⁹

Service Engineering

beschreibt die systematische Entwicklung neuer Dienstleistungen mithilfe der adäquaten Übernahme von bereits vorhandenen ingenieurwissenschaftlichen Methoden, beispielsweise aus der klassischen Produktentwicklung und dem Systems Engineering. Dabei werden Referenzmodelle für systematische Dienstleistungsprozesse entwickelt und anwendungsbezogen ausgestaltet²³⁰

Shared professorship

Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und der Industrie durch gemeinsam finanzierte Professuren

Spin-off

Wirtschaftliche und rechtliche Verselbstständigung (Ausgliederung) einer Organisationseinheit aus bestehenden Strukturen (z.B. Unternehmen, Universität oder Forschungsinstitut) durch die Gründung eines eigenständigen Unternehmens durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Ursprungsorganisation. Trotz Bildung einer neuen rechtlichen Einheit können auch nach der Ausgliederung noch inhaltliche oder wirtschaftliche Verbindungen zur Mutterorganisation bestehen. Durch die Gründungen werden i.d.R. Forschungsergebnisse mit Gewinn vermarktet²³¹

Staatssektor

umfasst Einrichtungen der öffentlichen Hand auf Bundes-, Länder- und Gemeindeebene sowie private, überwiegend öffentlich finanzierte Organisationen ohne Erwerb-zweck, die in erster Linie Forschungs- und ähnliche Aktivitäten im Hinblick auf öffent-liche Aufgaben durchführen²³²

Start-up

Begriff aus dem Gründungsgeschehen für ein junges Unternehmen, das in der Grün-dungsphase, im Aufbau oder seit Kurzem im Geschäft ist und seine Produkte noch nicht oder nicht in größerem Umfang vermarktet²³³

State University System

ist ein von einem Bundesstaat der Vereinigten Staaten getragener Verbund staatlicher Universitäten

Systems Engineering

umfasst die wesentlichen Ingenieurtätigkeiten, die zur Entwicklung komplexer Produk-te bzw. Systemlösungen notwendig sind. Um eine Vielzahl von Funktionen erfolgreich zu einem beherrschbaren und kostengünstigen System zu integrieren, müssen unter-schiedlichste Anforderungen über den gesamten Systemlebenszyklus hinweg berück-sichtigt werden. Dazu gehören Aufgaben wie Systemanalyse (System Analysis), Sys-temarchitekturentwicklung (System Architecture Design), Systementwicklung (System Design), Anforderungsentwicklung (Requirements Engineering/Requirements Ma-nagement), Konfigurationsmanagement (Configuration Management), Technologieent-wicklung und -management (Technology Management, Obsolescence Management), Verifikation und Validierung (V&V)²³⁴

Tenure-Track

ein System, in dem zunächst nur befristet eingestellte Nachwuchswissenschaftlerin-nen bzw. -wissenschaftler eine Option auf eine Professur an ihrer Universität haben²³⁵

Time to Market

Unter dem Begriff „time to market“ (TTM) (englisch, etwa: Vorlaufzeit, Produkteinfüh-rungszeit) versteht man die Dauer von der Produktentwicklung bis zur Platzierung des Produkts am Markt. In dieser Zeit entstehen für das Produkt Kosten, es erwirtschaftet aber keinen Umsatz

TU9

die neun führenden Technischen Universitäten in Deutschland: RWTH Aachen, TU Ber-lin, TU Braunschweig, TU Darmstadt, TU Dresden, Leibniz Universität Hannover, Karls-ruher Institut für Technologie, TU München, Universität Stuttgart

Transdisziplinarität

Einbeziehung der Zivilgesellschaft (z.B. Reallabore), über Disziplinen hinaus

Wirtschaftssektor

umfasst private und staatliche Unternehmen, Institutionen für industrielle Gemein-schaftsforschung und experimentelle Gemeinschaftsentwicklung und private Instituti-onen ohne Erwerb-zweck, die überwiegend von der Wirtschaft finanziert werden bzw. vornehmlich Dienstleistungen für Unternehmen erbringen²³⁶

Work-Life Balance

Balance zwischen Arbeiten und Leben

Abkürzungsverzeichnis

AG	Arbeitsgruppe
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BW	Baden-Württemberg
CPS	Cyberphysisches System
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DHBW	Duale Hochschule Baden-Württemberg
DZHW	Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH
EU	Europäische Union
FuE	Forschung und Entwicklung
HAW	Hochschulen für Angewandte Wissenschaften
HZB	Hochschulzugangsberechtigung
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IP	intellectual property (geistiges Eigentum)
IT	Informationstechnik
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
LHG	Landeshochschulgesetz
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik
MPI	Max-Planck-Institut
NwT	Naturwissenschaft und Technik
TLB	Technologie-Lizenz-Büro der Baden-Württembergischen Hochschulen GmbH
USA	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH
ZIM	Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

Quellenverzeichnis

- ¹ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2015): Mit Foresight in die Zukunft schauen; <https://www.bmbf.de/de/mit-foresight-in-die-zukunft-schauen-930.html> [letzter Zugriff 13.10.2015]
- ² Erlach, K. (2013): Stichwort »Antike Technikphilosophie«; in: Armin Grunwald (Hrsg.) (2013): Handbuch Technikethik. Stuttgart; Metzler-Verlag; S. 83–88 (S. 83)
- ³ Beckmann, J. (1968): „Anleitung zur Technologie, oder zur Kentniß der Handwerke, Fabriken und Manufakturen, vornehmlich derer, die mit Landwirtschaft, Polizey und Cameralwissenschaften in nächster Verbindung stehn“; Göttingen 1777; Reprint Leipzig 1968; § 12, S. 17 (eigene Hervorhebungen)
- ⁴ VDI – Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (2015): Sachen machen, die Initiative für den Technikstandort Deutschland; <http://www.sachen-machen.org> [letzter Zugriff 14.08.2015]
- ⁵ Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.) (2013): Technikwissenschaften: Erkennen – Gestalten – Verantworten; acatech IMPULS; Berlin; Springer Verlag, S. 18
- ⁶ Kornwachs, K. (2012): Strukturen technologischen Wissens. Analytische Studien zu einer Wissenschaftstheorie der Technik; Berlin; Ernst und Sohn Verlag
- ⁷ Erlach, K. (2000): Das Technotop. Die technologische Konstruktion der Wirklichkeit; Berlin; LIT Verlag
- ⁸ Koppel, O. (2014): Ingenieure auf einen Blick. Erwerbstätigkeit, Migration, Regionale Zentren; VDI Düsseldorf (Hrsg.); https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur/sk/VDI_Broschue-re_Ingenieure_auf_einen_Blick_2014.pdf [letzter Zugriff 21.9.2015]
- ⁹ Institut für Berufsmarktforschung (Hrsg.) (2014): Aktuelle Analysen aus dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung; IAB-Kurzbericht 9/2014; Nürnberg/Bielefeld; Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG; S. 7; <http://doku.iab.de/kurzber/2014/kb0914.pdf> [letzter Zugriff 25.7.2015]
- ¹⁰ Koppel, O. (2014): Ingenieure auf einen Blick. Erwerbstätigkeit, Migration, Regionale Zentren; VDI Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.); Düsseldorf; S. 2; https://www.vdi.de/uploads/media/VDI_Broschuere_Ingenieure_auf_einen_Blick_2014.pdf [letzter Zugriff 25.7.2015]
- ¹¹ Roland Berger Strategy Consultants (Hrsg.) (2015): Deutschlands versteckter Standortvorteil. Akademiker im Chefsessel; Studie 2012; http://www.rolandberger.de/media/pdf/Roland_Berger_Akademiker_im_Chefsessel_20120618.pdf [letzter Zugriff 25.7.2015]
- ¹² Hadding, S. (2015): Ingenieure an die Macht; in: Karriere.de. Das Portal von Handelsblatt und WirtschaftsWoche; <http://www.karriere.de/karriere/ingenieure-an-die-macht-6813/> [letzter Zugriff 14.7.2015]
- ¹³ Sorge, N.V. (2013): Warum Ingenieure als Firmenlenker so begehrt sind; Nachrichtenmagazin Der Spiegel vom 14.10.2013; Hamburg; <http://www.spiegel.de/karriere/berufsleben/warum-ingenieure-fuer-fuehrungspositionen-so-gefragt-sind-a-927378.html> [letzter Zugriff 25.7.2015]
- ¹⁴ Hugo von St. Viktor: Didascalicon; in: Edel, K.-O. (2009): Von den artes mechanicae zu den Ingenieurwissenschaften“; Zur Entwicklung des technischen Hochschulwesens; Manuskript zum Vortrag im Rahmen der „Hochschulreihe“ an der Fachhochschule Brandenburg am 17. Juni 2009; https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0C-CMQFjAAahUKewjYzGWsZLHAhVjcHIKHah6AQE&url=https%3A%2F%2Fopus4.kobv.de%2Fopus4fhbrb%2Ffiles%2F33%2FHochschulreihe_2009_Von_den_artes_mechanicae.pdf&ei=tTzCVZihHuPgyQOo9YUI&usg=AFQjCNGacoytJup7r4o8CyLD8ecDRc87g&bv=vm=99261572,d.bGQ [letzter Zugriff 05.08.2015]

- 15 Poplow, M. (2010): Technik im Mittelalter; München; H.C. Beck Verlag; S. 42f
- 16 Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015): Systematik der Fächer und Fachkollegien der DFG für die Amtsperiode 2012–2015; http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/gremien/fachkollegien/amtsperiode_2012_2015/fachsystematik_2012_2015_de_grafik.pdf [letzter Zugriff 14.08.2015]
- 17 König, W. (2000): Gewerbeschulen und Polytechnische Schulen als Instrumente nachholender Industrialisierung; in: Schwarz, K. (Hrsg.): 1799–1999, von der Bauakademie zur Technischen Universität Berlin; Berlin, S. 116–118
- 18 Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015): Systematik der Fächer und Fachkollegien der DFG für die Amtsperiode 2012–2015; http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/gremien/fachkollegien/amtsperiode_2012_2015/fachsystematik_2012_2015_de_grafik.pdf [letzter Zugriff 14.08.2015]
- 19 Ebd.
- 20 Ebd.
- 21 Ebd.
- 22 Schneidewind, U. (2015): Transdisziplinäre Wissenschaft – Wissenschaft für die Große Transformation; Internetauftritt Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Hrsg.); <http://wupperinst.org/unsere-forschung/forschung-fuer-den-wandel/transdisziplinaere-forschung> [letzter Zugriff 01.10.2015]
- 23 Statistisches Bundesamt (2015): Forschung und Entwicklung. Ausgaben für Forschung und Entwicklung 2013 nach Bundesländern und Sektoren; <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/ForschungEntwicklung/Tabellen/FuE-AusgabenBundeslaenderSektoren.html> [letzter Zugriff 22.09.2015]
- 24 xStudy SE Societas Europaea AG München (Hrsg.) (2015): Internetplattform www.studieren.de; <https://studieren.de/suche.0.html?&mode=search<=course&fb=3:faculty:Ingenieurwissenschaften&flt=20> [letzter Zugriff 25.7.2015]
- 25 Plus media GmbH Bildungsportale (Hrsg.) (2015); www.fachhochschule.de [letzter Zugriff 25.7.2015]
- 26 Hochschulen für Angewandte Wissenschaften Baden-Württemberg e.V. (2015); <https://www.hochschulen-bw.de/home/haw-bw/vorstand.html> [letzter Zugriff 22.09.2015]
- 27 Hetze, P. (2015): Ländercheck kompakt. Lehre und Forschung im föderalen Wettbewerb; Stifterverband für die deutsche Wissenschaft e.V. (Hrsg.); Essen; S. 7
- 28 Koppel, O. (2014): Ingenieurinnen und Ingenieure auf einen Blick. Erwerbstätigkeit, Migration, Regionale Zentren; VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. Düsseldorf (Hrsg.); S. 17 https://www.vdi.de/uploads/media/VDI_Broschuere_Ingenieure_auf_einen_Blick_2014.pdf [letzter Zugriff 25.07.2015]
- 29 Egel J. et al. (2015): Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen. Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil II; Mannheim in: Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Stuttgart
- 30 SüdwestMETALL (2015): Zukunft der Produktion in Baden-Württemberg – Industrie am Scheideweg; Material zur Pressekonferenz vom 13. April 2015
- 31 Statistisches Bundesamt (2014): Bildung und Kultur. Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 1980–2013; Statistisches Bundesamt; Fachserie 11; Reihe 4.3.1
- 32 Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Bundesweit arbeitet fast jeder vierte ausländische Ingenieur in Baden-Württemberg; Pressemitteilung Nr. 277/2014; 6. August 2014

- ³³ Koppel, O. (2014): Ingenieure auf einen Blick. Erwerbstätigkeit, Migration, Regionale Zentren; VDI Verein Deutscher Ingenieure; Düsseldorf; S. 15; https://www.vdi.de/uploads/media/VDI_Broschuere_Ingenieure_auf_einen_Blick_2014.pdf [Zugriff 25.7.2015]
- ³⁴ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2010): UNESCO Report. Engineering – Issues, Challenges, Opportunities for Development; Paris; Unesco Publishing <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf>. [letzter Zugriff 31.07.2015]
- ³⁵ Ebd.; S. 238
- ³⁶ Ebd.; S. 237 / S. 221
- ³⁷ Ebd.; S. 221
- ³⁸ Weiss, H. (2015): Gute Aussichten für Ingenieure in den USA; in: VDI nachrichten vom 09.01.2015; <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Gute-Aussichten-fuer-Ingenieure-in-USA> [letzter Zugriff 01.09.2015]
- ³⁹ Strack, R. et al. (2014): The Global Workforce Crisis; The Boston Consulting Group (Hrsg.); https://www.bcgperspectives.com/content/articles/management_two_speed_economy_public_sector_global_workforce_crisis/ [letzter Zugriff 25.7.2015]
- ⁴⁰ Wübbeke, J. (2015): Made in China 2025. Die Kampfansage an Deutschland. Die Zeit online <http://www.zeit.de/wirtschaft/2015-05/china-industrie-technologie-innovation/komplettansicht> [letzter Zugriff 04.11.2015]
- ⁴¹ The state council the people's republic of china (2015): 'Made in China 2025' plan issued, http://english.gov.cn/policies/latest_releases/2015/05/19/content_281475110703534.htm [letzter Zugriff 04.11.2015]
- ⁴² Braun, A. et al. (2015): Technologieprognose. Internationaler Vergleich 2013; Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum (Hrsg.); Düsseldorf; S. 31; http://www.vditz.de/fileadmin/media/Band_097_Technologieprognosen_Internationaler_Vergleich_2013_C1.pdf [letzter Zugriff 03.08.2015]
- ⁴³ Koppel, O. (2014): Ingenieure auf einen Blick. Erwerbstätigkeit, Migration, Regionale Zentren; VDI Verein Deutscher Ingenieure; Düsseldorf; S.12; https://www.vdi.de/uploads/media/VDI_Broschuere_Ingenieure_auf_einen_Blick_2014.pdf [letzter Zugriff 25.07.2015]
- ⁴⁴ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2015): Kooperation international. FuE-Indikatoren 2013; <http://www.kooperation-international.de/buf/frankreich/bildungs-forschungs-und-innovationslandschaft/forschungs-und-innovationslandschaft.html#c22783> [letzter Zugriff 03.09.2015]
- ⁴⁵ Polt W. et al. (2009): Das deutsche Forschungs- und Innovationssystem; Studien zum deutschen Innovationssystem; Nr.11 – 2010; Joanneum Research Forschungsgesellschaft (Wien); Technopolis Group (Amsterdam, Brighton); Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) (Hrsg.); S. 129
- ⁴⁶ Statistisches Bundesamt (2014): Forschung und Entwicklung. Ausgaben für Forschung und Entwicklung sowie deren Anteil am Bruttoinlandsprodukt nach Bundesländern 2011 bis 2013; <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/ForschungEntwicklung/Tabellen/FuEAusgabenUndBIPZeitreihe.html;jsessionid=8235BD-469F1515539561D62271952C49.cae4> [letzter Zugriff 23.09.2014]
- ⁴⁷ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2015): Kooperation international. FuE-Indikatoren 2013; <http://www.kooperation-international.de/buf.html> [letzter Zugriff 03.09.2015]
- ⁴⁸ SV Wissenschaftsstatistik (Hrsg.) (2014): Mehr Ideen bitte. Innovationsprozesse im Umbruch; Zeitschrift der Wissenschaftsstatistik im Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft; Edition Stifterverband; Essen; S. 6

- ⁴⁹ McCormack, R.A. (2012): Obama Will Unveil \$1-Billion National Manufacturing Innovation Network Initiative Based On Germany's Fraunhofer Institute. *Manufacturing and Technology News*; Feb. 28, 2012; Volume 19 (2012) No. 3; <http://www.manufacturingnews.com/news/national-network-for-manufacturing-innovation-228112.html> [letzter Zugriff 25.07.2015]
- ⁵⁰ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (2010): Report „Engineering – Issues, Challenges, Opportunities for Development“; Paris; Unesco Publishing; S. 238, 241; <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001897/189753e.pdf>. [letzter Zugriff 31.07.2015]
- ⁵¹ Erling, J. (2015): Chinas Vorbild? Deutschland natürlich; in: *Die Welt vom 30.5.2015*; <http://www.welt.de/politik/ausland/article141664156/Chinas-Vorbild-Deutschland-natuerlich.html>. [letzter Zugriff 25.07.2015]
- ⁵² Polt W. et al. (2009): *Das deutsche Forschungs- und Innovationssystem; Studien zum deutschen Innovationssystem*; Nr.11 – 2010; Joanneum Research Forschungsgesellschaft (Wien); Technopolis Group (Amsterdam, Brighton); Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) (Hrsg.); S. 2
- ⁵³ Ebd.; S. 129
- ⁵⁴ Egelin, J. et al. (2015): *Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen. Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil II. Qualitative Ergebnisse zur Rolle und Stellung von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Innovationsverhalten von Unternehmen. Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Stuttgart*; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim
- ⁵⁵ Zweck, A. et al. (2015): *Gesellschaftliche Veränderungen 2030. Ergebnisband 1 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II*; Düsseldorf; Zweck, A. et al. (2015): *Forschungs- und Technologieperspektiven 2030. Ergebnisband 2 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II*; Düsseldorf
- ⁵⁶ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2011): *World Population Prospects 2010*; New York, UN. Daten zitiert nach: Bundeszentrale für politische Bildung; <http://www.bpb.de/nachschlagen/zahlen-und-fakten/globalisierung/52699/bevoelkerungsentwicklung> [letzter Zugriff 19.11.2014]
- ⁵⁷ United Nations, Department of Economic and Social Affairs/Population Division (2014): *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision; Highlights*. New York, UN
- ⁵⁸ United Nations, Department of Economic and Social Affairs/Population Division (2012): *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*; New York, UN
- ⁵⁹ Silverstein, M. J. et al. (2012): *The \$10 Trillion Prize: Captivating the Newly Affluent in China and India*. Boston, MA, HBR.
- ⁶⁰ Alexandratos, N.; Bruinsma, J. (2012): *World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision*; ESA Working paper No. 12 – 03. Rom
- ⁶¹ Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) (2009): *The Future of International Migration to OECD Countries*. Paris. OECD Publishing. S. 13
- ⁶² Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2014): *Gesellschaftstrends 2030. Zwischenergebnisse der Suchphase: BMBF Foresight Zyklus 2.*, S. 60 (Trend „Postethnische Kultur durch Migration“); <http://www.bmbf.de/de/24519.php> [letzter Zugriff 27.11.2014]
- ⁶³ Havas Worldwide (2012): *Aging: Moving beyond Youth Culture*; Prosumer Report 14; Paris, Havas
- ⁶⁴ National Science Board (2014): *Science and Engineering Indicators 2014*; National Science Foundation; Arlington, NCSES
- ⁶⁵ Gransche, B. et al. (Hrsg.) (2014): *Wandel von Autonomie und Kontrolle durch neue Mensch-Technik-Interaktionen. Schlussbericht: WAK-MTI*. Karlsruhe; Fraunhofer ISI

- ⁶⁶ Bundesverband Deutscher Stiftungen (Hrsg.) (2014): Zahlen, Daten, Fakten zum deutschen Stiftungswesen; Berlin (Zum Anstieg der Stiftungen und ihrer Förderaktivitäten in Deutschland)
- ⁶⁷ International Organization of Migration (IOM) 2010: World Migration Report 2010. The Future of Migration: Building Capacities for Change. Genf
- ⁶⁸ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2014): Gesellschaftliche Entwicklungen 2030. Zwischenergebnisse der Suchphase: BMBF Foresight Zyklus 2., S.80; <http://www.bmbf.de/de/24519.php> [letzter Zugriff 30.01.2015]
- ⁶⁹ Bertelsmann-Stiftung (2012): Kohäsionsradar: Zusammenhalt messen. Gesellschaftlicher Zusammenhalt in Deutschland. Gütersloh, Bertelsmann-Stiftung, S.6
- ⁷⁰ Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2011): Science, Technology and Industry Scoreboard 2011. Innovation and Growth in Knowledge Economies; Paris, OECD
- ⁷¹ Ernst & Young (2011): It's time for Africa. E & Ys 2011 Africa Attractiveness Survey; O.O.: Ernst & Young South Africa; The Economist (2011): The lion kings? Africa is now one of the world fastest growing regions; in: The Economist; [letzter Zugriff 20.10.2015]
- ⁷² Herstatt, C./ Tiwari, R. (2012): Frugal Innovation: A Global Networks's Perspective; in: Die Unternehmung. Bd. 66, Nr. 3
- ⁷³ Welthandelsorganisation (2013): World Trade Report 2013; Genf, WTO, S.45
- ⁷⁴ International Energy Agency (2012): World Energy Outlook, Zusammenfassung, German Translation. Paris, OECD/IEA, S. 1
- ⁷⁵ World Economic Forum (2014): The Global Competitiveness Report 2014–2015. Genf, World Economic Forum, S. 441
- ⁷⁶ Silverstein, M. J. et al. (2012): The \$10 Trillion Prize: Captivating the Newly Affluent in China and India; Boston; MA, Harvard Business Review Press
- ⁷⁷ World Economic Forum (2011): The Global Gender Gap Report 2011. Genf, World Economic Forum
- ⁷⁸ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2014): Gesellschaftstrends 2030. Zwischenergebnisse der Suchphase: BMBF Foresight Zyklus 2., S. 60 (Trend „Frauen als Pionierinnen globaler Transformationen“); <http://www.bmbf.de/de/24519.php> [letzter Zugriff 27.11.2014]
- ⁷⁹ Brynjolfsson, E.; McAfee, A. (2012): Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy; Digital Frontier Press, Lexington (MA)
- ⁸⁰ Frey, C.B.; Osborne, M.A. (2013): The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?; Oxford Martin School, University of Oxford, Oxford. Discussion Paper; S. 44f; http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf [letzter Zugriff 30.01.2015]
- ⁸¹ Ebd.
- ⁸² McKinsey&Company (2014): Baden-Württemberg 2020. Perspektiven für mehr Wachstum. Stuttgart
- ⁸³ Ebd., S.16
- ⁸⁴ Schade, W. et al. (2014): Sieben Herausforderungen für die deutsche Automobilindustrie – Strategische Antworten im Spannungsfeld von Globalisierung, Produkt- und Dienstleistungsinnovationen bis 2030. Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung, Bd. 40, Verlag edition sigma, Berlin

- ⁸⁵ Ebd.
- ⁸⁶ Ebd.
- ⁸⁷ United Nations (2013): Water scarcity; <http://www.un.org/waterforlifedecade/scarcity.shtml> [letzter Zugriff 19.11.2014]
- ⁸⁸ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2014): Gesellschaftliche Herausforderungen 2030. Suchphase BMBF Foresight Zyklus 2., S. 18ff (Gesellschaftliche Herausforderung „Neue Governance globaler Herausforderungen – vom Globallabor Stadt zu neuen Formen der multilateralen Zusammenarbeit“); <http://www.bmbf.de/de/24525.php> [letzter Zugriff 27.11.2014]
- ⁸⁹ Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (2015): Mit der Morgenstadt-Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft bietet sich für Unternehmen Baden-Württembergs eine internationale Plattform zur Vernetzung mit urbanen Zentren auf der ganzen Welt, um intelligente Lösungen für Städte zu entwickeln; <http://www.morgenstadt.de/de/morgenstadt-initiative.html> [letzter Zugriff 30.01.2015]
- ⁹⁰ FAZ.net (2014): Merkels Neuvermessung des Glücks; <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/merkels-neuvermessung-des-gluecks-13109498.html> [letzter Zugriff 27.11.2014]
- ⁹¹ Deutscher Bundestag (2013): Schlussbericht der Enquete-Kommission. Wachstum, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der sozialen Marktwirtschaft.
- ⁹² Leismann, K. et al. (2012): Nutzen statt Besitzen. Auf dem Weg zu einer ressourcenschonenden Konsumkultur. Berlin, Heinrich-Böll-Stiftung
- ⁹³ PricewaterhouseCoopers (2014): Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution
- ⁹⁴ Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, (IPA) (2014): Strukturstudie „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“. Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie 4.0; Hrsg. Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart
- ⁹⁵ Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V. (BITKOM)/ Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (Hrsg.) (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Stuttgart, S.9; http://www.bitkom.org/files/documents/Studie_Industrie_4.0.pdf [letzter Zugriff 30.01.2015]
- ⁹⁶ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2014): Zukunftsprojekt Industrie 4.0; <http://www.bmbf.de/de/19955.php> [letzter Zugriff 27.11.2014]
- ⁹⁷ Broy, M. (Hrsg.) (2010): Cyberphysical systems. Innovation durch softwareintensive eingebettete Systeme; Berlin/Heidelberg, Springer Verlag
- ⁹⁸ Kagermann, H. et al. (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0; www.forschungsunion.de/veroeffentlichungen [letzter Zugriff 19.11.2014]
- ⁹⁹ Ebd.
- ¹⁰⁰ Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): 10-Punkteprogramm zu Materialwissenschaft und Werkstofftechnik; www.bmbf.de/pubRD/10-Punkteprogramm_zu_Materialwissenschaft_und_Werkstofftechnik.pdf [letzter Zugriff 27.11.2014]
- ¹⁰¹ Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014): Forschungs- und Technologieperspektiven 2030. Teilkapitel Biotechnologie. Zwischenergebnisse der Suchphase: BMBF Foresight Zyklus 2; http://www.bmbf.de/pubRD/140818_BMBF-Foresight_FuT_1_Biotechnologie.pdf [letzter Zugriff 30.01.2015]

- ¹⁰² Baden Württemberg (2014): Hochtechnologie Standort Nr. 1; <http://www.baden-wuerttemberg.de/de/bw-gestalten/erfolgreiches-baden-wuerttemberg/forschung/> [letzter Zugriff 19.11.2014]
- ¹⁰³ Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) (2014): Industrie 4.0 für Baden-Württemberg. Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie 4.0; mfw.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mfw/intern/Dateien/Downloads/Industrie_und_Innovation/IPA_Strukturstudie_Industrie_4.0_BW.pdf [letzter Zugriff 19.11.2014]
- ¹⁰⁴ Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (2014): Spitzenposition Baden-Württemberg in Gefahr; Presseinformation 28.05.2014; Industrie- und Handelskammer Stuttgart (Hrsg.) (2014): Industrieller Mittelstand. Spitzenstellung in Gefahr? – Analyse zur Innovationsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen in der Metropolregion Stuttgart; Stuttgart
- ¹⁰⁵ Lackmann, T; Koppel, O. (2015): Ingenieur-Monitor 2015/II; VDI Verein Deutscher Ingenieure/ Institut der deutschen Wirtschaft Köln; S. 12; https://www.vdi.de/fileadmin/user_upload/Ingenieurmonitor_2015-Q2.pdf [letzter Zugriff 20.09.2015]
- ¹⁰⁶ Koppel, O. (2014): Ingenieure auf einen Blick. Erwerbstätigkeit, Migration, Regionale Zentren; VDI Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.); Düsseldorf; S. 2 und S. 9; https://www.vdi.de/uploads/media/VDI_Broschuere_Ingenieure_auf_einen_Blick_2014.pdf [letzter Zugriff 25.07.2015]
- ¹⁰⁷ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015): Daten des Verbandes Automotive BW; <http://www.automotive-bw.de/de/unternehmen/GrusswortMinister.php> [letzter Zugriff 30.01.2015]
- ¹⁰⁸ McKinsey & Company, Inc. (2014): Baden-Württemberg 2020. Perspektiven für mehr Wachstum; Stuttgart; S.19
- ¹⁰⁹ Ebd.; S.20
- ¹¹⁰ Ministerium für Finanzen und Wirtschaft (2015): Baden-Württemberg: Vorreiter bei Industrie 4.0; <https://mfw.baden-wuerttemberg.de/de/mensch-wirtschaft/industrie-und-innovation/schlüsseltechnologien/industrie-40/> [letzter Zugriff 02.10.2015]
- ¹¹¹ Egel, J. et al. (2015): Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen. Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil II. Qualitative Ergebnisse zur Rolle und Stellung von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Innovationsverhalten von Unternehmen. Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Stuttgart; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim
- ¹¹² Wissenschaftsrat (2013): Perspektiven des deutschen Wissenschaftssystems; Drs. 3228-13; Braunschweig 12.07.2013
- ¹¹³ Deutsche Forschungsgemeinschaft (2004): Thesen und Empfehlungen zur universitären Ingenieurausbildung; Bonn
- ¹¹⁴ Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2013): Charta guter Lehre. Grundsätze und Leitlinien für eine bessere Lehrkultur. POSITIONEN; Bettina Jorzik (Hrsg.)
- ¹¹⁵ European Commission (2013): High Level Group on the Modernisation of Higher Education. Report to the European Commission on Improving the quality of teaching and learning in Europe's higher education institutions
- ¹¹⁶ Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) (2013): Befragung der Fachbereiche und Fakultäten des Maschinenbaus und der Elektrotechnik. Stand der Qualitätssicherung. Maschinenhaus – die VDMA Initiative für Studienerfolg. HIS Bericht 3/4 (HIS-Institut für Hochschulforschung / HIS Hochschul-Informationssystem GmbH); Frankfurt am Main

- ¹¹⁷ Heublein, U. et al. (2009): Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Gründe für den Studienabbruch. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten in Maschinenbau-Studiengängen; Hochschul-Informationssystem GmbH [heute: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH]; im Auftrag IMPULS-Stiftung des VDMA; Stuttgart
- ¹¹⁸ Hochschulrektorenkonferenz (2015): Projekt nexus: Aufgaben und Ziele; Bonn; <http://www.hrk-nexus.de/projekt-nexus/aufgaben-und-ziele/> [letzter Zugriff 19.08.2015]
- ¹¹⁹ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission
- ¹²⁰ Egel, J. et al. (2015): Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen. Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil II. Qualitative Ergebnisse zur Rolle und Stellung von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Innovationsverhalten von Unternehmen. Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Stuttgart; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim
- ¹²¹ Ebd.
- ¹²² Ebd.
- ¹²³ Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V. (2015): Kompetent und praxisnah – Erwartungen der Wirtschaft an Hochschulabsolventen. Ergebnisse einer DIHK Online – Unternehmensbefragung; Berlin, Brüssel
- ¹²⁴ Konegen-Grenier, C.; Placke, B.; Schröder-Kralemann, A.-K. (2014): Karrierewege für Bachelor-Absolventen. Ergebnisbericht zur Unternehmensbefragung 2014; Institut der deutschen Wirtschaft Köln / Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft
- ¹²⁵ Wissenschaftsrat (2010): Empfehlung zur Differenzierung der Hochschulen; Drs. 10387-10; Lübeck 12.11.10; Wissenschaftsrat (2010): Empfehlungen zur Rolle der Fachhochschulen im Hochschulsystem; Drs. 10031-10; Berlin 02.07.2010
- ¹²⁶ Schubarth, W.; Speck, K. (2014): Employability und Praxisbezüge im wissenschaftlichen Studium, HRK-Fachgutachten. Projekt nexus
- ¹²⁷ Statistisches Bundesamt (2014): Bildung und Kultur. Schnellmeldungsergebnisse der Hochschulstatistik zu Studierenden und Studienanfänger/-innen. – vorläufige Ergebnisse – ; Wiesbaden; https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/BildungForschungKultur/Hochschulen/SchnellmeldungWSvorlaeufig5213103158004.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff 15.08.2015]
- ¹²⁸ Landesregierung Baden-Württemberg (2014): Mitteilung der Landesregierung. Bericht der Landesregierung zu einem Beschluss des Landtags; hier: Prognosen über die Studierendenzahlen; Drucksache 15/5824 vom 9.10.2014
- ¹²⁹ Heublein, U. et al. (2009): Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Gründe für den Studienabbruch. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten in Maschinenbau-Studiengängen; Hochschul-Informationssystem GmbH [heute: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung]; im Auftrag IMPULS-Stiftung des VDMA; Stuttgart
- ¹³⁰ Statistisches Bundesamt (2014): Bildung und Kultur – Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 1980 – 2013; Fachserie 11 Reihe 4.3.1; Wiesbaden
- ¹³¹ Ebd.
- ¹³² Georg-August-Universität Göttingen (2010): Gender in die Lehre. Leitfaden der Universität Göttingen, Göttingen
- ¹³³ Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.) (2015): Wie MINT-Projekte gelingen!. Qualitätskriterien für gendersensible MINT-Projekte in der Berufs- und Studienorientierung; Stuttgart, S. 7

- ¹³⁴ Hochschule Offenburg (2015): Das Einstiegssemester startING; <http://starting.hs-offenburg.de/> [letzter Zugriff 13.10.2015]
- ¹³⁵ Heublein, U. et al. (2009): Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Gründe für den Studienabbruch. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten in Maschinenbau-Studiengängen; Hochschul-Informations-System GmbH [heute: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung]; im Auftrag IMPULS-Stiftung des VDMA; Stuttgart
- ¹³⁶ Mergner, J.; Ortenburger, A.; Vöttiner, A. (2015): Studienmodelle individueller Geschwindigkeit. Hochschulische Beiträge zum Studienerfolg; Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW), Hannover
- ¹³⁷ Ebd.
- ¹³⁸ Heublein, U. et al. (2009): Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Gründe für den Studienabbruch. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten in Maschinenbau-Studiengängen; Hochschul-Informations-System GmbH [heute: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung]; im Auftrag IMPULS-Stiftung des VDMA; Stuttgart
- ¹³⁹ VDI – Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (VDI-GVC) (Hrsg.) (2008): Qualifikationsrahmen und Curricula für Studiengänge der Verfahrenstechnik, des Bio- und des Chemieingenieurwesens an Universitäten und Fachhochschulen. Empfehlung zur Gestaltung konsekutiver Bachelor- und Master-Studiengänge; Düsseldorf; <http://processnet.de/Publikationen-p-3570.html> [letzter Zugriff 13.08.2015]
- ¹⁴⁰ Egel, J. et al. (2015): Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen. Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil II. Qualitative Ergebnisse zur Rolle und Stellung von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Innovationsverhalten von Unternehmen. Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, Stuttgart; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim
- ¹⁴¹ Nickel, S. (Hrsg.) (2011): Der Bologna-Prozess aus der Sicht der Hochschulforschung. Analysen und Impulse für die Praxis; CHE gemeinnütziges Centrum für Hochschulentwicklung; Arbeitspapier Nr. 148, Gütersloh
- ¹⁴² Wild, E.; Esdar, W. (2014): Eine heterogenitätsorientierte Lehr-/Lernkultur für eine Hochschule der Zukunft; Fachgutachten im Auftrag des Projekts nexus der Hochschulrektorenkonferenz
- ¹⁴³ Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, Stuttgart; interne Datenbank [07/2015]
- ¹⁴⁴ Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, Stuttgart; interne Datenbank [07/2015]
- ¹⁴⁵ Statistisches Bundesamt (2014): Bildung und Kultur – Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 1980 – 2013; Fachserie 11 Reihe 4.3.1; Wiesbaden (eigene Berechnung der Geschäftsstelle)
- ¹⁴⁶ Statistisches Bundesamt (2014): Bildung und Kultur – Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 1980 – 2013; Fachserie 11 Reihe 4.3.1; Wiesbaden (eigene Berechnung der Geschäftsstelle)
- ¹⁴⁷ Dohmen, D.; Krempkow, R. (2014): Die Entwicklung der Hochschulfinanzierung von 2000 bis 2025; Konrad-Adenauer-Stiftung; Sankt Augustin/Berlin
- ¹⁴⁸ Dohmen, D.; Krempkow, R. (2014): Die Entwicklung der Hochschulfinanzierung von 2000 bis 2025; Konrad-Adenauer-Stiftung; Sankt Augustin/Berlin
- ¹⁴⁹ Rektorenkonferenz (RKH) der Hochschulen für Angewandte Wissenschaften Baden-Württemberg e.V. (2013): Eckpunktepapier der RKH zur Entwicklung einer Nachfolgevereinbarung des Solidarpakts II 2014 – 2020 (internes Dokument)

- ¹⁵⁰ Hochschulen für Angewandte Wissenschaften Baden-Württemberg e.V. (HAW BW) (2014): Ingenieurwissenschaftliche Forschungsschwerpunkte der HAW in Baden-Württemberg; <http://www.forschungslandkarte.de/landkarte.html> [letzter Zugriff 13.09.2015]
- ¹⁵¹ Sounding Board der Arbeitsgruppe Forschung am 23.03.2015; mündliche Aussage
- ¹⁵² Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015); Abfrage durch Expertenkommission
- ¹⁵³ Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015): Liste der laufenden Sonderforschungsbereiche; <http://www.dfg.de/foerderung/programme/listen/index.jsp?id=SFB> [letzter Zugriff 09.10.2015]
- ¹⁵⁴ Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015): Förderatlas 2015, Kennzahlen zur öffentlich finanzierten Forschung in Deutschland, Bonn
- ¹⁵⁵ Statistisches Landesamt (2014): Forschungs- und Entwicklungsmonitor Baden-Württemberg 2014, <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/VolkswPreise/Landesdaten/FuE.asp?13#tbl00> [letzter Zugriff 30.10.2015]
- ¹⁵⁶ Ebd.
- ¹⁵⁷ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2012): Baden-Württemberg – Land der Ingenieure; Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 2/2012 (Tabelle T1, S. 7); http://www.statistik-bw.de/Veroeffentl/Monatshefte/PDF/Beitrag12_02_02.pdf [letzter Zugriff 13.08.2015]
- ¹⁵⁸ Statistisches Bundesamt (2014): Bildung und Kultur. Schnellmeldungsergebnisse der Hochschulstatistik zu Studierenden und Studienanfänger/-innen. – vorläufige Ergebnisse – ; Wiesbaden; https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/BildungForschungKultur/Hochschulen/SchnellmeldungWSvorlaeufig5213103158004.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff 15.08.2015]
- ¹⁵⁹ Gesetzentwurf der Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes zur Änderung des Grundgesetzes (Artikel 91b); <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/027/1802710.pdf> [letzter Zugriff 30.10.2015]
- ¹⁶⁰ Statistisches Bundesamt (2014): Bildung und Kultur. Schnellmeldungsergebnisse der Hochschulstatistik zu Studierenden und Studienanfänger/-innen. – vorläufige Ergebnisse – ; Wiesbaden; https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/BildungForschungKultur/Hochschulen/SchnellmeldungWSvorlaeufig5213103158004.pdf?__blob=publicationFile [letzter Zugriff 15.08.2015]
- ¹⁶¹ 4ING – Fakultätentage der Ingenieurwissenschaften und Informatik an Universitäten e. V. (2006): Die Bedeutung der Promotionsphase in den Ingenieurwissenschaften. Positionspapier vom 14.09.06; Berlin; <http://www.4ing-online.de/fileadmin/uploads/presse/20060914.pdf> [letzter Zugriff 12.10.2015]
- ¹⁶² SüdwestMETALL (2015): Zukunft der Produktion in Baden-Württemberg – Industrie am Scheideweg; Material zur Pressekonferenz vom 13. April 2015
- ¹⁶³ Fischer, B. (2014): Forschungs- und wissensintensive Wirtschaftszweige; in: Statistische Monatshefte Baden-Württemberg 10/2014; S. 37; vgl. auch Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Baden-Württemberg – ein Standort im Vergleich, Ausgabe 2014, Stuttgart; Egel, J. et al. (2015): Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen. Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil I. Repräsentative Ergebnisse zum Innovationsverhalten von Unternehmen. Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim
- ¹⁶⁴ Einwiller, R. (2014): Innovationsindex 2014. Baden-Württemberg im europäischen Vergleich; in: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 1/2015, S. 18ff; vgl. zu den folgenden statistischen Daten zum FuE-Bereich: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Forschungs- und Entwicklungsmonitor Baden-Württemberg; Statistische Analysen 01/2014, Stuttgart; Schasse, U. (2015): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft – Kurzstudie; Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 3-2015, Hannover; Stifterverband für

- die Deutsche Wissenschaft (2013): FuE-Datenreport 2013. Tabellen und Daten, Essen; Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014): Bundesbericht Forschung und Innovation 2014; Bonn / Berlin; Rammer, C. et al. (2015): Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2014; Mannheim
- ¹⁶⁵ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015): Forschungsintensität: Baden-Württemberg hält Spitzenposition. Anstieg des FuE-Personals im Südwesten am höchsten, Bayern bei den zusätzlichen FuE-Investitionen vorne; Pressemitteilung Nr. 181/2015; 17. Juli 2015; <http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/Pressemitt/2015181.asp?VolkswPreise> [letzter Zugriff 13.10.2015]
- ¹⁶⁶ Statistisches Bundesamt (2015): Forschung und Entwicklung. Personal für Forschung und Entwicklung 2013 nach Bundesländern und Sektoren –Vollzeitäquivalente–; <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/BildungForschungKultur/ForschungEntwicklung/Tabellen/FuEPersonalBundeslaenderSektoren.html> [letzter Zugriff 13.10.2015]
- ¹⁶⁷ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Forschungs- und Entwicklungsmonitor Baden-Württemberg, Statistische Analysen 01/2014, S. 32-38
- ¹⁶⁸ Tanzmann, L. (2015): Die Finanzen der Hochschulen in Baden-Württemberg – ein Überblick; in: Statistische Monatshefte Baden-Württemberg 1/2015; S. 1ff; Statistisches Bundesamt (2015): Bildung und Kultur. Finanzen der Hochschulen 2013. Fachserie 11 Reihe 4.5; Wiesbaden
- ¹⁶⁹ Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015): Förderatlas 2015; Weinheim; S. 58, 61
- ¹⁷⁰ Einwiller, R. (2014): Forschung und Entwicklung in Baden-Württemberg. Im Focus: Der Hochschulsektor; in: Statistische Monatshefte Baden-Württemberg 1/2014, S. 34
- ¹⁷¹ Statistisches Bundesamt (2015): Bildung und Kultur. Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 2013; Fachserie 11; Reihe 4.3.1; Wiesbaden; Statistisches Bundesamt (2015): Bildung und Kultur. Personal an Hochschulen 2013; Fachserie 11; Reihe 4.4; Wiesbaden
- ¹⁷² Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015): Förderatlas 2015; Weinheim; S. 148–161
- ¹⁷³ Statistisches Bundesamt (2015): Mehr als 255 000 Euro an Drittmitteln je Universitätsprofessor/-in im Jahr 2013; Pressemitteilung Nr. 414/15; 11. November 2015
- ¹⁷⁴ Egel, J. et al. (2015): Wirkungen der öffentlichen Finanzierung von Wissenschaft und Forschung in Baden-Württemberg auf die wirtschaftliche Entwicklung des Landes. Projektbericht an das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, Mannheim, Karlsruhe, S.49 (noch nicht veröffentlicht)
- ¹⁷⁵ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015): Drittmittel der Hochschulen 2013 auf neuem Rekordniveau; Pressemitteilung Nr. 156/2015; 29. Juni 2015
- ¹⁷⁶ Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (2015): Perspektive 2020. Hochschulfinanzierungsvertrag Baden-Württemberg 2015–2020; Stuttgart
- ¹⁷⁷ VDI Verein Deutscher Ingenieure (2013): Ingenieure auf einen Blick; Düsseldorf; S. 2
- ¹⁷⁸ VDI Verein Deutscher Ingenieure (2013): Ingenieure auf einen Blick; Düsseldorf; S. 8; Landesamt für Statistik Baden-Württemberg (2014): 40 Prozent aller Ingenieurfachkräfte im Südwesten arbeiten in der Region Stuttgart. Ingenieurfachkräfte unter den Beschäftigten bundesweit am stärksten vertreten; Pressemitteilung Nr. 253/2014; 23. Juli 2014
- ¹⁷⁹ VDI Verein Deutscher Ingenieure (2014): Ingenieure auf einen Blick; Düsseldorf; S. 3 ff; Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2015): Ländercheck Kompakt. Fachkräftenachwuchs. Wo MINT gelingt – und wo es hinkt; Essen; Bundesamt für Statistik (2015): Bildung und Kultur. Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 2013; Fachserie 11; Reihe 4.3.1; Wiesbaden; Bundesamt für Statistik (2014): Internationale Bildungsindikatoren im Ländervergleich; Ausgabe 2014 – Tabellenband; Wiesbaden
- ¹⁸⁰ Egel, J. et al. (2015): Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen. Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil II. Qualitative Ergebnisse zur Rolle und

- Stellung von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Innovationsverhalten von Unternehmen. Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim
- ¹⁸¹ Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2013): Hochschulbarometer. Wo Hochschulen mit Unternehmen kooperieren. Lage und Entwicklung der Hochschulen aus der Sicht der Leitungen; Essen; S. 30 ff
- ¹⁸² Schliesler, P. (2015): Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs hat weniger Technologietransfer zur Folge; ZEW News; Mai 2015, S. 7; vgl. auch: Cuntz, A. et al. (2012): Hochschulpatente zehn Jahre nach Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs; Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 13–2012; Berlin; Czarnitzki, D. et al. (2015): Individual Versus Institutional Ownership of University-Discovered Inventions, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Discussion Paper No. 15-007
- ¹⁸³ Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2010): Innovationsrat Baden-Württemberg 2007–2010. Abschlussdokumentation; Stuttgart; S. 109 ff
- ¹⁸⁴ Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.) (2015): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2015; EFI; Berlin, S. 23–24; Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2015): facts Forschung & Entwicklung. Deutschland schafft das 3 Prozent Ziel; Essen; Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2015): facts Forschung & Entwicklung. Stagnation bei Forschung & Entwicklung?; Essen
- ¹⁸⁵ Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2010): Innovationsrat Baden-Württemberg 2007–2010. Abschlussdokumentation; Stuttgart; S. 21; 22; 28; vgl. auch: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.) (2014): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014; EFI; Berlin; S. 28
- ¹⁸⁶ Egel, J. et al. (2012): Existenzgründungsgeschehen in Bayern. Zusammenfassende Würdigung der Ergebnisse; Mannheim; S. 2ff
- ¹⁸⁷ Egel, J. et al. (2015): Wirkungen der öffentlichen Finanzierung von Wissenschaft und Forschung in Baden-Württemberg auf die wirtschaftliche Entwicklung des Landes; Mannheim; S. 61/2 (noch nicht veröffentlicht); vgl.: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.) (2014): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014; EFI; Berlin; S. 163 ff; Sternberg, R. et al. (2015): Global Entrepreneurship Monitor. Länderbericht Deutschland 2014; Hannover/ Nürnberg
- ¹⁸⁸ Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg (2015); interne Datenbank
- ¹⁸⁹ Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2014): Gründungsradar 2013. Wie Hochschulen Unternehmensgründungen fördern; Essen; Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2014): Ländercheck. Lehre und Forschung im föderalen Wettbewerb. Die Hochschule als Gründungswerkstatt; Essen
- ¹⁹⁰ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2013): Rösler zeichnet EXIST-Gründerhochschulen aus; Pressemitteilung 10. Januar 2013
- ¹⁹¹ Sternberg, R. et al. (2013): Global Entrepreneurship Monitor. Länderbericht Deutschland 2012; Hannover/ Nürnberg, S.6; vgl. auch: Abel-Koch, J. (2015): Gründungsfreudige Akademiker setzen auf Geschäftsideen aus der Berufspraxis; in: KfW Economic Research; Fokus Volkswirtschaft; Nr. 80; 27. Januar 2015, S. 1–4
- ¹⁹² maz (2012): Internationale Studie. Deutschen Studenten fehlt der Gründergeist; Pressekarte vom 17. September 2012 (maz) (Center for Family Business der Universität St. Gallen/ Ernst&Young, Karriereabsichten der Studenten weltweit. Selbstständigkeit und Unternehmertum im Fokus – Befragung von 93 000 Studenten, 2012.); <http://www.wiwo.de/erfolg/gruender/internationale-studie-deutsche-studenten-fehlt-der-gruendergeist/7144038.html> [letzter Zugriff 14.09.2015]
- ¹⁹³ Sternberg, R. et al. (2013): Global Entrepreneurship Monitor. Länderbericht Deutschland 2012; Hannover/ Nürnberg, S. 25

- ¹⁹⁴ Deutscher Start-up Monitor (2013): Key Facts; Berlin; S.4 (Nur 13% der Start-ups in Deutschland werden von Frauen gegründet.); Mey, S. (2015): Gründerinnen in Deutschland: Die weibliche Start up-Revolution steht noch aus; in: c't Magazin für Computertechnik; 04.08.2015; <http://www.heise.de/ct/artikel/Gruenderinnen-in-Deutschland-Die-weibliche-Startup-Revolution-steht-noch-aus-2767974.html> [letzter Zugriff 13.09.2015]
- ¹⁹⁵ The Princeton Review (2014): Top 25 Colleges for Entrepreneurship for 2015 (Undergraduate Programs) <http://www.entrepreneur.com/slideshow/237330> [letzter Zugriff 08.12.2015]; The Princeton Review (2014): Top 25 Colleges for Entrepreneurship for 2015 (Graduate Programs) <http://www.entrepreneur.com/slideshow/237323> [letzter Zugriff 08.12.2015]; Edward B. Roberts and Charles E. Easley (2015): Entrepreneurial Impact: The Role of MIT – An Updated Report; <https://ilp.mit.edu/media/webpublications/pub/literature/Entrepreneurial-Impact-2011.pdf> [letzter Zugriff 15.09.2015]; vgl. auch Carnegie Mellon University, Undergraduate Innovation Scholars-Program; https://www.cmu.edu/cie/undergraduate_innovation_scholars_program [letzter Zugriff 15.10.2015]; UC Davis, Engineering Student Start-up Center, <http://entrepreneur.com.slideshow/237323> [letzter Zugriff 13.09.2015]; zur Situation an englischen Universitäten vgl. Ulrichsen, T.C. (2014): Knowledge Exchange Performance and the Impact of HEIF in the English Higher Education Sector. Report for the HEFCE; <http://www.hefce.ac.uk/pubs/rereports/Year/2014/kehefimpact/Title,92166,en.html> [letzter Zugriff: 20.07.2015]
- ¹⁹⁶ McKinsey Berlin (2013): Berlin gründet. Fünf Initiativen für die Start-up Metropole Europas, Berlin, S. 27/8 (Professoren der Stanford University gründen im Durchschnitt neunmal mehr Unternehmen als Professoren der Hochschulen in Berlin als Schwerpunkt der deutschen Start-up Szene. Am MIT werden mit rd. 13 Ausgründungen pro 100 Professoren mehr als dreimal so viele Unternehmen je Professor gegründet als an den Hochschulen in Berlin.)
- ¹⁹⁷ Bijedic, T. et al. (2014): Der Einfluss institutioneller Rahmenbedingungen auf die Gründungsneigung von Wissenschaftlern an deutschen Hochschulen; IfM-Materialien Nr. 231; Bonn; S. 51–54
- ¹⁹⁸ Henzler, H. A. (Hrsg.) (2013): Start-up Bayern. Unternehmensgründungen. Fakten, Analysen, Handlungsempfehlungen; Abschlussbericht der Expertengruppe, München
- ¹⁹⁹ Egel, J. et al. (2015): Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen. Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil I. Repräsentative Ergebnisse zum Innovationsverhalten von Unternehmen. Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim, S. 7/8; Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) (Hrsg.) (2009): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit 2009; EFI; Berlin; S. 46ff
- ²⁰⁰ Rammer, C. et al. (2015): Innovationsausgaben KMU in Deutschland. Aktuelle Entwicklungen, S. 1 (unveröffentlicht)
- ²⁰¹ Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (2014): Spitzenposition Baden-Württemberg in Gefahr; Presseinformation 28.05.2014; vgl. auch: Industrie- und Handelskammer Stuttgart (Hrsg.) (2014): Industrieller Mittelstand. Spitzenstellung in Gefahr? – Analyse zur Innovationsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen in der Metropolregion Stuttgart; Stuttgart; Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Forschungs- und Entwicklungsmonitor Baden-Württemberg, Statistische Analysen 01/2014, S. 29f
- ²⁰² Egel, J. et al. (2015): Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen. Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil II. Qualitative Ergebnisse zur Rolle und Stellung von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Innovationsverhalten von Unternehmen. Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim; vgl. auch: Glöckner, U.; Rammer, C. et al. (2013): Untersuchung von Innovationshemmnissen in Unternehmen – insb. KMU – bei der Umsetzung von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen in vermarktungsfähige Produkte und mögliche Ansatzpunkte zu deren Überwindung; Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie; Berlin; Bonner, K. et al. (2015): Collaboration between SMEs and universities – local population, growth and innovation metrics. Report to the HEFCE (Higher Education Funding Council of England) by the Enterprise Research Centre (ERC), London (Beispiel für die Innovationsschwierigkeiten von KMU als allgemeines Problem in allen Industrieländern)

- ²⁰³ Stahlecker, T. et al. (2012): Quantitative Analyse regionaler Branchen- und Technologiestrukturen in Baden-Württemberg. Studie im Auftrag des Baden-Württembergischen Industrie- und Handelskammertages; Karlsruhe; S. 11
- ²⁰⁴ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Forschungs- und Entwicklungsmonitor Baden-Württemberg, Statistische Analysen 01/2014, S. 19f; Bundesamt für Statistik (2015): Forschung und Entwicklung. Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung 2013 am Bruttoinlandsprodukt (BIP) nach Bundesländern und Sektoren in Prozent, Wiesbaden; Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) (2015): Steigerung des Anteils der FuE-Ausgaben des Hochschulsektors am nationalen Bruttoinlandsprodukt (BIP) als Teilziel der Strategie Europa 2020, Heft 41, Bonn, S. 14
- ²⁰⁵ Karlsruher Institut für Technologie (2015): Daten und Fakten, Stand Juni 2015; Universität Stuttgart (2014): Zahlen, Daten, Fakten 2014, S. 11
- ²⁰⁶ Spielkamp, A.; Rammer, C. (2006): Balanceakt Innovation. Erfolgsfaktoren im Innovationsmanagement kleiner und mittlerer Unternehmen; Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Dokumentation Nr. 06-04; Mannheim
- ²⁰⁷ Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2014): Gründungsradar 2013. Wie Hochschulen Unternehmensgründungen fördern; Essen, S. 9
- ²⁰⁸ Duden online (2015): Artefakt; <http://www.duden.de/rechtschreibung/Artefakt> [letzter Zugriff 22.09.2015]
- ²⁰⁹ Duden online (2015): Best Practice; http://www.duden.de/rechtschreibung/Best_Practice [letzter Zugriff 12.10.2015]
- ²¹⁰ Statistisches Bundesamt (2013): Hochschulen auf einen Blick; Wiesbaden; S. 22
- ²¹¹ BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Bundesbericht Forschung und Innovation 2010; Bonn/Berlin
- ²¹² Duden online (2015): College; http://www.duden.de/rechtschreibung/College_Schule_England_USA [letzter Zugriff 14.10.2015]
- ²¹³ Duden online (2015): Curriculum; <http://www.duden.de/rechtschreibung/Curriculum> [letzter Zugriff 22.09.2015]
- ²¹⁴ Verordnung des Wissenschaftsministeriums über die Kapazitätsermittlung, die Curricularnormwerte und die Festsetzung von Zulassungszahlen (Kapazitätsverordnung – KapVO VII) vom 14. Juni 2002; §13 Abs.2; Landesrecht Baden-Württemberg; <http://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=KapVO+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true&aiz=true#jlr-KapVOBW2002pELS> [letzter Zugriff 13.08.2015]
- ²¹⁵ Duden online (2015): Employability; <http://www.duden.de/rechtschreibung/Employability> [letzter Zugriff 22.09.2015]
- ²¹⁶ BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Bundesbericht Forschung und Innovation 2010; Bonn / Berlin
- ²¹⁷ Duden online (2015): Facility; <http://www.duden.de/rechtschreibung/Facility> [letzter Zugriff 22.09.2015]
- ²¹⁸ Gabler Wirtschaftslexikon online (2015): Hidden Champions; <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/hidden-champions.html> [letzter Zugriff 22.09.2015]
- ²¹⁹ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Forschungs- und Entwicklungs-Monitor Baden-Württemberg; Reihe Statistische Analysen; 01/2014
- ²²⁰ Duden online (2015): Hub; http://www.duden.de/rechtschreibung/Hub_Drehpunkt_Umschlagplatz [letzter Zugriff 22.09.2015]

- ²²¹ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Forschungs- und Entwicklungs-Monitor Baden-Württemberg; Reihe Statistische Analysen; 01/2014
- ²²² Herstatt, C./ Tiwari, R. (2012): Frugal Innovation: A Global Networks' Perspective; in: Die Unternehmung, Bd. 66/Nr.3; Dieselben (2012); http://www.global-innovation.net/publications/PDF/Working_Paper_72.pdf [letzter Zugriff 30.01.2015]
- ²²³ Rammer, C. et al. (2015): Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2014; Mannheim, S. 6; Bundesministerium für Bildung und Forschung (2012): Bundesbericht Forschung und Innovation 2012; Berlin; Seite 612
- ²²⁴ Gabler Wirtschaftslexikon online (2015): Interdisziplinarität; <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/interdisziplinaritaet.html> [letzter Zugriff 22.09.2015]
- ²²⁵ Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) (2010): Lead Markt Deutschland. Zur Position Deutschlands als führender Absatzmarkt für Innovationen; Mannheim; S.16
- ²²⁶ Duden online (2015): poetisch; <http://www.duden.de/rechtschreibung/poetisch> [letzter Zugriff 28.10.2015]
- ²²⁷ Duden online (2015): Prekarität; <http://www.duden.de/rechtschreibung/Prekaritaet> [letzter Zugriff 22.09.2015]
- ²²⁸ Information and Privacy Commissioner / Ontario (2015); <http://www.privacybydesign.ca/index.php/about-pbd/applications/> [letzter Zugriff 30.01.2015]
- ²²⁹ Waidner, M.; Backes, M.; Müller-Quade, J. (Hrsg.) (2013): Entwicklung sicherer Software durch Security by Design (SIT-TR-2013-01); SIT Technical Reports; Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2013
- ²³⁰ Zweck, A.; Holtmannspötter, D.; Braun, M.; Cuhls, K.; Hirt, M.; Kimpeler, S. (2015): Forschungs- und Technologieperspektiven 2030: Ergebnisband 2 zur Suchphase von BMBF-Foresight Zyklus II; Düsseldorf; VDI Technologiezentrum GmbH
- ²³¹ BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Bundesbericht Forschung und Innovation 2010; Bonn/Berlin
- ²³² Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Forschungs- und Entwicklungs-Monitor Baden-Württemberg; Reihe Statistische Analysen; 01/2014
- ²³³ BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Bundesbericht Forschung und Innovation 2010; Bonn/Berlin
- ²³⁴ Gesellschaft für Systems Engineering e.V. (2015); <http://www.gfse.de/> [letzter Zugriff 12.10.2015]
- ²³⁵ duz – das unabhängige Hochschulmagazin (2006), Beilage der Deutsche Forschungsgemeinschaft: Karrierewege in Wissenschaft und Forschung, Berlin; http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/geschaeftsstelle/publikationen/karrierewege_beilage_duz_06.pdf
- ²³⁶ Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2014): Forschungs- und Entwicklungs-Monitor Baden-Württemberg; Reihe Statistische Analysen; 01/2014

ANHANG

Inhalt

1. Diskussionsvorlage
2. Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen: Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil I
3. Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen: Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil II
4. Grundlegende Daten
5. Erläuterungen zu „Ströme der Studentinnen und Studenten in den Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg“
6. Technologietransfer – Messung und Kennzahlen

1. Diskussionsvorlage

Kommission

Ingenieurwissenschaften@BW2025

- Strategische und strukturelle Weiterentwicklung der Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg -

25. März 2014

Autor:
Professor Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

1.1 Rahmenbedingungen

1.1.1 Renaissance der industriellen Produktion und der Ingenieurwissenschaften

Seit den 80er Jahren hat sich der Industrieanteil am Bruttoinlandsprodukt (BIP) in den Industriestaaten mit Ausnahme von Deutschland kontinuierlich verringert. Hier blieb der Industrieanteil am BIP in den letzten 20 Jahren auf einem hohen Niveau von etwa 25 Prozent, in Baden-Württemberg sogar von über 35 Prozent. Mit diesem starken Industrieanteil ist es Deutschland und Baden-Württemberg gelungen, die Finanzkrise europaweit am besten zu überwinden. Dies zeigt, dass „ein intakter und innovativer Produktionssektor ein Garant für die stabile Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft (ist).“ (Dieter Spath (Hrsg.), Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0, München 2013, S. 132). Die Gründe für den positiven Beitrag der Industrie sind in den Feldern Innovation, Produktivität und Export zu finden.

Der globale Wettbewerb um lokale Wertschöpfung wird zwischen den entwickelten Industrienationen weiter zunehmen. Nicht nur sie, sondern auch „emerging countries“ verfolgen eine teilweise offensive Reindustrialisierungsstrategie. Schwerpunkte sind dabei der Ausbau des Produktionssektors und eine entsprechende Stärkung der anwendungsnahen Wissenschaften. Im Mittelpunkt der politischen Überlegungen steht die Förderung der Ingenieurwissenschaften, wie es im Bericht des President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST), „Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing“ (2012), nachzulesen ist. Bezeichnend ist die Ankündigung von Präsident Obama in seiner jüngsten State of the Union Address, zusätzlich zu den bestehenden zwei „advanced manufacturing hubs“ in diesem Jahr weitere sechs einzurichten. Er sieht darin - wie die englische Regierung mit dem Förderinstrument der „catapult centres“ - „a tremendous opportunity to promote industry-university-partnerships, improve technology transfer and promote manufacturing innovation nationally.“ (zit. nach: Davis Malakoff, A Supporting Role for Science in Obama's State of the Union Address, in: Science news, 2014-01-29).

Die Ingenieurwissenschaften in Deutschland müssen sich auf die veränderten Rahmenbedingungen einstellen. Ohne eine Fokussierung auf ihre Stärken und eine durchdachte Strategie der Zusammenarbeit der verschiedenen Institutionen der Wissenschaft, der Wirtschaft, der Gesellschaft und der Politik wird es nicht gelingen, ihre führende Position im internationalen Wettbewerb zu halten.

1.1.2 Nachhaltigkeit als Ergebnis der 4. Industriellen Revolution

Die Menschen werden mehr, sie werden älter und sie werden urban. Damit wird der Energiebedarf weltweit zunehmen. Diese Entwicklungen bedrohen nicht nur das Klima und die Artenvielfalt, sondern auch die gesamte Umwelt. Auch diese Erkenntnis und das Wissen, dass ein Paradigmenwechsel hin zu Nachhaltigkeit in allen Bereichen unvermeidlich ist, sind mittlerweile Allgemeingut in Gesellschaft und Politik. Kern dieses Paradigmenwechsels ist die Entkopplung des Wachstums und somit des Wohlstands vom Ressourcenverbrauch. Dies bedeutet, dass wir neben der Energiewende eine Materialwende, eine Personalwende und mit Blick auf die Finanzmärkte auch eine Kapitalwende sowie eine umfassende Veränderung der dispositiven Faktoren brauchen. Die Schlüsseltechnologien kommen zu großen Teilen aus der Informations- und Kommunikationstechnologie; sie benötigen aber auch andere Disziplinen, zum Beispiel die Material- und die Biowissenschaften sowie die Verfahrenstechnik. Die Elektrifizierung des Automobils, der Leichtbau, die regenerative Energiegewinnung und -verteilung, dezentrale Energiespeicher, Zero-Waste-Produktionstechnologien sind nur einige der Technologiefelder, die ohne Interdisziplinarität und systemische Entwicklungszusammenarbeit nicht mit Erfolg zu bearbeiten sind. Die 4. Industrielle Revolution, die durch die umfassende Vernetzung smarterer Objekte im Internet der Dinge und Dienste eine neue Stufe der Industrialisierung - Industrie 4.0 - ermöglichen wird, wird zu teilweise erheblichen Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft führen. Sie wird diesen Namen aber erst verdienen, wenn es gelingt, als Ergebnis der Vernetzung die Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch in Echtzeit zu erreichen. Die Ingenieurwissenschaften müssen sich dieser Aufgabe stellen.

1.1.3 Fachkräftemangel als Wachstumsrisiko Nummer 1

Die Personalkosten verlieren in modernen Produktionen und wissenschaftlich-technische Dienstleistungen immer mehr an Bedeutung. In den Vordergrund rückt die Verfügbarkeit des „richtigen“ Personals im indirekten und im direkten Bereich, die zukünftig verschmelzen werden. Kompetenz, Erfahrung, Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter entscheiden über die Wettbewerbsfähigkeit. Der Ingenieur Nachwuchs ist knapp: Es gibt zu wenig Studienanfänger, und insbesondere zu wenig Studienanfängerinnen, zu viele Studienabbrecherinnen

und Studienabbrecher, zu wenig Studentinnen und Studenten aus dem Ausland. Nicht nur in Deutschland wird der Fachkräftemangel das übergreifende Hauptrisiko für Wachstum sein. Ab 2020 wird sich das Problem verschärfen, wenn deutlich mehr Ingenieurinnen und Ingenieure in den Ruhestand gehen als Absolventinnen und Absolventen in den Arbeitsmarkt eintreten.

Der Fachkräftemangel kann durch vielfältige Maßnahmen abgemildert werden. Ein Maßnahmenbündel muss darauf abzielen, die Attraktivität des Studiums für potentielle Studentinnen und Studenten aus dem In- und Ausland zu erhöhen. Die berufsbegleitende Weiterbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren muss zur Selbstverständlichkeit werden.

1.1.4 Gefragte Kompetenzen durch Profilschärfung der Hochschulen

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Ingenieurwissenschaften und anderen Disziplinen, wie Informatik, Physik, Chemie und Biologie, aber auch Sozialwissenschaften, ist eine Voraussetzung, um die benötigten Technologien zu entwickeln und im Markt einzuführen. Die Geschwindigkeit des hierfür notwendigen Technologietransfers ist deutlich zu erhöhen. Dies kann nur gelingen, wenn die Struktur und die Verfahren sowie die Prozesse der Zusammenarbeit der beteiligten Institutionen (Universitäten, Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAW), Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW), außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie forschende Unternehmen, Verbände und Ministerien) grundlegend überdacht und auf die neuen Herausforderungen ausgerichtet werden.

Neben den methodischen und fachwissenschaftlichen Fortschritten muss auch das Verhältnis zwischen Grundlagen und Anwendung sowie zwischen Bachelor und Master fortentwickelt werden. Die Durchlässigkeit zwischen den unterschiedlich profilierten Hochschulen (Universitäten, HAW, DHBW) ist weiter zu verbessern.

Bei Ingenieurinnen und Ingenieuren, Informatikerinnen und Informatikern sowie Betriebswirtinnen und Betriebswirten sind wegen der Wechselwirkungen zwischen der wissenschaftlich-technischen Dynamik und den gesellschaftlichen Entwicklungen zunehmend inter- und transdisziplinäre Kenntnisse erforderlich. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter müssen in der Lage sein, die neuen komplexen Systeme zu überblicken und ihre Folgen für die Gesellschaft zu erkennen und zu bewerten. Sie benötigen nicht nur fundierte Grundkenntnisse in den drei Disziplinen, sondern auch ein tieferes Verständnis für die angrenzenden Disziplinen, als es heute der Fall ist. Der Stellenwert der Natur- und Sozialwissenschaften in der Ausbildung der Ingenieurinnen und Ingenieure wird deshalb größer. Dafür sind neue Strukturen und Formate einzuführen.

1.1.5 Zusammenarbeit der Hochschulen mit der Wirtschaft

Die Zusammenarbeit verschiedener Branchen und insbesondere eine noch stärkere Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist Voraussetzung, um die Potenziale der Industrie 4.0 zu erschließen. Von der Qualität, der Flexibilität und dem Zeitrahmen des Technologietransfers wird es entscheidend abhängen, ob die Bedingungen der Industrie 4.0 im industriellen Alltag um- und durchgesetzt werden können.

Es gibt bereits zahlreiche Ansätze für die Zusammenarbeit der Hochschulen mit der Wirtschaft: An den Universitäten und HAW wird im gesamten Ingenieurbereich in erheblichem Maße mit Drittmitteln aus der Industrie geforscht; die DHBW ist bereits in ihrer Grundstruktur in die Wirtschaft eingebunden; Industry on Campus-Modelle, die Steinbeis-Stiftung und diverse Vernetzungen und Kooperationen sind teilweise originär baden-württembergische „Erfindungen“. Die Qualität, die Struktur und die Reichweite der Zusammenarbeit sollen analysiert und - wenn sinnvoll - neue Formen der Zusammenarbeit entwickelt werden.

1.1.6 Stärken-Schwächen-Analyse

Die Ingenieurwissenschaften haben u.a. im Rahmen der Exzellenzinitiative ihre Möglichkeiten, Chancen und Potenziale nicht ausgeschöpft. Dies gilt für Deutschland allgemein, für Baden-Württemberg mit seinem leistungsfähigen Ingenieurwissen im Besonderen. Weder das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) noch die Universität Stuttgart sind (noch) „Elite-Universitäten“. Auch die Zahl der Sonderforschungsbereiche und der Graduiertenkollegs ist in den Ingenieurwissenschaften seit Jahren rückläufig. Die Entwicklung ist umso auffälliger, als die öffentlichen und privaten Drittmittel im selben Zeitraum erheblich zugenommen haben.

Die Exzellenzinitiative hat als Bewertungskriterium Maßstäbe angelegt, die stark auf die Grundlagenforschung zugeschnitten sind. Dadurch waren die Ingenieurwissenschaften als anwendungsnahe Wissenschaften im Nachteil. Bei

den Ingenieurwissenschaften steht der Erfolg in der industriellen Praxis im Vordergrund. Veröffentlichungen in internationalen Journalen spielen, anders als zum Beispiel in den Natur- und Lebenswissenschaften, nicht die ausschlaggebende Rolle, um wissenschaftliche Qualität nachzuweisen. Diese Unterschiede haben Auswirkungen auf die Mittelallokation zum Nachteil der Ingenieurwissenschaften.

Ungeachtet der unterschiedlichen Fachkulturen müssen die Gründe für die Schwierigkeiten der Ingenieurwissenschaften in einer nüchternen Stärken-Schwächen-Analyse, die auch das internationale Umfeld einbezieht, untersucht werden. Auf dieser Grundlage ist dann zu überlegen, ob es notwendig ist, das bestehende Förderinstrumentarium um Formate und Instrumente zu ergänzen, die den Rahmenbedingungen und den Aufgaben der Ingenieurwissenschaften mehr entsprechen als zum Beispiel die der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

1.1.7 Fazit

Bildung, Forschung und Innovation sind der Schlüssel für Fortschritt und für Wohlstand unserer Gesellschaft. Gut ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure sind deshalb die entscheidende Voraussetzung für die wissenschaftliche und technologische Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Die Renaissance der Industrie in der Wissensgesellschaft und die damit verbundene Verschärfung des internationalen Wettbewerbs um eigene lokale Wertschöpfung sowie die Entkopplung von Wachstum und Ressourcenverbrauch durch nachhaltige Technologien eröffnen ein weites Feld voller Chancen und Risiken für die deutsche Industrie und insbesondere für die Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg. Für die damit verbundenen Aufgaben werden sowohl in den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen als auch in der Industrie deutlich mehr Ingenieurinnen und Ingenieure benötigt, als zur Verfügung stehen werden. Das damit verbundene Wachstumsrisiko für die Industrie in Baden-Württemberg ist bedrohlich. Maßnahmen gegen die Fachkräftelücke müssen deshalb neben der Bewältigung der technologischen Herausforderungen höchste Priorität haben.

1.2 Programminhalt

1.2.1 Zentrale Frage

Die wirtschafts-, gesellschafts- und forschungspolitischen sowie technologischen Entwicklungen werfen die Frage auf, ob die Ingenieurwissenschaften in den Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen fachlich, strukturell, infrastrukturell und ressourcenmäßig so aufgestellt sind, dass sie den künftigen Herausforderungen gewachsen sind.

1.2.2 Übergreifende Zielsetzung

Baden-Württemberg als industriestärkstes Bundesland mit der höchsten Exportquote muss sich mit dieser Frage intensiv auseinandersetzen, wenn es sich im nationalen und globalen Wettbewerb weiter erfolgreich behaupten will.

Die Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg sind einer systematischen Stärken-Schwächen-Analyse auch im internationalen Vergleich zu unterziehen.

Ziel ist es, die Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg in Lehre, Forschung, Technologietransfer und Weiterbildung auf die Zukunft auszurichten. Dazu müssen sie

- den spezifischen Arbeitskräftebedarf unserer Wirtschaft quantitativ und qualitativ decken.
- leistungsfähigen Nachwuchs für die Forschung in Unternehmen, Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen ausbilden.
- in der Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen oder mit Unternehmen wichtige Beiträge leisten, um Innovationen auf den Weg zu bringen.

1.2.3 Konkreter Arbeitsauftrag

Es wird eine Kommission aus Vertreterinnen und Vertretern der Wissenschaft und der Wirtschaft eingesetzt, die untersuchen soll, wie in der gesamten Breite der Ingenieurwissenschaften

- der Dynamik des wissenschaftlich-technischen Fortschritts bestmöglich Rechnung getragen werden kann,
- die Hochschulen und die außeruniversitären Forschungseinrichtungen des Landes möglichst erfolgsversprechend im nationalen, europäischen und auch internationalen Fördersystem positioniert werden können und

- die Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit des Innovations- und Produktionsstandorts Baden-Württemberg im globalen Wettbewerb durch Profilbildung, Struktur- und Schwerpunktförderung der Ingenieurwissenschaften gesichert und weiter verbessert werden kann.

Es geht nicht um eine ex-post-Evaluation von Forschungsleistungen. Auf der Grundlage der Ergebnisse einer Stärken-Schwächen-Analyse sollen eine Querschnitts- und Strukturevaluation der Ingenieurwissenschaften durchgeführt und Handlungsempfehlungen für ihre strategische (Neu-)Ausrichtung erarbeitet werden.

Diese Empfehlungen sollen sich nicht nur auf den Bereich der Forschung beschränken, sondern das gesamte Aufgabenspektrum der Hochschulen abdecken. Dazu gehört, die zukünftigen Anforderungen an die Lehre und die Ausbildung / Weiterbildung von Ingenieurwissenschaftlerinnen und Ingenieurwissenschaftlern sowie an die Forschung und den Technologietransfer zu formulieren.

Ebenso wichtig ist es, die Kernaufgaben, die Profilierung und die Zusammenarbeit der Institutionen (Universitäten, HAW, DHBW, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, Unternehmen, Verbände, Ministerien) zu untersuchen und weiterzuentwickeln. Dies schließt auch Empfehlungen zu Prozessoptimierungen sowie hierfür notwendigen strukturellen Änderungen ein.

Dabei ist das ganze Fächerspektrum der Ingenieurwissenschaften, einschließlich der interdisziplinären Schnittstellen zu wichtigen Disziplinen (Informatik, Materialwissenschaften, Naturwissenschaften, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften), zu berücksichtigen. Die Integration der Disziplinen sollte auch die Technikfolgenabschätzung einschließen.

Schließlich soll geprüft werden, welche speziellen Bedürfnisse die Ingenieurwissenschaften - im Vergleich mit den anderen Disziplinen - haben und wie diesen Bedürfnissen strukturell, infrastrukturell und ressourcenmäßig Rechnung getragen werden kann, um die globale Wettbewerbsfähigkeit der Ingenieurwissenschaften langfristig zu sichern.

Dies schließt auch die Frage ein, ob bzw. inwieweit die derzeitigen strukturellen Rahmenbedingungen in den Hochschulen eine zukunftsorientierte Aufstellung der Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg fördern oder behindern. Da das Landeshochschulgesetz grundsätzlich strukturoffen ist, sind auch innovative Matrixstrukturen zu prüfen.

2. Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen: Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil I:

**Repräsentative Ergebnisse zum Innovationsverhalten
von Unternehmen**

**Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-
Württemberg (MWK)**

Mannheim, April 2015

Diese Untersuchung wurde gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg (MWK).

Das MKW hat auf die Ergebnisse keinen Einfluss genommen, diese liegen allein in der Verantwortung der Autoren.

Autoren:
Jürgen Egel
Dr. Dirk Crass

2.1 Vorbemerkungen

Mit diesem Berichtsteil legt das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) den ersten Teil seiner Studie zum Thema „Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen: Die Sicht der Unternehmen“ vor. In diesem ersten Teil werden Analysen und Auswertungen zum Innovationsverhalten deutscher Unternehmen präsentiert. Auf Basis von Auswertungen des Mannheimer Innovationspanel¹ wird ein Überblick über Merkmale und Strukturen von Innovationsprozessen in den deutschen Unternehmen gegeben. Im Fokus stehen dabei die Branchen, für deren Unternehmen Ingenieurinnen und Ingenieure wichtig sind. Das sind vornehmlich Unternehmen der Branchen des Produzierenden Gewerbes (Maschinenbau, Fahrzeugbau, Elektroindustrie, Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie), aber auch Unternehmen aus Dienstleistungsbranchen mit Technikbezug (technische und Forschung und Entwicklung [FuE]-Dienstleistungen, EDV und Telekommunikation). Es wird untersucht, inwiefern die hier im Fokus stehenden Unternehmen

- innovationsaktiv sind (Innovationsprojekte bearbeiten, Innovationsaufwendungen tätigen, Höhe der Innovationsaufwendungen bezogen auf den Umsatz),
- Innovatoren sind (Innovationsprojekte erfolgreich abgeschlossen haben),
- unterschiedliche externe Akteursgruppen als Impuls- und Anregungsgeber für die Innovationsaktivitäten der Unternehmen nutzen,
- mit wissenschaftlichen Institutionen zusammenarbeiten (gemeinsame Projekte, Auftragsforschung, Nutzung der wissenschaftlichen Ergebnisse),
- finanzielle Mittel für Innovationsaktivitäten aufwenden und in welcher Höhe sie dies tun (absolute Höhe der Innovationsausgaben, Innovationsausgaben als Anteil des Umsatzes),
- mit ihren Innovationen erfolgreich waren (Umsatzanteil mit neuen Produkten) und,
- inwieweit sie sich Hemmnissen bei ihren Innovationsaktivitäten gegenüber sehen.

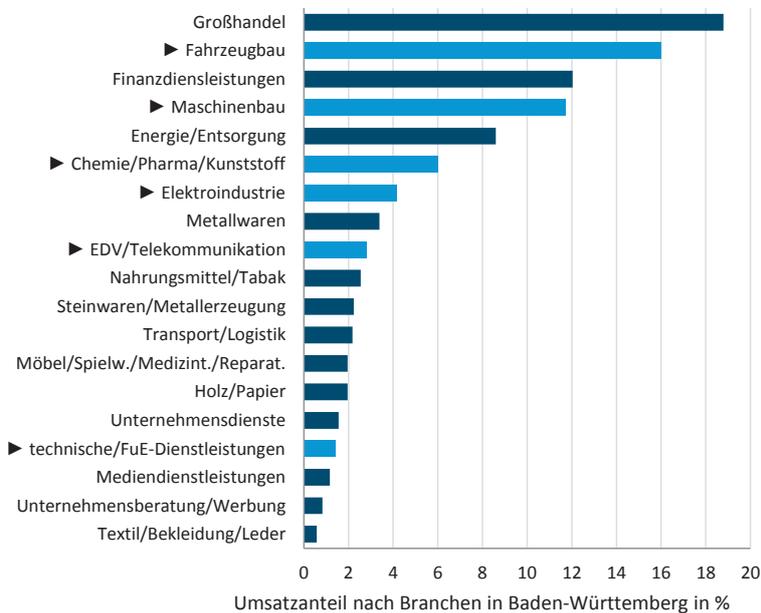
Die so erarbeiteten Erkenntnisse dienen als repräsentativer Rahmen mit quantitativen Basisinformationen zum Innovationsgeschehen in den hier betrachteten Branchen in Deutschland. Für einige Auswertungen werden die Ergebnisse auf die Unternehmen des Landes Baden-Württemberg heruntergebrochen. Dies ist nicht für alle Auswertungen möglich, da die Anzahl der Beobachtungen von Unternehmen mit Standort Baden-Württemberg im Mannheimer Innovationspanel nicht ausreicht, um alle Analysen auf dieses Bundesland zu beziehen. Wo das möglich ist, wird die Information in den Berichtsteil aufgenommen.

2.1.1 Zur Branchenstruktur in Baden-Württemberg

Es wird sich zeigen, dass viele Unterschiede in den Kennzahlen zwischen Baden-Württemberg und deutschem Durchschnitt, wie beim Anteil der innovationsaktiven Unternehmen, den Innovationsausgaben oder dem Umsatz mit Produktinnovationen, auf die besondere Branchenstruktur Baden-Württembergs zurückzuführen ist. Die nachfolgende Abbildung A-1 illustriert zunächst den Anteil der in diesem Berichtsteil betrachteten Branchengruppen am Gesamtumsatz in Baden-Württemberg. So entfallen 19 % des Gesamtumsatzes in Baden-Württemberg auf den Großhandel, gefolgt vom Fahrzeugbau mit 16 % und den Finanzdienstleistungen sowie dem Maschinenbau mit jeweils 12 %.

¹ Weitere Informationen zum Mannheimer Innovationspanel finden sich am Ende dieses Berichtsteils.

Abbildung A-1: Umsatzanteil nach Branchen in Baden-Württemberg



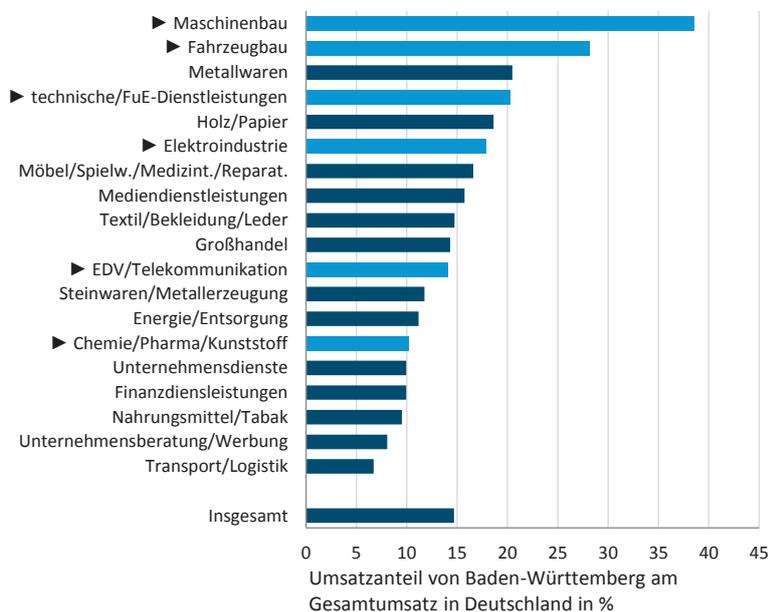
Quelle: Umsatzzahlen sind einer Sonderauswertung des Unternehmensregisters des Statistischen Bundesamtes für das Referenzjahr 2011 entnommen und durch das ZEW auf Basis von Angaben aus Fachstatistiken des Statistischen Bundesamtes, Angaben von Verbänden, Geschäftsberichten von Unternehmen sowie Auswertungen aus dem Mannheimer Unternehmenspanel fortgeschrieben. Alle Werte sind daher vorläufig.

Neben der relativen Bedeutung der unterschiedlichen Branchen in Baden-Württemberg ist von Interesse, wie groß der Anteil der baden-württembergischen Unternehmen am Gesamtumsatz der unterschiedlichen Branchen in Deutschland ist. Abbildung A-2 zeigt den Umsatzanteil baden-württembergischer Unternehmen am Umsatz aller Unternehmen in Deutschland in den jeweiligen Branchengruppen, sowie insgesamt. Datenbasis dieser Auswertung ist eine Sonderauswertung des Unternehmensregisters für Baden-Württemberg durch das Statistische Bundesamt.

Unternehmen aus Baden-Württemberg haben einen Anteil von knapp 15 % am Gesamtumsatz in Deutschland. In Baden-Württemberg weisen der Maschinenbau (mit 39 %) und der Fahrzeugbau (mit 28 %) weit überdurchschnittliche Umsatzanteile auf. Auch die technischen und FuE-Dienstleistungen (20 %) und die Elektroindustrie (18 %) in Baden-Württemberg weisen überdurchschnittliche Umsatzanteile auf.

Die EDV und Telekommunikation bewegt sich in etwa gemäß dem Durchschnitt. Dagegen ist der Anteil der Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie mit 10 % unterdurchschnittlich in Baden-Württemberg vertreten.

Abbildung A-2: Branchenstruktur in Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschland insgesamt



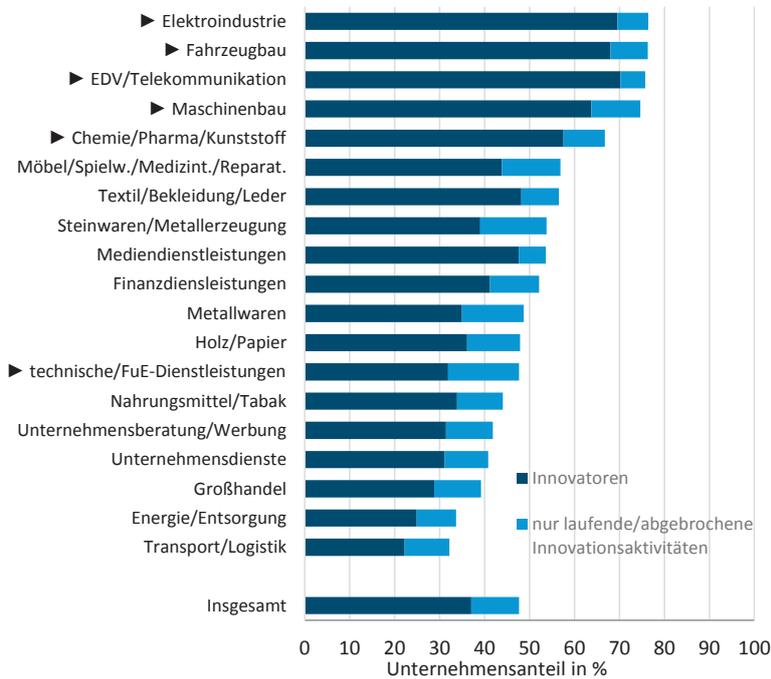
Quelle: Umsatzzahlen sind einer Sonderauswertung des Unternehmensregisters des Statistischen Bundesamtes für das Referenzjahr 2011 entnommen und durch das ZEW auf Basis von Angaben aus Fachstatistiken des Statistischen Bundesamtes, Angaben von Verbänden, Geschäftsberichten von Unternehmen sowie Auswertungen aus dem Mannheimer Unternehmenspanel fortgeschrieben. Alle Werte sind daher vorläufig.

2.2 Innovatoren und innovationsaktive Unternehmen

Der Anteil der Unternehmen, die Produkt- oder Prozessinnovationen eingeführt haben (Innovatorenquote) beläuft sich 2013 auf 37 %. Insgesamt gab es in Deutschland in den hier betrachteten Wirtschaftszweigen mit Unternehmen ab fünf Beschäftigten rund 103.000 Innovatoren.

Innovatoren sind Unternehmen, die innerhalb eines zurückliegenden Dreijahreszeitraums (d.h. für 2013: in den Jahren 2011 bis 2013) zumindest ein Innovationsprojekt erfolgreich abgeschlossen, d.h. zumindest eine Innovation eingeführt haben. Es kommt nicht darauf an, ob ein anderes Unternehmen diese Innovation bereits eingeführt hat. Wesentlich ist die Beurteilung aus Unternehmenssicht. **Innovationsaktive Unternehmen** sind Unternehmen, die im zurückliegenden Dreijahreszeitraum Innovationsaktivitäten durchgeführt haben, unabhängig davon, ob diese in die Markteinführung neuer Produkte oder die Implementierung neuer Verfahren mündeten. **Innovative Unternehmen** bezeichnen jene Unternehmen, die im aktuellen Jahr finanzielle Mittel für Innovationsaktivitäten bereitgestellt haben, unabhängig davon, ob diese Aktivitäten zur Einführung von neuen Produkten oder neuen Prozessen geführt haben.

Differenziert nach Branchen wiesen die EDV/Telekommunikation und die Elektroindustrie mit jeweils 70 % die höchste Innovatorenquote auf, gefolgt vom Fahrzeugbau (68 %), dem Maschinenbau (64 %) und der Chemie- und Pharma- und Kunststoffindustrie mit 58 %. Die ebenfalls zu den ingenieurintensiven Branchen zählenden technischen und FuE-Dienstleistungen weisen eine deutlich niedrigere Innovatorenquote von lediglich 32 % auf. Niedrige Innovatorenquoten von unter 30 % berichten die Wasserversorgung und Entsorgung, das Transportgewerbe und der Großhandel.

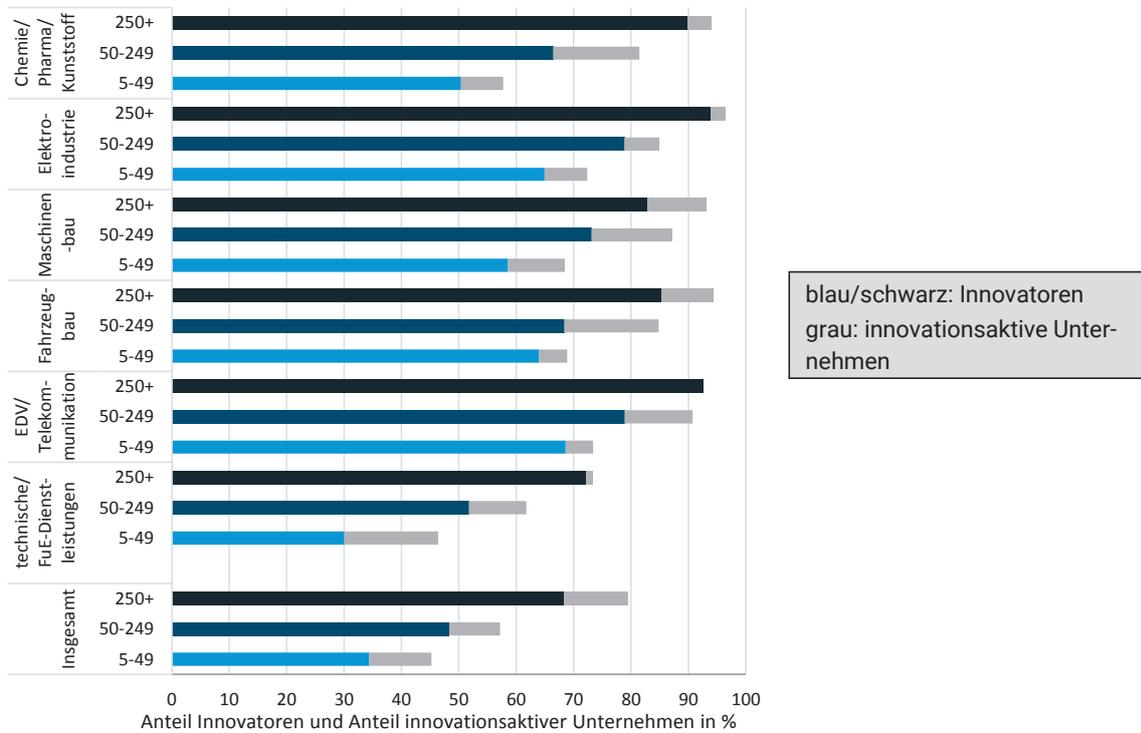
Abbildung A-3: Innovationsaktive Unternehmen nach Branchengruppen

Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Der Anteil der Unternehmen, die im Zeitraum 2011 bis 2013 Innovationsaktivitäten durchgeführt haben, ist höher als die Innovatorenquote, da manche Unternehmen zwar Innovationsaktivitäten durchführten, diese aber (noch) nicht in die Markteinführung neuer Produkte oder die Implementierung neuer Verfahren mündeten. In Angriff genommene Projekte wurden hier bis Ende 2013 noch nicht abgeschlossen oder zwischenzeitlich eingestellt. Dies betraf 2013 10,6 % aller Unternehmen. Zählt man diesen Anteil zur Innovatorenquote hinzu, so waren 2013 fast 48 % der Unternehmen in Deutschland „innovationsaktiv“. Sehr hohe Anteile von innovationsaktiven Unternehmen ohne Produkt- oder Prozessinnovationen von rund 15 % weisen die technischen und FuE-Dienstleistungen, die Steinwaren und Metallerzeugung sowie die Metallbearbeitung auf.

Die Innovationsneigung steigt mit der Größe der Unternehmen an. Liegt der Anteil der innovationsaktiven Unternehmen bei kleinen Unternehmen mit 5 bis 49 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bei lediglich 45 %, steigt dieser Anteil bei den Unternehmen mittlerer Größe (50 bis 249 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter) auf 57 % und bei größeren Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern auf 80 %. Die Unternehmensgröße hat in allen Branchen diesen Einfluss. Abbildung A-4 zeigt den Anteil der Innovatoren und den der innovationsaktiven Unternehmen in den ingenieurintensiven Branchen nach Unternehmensgrößenklassen.

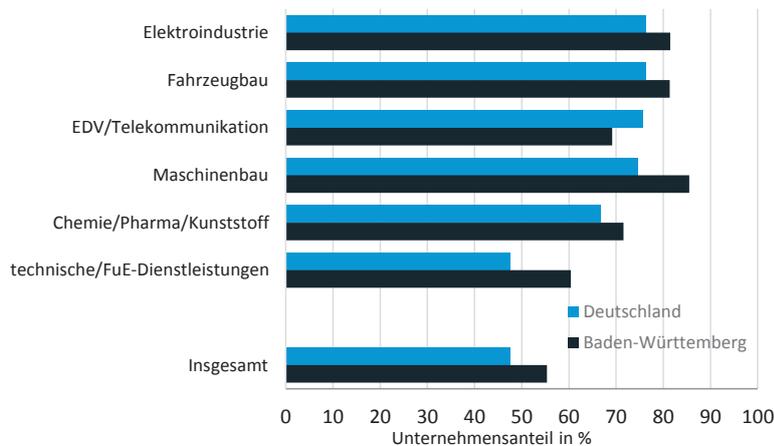
Abbildung A-4: Innovationsaktive Unternehmen in ingenieurintensiven Branchen nach Größenklassen



Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Der Anteil innovationsaktiver Unternehmen ist in Baden-Württemberg mit 55 % deutlich höher als in Deutschland insgesamt (48 %, Abbildung A-5). Ein Grund dafür liegt in dem höheren Anteil an Unternehmen in der forschungsintensiven Industrie, insbesondere im Fahrzeug- und Maschinenbau. So zeigen sich leicht höhere Anteile an innovativen Unternehmen in der Elektroindustrie, dem Fahrzeugbau und der Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie. Deutlich höhere Anteile weist der Maschinenbau (86 %) und die technischen und FuE-Dienstleistungen (60 %) auf.

Abbildung A-5: Innovationsaktive Unternehmen im Vergleich von Deutschland und Baden-Württemberg



Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Ein im Vergleich zu Deutschland insgesamt niedrigerer Anteil an innovationsaktiven Unternehmen weist von den hier ausgewiesenen ingenieurintensiven Branchen lediglich die EDV und Telekommunikation auf. In allen anderen Bran-

chen ist der Anteil ähnlich hoch oder höher. Der höhere Anteil an innovationsaktiven Unternehmen in Baden-Württemberg liegt somit nicht ausschließlich in der Wirtschaftsstruktur begründet, sondern auch in der höheren Innovationsneigung der baden-württembergischen Unternehmen.

Branchengruppen

Die Innovationserhebung des ZEW erfasst Unternehmen ab 5 Beschäftigte in den folgenden Wirtschaftssektoren: Forschungsintensive Industrie: Chemie- und Pharmaindustrie, Elektroindustrie sowie Maschinen- und Fahrzeugbau (Wirtschaftszweige 20-21, 26-30 der WZ 2008). Sonstige Industrie: alle Industriezweige außerhalb der forschungsintensiven Industriebranchen, inkl. Bergbau, Energie- und Wasserversorgung, Entsorgung und Recycling (WZ 05-19, 22-25, 31-39). Wissensintensive Dienstleistungen: Verlage, Filmindustrie, Rundfunk, Fernmeldedienste, Datenverarbeitung und Informationsdienste, Finanzdienstleistungen, FuE-Dienstleistungen, Ingenieurbüros und technische Labore, Unternehmens-, Wirtschafts-, Rechtsberatung sowie Werbung (WZ 58-66, 69-73 ohne 70.1). Sonstige Dienstleistungen: Großhandel, Transportgewerbe inkl. Reisebüros, Postdienste, Grafik- und Fotogewerbe, Reinigung und Gebäudedienste, Bewachung, Arbeitskräfteüberlassung sowie Büro-, Messe- und sonstige Unternehmensdienste (WZ 46, 49-53, 74, 78-82).

Folgende Sektoren sind nicht Teil der Innovationserhebung: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Baugewerbe, Kfz-Handel/Reparatur, Einzelhandel, Gastgewerbe, Immobilienwesen, Unternehmensverwaltung, Veterinärwesen, Vermietung, Bildungs- und Gesundheitsdienstleistungen, öffentliche Verwaltung, konsumnahe und kulturelle Dienstleistungen (WZ 01-03, 41-43, 45, 47, 55-56, 68, 70.1, 75, 77, 84-88, 90-99).

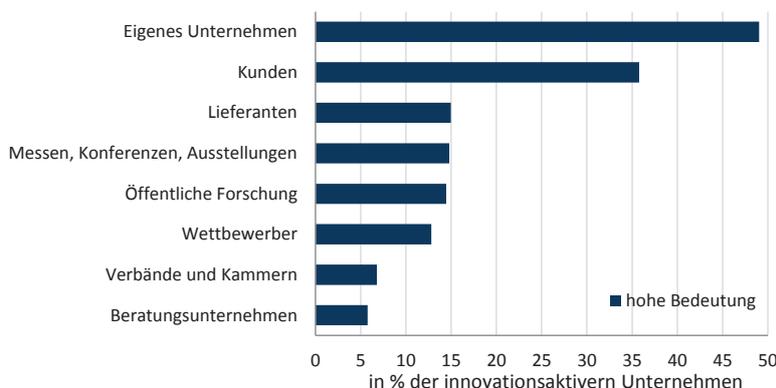
Ingenieurintensive Branchen

Für den Vergleich von Baden-Württemberg mit Deutschland sind die Ergebnisse für ingenieurintensive Branchen ausgewiesen. Hierzu wurden folgende Branchen definiert: Chemie/ Pharma/ Kunststoff (Wirtschaftszweige 19-22 der WZ 2008), Elektroindustrie (26, 27), Maschinenbau (28), Fahrzeugbau (29, 30), EDV / Telekommunikation (61-63) sowie technische und FuE-Dienstleister (71, 72).

2.2.1 Innovationsquellen

Nicht verwunderlich kommen die meisten Impulse und Ideen für Innovationsaktivitäten aus den Unternehmen oder aus der Unternehmensgruppe selbst. Die Unternehmen kennen ihre Angebote und haben in vielen Fällen einen guten Überblick über Probleme damit und auch über Verbesserungsmöglichkeiten. Von hoher Bedeutung als Ideenquelle für Innovationen waren für 35 % der innovationsaktiven Unternehmen aber auch deren Kunden (Abbildung A-6). Dies zeigt, dass die Unternehmen doch stark auf die Wünsche ihrer Kunden eingehen, zumindest zum Teil eine marktorientierte Innovationsstrategie verfolgen.

Abbildung A-6: Informationsquellen hoher Bedeutung für innovationsaktive Unternehmen in Deutschland



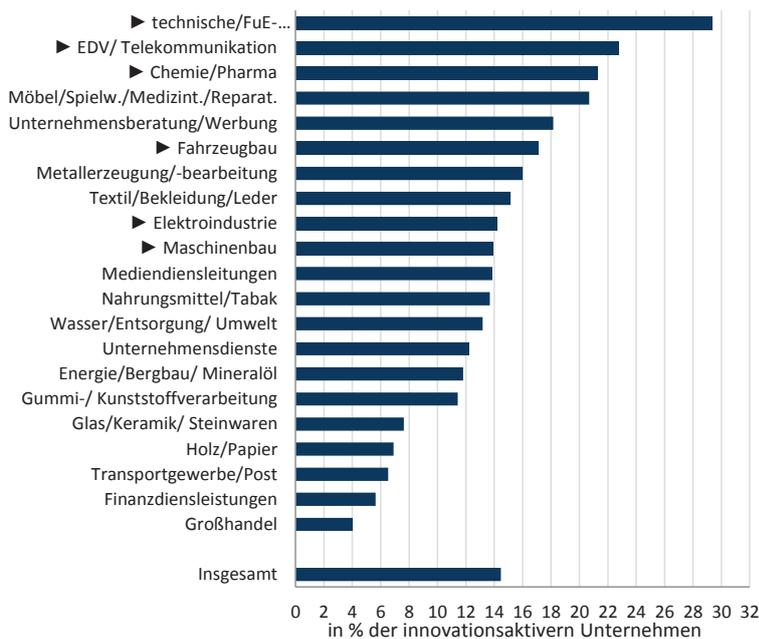
Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Eine hohe Bedeutung als Ideenquelle sehen jeweils rund 15 % der innovationsaktiven Unternehmen in Lieferanten und in Messen, Konferenzen und Ausstellungen sowie in der öffentlichen Forschung. Auch die Impulse, die von Wettbewerbern ausgehen sind noch für rund 13 % der Unternehmen von hoher Bedeutung.

Nutzen Unternehmen die öffentliche Forschung als Ideenquelle für Innovationen, deutet dies auf den höheren Anspruch ihrer Innovationsaktivitäten hin. Die Kategorie der öffentlichen Forschung umfasst Universitäten, Hochschulen, Staatliche Forschungseinrichtungen und Wissenschaftliche Zeitschriften als Ideenquellen für Innovationen.

Aus Abbildung A-7 wird deutlich, dass die hier besonders betrachteten ingenieurintensiven Branchen allesamt mindestens durchschnittliche Anteile von Unternehmen aufweisen, für die die öffentliche Forschung als Impulsgeber oder Informationsquelle für Innovationen eine hohe Bedeutung hat. Die höchsten Anteile geben hier die beiden technischen Dienstleistungsbranchen EDV/Telekommunikation und die technischen bzw. FuE-Dienstleistungen an.

Abbildung A-7: Hohe Bedeutung der öffentlichen Forschung als Ideenquelle für Innovationen



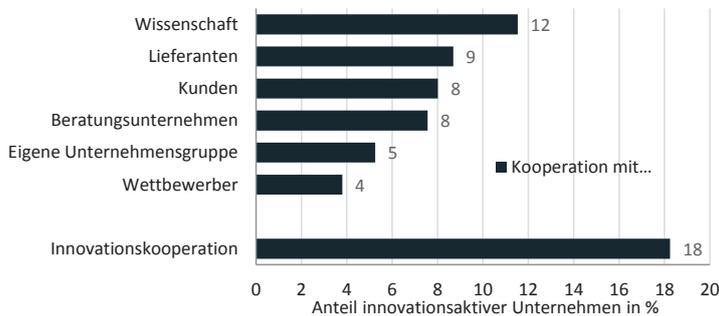
Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Bedeutung von Innovationsquellen

In der Innovationserhebung 2013 wurde die Bedeutung von Innovationsquellen mittels folgender Frage erhoben: „Welche Bedeutung hatten die folgenden Informationsquellen zur Ideenlieferung für neue oder zur Umsetzung laufender Innovationsprojekte in Ihrem Unternehmen in den Jahren 2010 bis 2012?“ Die Unternehmen gaben an, ob sie die jeweilige Informationsquelle nutzten und ob die Bedeutung der Informationsquelle gering, mittel oder hoch war.

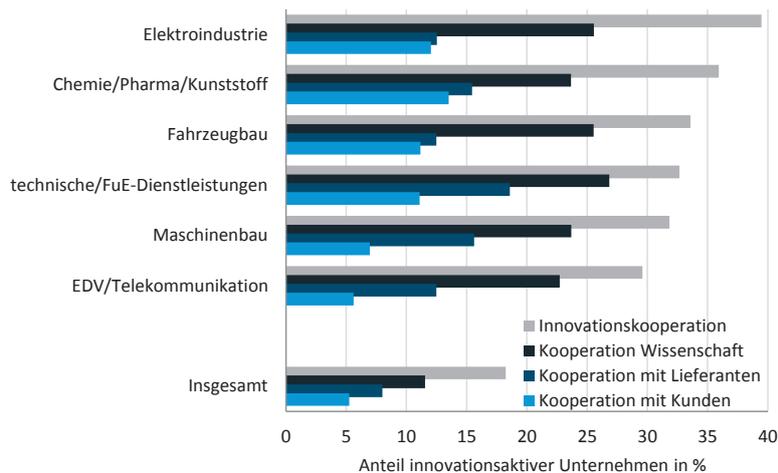
2.2.2 Innovationskooperationen

Die Bedeutung von Kooperationspartnern bei Innovationsprojekten für die Unternehmen ist in Abbildung A-8 dargestellt. Annähernd jedes fünfte innovationsaktive Unternehmen (18 %) kooperiert im Rahmen seiner Innovationsaktivitäten mit anderen Unternehmen oder Einrichtungen. Innovationskooperationen haben zum Ziel, Produkt- oder Prozessinnovationen zu entwickeln und einzuführen, und sind als aktive Teilnahme an gemeinsamen Forschungs- oder Innovationsaktivitäten definiert. Eine reine Auftragsvergabe, bei der keine aktive Zusammenarbeit stattfindet, stellt keine Kooperation dar. Die Unternehmen liefern Angaben darüber, mit wem sie im zurückliegenden Dreijahreszeitraum kooperiert haben.

Abbildung A-8: Innovationskooperationen mit anderen Unternehmen oder Einrichtungen

Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Von den Unternehmen mit Innovationskooperationen gingen im Dreijahreszeitraum von 2010 bis 2012 zwei Drittel eine Kooperation mit einer Wissenschaftseinrichtung ein. Dies waren 12 % aller innovationsaktiven Unternehmen. Es handelte sich dabei um eine Zusammenarbeit im Rahmen eines Innovations- oder FuE-Projektes mit mindestens einer Universität, Hochschule oder staatlichen Forschungseinrichtung. Die wissenschaftliche Einrichtung kann sich auch außerhalb von Deutschland befinden.

Abbildung A-9: Innovationskooperationen mit der Wissenschaft, Lieferanten und Kunden

Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Die Angaben erfolgen auf Unternehmensebene und nicht für das einzelne Innovationsprojekt. Ein Unternehmen kann also in unterschiedlichen Projekten mit teils mehreren Partnern kooperieren. Weitere Kooperationspartner sind Lieferanten (9 %), Kunden (8 %), Beratungsunternehmen und Ingenieurbüros (8 %), Unternehmen der eigenen Unternehmensgruppe (5 %) und Wettbewerber oder andere Unternehmen aus der Branche (4 %).

Abbildung A-9 zeigt ein detaillierteres Bild der Innovationskooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen, Lieferanten und Kunden für die ingenieurintensiven Branchen. Die innovationsaktiven Unternehmen in diesen Branchen kooperieren wesentlich häufiger mit anderen Unternehmen und Einrichtungen (etwa 30 % bis 40 % der Unternehmen) als die Unternehmen insgesamt und auch Kooperationen mit Lieferanten und Kunden und insbesondere mit wissenschaftlichen Einrichtungen kommen deutlich häufiger vor. Am häufigsten kooperieren Unternehmen aus der Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie mit Kunden (14 %), gefolgt von der Elektroindustrie (12 %), dem Fahrzeugbau und den technischen und FuE-Dienstleistungen (jeweils 11 %). Dagegen ist die Kooperation mit Lieferanten am weitesten in den technischen und FuE-Dienstleistungen verbreitet (19 %), gefolgt vom Maschinenbau (16 %) und der Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie (15 %).

Im Rahmen von Innovationsprojekten kooperieren Unternehmen am häufigsten mit wissenschaftlichen Einrichtungen. Unternehmen in den ingenieurintensiven Branchen gehen deutlich häufiger Kooperationen ein. Der Anteil der

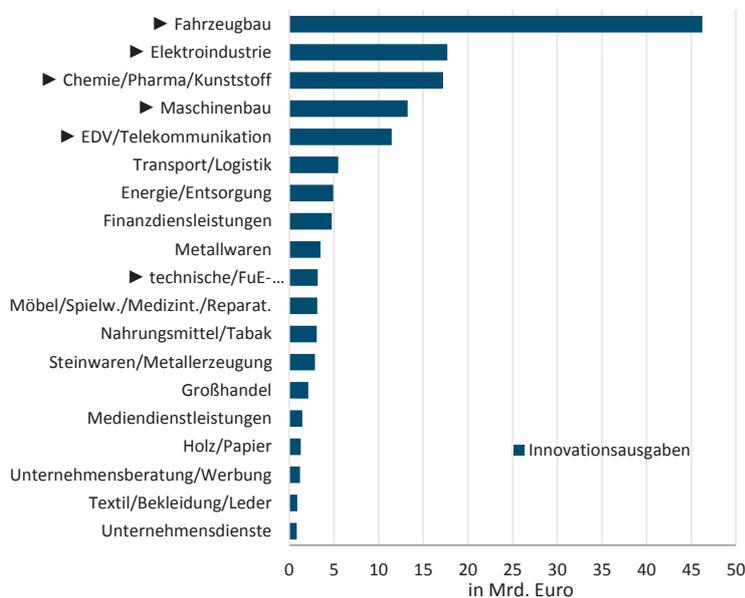
kooperierenden Unternehmen liegt mit 23 % bis 27 % in etwa doppelt so hoch wie im Durchschnitt aller innovationsaktiver Unternehmen.

2.2.3 Höhe der Innovationsausgaben

Die Innovationsausgaben der deutschen Wirtschaft nahmen 2013 mit 5,3 % kräftig zu und erreichten 144,6 Mrd. Euro. Den mit Abstand größten Beitrag zu den gesamtwirtschaftlichen Innovationsausgaben leistete die forschungsintensive Industrie. Auf sie entfielen mit 92,6 Mrd. Euro fast 64 % der gesamten Innovationsausgaben. Die hier im Fokus stehenden ingenieurintensiven Branchen stehen mit rund 109 Mrd. Euro sogar für 75 % der gesamten Innovationsausgaben (Abbildung A-10). Allein der Fahrzeugbau investierte 46 Mrd. Euro in Innovationen, der mit großem Abstand höchste Anteil von 32 %. Es folgen die Elektroindustrie und die Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie mit jeweils etwas über 17 Mrd. Euro (jeweils 12 % an den gesamten Innovationsausgaben), der Maschinenbau mit 13 Mrd. (9 %) und die EDV und Telekommunikation mit 11 Mrd. Euro (8 %).

Innovationsausgaben beziehen sich auf Ausgaben für laufende, abgeschlossene und abgebrochene Innovationsprojekte. Sie setzen sich aus laufenden Aufwendungen (Personal- und Sachaufwendungen inkl. extern bezogene Leistungen) und Ausgaben für Investitionen in Sachanlagen und immaterielle Wirtschaftsgüter zusammen. Innovationsausgaben können den Erwerb von Maschinen, Anlagen, Software und externem Wissen (z. B. Patente, Lizenzen), Aufwendungen für Konstruktion, Design, Produktgestaltung, Konzeption, Schulung und Weiterbildung, Markteinführung und andere Vorbereitungen für die Produktion und den Vertrieb von Innovationen sowie alle internen und externen Ausgaben für FuE umfassen. **Forschung und experimentelle Entwicklung (FuE)** ist die systematische schöpferische Arbeit zur Erweiterung des vorhandenen Wissens und die Nutzung des so gewonnenen Wissens zur Entwicklung neuer Anwendungen wie z. B. neue oder merklich verbesserte Produkte/ Dienstleistungen oder Prozesse/ Verfahren (einschließlich Softwareentwicklung).

Abbildung A-10: Innovationsausgaben (in Mrd. Euro)

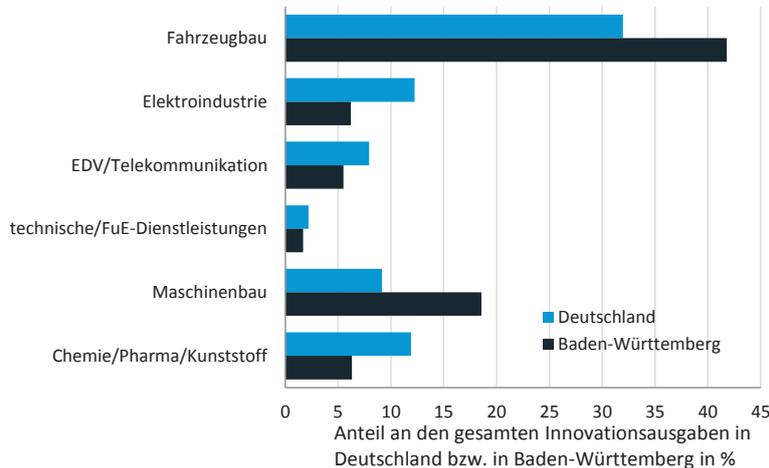


Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Die hohe Bedeutung des Fahrzeugbaus und des Maschinenbaus in Baden-Württemberg unterstreicht Abbildung A-11, wonach der hohe Anteil des Fahrzeugbaus von 32 % an den gesamten Innovationsausgaben in Deutschland, in Baden-Württemberg mit 42 % nochmals deutlich höher liegt. Gleiches gilt für den Maschinenbau. Während der Maschinenbau in Deutschland einen Anteil von 9 % an den gesamten Innovationsausgaben hat, liegt dieser Anteil in Baden-Württemberg sogar bei 19 %. Einen leicht höheren Anteil weist lediglich noch die Metallwaren auf. Die übrigen

Branchen haben einen vergleichbar hohen oder niedrigeren Anteil an den Innovationsausgaben in Baden-Württemberg. Deutlich niedrigere Anteile finden sich in der Elektroindustrie sowie in der Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie.

Abbildung A-11: Anteil der Innovationsausgaben in den Branchengruppen an den gesamten Innovationsausgaben im Vergleich zwischen Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt



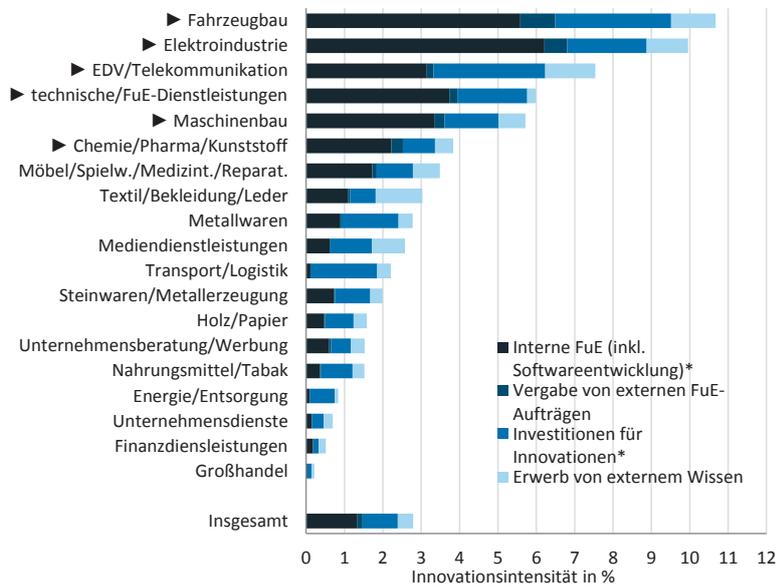
Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

2.3 Innovationsintensität

Der Anteil der Innovationsausgaben am Umsatz – die sogenannte „Innovationsintensität“ – nahm 2013 von 2,65 % auf 2,79 % merklich zu. Besonders hohe Innovationsintensitäten weisen Branchen mit einem traditionell hohen Anteil an Beschäftigten in Ingenieurberufen auf (Abbildung A-12). Der Fahrzeugbau ist nicht nur die Branche mit den absolut höchsten Innovationsausgaben (2013: 46,6 Mrd. Euro), sondern auch mit der höchsten Innovationsintensität (10,7 %). Es folgt die Elektroindustrie (10,0 %, 17,7 Mrd. Euro). Die EDV/ Telekommunikation und die technischen und FuE-Dienstleistungen reinvestierten im Jahr 2013 7,5 bzw. 6,0 % des Branchenumsatzes in Innovationsprojekte. Der Maschinenbau zählt mit 5,7 % ebenfalls zu den besonders innovationsintensiven Branchen. Es folgt mit 3,8 % die Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie. Damit stellen die sechs ingenieurintensiven Branchen gleichzeitig die sechs Branchen mit der höchsten Innovationsintensität dar.

Die Innovationsausgaben setzen sich zu 52,8 % aus Ausgaben für FuE, zu 33 % aus Investitionen für Innovationen und zu 14,2 % aus Ausgaben für externes Wissen zusammen. Der Anteil der FuE-Ausgaben an den Innovationsausgaben liegt in den ingenieurintensiven Branchen spürbar höher. So haben die FuE-Ausgaben an den Innovationsausgaben in der Elektroindustrie einen Anteil von 68 %, gefolgt von den technischen und FuE-Dienstleistungen, der Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie (jeweils 66 %). Im Jahr 2013 wurden 16,4 % der FuE-Ausgaben an Dritte vergeben. Den höchsten Anteil externer FuE-Ausgaben weist mit 28 % die Nahrungsmittel- und Tabakindustrie auf, gefolgt vom Fahrzeugbau und der Energie/ Entsorgung mit jeweils 22 %. Von den ingenieurintensiven Branchen folgen die Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie (17 %), die Elektroindustrie und der Maschinenbau (jeweils 12 %), EDV/Telekommunikation (10 %) sowie die technischen und FuE-Dienstleistungen (9 %). Der Anteil der Investitionen für Innovationen an den gesamten Innovationsausgaben ist in den ingenieurintensiven Branchen geringer als im Durchschnitt aller Branchen. Unter den ingenieurintensiven Branchen weist die EDV/ Telekommunikation mit 38 % den höchsten Anteil auf. Der Anteil an Ausgaben für externes Wissen liegt in den ingenieurintensiven Branchen zwischen 11 % und 17 %. Lediglich die technischen und FuE-Dienstleistungen verwenden mit 4 % einen deutlichen niedrigeren Anteil ihrer Innovationsausgaben für externes Wissen.

Abbildung A-12: Innovationsintensität 2013 nach Branchengruppen



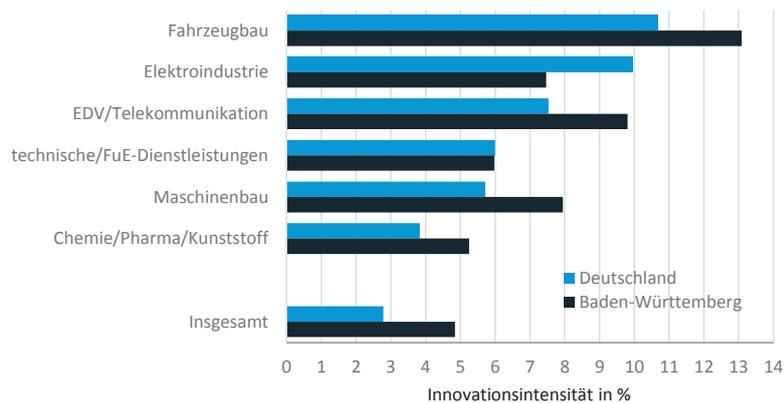
*Investitionen speziell für FuE sind Teil der FuE-Ausgaben.

Quelle: Mannheimer Innovationspanel.

(Anmerkungen: Innovationsausgaben in Prozent des Umsatzes. Werte vorläufig.)

In Baden-Württemberg übersteigt der Anteil der Innovationsausgaben am Umsatz mit 4,84 % deutlich die Innovationsintensität in Deutschland mit 2,79 % (Abbildung A-13). Dies geht zu einem großen Teil auf den Fahrzeugbau zurück, der in Baden-Württemberg ein deutlich stärkeres Gewicht hat und mit 13,1 % eine nochmals spürbar höhere Innovationsintensität aufweist, als in Deutschland insgesamt (10,7 %).

Abbildung A-13: Innovationsintensität in Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschland insgesamt



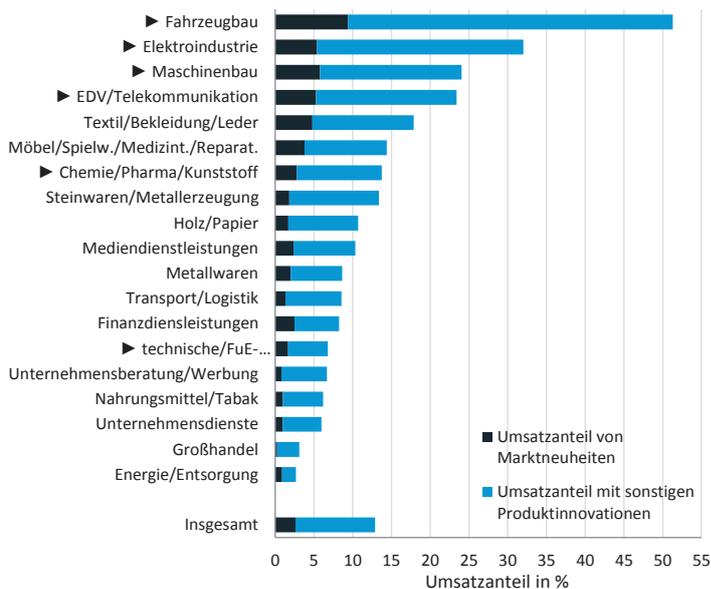
Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Abbildung A-13 zeigt auch die deutlich höhere Innovationsintensität in der EDV und Telekommunikation (9,8 %) und im Maschinenbau (7,9 %). Lediglich die Elektroindustrie weist mit 7,5 % in Baden-Württemberg eine im Vergleich zu Deutschland insgesamt spürbar niedrigere Innovationsintensität auf.

2.4 Umsatz mit Produktinnovationen

Die deutsche Wirtschaft erzielte im Jahr 2013 mit Produktinnovationen einen Umsatz von knapp 670 Mrd. Euro. Dies entspricht 12,9 % des gesamten Umsatzes in den hier betrachteten Sektoren (Abbildung A-14). Im Jahr 2013 erreichte der Fahrzeugbau den mit Abstand höchsten Umsatzanteil von Produktinnovationen (51 %). Dahinter folgen die Elektroindustrie mit 32 %, der Maschinenbau mit 24 % und die EDV/Telekommunikation mit 23 %. Im Vorjahresvergleich haben sich die Anteilswerte kaum verändert. Dies gilt auch für die Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie, die aufgrund der langen Produktzyklen traditionell einen niedrigen Wert als andere forschungsintensive Branchen aufweist (14 %).

Abbildung A-14: Umsatzanteil von Produktinnovationen 2013 nach Branchengruppen

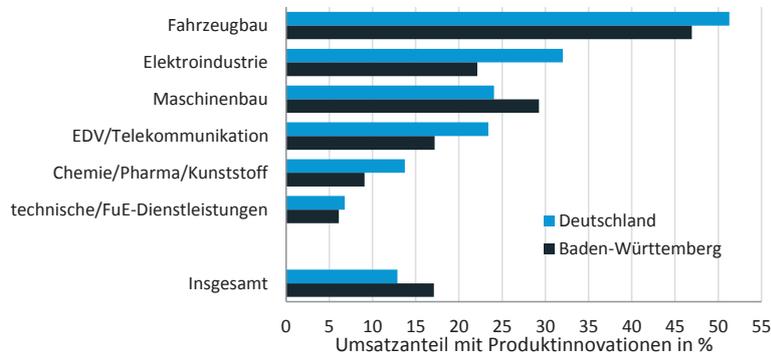


Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

Der Umsatz mit Marktneuheiten betrug 136 Mrd. Euro, was einem Anteil am Gesamtumsatz von 2,6 % entspricht. Der Fahrzeugbau erzielte mit Marktneuheiten einen Umsatzanteil von 9,4 %, gefolgt vom Maschinenbau (5,8 %), der Elektroindustrie (5,4 %) und der EDV und Telekommunikation (5,2 %). In der Chemie-, Pharma- und Kunststoffindustrie trugen Marktneuheiten 2,8 % zum Umsatz bei und in den technischen und FuE-Dienstleistungen lediglich 1,7 %.

Die Unternehmen in Baden-Württemberg erzielen mit 17,1 % einen deutlich höheren Anteil ihres Umsatzes mit Produktinnovation als in Deutschland insgesamt (12,9 %). Dabei liegt der Anteil mit Produktinnovationen lediglich im Maschinenbau über dem Durchschnitt in Deutschland (Abbildung A-15). In den übrigen innovations- und ingenieurintensiven Branchen, inklusive dem Fahrzeugbau, liegt der Umsatzanteil mit Produktinnovation unterhalb von dem in Deutschland insgesamt. Der höhere Umsatzanteil mit Produktinnovationen ist somit fast ausschließlich auf die große Bedeutung des Fahrzeugbaus in Baden-Württemberg zurückzuführen.

Abbildung A-15: Umsatzanteil von Produktinnovationen in Baden-Württemberg im Vergleich zu Deutschland insgesamt

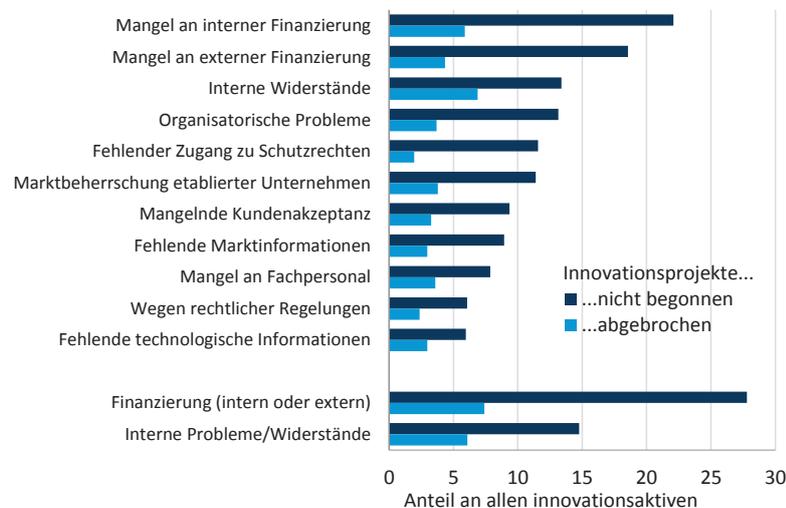


Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2013

2.5 Behinderung von Innovationsaktivitäten

Innovationsprojekte sind mit Unsicherheiten verbunden, werden teils vorzeitig eingestellt oder abgebrochen und führen längst nicht immer zur erfolgreichen Entwicklung neuer Produkte oder neuer Prozesse und Verfahren. Die Innovationserhebung 2011 erhob die wichtigsten Gründe, weshalb Unternehmen Innovationsprojekte in der vorangegangenen Dreijahresperiode 2009 bis 2011 abbrachen oder gar nicht erst begannen (siehe Abbildung A-16).

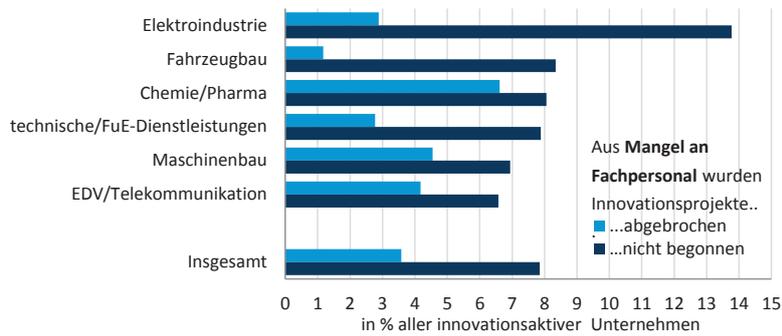
Abbildung A-16: Behinderung von Innovationsaktivitäten



Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2011

Rund 28 % der innovationsaktiven Unternehmen gaben an, aus mangelnder interner oder externer Finanzierung (mindestens) ein Innovationsprojekt nicht begonnen zu haben. Einen weiteren wichtigen Grund, Innovationsprojekte nicht zu beginnen, stellten unternehmensinterne Probleme und Widerstände dar (15 %). Es folgen der fehlende Zugang zu Schutzrechten (12 %), die Marktbeherrschung durch etablierte Unternehmen und fehlende Marktinformationen (jeweils 11 %). Erst mit dem Mangel an Fachpersonal, der bei 8 % der innovationsaktiven Unternehmen dazu führt, Innovationsprojekte nicht zu beginnen, gäbe es von staatlicher Seite mit Blick auf die Ingenieurausbildung an Hochschulen wieder Handlungsansätze.

Begonnene Innovationsprojekte wurden bei 7 % der innovationsaktiven Unternehmen aufgrund fehlender Finanzierung wieder abgebrochen. Es folgen mit 6 % interne Probleme und Widerstände. Die übrigen Gründe sorgten bei einem bis vier Prozent der innovationsaktiven Unternehmen zum Abbruch von mindestens einem Innovationsprojekt.

Abbildung A-17: Behinderung von Innovationsaktivitäten aus Mangel an Fachpersonal

Quelle: Mannheimer Innovationspanel 2011

Der Mangel an Fachpersonal hat besondere Relevanz in der Elektroindustrie. Hier geben 14 % der innovationsaktiven Unternehmen an, Innovationsprojekte aufgrund fehlenden Fachpersonals nicht begonnen zu haben. Abgebrochen werden Innovationsprojekte in der Elektroindustrie deshalb allerdings deutlich seltener (3 %). In den übrigen ingenieurintensiven Branchen wurden Innovationsprojekte in 7 bis 8 % der innovationsaktiven Unternehmen aufgrund fehlenden Fachpersonals nicht begonnen. Die höchste Quote an abgebrochenen Innovationsprojekten aufgrund fehlenden Fachpersonals weist mit 7 % die Chemie- und Pharmaindustrie auf, gefolgt vom Maschinenbau mit 5 %.

Mannheimer Innovationspanel

Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) erhebt das ZEW seit 1993 in Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandte Sozialwissenschaft (infas) sowie dem Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) Informationen zum Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft. Die jährlich durchgeführte Erhebung zielt auf alle Unternehmen in Deutschland mit mindestens fünf Beschäftigten, die ihren wirtschaftlichen Schwerpunkt in der Industrie, in den wissensintensiven Dienstleistungen oder in den sonstigen Dienstleistungen haben.

Die der Innovationserhebung zugrunde liegenden Definitionen und Messkonzepte entsprechen den Empfehlungen, die von der OECD und von Eurostat für die Erhebung und Interpretation von Innovationsdaten im "Oslo-Manual" niedergelegt sind. Die Innovationserhebung des ZEW ist alle zwei Jahre Teil der von Eurostat koordinierten Gemeinsamen Europäischen Innovationserhebung (Community Innovation Survey - CIS), die seit 2004 durch eine EU-Verordnung geregelt ist.

Die nach Branche (Zweisteller der Wirtschaftszweigsystematik 2008), Unternehmensgrößenklasse (acht Beschäftigtengrößenklassen) und Region (Ost- und Westdeutschland) geschichtete Stichprobe des Jahres 2013 umfasste 25.163 Unternehmen. Als Stichprobenrahmen dient das Mannheimer Unternehmenspanel des ZEW, das auf Angaben der Kreditauskunftei Creditreform beruht. Bei zumindest 3.051 Unternehmen der Stichprobe lag wegen zwischenzeitlicher Stilllegung, Unerreichbarkeit oder anderen Gründen ein neutraler Ausfall vor, so dass die korrigierte Stichprobe 22.112 Unternehmen umfasste. Die schriftliche Erhebung fand von Februar bis Juli 2014 statt. Für 6.719 Unternehmen konnten verwertbare Fragebogenangaben erfasst werden, was einer Rücklaufquote (bezogen auf die korrigierte Stichprobe) von 30 % entspricht. Um für eine mögliche Verzerrung im Antwortverhalten zwischen den antwortenden und nicht antwortenden Unternehmen zu kontrollieren, wurden für weitere 6.174 Unternehmen im Rahmen einer Nicht-Teilnehmer-Befragung (Zeitraum Mai bis September 2014) telefonisch ausgewählte Kenngrößen zu deren Innovationsaktivitäten erfasst. Im Fall einer Abweichung des Innovationsverhaltens zwischen antwortenden und nicht antwortenden Unternehmen wird eine Anpassung der Hochrechnungsfaktoren vorgenommen. Die in diesem Bericht präsentierten Zahlen beruhen auf Angaben von mehr als 12.900 Unternehmen, d.h. 58 % des Stichprobenumfangs.

Die Ergebnisse sind hochgerechnet auf die Grundgesamtheit in Deutschland. Die Angaben zu Unternehmens-, Beschäftigungs- und Umsatzzahlen der Grundgesamtheit sind einer Sonderauswertung des Unternehmensregisters des Statistischen Bundesamtes entnommen, die sich auf das Referenzjahr 2012 bezieht. Werte für 2013 beruhen auf Fortschreibungen durch das ZEW auf Basis von Angaben aus Fachstatistiken des Statistischen Bundesamtes, Angaben von Verbänden, Geschäftsberichten von Unternehmen sowie Auswertungen aus dem Mannheimer Unternehmenspanel und sind daher vorläufig.

Produktinnovationen sind neue oder merklich verbesserte Produkte bzw. Dienstleistungen, die ein Unternehmen auf den Markt gebracht hat. Prozessinnovationen sind neue oder merklich verbesserte Fertigungs- und Verfahrenstechniken bzw. Verfahren zur Erbringung von Dienstleistungen, die im Unternehmen eingeführt worden sind.

Marktneuheiten sind neue oder merklich verbesserte Produkte (inkl. Dienstleistungen), die von Unternehmen als erste Anbieter auf dem Markt eingeführt wurden. **Sonstige Produktinnovationen** (teils auch Nachahmerinnovationen genannt) sind von einem Unternehmen erstmals angebotene Produkte, die von Wettbewerbern bereits im Markt angeboten werden. Der relevante Markt ist aus Sicht der Unternehmen definiert.

Umsatzanteile mit Produktinnovationen beziehen sich auf den Umsatz des betreffenden Jahres, der mit neuen oder merklich verbesserten Produkten des zurückliegenden Dreijahreszeitraums erzielt worden ist. **Umsatzanteile mit Marktneuheiten** beziehen sich auf den Umsatz des betreffenden Jahres mit in den vorangegangenen drei Jahren eingeführten Marktneuheiten.

Die zugrunde gelegten Definitionen entsprechen denen von Eurostat und der OECD, die im sogenannten Oslo-Manual festgelegt sind.

3. Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen: Die Sicht der Unternehmen. Berichtsteil II:

**Qualitative Ergebnisse zur Rolle und Stellung
von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Innovationsverhalten
von Unternehmen**

**Gutachten für das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-
Württemberg (MWK)**

Mannheim, Mai 2015

Diese Untersuchung wurde gefördert vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-
Württemberg (MWK).

Das MKW hat auf die Ergebnisse keinen Einfluss genommen, diese liegen allein in der Verantwortung der Autoren.

Autoren:
Jürgen Egel
Dr. Dirk Crass

3.1 Vorbemerkungen

Die Landesregierung Baden-Württembergs hat im Frühjahr 2014 die Kommission „Ingenieurwissenschaften@BW2025“ eingesetzt, eine Expertenkommission aus Vertreterinnen und Vertretern der Wissenschaft sowie der Wirtschaft, die den gesamten Bereich der Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg einer systematischen Stärken-Schwächen-Analyse unterziehen wird. Dabei stehen insbesondere die Themen ingenieurwissenschaftliche Forschung, akademische Lehre in ingenieurwissenschaftlichen Fächern und Wissens- und Technologietransfer aus den ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen in die Wirtschaft im Fokus. Folgerichtig hat die Kommission drei Arbeitsgruppen eingerichtet, die sich jeweils intensiv mit einem dieser Themen befassen. Als Ergebnis wird die Kommission Vorschläge erarbeiten, wie Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen des Landes mit ingenieurwissenschaftlicher Ausrichtung besser im nationalen und internationalen Kontext positioniert werden können. Ein wichtiges Anliegen der Kommission – und auch der einzelnen Arbeitsgruppen – ist es, die Aktivitäten, Bedürfnisse und Schwierigkeiten der Unternehmen bei ihren Innovationsaktivitäten in die Überlegungen einzubeziehen. Mit der Studie „Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen: Die Sicht der Unternehmen“ möchte das ZEW einen Beitrag dazu leisten, eben diese Unternehmenssicht in die Kommissionsarbeit einzuspeisen.

Mit diesem Berichtsteil legt das ZEW den zweiten Teil seiner Studie zum Thema „Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen: Die Sicht der Unternehmen“ vor. In diesem zweiten Teil stehen, anders als im Berichtsteil I, nicht für die deutschen Unternehmen repräsentative Erkenntnisse im Mittelpunkt der Betrachtung. Es werden vielmehr qualitative Erkenntnisse zur betrieblichen Organisation von Innovationsprozessen, zur Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für Innovationen, zur Kooperation mit anderen Unternehmen und insbesondere mit Wissenschaftseinrichtungen in Innovationsprojekten sowie zu den Funktionen und Rollen von Ingenieurinnen und Ingenieuren in den Unternehmen präsentiert. Der letztgenannte Punkt umfasst die Themen Einsatzbereiche für Ingenieurinnen und Ingenieure, Qualifikation und Akquisitionswege sowie Bedarf und zukünftige Verfügbarkeit von Ingenieurinnen und Ingenieure. Die dargelegten Befunde basieren auf einer qualitativen Erhebung, die in Form von persönlichen Gesprächen oder Telefoninterviews mit 60 Unternehmen, die ihren Unternehmenssitz in Baden-Württemberg haben, durchgeführt wurde.

In den Kapiteln 3.2 und 3.3 dieses Berichtsteils werden die Aufgabenstellung und das methodische Vorgehen dargestellt. Die Kapitel 3.3.1 bis 3.7 präsentieren die Befunde und Ergebnisse. In Kapitel 3.8 werden die Ergebnisse zusammengefasst und im Zusammenhang dargestellt.

3.2 Aufgabenstellung

Ziel dieses Teils der Studie „Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen: Die Sicht der Unternehmen“ ist es, die repräsentativen Erkenntnisse zum Innovationsverhalten deutscher und baden-württembergischer Unternehmen aus dem Teil I der Studie durch die qualitativ erhobene Sicht von ausgewählten Unternehmen mit Sitz in Baden-Württemberg zum Themenkomplex Innovation sowie Ingenieurinnen und Ingenieure zu ergänzen. Dabei sollten Unternehmen im Fokus stehen, für die das Thema Innovationen von Bedeutung ist. Sie sollten Branchen entstammen, die typischerweise einen vergleichsweise hohen Anteil von Ingenieurinnen und Ingenieuren beschäftigen. So ist gewährleistet, dass zum einen eine hohe Kompetenz hinsichtlich der ingenieursbezogenen Arbeit bei den Befragten vorliegt, zum anderen sollten die stark ingenieurintensiv arbeitenden Unternehmen früher besondere Probleme in der Ausbildung oder bei der Forschungszusammenarbeit wahrnehmen als Unternehmen, die nur sporadisch mit ingenieurwissenschaftlichen Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten oder nur wenige Ingenieurinnen und Ingenieure beschäftigen.

Die konkreten Themen und Fragestellungen wurden in einem Diskussionsprozess mit den drei Arbeitsgruppen der Kommission Ingenieurwissenschaften@BW2025 erarbeitet. Neben den Erkenntniswünschen der Arbeitsgruppen-Mitglieder waren bei der Auswahl auch Restriktionen eher methodischer Art zu berücksichtigen. So sollten die Interviews nicht zu lange dauern, um die Teilnahmebereitschaft nicht zu gefährden, und die gestellten Fragen mussten in dem gewählten Erhebungsformat „qualitatives Interview“ grundsätzlich erhebbar sein. Komplexe quantitative Angaben mit einem hohen Differenzierungsgrad sind in einem solchen Format beispielsweise nicht zu erheben – auch wenn starkes Interesse von Seiten der einen oder anderen Arbeitsgruppe an solchen Informationen besteht.

Der Diskussionsprozess zur Erarbeitung der Fragestellungen mündete schließlich in der Erstellung eines Interviewleitfadens für die qualitative Erhebung (vgl. den vollständigen Text des Leitfadens im Anhang in Kapitel 10), der Fragen zu folgenden Themen beinhaltet:

- Innovationsverhalten und Organisation der Innovationsprozesse im Unternehmen
- Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für Innovationen und Widerstände gegen Innovationen
- Kooperationen mit Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen sowie die Arbeitsteilung zwischen Kooperationspartnern bei Innovationsprojekten
- Ingenieurinnen und Ingenieure im Unternehmen:
 - Die Einsatzbereiche der Ingenieurinnen und Ingenieure sowie ihre Funktionen und Rollen im Unternehmen
 - Die bisherige und zukünftig gewünschte Qualifikation der Ingenieurinnen und Ingenieure sowie Akquisition
 - Bedarf und Verfügbarkeit

Auf Basis der qualitativen Befragung bei ausgewählten Unternehmen aus Branchen, für die Ingenieurinnen und Ingenieure eine wichtige Rolle spielen, soll abgeschätzt werden, welche Bedeutung die hier genannten Themen für die Unternehmen haben und wie sie damit umgehen. Besonders wichtig ist dabei, wie die Interviewten die Bedeutung von Ingenieurinnen und Ingenieuren für ihr Unternehmen einschätzen und ob, und gegebenenfalls welche, Probleme sie erwarten.

3.3 Vorgehen und Methode

3.3.1 Auswahl der Bruttostichprobe

Die Bruttostichprobe wurde aus dem Mannheimer Unternehmenspanel gewonnen, das mit Informationen über die direkte Projektförderung des Bundes ergänzt wurde.² Aus dieser Datenbank geht der Name der Unternehmen nebst Anschrift und Branchenzuordnung hervor. Die Namen der Geschäftsführerinnen und Geschäftsführer sowie weitere Kontaktinformationen stammen aus für das ZEW zugänglichen Informationsquellen (Mannheimer Unternehmenspanel, Internet).

Die Befragung wurde auf Unternehmen beschränkt, die ihren Sitz in Baden-Württemberg haben und die den ingenieurintensiven Branchen zuzurechnen sind. Die ingenieurintensiven Branchen umfassen die Elektroindustrie, den Maschinen- und Anlagenbau, den Fahrzeugbau, die EDV- und Softwarebranche sowie die technischen und FuE-Dienstleistungen. Die Bruttostichprobe bestand zu zwei Dritteln aus innovationsintensiven Unternehmen, die über die Informationen zur direkten Projektförderung identifiziert wurden.

3.3.2 Feldverlauf

Die qualitative Befragung wurde von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des ZEW in der Feldzeit vom 15.12.2014 bis zum 20.05.2015 durchgeführt.

Pretest

Der im Vorfeld mit den Arbeitsgruppen der Kommission Ingenieurwissenschaften@BW2025 abgestimmte Entwurf des Interviewleitfadens wurde zunächst im Rahmen zweier ausführlicher Interviews getestet. Dieser Pretest erfolgte mit einem Geschäftsführer und einem Leiter einer FuE-Abteilung zweier Unternehmen, um die Qualität des Interviewleitfadens zu verbessern. Neben einer ersten inhaltlichen Einschätzung der Untersuchungsfragen lieferten diese beiden Interviews Einschätzungen, ob die formulierten Leitfragen verständlich und im Rahmen eines telefonischen Interviews beantwortbar sind. Basierend auf diesen Einschätzungen wurde der Leitfragen überarbeitet und angesichts der deutlich über eine Stunde dauernden Interviews gekürzt. Eine Kürzung erfolgte vorrangig bei schwierig zu beantwortenden Fragen. So hätten manche Informationen nur durch Auswertungen der jeweiligen Personalabteilung ermittelt werden können. Außerdem wurden manche (zu) detaillierte Fragen zusammengefasst.³

² In der öffentlich zugänglichen Datenbank des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) werden Daten zur Projektförderung dokumentiert.

³ Der mit dem Auftraggeber abgestimmte finale Interviewleitfaden ist im Anhang zu diesem Bericht enthalten.

Befragung

In fünf Tranchen wurden insgesamt 410 Unternehmen zunächst angeschrieben und dann telefonisch kontaktiert. Die Geschäftsführerinnen und Geschäftsführer erhielten ein von Frau Ministerin Theresia Bauer unterzeichnetes Empfehlungsschreiben, das die Arbeit der Kommission „Ingenieurwissenschaften@BW2025“ erläuterte und um die Teilnahme an der qualitativen Erhebung warb. Bei der telefonischen Kontaktaufnahme konnte auf dieses Schreiben Bezug genommen werden, was die Seriosität der Interviewanfrage unterstrich. Dies war hilfreich und in einigen Fällen der entscheidende Türöffner, da Unternehmen zahlreiche Interviewanfragen bekommen und diese meist abblocken.

Das Ziel der ersten Kontaktaufnahme bestand in der Vereinbarung eines Termins mit der Geschäftsführerin bzw. dem Geschäftsführer für ein telefonisches Interview. Im Schnitt erfolgten vier telefonische Kontakte, um die Bereitschaft für ein Interview zu klären. Die Zahl der Kontakte war dabei sehr volatil. Teils erfolgte eine direkte Absage nach dem ersten Kontakt, teils waren 8 bis 10 Kontakte erforderlich, bis ein Interview zustande kam. Doch trotz der hohen Zahl telefonischer Kontakte (insgesamt 1640) war die Zahl der Absagen hoch. Begründet wurde dies meist mit Termenschwierigkeiten.

In der Feldzeit wurden Interviews mit 60 Unternehmen realisiert, was einer Quote von etwa 15 % der kontaktierten Unternehmen entspricht. Ein Grund für diese geringe Quote liegt im Anspruch der Befragung, direkt mit den Geschäftsführerinnen bzw. Geschäftsführern der Unternehmen zu sprechen. Die Datenqualität der durchgeführten Interviews ist sehr gut. Der Anteil der Antwortverweigerungen zu einzelnen Fragen ist äußerst niedrig, der größte Teil der Fragen wurde von allen befragten Geschäftsführerinnen bzw. Geschäftsführern (oder vereinzelt Leiterinnen und Leitern der FuE-Abteilung) beantwortet. Die Interviews dauerten im Durchschnitt 26 Minuten, wobei sich auch deutlich längere Gespräche ergaben.

3.3.3 Nettostichprobe

Die insgesamt 60 interviewten Unternehmen lassen sich nach den fünf ingenieurintensiven Branchen und der Unternehmensgröße unterscheiden. Tabelle 1 zeigt, dass die meisten Unternehmen der Elektroindustrie zuzurechnen sind, wobei hier mit 50 % auch der höchste Anteil an kleinen Unternehmen (bis zu 50 Beschäftigte) befragt wurde. Die Zahl der mittleren und großen Unternehmen bewegt sich jeweils zwischen fünf und neun.

Tabelle A-1: Nettostichprobe nach Branchen und Größenklasse

	Kleine Unternehmen (<50 Beschäftigte)	Mittlere Unternehm- en (50-249 Be- schäftigte)	Große Unternehm- en (>250 Be- schäftigte)	Unternehmen insgesamt
Elektroindustrie	9	6	3	18
Maschinen- und Anlagenbau	2	7	2	11
Fahrzeugbau	0	4	3	7
EDV/Software	4	4	1	9
Technische/FuE-Dienstleistungen	4	4	1	9
Sonstige	2	3	1	6
Unternehmen insgesamt	21	28	11	60

3.4 Innovationen und Organisation von Innovationsprozessen

3.4.1 Innovationen

Durchaus im Sinne der getroffenen Vorauswahl sind die Unternehmen, die im Rahmen der qualitativen Erhebung interviewt wurden, sehr innovationsaktiv und damit auch vielfach erfolgreich. Bis auf vier Unternehmen haben alle in den letzten drei Jahren Innovationsprojekte erfolgreich abgeschlossen, sind somit nach der in der Innovationsökonomie gebräuchlichen Terminologie Innovatoren (vgl. zur Definition Egeln/Crass, 2015, Kapitel 2.2). Die Innovations-

aktivitäten der befragten Unternehmen richten sich sowohl auf die Angebotspalette, als auch auf die Verfahren zur Leistungserstellung. Die Verbesserung der Produkte geht, wegen der Notwendigkeit, dadurch auch die Produktionsprozesse an die Produktveränderungen anzupassen, nicht selten mit Verbesserungen an den Produktionsverfahren einher. So gab etwa die Hälfte der interviewten Unternehmen an, dass sie in den letzten drei Jahren sowohl Produktinnovationen als auch Prozessinnovationen vorzuweisen hätten. Etwas weniger als ein Viertel der Unternehmen hat keine Produktinnovationen, sondern ausschließlich Prozessinnovationen erarbeitet. Insgesamt haben in den letzten drei Jahren rund drei Viertel der Unternehmen Produktneuentwicklungen getätigt. Bei einem Fünftel von ihnen sind es IT- oder Steuerungsneuentwicklungen.

Dabei ist der Innovationsgrad, den die Unternehmen als für sie typisch angeben, durchaus anspruchsvoll. Immerhin 40 Prozent der interviewten Unternehmen sehen radikale Innovationen, somit vollständig neue Produkte oder Verfahren, als für sie typisch an. Ein Drittel der Unternehmen sieht in der Verbesserung der bereits angebotenen Produkte die für sie typische Innovation und für rund ein Viertel der interviewten Unternehmen ist die Verbesserung ihrer Produktionsprozesse ein typisches Ziel der Innovationsanstrengungen.

3.4.2 Von der Produktidee zur Vermarktung

Die Ansätze und Strategien, mit denen die interviewten Unternehmen ihre Innovationsideen zu marktgängigen Produkten entwickeln, sind sehr unterschiedlich. Zum einen orientieren sich die Unternehmen stark an ihren Kunden, zum anderen sind es auch Technologieentwicklungen, die von den Unternehmen aufgegriffen werden und zu neuen Angeboten auf dem Markt führen. Die Wahl der Unternehmen für eine bestimmte Strategie oder für die Kombination unterschiedlicher Vorgehensweisen, hängt ab von der Struktur des Marktes auf dem sie aktiv sind, aber auch von der Art der Innovation, die auf den Markt gebracht werden soll.

Unternehmen, deren Produkte auf die Bedürfnisse individueller Kunden zugeschnitten sind, sind hinsichtlich ihrer Vermarktungsstrategien oft stark kundenorientiert. Typischerweise ist dies im Maschinen- und Anlagenbau der Fall.

#37: „Wir arbeiten kundengetrieben, meist wenn ein Kunde direkt auf uns zukommt mit einem zu lösenden Problem“⁴

Hier sollen konkret formulierte Probleme gelöst werden. Die Innovation und deren Entwicklung zum Produkt werden für einzelne Kunden vollzogen und dann breiter auf dem Markt angeboten. Die Orientierung an den eigenen Kunden kommt allerdings auch auf Märkten vor, auf denen die Unternehmen eher auf große Abnehmerzahlen zielen, wie beispielsweise auf dem Softwaremarkt.

#39: „Stark vom Kunden getrieben. Wir achten auf die Rückmeldung der Bestandskunden um zu sehen, was für neue Module in deren Software am Markt attraktiv sein könnten.“

Die Orientierung an den einzelnen Kunden hat dann durchaus Rückwirkungen auf „Massen“-Angebote.

Insgesamt sehen sich fast zwei Drittel der interviewten Unternehmen hinsichtlich ihrer Vermarktungsstrategie für Innovationen als stark kundenorientiert an. Dabei werden neben der direkten Reaktion auf geäußerte Kundenwünsche beispielsweise auch Workshops mit Kunden veranstaltet, um deren Wünsche und Probleme kennenzulernen. Kleinere Unternehmen kooperieren gerne mit dem Marktführer des für sie relevanten Marktes, um für sie neue Kunden zu kontaktieren und kennenzulernen. Diese Kontakte werden dann genutzt, um individuell kundenorientiert agieren zu können.

#29 „Wir arbeiten mit Marktführern (Pilotkundenkonzept), die einen großen und schnellen Marktzugang haben, und entwickeln dann mit den Kunden Produkte, von denen wir dann wissen, dass es schon einen Abnehmer gibt.“

Neben der Orientierung an den (individuellen) eigenen Kunden ist für zahlreiche Unternehmen die Orientierung am Markt insgesamt die Basis für ihre Vermarktungsstrategien für neue Produkte. Etwa ein Drittel der interviewten Unternehmen gibt dies an. Dabei basieren die Impulse für die Entwicklung der Produktinnovationen aus Markterhebungen oder Umfragen auf dem für die Unternehmen relevanten Markt. Die Erkenntnisse daraus führen zu Innovationsaktivitäten in den Unternehmen.

#445: „Unser Produktmanagement analysiert den Markt und definiert daraus Anforderungen an Produkte (Lastenhefte), diese werden von der Technik in Pflichtenhefte weiterentwickelt“.

⁴ Um die Erkenntnisse aus der Erhebung zu stützen, wird gelegentlich aus den Unternehmensinterviews zitiert. Dabei werden Zitate gewählt, die als beispielhaft für eine Reihe von Interviews gelten können.

Aber nicht nur die Orientierung an der Nachfrageseite – ob an den einzelnen Kunden oder am Markt insgesamt – treibt die Innovationsziele der Unternehmen. Gerade die Unternehmen, die eher radikale Innovationen als „typisch“ für sich ansehen, sind nicht selten technologiegetrieben. Für radikale Neuerungen gibt es bisher keinen Markt, Kunden haben keine Erfahrungen mit völlig neuen Produkten. Hier müssen die Unternehmen das Risiko, dass „der Markt“ ihr neues Produkt ablehnt, wohl oder übel selbst tragen. Dies ist den Unternehmen durchaus bewusst. Sie unterscheiden zwischen den Innovationsaktivitäten, die an ihrer bestehenden Produktpalette „kontinuierlich“ vollzogen werden, und der Arbeit an radikalen Neuerungen, die die Unternehmen nicht stetig, sondern gelegentlich („diskontinuierlich“) durchführen und sehen die Grenze der Kundenorientierung durchaus.

#P2: „Die kontinuierlichen Innovationen sind fast ausschließlich kundengetrieben, die diskontinuierlichen fast ausschließlich technologisch getrieben. Die diskontinuierlichen Innovationen sind nicht vorhersehbar, da macht es keinen Sinn, den Kunden zu fragen“.

3.4.3 Wissensmanagement

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, auf welche Weise Unternehmen die Innovationsprozesse oder, weiter betrachtet, die Entstehung neuen Wissens betriebsintern organisieren bzw. managen. Hier interessiert die Frage, inwieweit Unternehmen diese Prozesse strukturiert organisiert haben oder ob diese eher stochastisch in den Unternehmen ablaufen.

Rund die Hälfte der im Rahmen dieser Studie interviewten Unternehmen hat ein strukturiertes Wissensmanagement und wiederum die Hälfte davon auch in Form einer eigenen Abteilung für FuE. Es kann nicht verwundern, dass es ganz wesentlich von der Größe der Unternehmen abhängt, ob diese ein strukturiertes Wissensmanagement haben. Je größer sie sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für eine derartige Organisationseinheit. So geben viele interviewten Unternehmen an, dass sie „zu klein“ für ein strukturiertes Wissensmanagement seien. Von den kleinen Unternehmen gibt nur eines von fünf an, ein strukturiertes Wissensmanagement zu haben. Von den großen Unternehmen sind es annähernd alle. Allerdings gaben mehrere forschungsintensive kleine Unternehmen an, zwar keine FuE-Abteilung zu haben, allerdings im Grunde als Unternehmen insgesamt eine FuE-Abteilung zu sein.

Unabhängig von der Existenz eines formalen oder strukturierten Wissensmanagements in den Unternehmen sind hinsichtlich der Fragen von Innovation und Entwicklung die Kontakte oder Kooperationen zu anderen Akteuren von großer Bedeutung. Die Unternehmen sehen sich nahezu vollständig in Netzwerken mit andern Unternehmen oder mit Hochschulen bzw. Forschungseinrichtungen organisiert, die für ihre Innovationsaktivitäten von Bedeutung seien.

3.4.4 Für die Unternehmen bedeutende Technologien

Was die Unternehmen als für sie bedeutende Technologie ansehen, ist sehr stark von der Branche abhängig, der das jeweilige Unternehmen zuzurechnen ist. Die Nennungen bilden einen Querschnitt der von den interviewten Unternehmen verwendeten Technologien (Automatisierungstechnik, Sensorik, Lade- und Batterietechnik, IT).

Über die Bedeutung von Technologien in der Zukunft gibt es wenig Konkretes. Hier fällt auf, dass insbesondere Technologien genannt werden, deren „Zukunftsbedeutung“ in jüngerer Zeit auch öffentlich stark diskutiert wird, wie beispielsweise die Lasertechnik oder auch 3D-Drucker.

Eindeutig benannt wird aber die Erwartung, dass IT und insbesondere die Internettechnik im weiteren Sinne in der Bedeutung stark zunehmen werden.

#P1: 18:30 „Marktabhebende Produkteigenschaft kommt von der Software; Ingenieurinnen und Ingenieure werden nicht weniger wichtig, aber der Anspruch an die Software wird steigen“

Hierbei erwarten die Unternehmen auch Änderungen für sich selbst, die sie im Zusammenhang mit der unter Industrie 4.0 geführten Entwicklungsdebatte sehen.

#P2: „alle unsere Produkte müssen Teil des „Internets of Things“ werden

3.5 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Innovationsprozess

Innovationsaktivitäten von Unternehmen sind sehr „arbeitsintensiv“. Für die Entwicklung neuer Produkte oder Verfahren sind natürlich Investitionen in neue Anlagen, in Labortechnik oder auch in neue Gebäude notwendig. Ganz entscheidend sind aber die Leistungen der am Innovationsprozess beteiligten Menschen, von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Unternehmen. Sie identifizieren aus ihren Wahrnehmungen neue Chancen, sie greifen Impulse auf

und setzen sie in neue Ideen für Produkte und Verfahren um, sie erarbeiten neues Wissen und entwickeln die ange-dachten Neuerungen und sie identifizieren den möglichen Markt für diese Innovationen.

3.5.1 Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Gerade für Unternehmen, die stark innovationsorientiert sind, wie es für die im Rahmen dieser Studie interviewten Unternehmen der Fall ist, stellt sich die Frage, wie sie die Motivation ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für Inno-vationen hoch halten, ob dies Anreize erfordert oder ob die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gleichsam intrinsisch motiviert für Innovationen engagiert sind.

Mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen sieht die Mitarbeit an Innovationsprojekten als „Teil des Jobs der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter“ an. Die interviewten Unternehmen der Branche Software/EDV zuzurechnen sind, geben alle an, dass Innovationsaktivitäten zum Job ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gehören. Die Unter-nehmen mit dieser Einschätzung gehen allesamt davon aus, dass ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dies auch so sehen und dass deswegen konkrete Maßnahmen zur Motivierung für Innovationsaktivitäten nicht nötig seien.

#85: „Wenn man Anreize braucht, hat man eigentlich schon verloren. Wertvollstes Gut, das man Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bieten kann, ist Handlungsspielraum, das ist wichtiger als ein Anreizsystem“

#445: „Überhaupt nicht. Innovation ist die Verwirklichung der Ingenieurin bzw. des Ingenieurs Grundmotivation!“

Gleichwohl hat rund ein Drittel der interviewten Unternehmen Systeme mit konkreten Anreizen zur Stimulierung des Innovationsengagements der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter implementiert. Die dabei gewählte Palette an Anrei-zen ist breit. So kommen Prämien für Innovationsideen und -anregungen vor, Projekte werden nach Anregungen durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aufgegriffen und die Impulsgeber benannt oder besonders engagierte Mit-arbeiterinnen und Mitarbeiter haben die Möglichkeit an speziellen Weiterbildungskursen teilzunehmen. Solche, auf das Innovationsengagement der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zielende, Anreizsysteme wurden besonders häufig von den interviewten Unternehmen aus der Branche Maschinen- und Anlagenbau genannt. Aber auch die Unternehmen mit Anreizen betonen die Wichtigkeit der intrinsischen Motivation ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

#34: „Versuchen unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch Mitarbeit an der Neugestaltung der Maschinen zu begeistern. Haben auch ein Prämien-System (finanzielle Anreize), wobei alle was von einer erfolgrei-chen Innovation haben.“

3.5.2 Reaktion auf interne Widerstände gegen Innovationen

Rund die Hälfte der interviewten Unternehmen nimmt keine Widerstände der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter gegen Innovationen oder die Durchführung von Innovationsprojekten wahr. Diese Unternehmen setzen sich mit diesem Thema auch nicht auseinander.

Für die andere Hälfte der Unternehmen sind interne Widerstände gegen Innovationsprojekte durchaus ein Thema. Dabei wurden im Grundsatz zwei Kategorien von „Widerständen“ benannt. Zum einen Widerstände von den Mitarbei-terinnen und Mitarbeitern, die durch organisatorische oder inhaltliche Veränderungen Nachteile für sich befürchten. Um dem zu begegnen setzen die Unternehmen vornehmlich auf Kommunikation und Vermittlung der Innovations-motive um die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dafür zu gewinnen.

#55: „jedes halbe Jahr gibt es Gespräche, um zu sehen, wo Unzufriedenheiten aufkommen, und sie dann zu kor-rigieren.“

Diese Aktivitäten scheinen in der Regel die gewünschten Effekte zu zeitigen. Von dem Interviewpartner eines großen Unternehmens wurde noch auf eine andere Kategorie von Widerständen gegen Innovationsaktivitäten hingewiesen. Hier wurden die Renditevorgaben (letztendlich durch die Anteilseigner) als ein wichtiges Hindernis für weitergehen-de Innovationsaktivitäten angesehen.

#9002: „Hauptwiderstände kommen aus der Betriebswirtschaft, aus der Vorgabe für die Umsatzrendite (7-8 %, obwohl der Gewinn nicht ausgeschüttet wird, sondern im Unternehmen verbleibt). Die eigenen internen Effizienzvorgaben sind die größten Innovationskiller. Die Tatsache, dass ich betriebswirtschaftlich heute ein Ergebnis liefern muss, ist eigentlich der Feind der Innovation.“

Dies kann als Hinweis darauf gesehen werden, dass – zumindest von den in den Unternehmen für FuE bzw. im wei-teren Sinne für Innovationen Verantwortlichen – die zunehmend auf kürzere Fristen ausgerichteten Unternehmens-ziele als innovationsbehindernd angesehen werden. Sind doch Projekte, die auf eher radikale Innovationen zielen,

von hohen Unsicherheiten hinsichtlich ihres Ausgangs und von eher langfristig wirksamen Rückflüssen gekennzeichnet.

3.6 Kooperation und Arbeitsteilung

Bei ihren Innovationsaktivitäten kooperieren Unternehmen nicht selten mit anderen Unternehmen, Hochschulen oder sonstigen Wissenschaftseinrichtungen (vgl. Egelin/Crass, 2015, S. 13)⁵. Dies ist auch bei den hier interviewten Unternehmen der Fall.

3.6.1 Kooperationen bei Innovationsprojekten

Sehr häufig haben die Unternehmen Kooperationspartner aus verschiedenen Kategorien. So gab mehr als die Hälfte an, bei Innovationsprojekten mit anderen Unternehmen zu kooperieren, rund vier Fünftel hatten Innovationskooperationen mit Hochschulen (Universitäten und/oder Fachhochschulen) und ebenfalls über die Hälfte arbeitete bei Innovationsprojekten mit außeruniversitären öffentlich finanzierten Forschungseinrichtungen zusammen.

Die Unternehmen betonen, dass sie eine Präferenz für eine bestimmte Kategorie von Kooperationspartner nur schwer benennen können. Es kommt für sie auf die konkreten Personen an, mit denen sie in den Projekten zusammen arbeiten müssen, auf die „Köpfe“.

#307: „Kooperationspartner sind sowohl Unternehmen, FHs, Fraunhofers, Unis - Kein Unterschied, ob Kooperation mit FH oder Uni gemacht wird. Zentral ist, ob es entsprechende Fähigkeiten gibt, ob Verfahren übernommen werden können.“

Als wichtiges Motiv für Kooperationen mit öffentlichen Forschungseinrichtungen wird von eher kleineren Unternehmen immer wieder genannt, dass dadurch die Möglichkeit zur Nutzung von Kompetenzen und insbesondere auch Infrastruktur („Know-how... Labore ... Infrastruktur...“) ermöglicht wird, die in den Unternehmen selbst nicht vorhanden ist (bzw. nicht vorhanden sein kann).

#570: „Kooperiert wird sowohl mit Uni, als auch TU oder FH (Automation, Robotik). ... Viel theoretischer Hintergrund; Softwareentwicklung wurde betrieben, auf die wir aufsetzen; Verwertbare Leistungen. Laboreinrichtungen, die wir in dieser Qualität nicht vorhalten können; konkrete Messmittel, die wir nutzen können.“

Die Kooperation mit Wissenschaftseinrichtungen hat für die Unternehmen wohl einen besonderen Stellenwert. Das wird nicht nur aus der Verteilung der Kooperationspartner auf unterschiedliche Kategorien deutlich, sondern auch aus der Tatsache, dass sich viele kaum Substitute für die Wissenschaftspartner vorstellen können.

#504: „Wir kooperieren eher mit Hochschulen, Fachhochschulen und Forschungseinrichtungen. Ingenieurbüros eher ausnahmsweise, weil es nicht so passt.“

Für die Kooperationen, insbesondere in kleineren Projekten oder solchen, in deren Rahmen Abschlussarbeiten von Studentinnen und Studenten erarbeitet werden, spielt die Motivation, Studentinnen und Studenten kennenzulernen und auf mögliche Geeignetheit für das Unternehmen zu „testen“, auch eine Rolle.

#504: „Möglichkeiten Talente zu entdecken, so wie auch bei Hochschulen. ... im Wesentlichen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die in die Projektarbeit eingebunden werden. ... mehr auf die gemeinsamen Projektaktivitäten.“

3.6.2 Zustandekommen und Organisation von Kooperationen

Die Innovationskooperationen kommen in fast allen Fällen durch eine gezielte Suche der Unternehmen oder der späteren Kooperationspartner zu Stande. Einer der Partner sucht zur Lösung eines konkreten Problems einen Kooperationspartner, der (zumindest von den interviewten Unternehmen) dann in fast allen Fällen auch gefunden wird. Das zufällige Zustandekommen von Innovationskooperationen ist eher selten.

In fast allen Fällen sind die Innovationskooperationen als gemeinsame Projekte organisiert, eher selten ist eine Auftragsvergabe an andere. Die interviewten Unternehmen sehen eine Kooperation mit Ingenieurbüros grundsätzlich

⁵ Egelin, J und D. Crass, 2015, Ingenieurinnen und Ingenieure in unternehmerischen Innovationsprozessen: Die Sicht der Unternehmen, Berichtsteil I: Repräsentative Ergebnisse zum Innovationsverhalten von Unternehmen, Gutachten für das MWK Baden-Württemberg

nicht als Alternative zu Kooperationen mit Wissenschaftseinrichtungen an. Kooperationen mit diesen würden sie nur in Ausnahmefällen eingehen.⁶

Der regionalen Nähe schreiben die interviewten Unternehmen keine sehr hohe Bedeutung als Auswahlkriterium für Kooperationspartner zu. Kooperationen werden deutschlandweit eingegangen, gelegentlich auch mit ausländischen Partnern.

#468: *„Für die Forschung wird quasi die Landkarte durchforstet, wer hat etwas, das interessant sein könnte.“*

3.6.3 Zur Rolle der Grundlagenforschung

Im Grundsatz herrscht bei den Unternehmen eine klare Vorstellung davon, welche Akteure für Grundlagen- und welche für anwendungsorientierte Forschung „zuständig“ sind. So sieht der überwiegende Teil der interviewten Unternehmen in der Grundlagenforschung klar eine Aufgabe der Wissenschaftseinrichtungen. Der FuE der Unternehmen wird eher die Aufgabe zugeschrieben, Produkte oder Dienstleistungen am Markt einzuführen bzw. sie marktgängig zu entwickeln. Die typische Projektlaufzeit vom Beginn der Entwicklung der Produktinnovationen bis zur Markteinführung beträgt etwa zwei bis drei Jahre. Deutlich längere Laufzeiten für Innovationsprojekte wollen die Unternehmen in der Regel nicht eingehen. Grundlagenforschung, die einen deutlich längeren Zeitraum bis zur (unsicheren) Marktreife hat, kann aus Sicht vieler Unternehmen nur an Wissenschaftseinrichtungen erfolgen.

#43: *„Unsere Forschung ist eher marktgetrieben.“*

Eine Ausnahme sehen die Unternehmen hierbei allerdings für die Software-Branche. Für diesen Bereich schreiben die meisten interviewten Unternehmen die zentralen Innovationen des IT-Bereichs (auch Grundlagen) der Forschungsarbeit der Unternehmen zu und nicht den Wissenschaftseinrichtungen⁷.

#38: *„nennen Sie mir Grundlagenforschung, die nicht aus Unternehmen kommt“*

Ein knappes Drittel der Interviewten sieht die Grundlagenforschung, zumindest zum Teil, auch als Unternehmensaufgabe an. Hierbei wird allerdings eine starke Anknüpfung „an die Praxis“ und an Unternehmensbedürfnisse erwartet. Die Unternehmen bewegen sich mit diesen Vorstellungen allerdings schon in einem Bereich, der als Grenzgebiet zur anwendungsorientierten Forschung gesehen werden kann. Denn auch solche Unternehmen, die ihre Aktivitäten selbst als Grundlagenforschung einstufen, haben die Markteinführung neuer Produkte als formuliertes Ziel.

#570: *„Grundlagenforschung machen wir im Bereich der Oberflächenstrukturmessung. Aktuell läuft ein ZIM-Projekt, das ist Grundlagenforschung. Umsetzbarkeit in Produkte ist die Voraussetzung. Ziel ist die Produkteinführung innerhalb von 3 Jahren.“*

#456: *„Anwendungsorientierte Grundlagenforschung in der Industrie. Reine Grundlagenforschung an den Universitäten.“*

3.7 Ingenieurinnen und Ingenieure in den Unternehmen

3.7.1 Einsatzbereiche und Rollen

Ingenieurinnen und Ingenieure sind für die interviewten Unternehmen an vielen Stellen des Betriebsablaufs von hoher Bedeutung, allerdings mit Abstufungen. Besonders wichtig sind Ingenieurinnen und Ingenieure für die Interviewten im Bereich FuE. Deutlich über 80 Prozent von ihnen setzen dort Ingenieurinnen und Ingenieure ein. Rund die Hälfte der interviewten Unternehmen beschäftigt Ingenieurinnen und Ingenieure in der Produktion und ein knappes Drittel hat in Vertrieb und Service Ingenieurinnen und Ingenieure im Einsatz.

Die Bedeutung von Ingenieurinnen und Ingenieuren für die **Innovationsaktivitäten** der interviewten Unternehmen wird auch aus ihrem Anteil an der Beschäftigung in diesem und für diesen Bereich deutlich. Ingenieurinnen und Ingenieure stellen im Mittel 65 Prozent des Innovationspersonals dieser Unternehmen (Median: 75 Prozent). Sie sind dabei auf allen Stufen des Innovationsprozesses im Einsatz. So setzen fast drei Viertel der Interviewten bei Ideenfindung, Konzeption und Umsetzung der Innovationsprojekte auf Ingenieurinnen und Ingenieure, knapp die Hälfte beschäftigt Ingenieurinnen und Ingenieure auch bei der Vermarktung der Innovationen.

⁶ Hier drängt sich der Eindruck auf, dass die Möglichkeit, „günstig“ komplexe Infrastruktur zu nutzen, für die Unternehmen ein ganz wichtiges Motiv für die Kooperation mit Wissenschaftseinrichtungen ist. Die Kooperation mit Ingenieurbüros bietet diese Möglichkeit in der Regel nicht.

⁷ Für die tatsächlichen Grundlagen von beispielsweise dem Internet oder auch dem MP 3-Format ist das allerdings eine Fehleinschätzung.

#85: „Technische Kompetenz der Ingenieurinnen und Ingenieure ist für die Kommunikation mit den Kunden wichtig.“

Der weit überwiegende Teil der interviewten Unternehmen sieht in seinen Ingenieurinnen und Ingenieuren die Haupttreiber seiner Innovationsprojekte.

Die ingenieurwissenschaftlichen **Disziplinen**, denen die in den interviewten Unternehmen beschäftigten Ingenieurinnen und Ingenieure zuzurechnen sind, sind sehr stark von den Branchen der Unternehmen und den für sie relevanten Technologiefeldern geprägt. Die Auswahl der Unternehmen prägt somit die Verteilung über die Disziplinen. Sehr häufig, und unabhängig von Branche und Technologie, wird „Softwareingenieurin bzw. Softwareingenieur“ oder „Wirtschaftsingenieurin bzw. Wirtschaftsingenieur“ genannt.

Hochschulabsolventinnen und -absolventen werden von rund drei Viertel der Unternehmen zunächst anders eingesetzt als erfahrene Ingenieurinnen und Ingenieure. Neu eingestellte Ingenieurinnen und Ingenieure werden meist in kleinen Projektteams integriert, um Erfahrung zu sammeln. Die Unternehmen geben als Einlernphase einen Zeitraum von bis zu drei Jahren an, nach dem dann keine grundsätzlichen Unterschiede von eingestellten Hochschulabsolventinnen und -absolventen zu anderen Ingenieurinnen und Ingenieuren bestehen.

Die interviewten Unternehmen haben keine identifizierbaren Unterschiede in den Einsatzbereichen für Absolventinnen und Absolventen nach den Hochschulkategorien Universität, Fachhochschule und DHBW benannt.

Hinsichtlich der Abschlüsse Bachelor, Master oder Promotion lässt sich feststellen: Je höher der formale Abschluss, desto „näher“ ist der Einsatz der Absolventinnen und Absolventen an der FuE der Unternehmen. Dies ist allerdings nur ein grundsätzlicher Trend, im Einzelfall gibt es auch viele Abweichungen von diesem. Die interviewten Unternehmen äußerten eine generelle Skepsis hinsichtlich des Bachelor-Abschlusses für Ingenieurinnen und Ingenieure.

3.7.2 Qualifikation und Akquisition

Für die Mehrheit der interviewten Unternehmen erfüllt die Ausbildung an den Universitäten und Hochschulen durchaus ihre **Qualifikationsanforderungen** an Ingenieurinnen und Ingenieure. Besonders stark ist diesbezüglich die Zufriedenheit bei den interviewten Unternehmen aus dem Bereich Software/EDV, wohingegen die befragten FuE-Dienstleister und Ingenieurbüros überwiegend ihren Qualifikationsbedarf als nicht erfüllt ansehen.

Grundsätzlich haben die interviewten Unternehmen auch nicht den Wunsch nach einer Verschiebung der Gewichte in der akademischen Ausbildung hin „zu mehr Praxis“ oder hin „zu mehr Theorie“ geäußert. Vielfach herrschte die Ansicht, dass eine solide theoretisch-wissenschaftliche Ausbildung eine gute Grundlage sei, um sich anwendungsbezogene praxisrelevante Fähigkeiten darauf aufbauend noch anzueignen. Diese positive Einschätzung wurde von den meisten der interviewten Unternehmen auch in Bezug auf die Ausbildungssituation für Ingenieurinnen und Ingenieure in Baden-Württemberg geäußert.

#582: „Gutes Grundlagenwissen, die Praxis kann man dann im Betrieb beibringen.“

#503: „Wenn die Bereitschaft dazu da ist, kann man den Praxisbezug jedoch lernen. Daher sollte in der Hochschule der Schwerpunkt auf der Theorie-/Wissenschaftsorientierung liegen.“

#39: „In Baden-Württemberg ist die Ingenieurausbildung gut aufgestellt.“

Trotz dieser grundsätzlichen Zufriedenheit gibt etwa die Hälfte der interviewten Unternehmen an, speziell für neu eingestellte Ingenieurinnen und Ingenieure **interne Weiterbildung** durchzuführen. Korrespondierend zu der oben dargelegten Einschätzung der Hochschulqualifikation nach Branchen führen die befragten Unternehmen im Bereich Software/EDV eine Weiterbildung für Ingenieurinnen und Ingenieure seltener durch (30 Prozent) als der Durchschnitt, die Befragten der technischen/FuE-Dienstleister/Ingenieurbüros dagegen führen speziell für Ingenieurinnen und Ingenieure überdurchschnittlich häufig (90 Prozent) Weiterbildungen durch.

Die meisten Unternehmen geben an, dass sie mit diesen Weiterbildungen für Hochschulabsolventinnen und -absolventen unternehmensspezifische Kompetenzen und Kenntnisse vermitteln. Das Füllen von Lücken der Hochschulbildung steht eher nicht im Vordergrund. Kleine Unternehmen geben eher als große an, dass sie Lücken in der Hochschulbildung schließen müssten.

Die von den interviewten Unternehmen benannten Qualifikationen, die nach ihrer Einschätzung in der Ausbildung bisher fehlten, jedoch wichtig seien, lagen häufig jenseits der Disziplingrenzen für Ingenieurinnen und Ingenieure. Zum einen zielte das auf generelle Kommunikationstechniken zum anderen auf wirtschaftliche und rechtliche Kenntnisse.

#143: „Betriebswirtschaftliches Know-how, Meilensteindenken.“

#503: „Neue Entwicklungen müssen besser in die Lehre einbezogen werden; Rechtliche Aspekte (Preis-, Honorar- und Vertragsrecht), Kommunikation/Präsentation.“

#547: „Kommerzielles Projektmanagement, Softskills wie Präsentationen, Softwareentwicklung im Team.“

Nur deutlich weniger als die Hälfte der befragten Unternehmen gab an, dass sie unterschiedliche Einsatzbereiche für Absolventinnen und Absolventen von Dualer Hochschule, Fachhochschule und Universität haben.

Die meisten Unternehmen sind mit der ausdifferenzierten akademischen Ausbildungslandschaft für Ingenieurinnen und Ingenieure zufrieden und glauben, dass auch ihre zukünftigen inhaltlichen Anforderungen an Ingenieurinnen und Ingenieure im Wesentlichen erfüllt werden können.

#468: „Die gute Balance wie bisher beibehalten“.

#503: „Zentrale Kompetenz: Gesunder Menschenverstand; in Systemen denken können, nicht in Details; Forschungserfahrung nur im Einzelfall (wir suchen dann gezielt Dr.-Ing.).“

Viele der interviewten Geschäftsführerinnen und Geschäftsführer trauern ausdrücklich dem Abschluss „Diplom-Ingenieurin bzw. Diplom-Ingenieur“ nach, obwohl nicht danach gefragt wurde. Dieser sei gerade gegenüber Geschäftspartnerinnen und Geschäftspartnern im Ausland ein starkes Qualitätssignal gewesen. Durch die international harmonisierten Abschlüsse sei eine Sonderstellung deutscher Ingenieurinnen und Ingenieure verloren gegangen. Viele Befragten sehen den Masterstudiengang im Vergleich zum früheren Diplom-Studiengang als zu „verschult“ an.

#582: „Der deutsche Abschluss „Diplom-Ingenieurin/Diplom-Ingenieur“ wird als Qualitätsmarke vermisst. Jetzt ist man einer von vielen. ... Die Verkürzung der Ausbildung ist negativ zu sehen. Die Leute sollten lieber etwas länger an der Uni sein. Arbeiten tut man hinterher noch lange genug.“

#468: „Man vermisst den FH/Uni-Dipl.-Ing. In der Regel nimmt man Master.“

#85: „Ein gutes theoretisches Fundament ist unerlässlich. ... Es fehlt die Kompetenz, die der alte Diplomabschluss mitgebracht hat.“

Es sind vor allem die klaren Kompetenzsignale, die in der Vor-Bologna-Zeit mit den Abschlüssen der unterschiedlichen Hochschultypen verbunden waren, die die Unternehmen vermissen. Der Arbeitsmarkt für Ingenieurinnen und Ingenieure ist für sie deutlich unübersichtlicher geworden. Viele interviewte Unternehmen geben an, dass sie aus diesem Grund einen erheblich höheren Aufwand bei der Suche nach Ingenieurinnen und Ingenieuren betreiben müssten als früher. Insbesondere die Modularisierung der Studiengänge und die dadurch entstandenen Heterogenitäten auch zwischen Abschlüssen des gleichen Hochschultyps würden einen hohen Informationsaufwand für die suchenden Unternehmen erzwingen.

#P2: „Wir müssen heute, wenn wir eine Stelle besetzen wollen, fünfmal so viele Bewerberinnen und Bewerber durch das Unternehmen schleusen, als wir das noch vor zehn Jahren gemacht haben. Weil die so spezialisiert sind. Aus der Papierform wird das nicht ersichtlich, daher müssen wir so viele Kandidatinnen und Kandidaten einladen, um herauszufinden, was hat die oder der drauf.“

#P2: „Wir hatten es perfekt: Universitäten und Fachhochschulen; jetzt heißen die alle Master und Bachelor; man muss nun genau schauen, wo kommt jemand her und was hat sie oder er genau gemacht (in das Curriculum schauen).“

#547: „Man richtet sich nicht nach Abschluss, eher nach den Noten und nach den individuellen Kenntnissen.“

Suchen Unternehmen dagegen Bewerber mit einer wissenschaftlichen Grundqualifikation, dann gelten für die allermeisten der interviewten Unternehmen Absolventinnen und Absolventen von einer Universität als geeigneter im Vergleich zu Absolventinnen und Absolventen der anderen Hochschultypen.

Nach ihrem **zukünftigen Bedarf** an Absolventinnen und Absolventen von Universitäten, Fachhochschulen und der Dualen Hochschule gefragt, gibt eine große Gruppe der befragten Unternehmen an, keine große Auswahl zu haben und daher Absolventinnen und Absolventen von allen Hochschultypen zu nehmen. Hätten sie am Arbeitsmarkt die freie Auswahl, würden sie sich meist für eine Mischung aus praxisorientiert ausgebildeten Absolventinnen und Absolventen (Duale HS, FH) und wissenschaftlich orientierten Absolventinnen und Absolventen (Universität) entscheiden. Dabei wurde auf entsprechende Nachfrage das Verhältnis 70 Prozent FH und 30 Prozent Uni genannt.

Auch für die Zukunft erhoffen sich die allermeisten der befragten Unternehmen nicht viel von Absolventinnen und Absolventen mit einem Bachelor-Abschluss (entsprechend ihrer weiter oben in Bezug auf die gegenwärtige Situation berichteten Skepsis). Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen werden von einer größeren Gruppe von Unternehmen nicht als vollwertig ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure wahrgenommen.

#503: „Bachelor kann nichts, hat aber ein hohes Selbstbewusstsein. (Das ist im Einzelfall ungerecht, aber im Allgemeinen ist das meine Wahrnehmung). Wir stellen daher nur Absolventinnen und Absolventen mit Master ein.“

#461: „Kombinierte Masterabschlüsse zwischen Theorie und Praxis (Dual, FH) sind am besten für den Mittelstand, Bachelor ist generell oft nicht fundiert genug.“

Zukünftig benötigte Kompetenzen

Obwohl viele der interviewten Unternehmen in ihrer Ausrichtung sehr spezialisiert sind, suchen sie gleichwohl zu meist eher Generalisten. Dies trifft besonders auf Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau zu. Ausnahme sind wieder die befragten Unternehmen der Branche Software/EDV. Sie suchen vorzugsweise Spezialisten. Dies deutet darauf hin, dass die Unternehmen ihr für die Gegenwart beschriebenes Verhalten – zumindest aus heutiger Sicht – nicht wesentlich zu ändern beabsichtigen. Sie heuern breit ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure mit einer fundierten (Master-) Ausbildung und vermitteln denen das für die Arbeit in ihrem Unternehmen benötigte spezielle Wissen im Unternehmen selbst.

Der Bedarf an Auslandserfahrung oder Forschungserfahrung wird nur vereinzelt als wichtige Anforderung benannt, für die meisten interviewten Unternehmen sind dies keine übermäßig wichtigen Kompetenzen. Etliche Unternehmen verweisen auf die Bedeutung der guten Kenntnis der englischen Sprache (internationale Kunden, Lesen von englisch abgefassten Patentschriften). Diesbezüglich sehen die Befragten aber deutlichen Fortschritte bei den Absolventinnen und Absolventen im Vergleich zu früher.

Wege der Akquisition von Ingenieurinnen und Ingenieuren

Der erfolgreichste Weg neue Ingenieurinnen und Ingenieure einzustellen, führt nach Ansicht der Mehrheit der interviewten Unternehmen direkt über die Universitäten und Hochschulen. Durch die Vergabe von Praktika, Bachelor- und Masterarbeiten decken die Unternehmen einen wesentlichen Teil ihres Bedarfs an neuen Ingenieurinnen und Ingenieuren. Die Vorteile liegen für sie auf der Hand. Zum einen lernen sie die Absolventinnen und Absolventen sehr genau kennen und mindern damit zum Teil das oben genannte Informationsproblem aufgrund der unübersichtlicheren Abschlüsse. Zum anderen lernen die Absolventinnen und Absolventen das Unternehmen kennen, wovon sich gerade kleine Unternehmen Vorteile versprechen, werden sie doch auf diese Weise als potentielle Arbeitgeber sichtbar.

Darüber hinaus nutzen die interviewten Unternehmen vielfältige Akquisitionswege: Anwerbungen im Rahmen von Forschungs Kooperationen mit Wissenschaftseinrichtungen oder anderen Unternehmen, klassische Stellenausschreibungen und die Nutzung von Netzwerken.

3.7.3 Verfügbarkeit

Die Einschätzung der interviewten Unternehmen hinsichtlich der Möglichkeiten, in den nächsten fünf Jahren den Bedarf an Ingenieurinnen und Ingenieuren decken zu können, ist nicht einheitlich. Manche von ihnen sehen Probleme auf sich zukommen, andere wiederum sehen die Einstellungsmöglichkeiten eher gelassen.

Verfügbarkeitsprobleme

Es lassen sich einige Strukturen identifizieren, die für die unterschiedliche Einschätzung über Verfügbarkeitsprobleme für Ingenieurinnen und Ingenieure vorliegen.

Die interviewten Unternehmen weisen geradezu erstaunliche adaptive Erwartungen hinsichtlich ihrer zukünftigen Lage als Nachfrager nach Ingenieurinnen und Ingenieuren auf dem Arbeitsmarkt auf. D.h., wenn sie gegenwärtig Probleme haben, ihren Ingenieurbedarf am Arbeitsmarkt zu decken, dann erwarten sie dies auch für die Zukunft. Haben sie gegenwärtig keine Probleme und werden in für sie hinreichendem Maße fündig, dann erwarten sie auch keine Anwerbeschwierigkeiten in der näheren Zukunft.

Von den befragten Unternehmen geben eher mittlere und große Unternehmen an, dass sie Probleme bei der Akquise von Ingenieurinnen und Ingenieuren haben und erwarten, als kleine Unternehmen. Es zeigt sich, dass diese Unternehmen nicht nur absolut mehr Ingenieurinnen und Ingenieure beschäftigen als die kleinen Unternehmen (ohne größere Einstellungsprobleme), sondern in der Regel auch ein deutlich höherer Anteil ihrer Mitarbeiterinnen und Mitar-

beiter Ingenieurinnen und Ingenieure sind. Es kann vermutet werden, dass diese Unternehmen viel häufiger als die anderen mit der Suche nach und der Einstellung von Ingenieurinnen und Ingenieuren beschäftigt sind. Es kann sein, dass sie dadurch eine andere Wahrnehmung haben, da sie viel häufiger als die anderen Unternehmen überhaupt mit Problemen der genannten Art konfrontiert werden. Für Unternehmen, die nur alle paar Jahre als Nachfrager auf dem Arbeitsmarkt für Ingenieurinnen und Ingenieure auftreten, stellt sich die (gleiche) Lage unter Umständen anders dar. Gerade kleine interviewte Unternehmen betrachten Verfügbarkeit von Ingenieurinnen und Ingenieuren häufig als eine Frage des Preises für diese Qualifikation. Sie betonen die starke Konkurrenz großer Unternehmen um geeignete Ingenieurinnen und Ingenieure, deren Vorteil sich zum einen aus der hohen Attraktivität dieser großen Firmen für Ingenieurinnen und Ingenieure speist (bieten vielleicht die Lebensstellung) und zum anderen aber auch ganz wesentlich durch die besseren Gehaltsmöglichkeiten bei diesen Firmen erklärt wird.

#503: „Es gibt ein Vergütungsproblem bei Ingenieurinnen und Ingenieuren in der Metropolregion mit Bosch und Daimler, EnBW. Kleine Unternehmen sind da nicht konkurrenzfähig... (Gehaltsniveau und Nebenleistungen).“

Inhaltlich werden Probleme hinsichtlich IT-, Software- und Elektrotechnikspezialistinnen bzw. -spezialisten erwartet.

Lösungsversuche zur Minderung von Verfügbarkeitsproblemen

Viele der interviewten Unternehmen wollen ihre Kooperationen mit Hochschulen gezielt ausbauen, um Ingenieurabsolventinnen und -absolventen für ihr Unternehmen zu gewinnen. Auch dabei sehen sich gerade die kleineren der befragten Unternehmen im Nachteil.

#570: „Zu sehr großen Unternehmen werden von den Hochschulen/Universitäten sehr intensiv Kontakte aufgebaut; KMU werden leider nicht angesprochen.“

Alles in allem bewegen sich die von den interviewten Unternehmen als Lösungsstrategien genannten Ansätze weitestgehend in dem Rahmen, den sie gegenwärtig auch schon beschreiten. In einigen Punkten wollen sie ihr Engagement allerdings ausweiten. So wurden genannt: Stärkeres Engagement in Dualen Hochschulen, Einladungen von Studentinnen und Studenten in die Unternehmen, eher mit beruflich ausgebildeten Technikerinnen und Technikern arbeiten, stärkere Vernetzung oder Roadshow-artige Aktionen auf Messen oder an Hochschulen. Vereinzelt versuchen es die befragten Unternehmen auch mit dem Einsatz von Headhuntern, allerdings selten mit gutem Erfolg.

Einige wenige der befragten Unternehmen haben die Hoffnung auf eine Lösung ihres Ingenieur-Knappheitsproblems aufgegeben und verlagern ihre Betriebe ins Ausland.

#P2/9002: „Wir müssen Ingenieurarbeitsplätze in andere Länder verlegen und bauen Entwicklungsabteilungen in Italien und Großbritannien auf.“

#426: „Wir haben eine Tochtergesellschaft in Rumänien gegründet - hätten wir hier genügend Know-how zu angemessenen (deutschen, nicht rumänischen) Bedingungen, wäre diese Tochtergesellschaft nicht unbedingt nötig gewesen.“

#155: „Wie gehen Sie damit um? Aktivitäten eventuell ins Ausland verlagern.“

3.8 Zentrale Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die aus Sicht der Autoren wichtigsten Ergebnisse aus der Analyse der Informationen aus der qualitativen Erhebung bei baden-württembergischen Unternehmen in ingenieurintensiven Branchen aufgelistet. Es muss nochmals betont werden, dass die Befunde in diesem Projektteil nicht repräsentativ für die Unternehmen in Deutschland oder in Baden-Württemberg sind. Sie reflektieren die **Sicht der befragten Unternehmen** zu den in der Erhebung thematisierten Fragen, die sich im Zusammenhang mit Ingenieurinnen und Ingenieuren in unternehmerischen Innovationsprozessen stellen.

- Ingenieurinnen und Ingenieure werden als die zentralen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Innovationsprozess der Unternehmen gesehen. Sie machen einen Großteil des Innovationspersonals aus und leisten auch qualitativ entscheidende Beiträge für Innovationen. Dies gilt für alle Stufen der Innovationsprozesse, von den Ideen und Impulsen (Haupttreiber) bis zur Vermarktung der Innovationen (Kompetenz auf Augenhöhe mit den Kunden).
- Technologisch werden die Erwartungen der Unternehmen stark von den Folgen der Internetrevolution ange-regt. Industrie 4.0 wird – zumindest in einem weiten Sinne – als das Zukunftsthema angesehen, mit weit-

reichenden Folgen auch für die einzelnen Unternehmen. Das hat eine starke Betonung der Bedeutung der IT-Technologie zur Folge, insbesondere bezogen auf die durch Software begründeten besonderen Produkteigenschaften.

- Die Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für die Innovationsaktivitäten der Unternehmen erfolgt selten durch konkrete monetäre Anreize; Innovation gehört vielmehr zum Selbstverständnis der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, insbesondere von Ingenieurinnen und Ingenieuren.
- Im Rahmen von Innovationsprojekten haben Forschungsk Kooperationen mit Wissenschaftseinrichtungen für die Unternehmen eine hohe Bedeutung. Die Unternehmen suchen dabei ihre Partner vornehmlich nach inhaltlichen Gesichtspunkten aus. Entscheidend ist dabei, dass sie die richtigen Personen, aber auch – fast noch wichtiger – dass sie die für ihr Vorhaben nötige Infrastruktur vorfinden. Die Frage, ob sie diese in Universitäten, Fachhochschulen oder außeruniversitären Forschungseinrichtungen finden, ist weitgehend zweitrangig.
- Grundlagenforschung sollte aus Sicht der Unternehmen vornehmlich an den Wissenschaftseinrichtungen stattfinden, insbesondere wenn es um Vorhaben geht, die lange Laufzeiten haben und deren Ausgang höchst ungewiss ist. Die in den Unternehmen geleistete Grundlagenforschung hat häufig einen klaren Anwendungsbezug und mündet in relativ kurzer Zeit (zwei bis drei Jahre) in neue Produkte oder Verfahren.
- Viele Unternehmen betonen die Bedeutung einer praxisorientierten Ausbildung an den Hochschulen. Mit der bestehenden Hochschullandschaft sind sie weitgehend zufrieden. Viele Unternehmen sind sehr spezialisiert und haben ein entsprechendes Anforderungsprofil an ihre Ingenieurinnen und Ingenieure. Oft erwarten sie gar nicht, dass Hochschulabsolventinnen und -absolventen direkt eingesetzt werden können. Eine ein- bis zweijährige Einarbeitungsphase ist üblich, um den Einsteigerinnen und Einsteigern eine unternehmensspezifische Kompetenz zu vermitteln.
- Der Abschluss „Diplom-Ingenieurin/Diplom-Ingenieur“ wird von vielen der Unternehmen vermisst. Er galt vielen von ihnen als international eingeführte Qualitätsmarke und als Studiengang mit Freiräumen für praktische Erfahrungen (Studentenjobs, Praktika).
- Der Arbeitsmarkt ist im Kontext des Bologna-Systems an den Hochschulen mit den Bachelor-/Masterabschlüssen aus Sicht der Unternehmen sehr unübersichtlich geworden. Insbesondere die klare und aus Sicht der Unternehmen verlässliche Kompetenzzuweisung früherer Zeiten (Diplom Uni: wissenschaftlich theoretisch, aber mit Praxisbezug; Diplom FH: anwendungsorientiert praktisch) gilt für heutige Absolventinnen und Absolventen nicht mehr. Die hochschulindividuellen modularen Studiengänge erfordern aus Sicht der Unternehmen einen hohen Aufwand zur Identifizierung der tatsächlichen Kompetenzen der einzelnen Bewerberinnen und Bewerber.
- Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen werden von einer größeren Gruppe der Unternehmen nicht als vollwertig ausgebildete Ingenieurinnen und Ingenieure wahrgenommen.
- Die Position als Nachfrager auf dem Arbeitsmarkt für Ingenieurinnen und Ingenieure wird von den Unternehmen recht unterschiedlich eingeschätzt. Die Hälfte der befragten Unternehmen erwartet Probleme, die andere Hälfte nicht. Die Unternehmen, die häufiger auf diesem Arbeitsmarkt aktiv sind, scheinen die Probleme deutlicher zu spüren. Das sind mittlere und größere Unternehmen mit einem höheren Anteil von Ingenieurinnen und Ingenieuren an allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern.
- Die Unternehmen sehen den erfolgreichsten Weg, um neue Ingenieurinnen und Ingenieure zu finden und einzustellen, im direkten Kontakt zu den Hochschulen. Sie vergeben Praktika sowie Bachelor- und Masterarbeiten und versuchen auch im Rahmen von Kooperationsprojekten mit Wissenschaftseinrichtungen Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeiter anzuwerben.
- Kleine Unternehmen sehen besondere Probleme auf dem Arbeitsmarkt für Ingenieurinnen und Ingenieure. Sie fühlen sich gegenüber Großunternehmen benachteiligt. Diese könnten höhere Gehälter zahlen, die besseren Karriereoptionen bieten und seien als potenzielle Langzeitarbeitgeber auch deutlich sichtbarer als die kleinen Unternehmen. Die kleinen Unternehmen äußerten den Wunsch nach einem besseren Zugang zu den Wissenschaftseinrichtungen.

3.9 Interview-Leitfaden

Leitfaden für eine qualitative Erhebung zum Themenkomplex „Innovationsprozess in Unternehmen: Organisation und Ausrichtung, Relation zur Wissenschaft, Rolle und Bedeutung von Ingenieurinnen und Ingenieuren“

1. Innovator

1.1 Hat Ihr Unternehmen im Verlauf der letzten drei Jahre neue oder merklich verbesserte Produkte/Dienstleistungen entwickelt und auf den Markt gebracht?

2. Organisation und Ausrichtung des Innovationsprozesses

2.1 Beschreiben Sie ein typisches Beispiel für ein Innovationsprojekt in Ihrem Unternehmen. (Hinweis Interviewer: Art der Innovation soll deutlich werden.)

2.2 Welche Strategien haben Sie, um aus Ideen marktgängige Produkte zu entwickeln?

2.3 Hat Ihr **Unternehmen** ein strukturiertes Wissensmanagement?

- Wenn ja, was sind seine wesentlichen Merkmale?
- Welche Technologien haben für Ihr Unternehmen gegenwärtig die größte Bedeutung?
- Welche davon werden in den nächsten 5-10 Jahren eher an Bedeutung für Sie verlieren? Welche werden für Sie eher wichtiger werden?

3. Relation zur Wissenschaft

3.1 Wie motivieren Sie Ihre eigenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für Innovationen? Gibt es konkrete Anreize?

3.2 Wie begegnen Sie eventuellen **internen Widerständen** gegen Innovationsprojekte?

3.3 Arbeitet Ihr Unternehmen mit anderen Unternehmen, Ingenieurbüros, Hochschulen und/oder Forschungseinrichtungen zusammen?

- (Wenn ja ggf. Nachfrage: Welche Einrichtungen? Auch Fachhochschulen?)
- (Wenn Kooperation mit Fachhochschulen:)
 - Was sind Ihre Motive für die Kooperation?
 - Worin besteht die Leistung, die die Fachhochschule erbringt?
- Wie kommen Kooperationen zustande?
- Suchen Sie passende Kooperationspartner oder kommen die auf Sie zu?
- (ggf. separiert nach Partnertypen)

3.4 Wie ist die Kooperation organisiert? (Aufträge, gemeinsame Projekte, eher informell)

3.5 Ist die Vergabe von **Aufträgen an entsprechende Ingenieurbüros** eine Alternative zur Kooperation mit Hochschulen?

3.6 Ganz grundsätzlich: Sollte die **Grundlagenforschung** hauptsächlich in der Wissenschaft stattfinden oder auch in Unternehmen?

4. Rolle und Bedeutung von Ingenieurinnen und Ingenieuren

4.1 Wo sind Ingenieurinnen und Ingenieure **im Verlauf des Innovationsprozesses** in Ihrem Unternehmen relevant?

- Evtl. Nachfragen: Spielen Ingenieurinnen und Ingenieure auch bei der **Ideenfindung** eine Rolle?
- Evtl. Nachfragen: Spielen Ingenieurinnen und Ingenieure auch bei der **Konzipierung** der Projekte eine Rolle?
- Evtl. Nachfragen: Spielen Ingenieurinnen und Ingenieure auch bei der **Umsetzung** der Projekte eine Rolle?
- Evtl. Nachfragen: Spielen Ingenieurinnen und Ingenieure auch bei der **Vermarktung** der Innovationen eine Rolle?

4.2 Wo werden die Ingenieurinnen und Ingenieure hauptsächlich eingesetzt?

- Forschung - Entwicklung/Konstruktion - Produktion - Vertrieb - Service

4.3 Können Sie sagen, **wie viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter** in Ihrem Unternehmen beschäftigt sind und wie viele davon **Ingenieurinnen bzw. Ingenieure** sind?

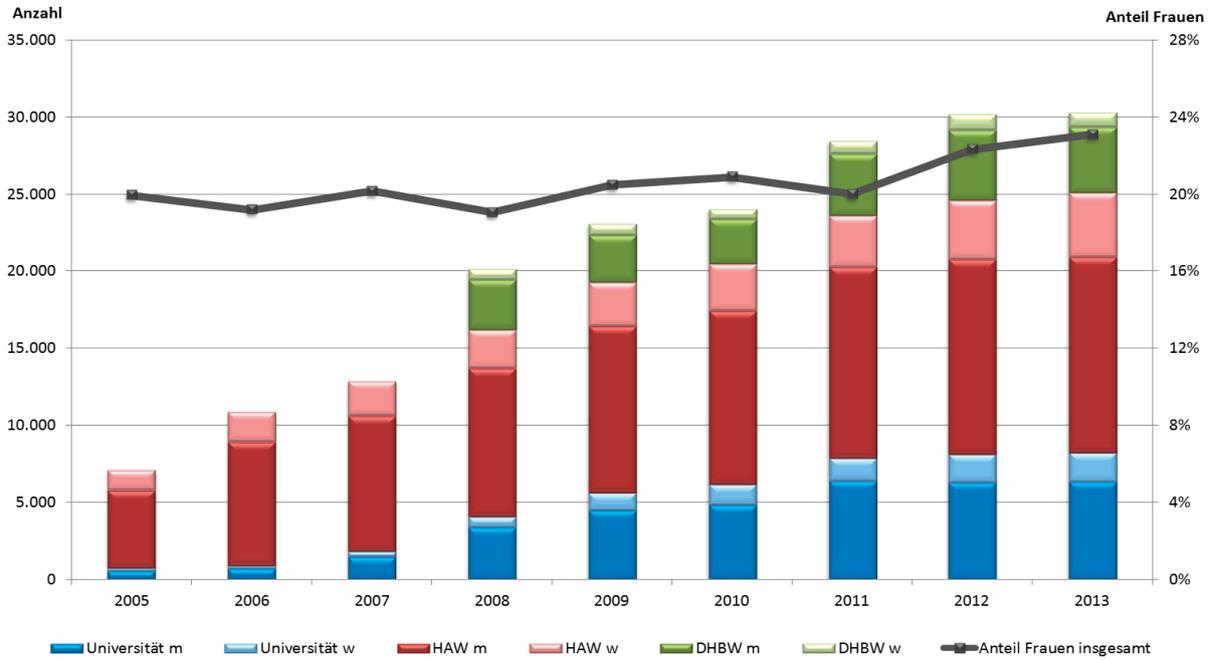
4.4 Was sind die wichtigsten **Disziplinen**, zu denen diese Ingenieurinnen und Ingenieure gehören?
(Maschinenbau, Elektrotechnik, Verfahrenstechnik, ...)

4.5 Wenn Sie an alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter denken, die an einem typischen Innovationsprojekt beteiligt sind: Wie hoch ist der **Anteil** der Ingenieurinnen und Ingenieure?

- Können Sie den inhaltlichen Beitrag der Ingenieurinnen und Ingenieure quantifizieren? D.h. sind Ingenieurinnen und Ingenieure Haupttreiber der Innovationsaktivitäten oder spielen sie eher eine nachgelagerte Rolle?
- 4.6 Wenn Sie nur an direkt nach Abschluss des Hochschulstudiums eingestellte Hochschulabsolventinnen und -absolventen denken, werden die genauso eingesetzt oder gibt es eine senioritäts-/erfahrungsbedingte **funktionsbezogene** Ingenieur“laufbahn“ in Ihrem Unternehmen?
- 4.7 Halten Sie in den nächsten 10 Jahren eine Veränderung der Ingenieurausbildung eher zu mehr **Theorie-/Wissenschaftsorientierung** oder eher zu mehr **Praxis-/Anwendungsorientierung** für nötig?
- 4.8 Brauchen Sie eher Spezialisten hinsichtlich methodischer, fachlicher und organisatorischer Kompetenzen oder sehr breit ausgebildete Generalisten?
 - Beschreiben Sie die zentralen methodischen, fachlichen und organisatorischen Kompetenzen der für Ihr Unternehmen wichtigsten Gruppe von Ingenieurinnen und Ingenieuren.
 - Wenn nicht genannt, konkret nach Forschungserfahrung und Auslandserfahrung fragen.
- 4.9 Wo und wie gewinnen Sie Ingenieurinnen und Ingenieure mit den für Sie relevanten Kompetenzen? (z. B. Hochschulabsolventinnen und -absolventen, erfahrene Ingenieurinnen und Ingenieure aus anderen Unternehmen)
- 4.10 Gibt es **interne Weiterbildungen** speziell für neu eingestellte Ingenieurinnen und Ingenieure?
 - Wenn **ja**: Vermitteln Weiterbildungen in erster Linie unternehmensspezifische Kompetenzen? Oder werden Lücken in der Hochschulausbildung geschlossen?
 - Wenn **nein**: Erfüllt die Ingenieurausbildung an Hochschulen den Qualifikationsbedarf?
- 4.11 Die akademischen Abschlüsse für Ingenieurinnen und Ingenieure sind in den letzten Jahren komplexer und unübersichtlicher geworden.
 - Es gibt Absolventinnen und Absolventen von Universität – Fachhochschule – DHBW sowie
 - die Abschlüsse: Bachelor – Master – PromotionWelche Kompetenzen/Unterschiede verbinden Sie mit den **verschiedenen Abschlüssen**?
 - Gibt es unterschiedliche Einsatzbereiche für Absolventinnen und Absolventen von Dualer Hochschule, Hochschule und Universität?
 - Gibt es unterschiedliche Einsatzbereiche für Ingenieurinnen und Ingenieure mit Bachelor-, Masterabschluss oder Promotion?
- 4.12 Können Sie Ihren zukünftigen Bedarf an Ingenieurinnen und Ingenieuren nach
 - Absolventinnen und Absolventen von **Universität – Fachhochschule – DHBW** sowie den
 - Abschlüssen **Bachelor – Master – Promotion** abschätzen?
- 4.13 Glauben Sie, dass Sie Probleme haben werden, Ihren Bedarf an Ingenieurinnen und Ingenieuren in den nächsten 5 Jahren zu decken?
 - Wenn **ja**: In welchen Disziplinen erwarten Sie Probleme?
 - Wenn **ja**: Wie gehen Sie damit um?

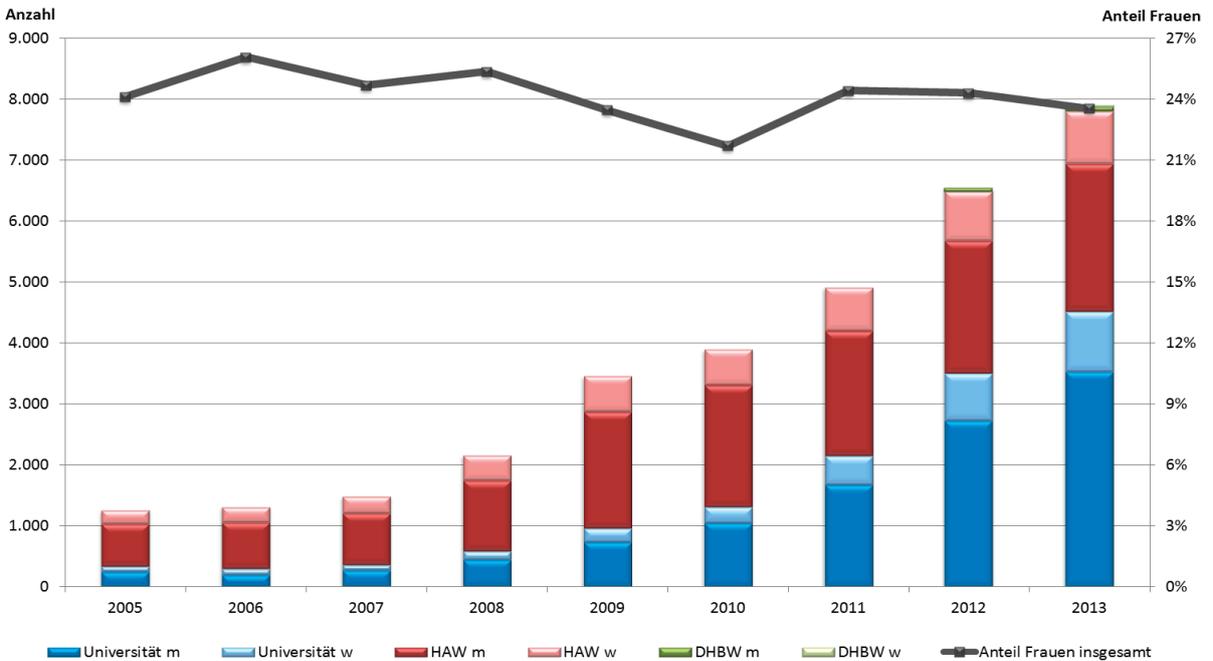
4. Grundlegende Daten

Abbildung A-18: Studienanfängerinnen und -anfänger im Bachelor Ingenieurwissenschaften nach Hochschulart und Gender sowie Anteil Frauen insgesamt



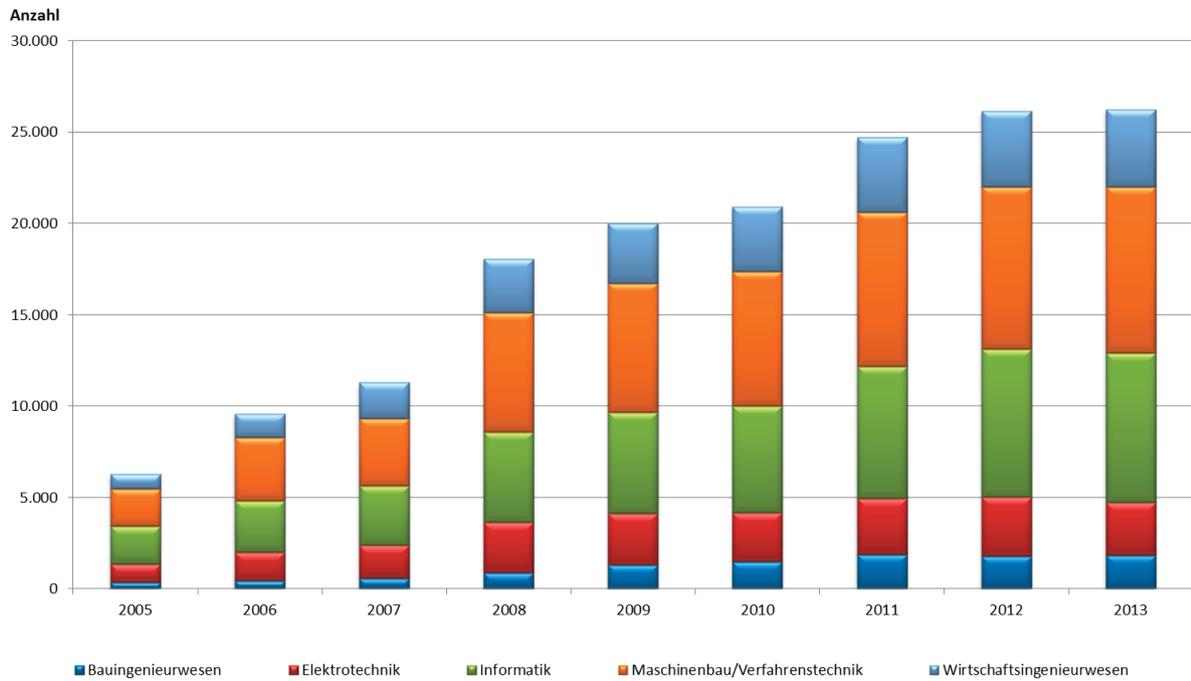
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission

Abbildung A-19: Studienanfängerinnen und -anfänger im Master Ingenieurwissenschaften nach Hochschulart und Gender sowie Anteil Frauen insgesamt



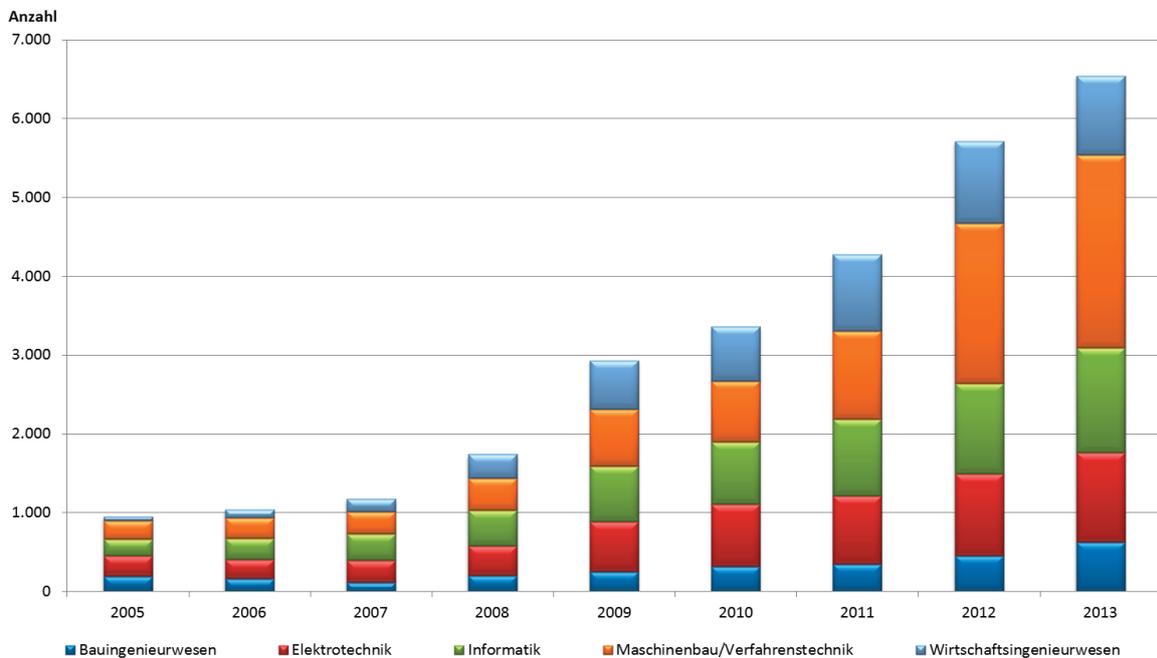
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission

Abbildung A-20: Studienanfängerinnen und -anfänger im Bachelor in ausgewählten Disziplinen der Ingenieurwissenschaften



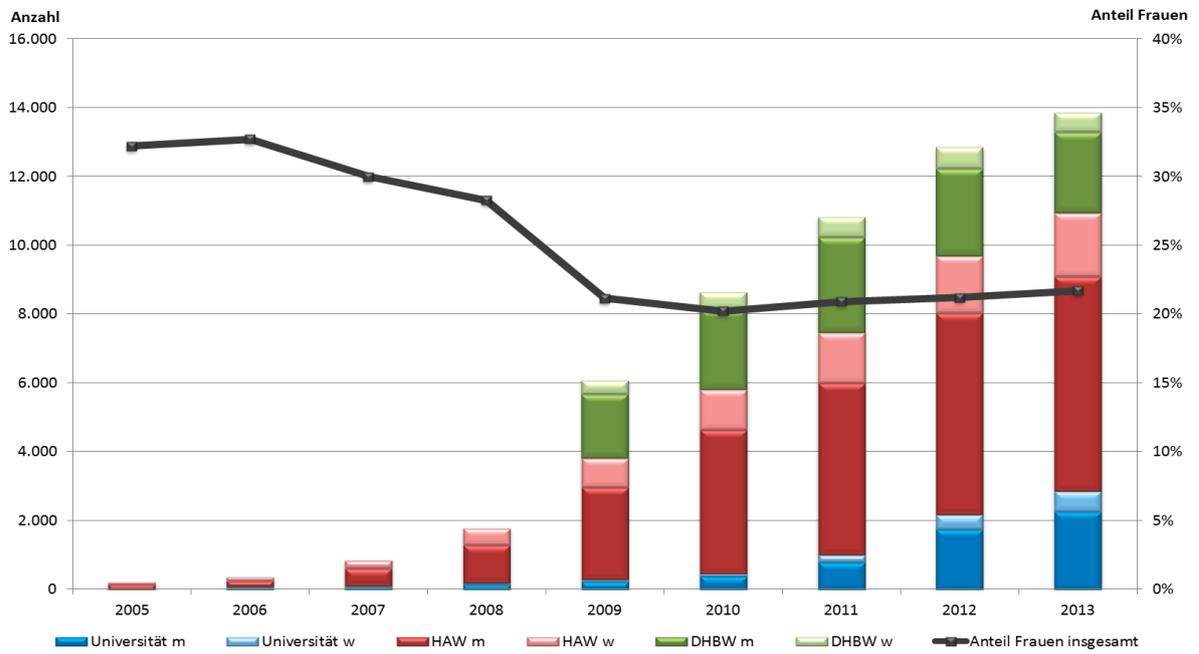
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission

Abbildung A-21: Studienanfängerinnen und -anfänger im Master in ausgewählten Disziplinen der Ingenieurwissenschaften



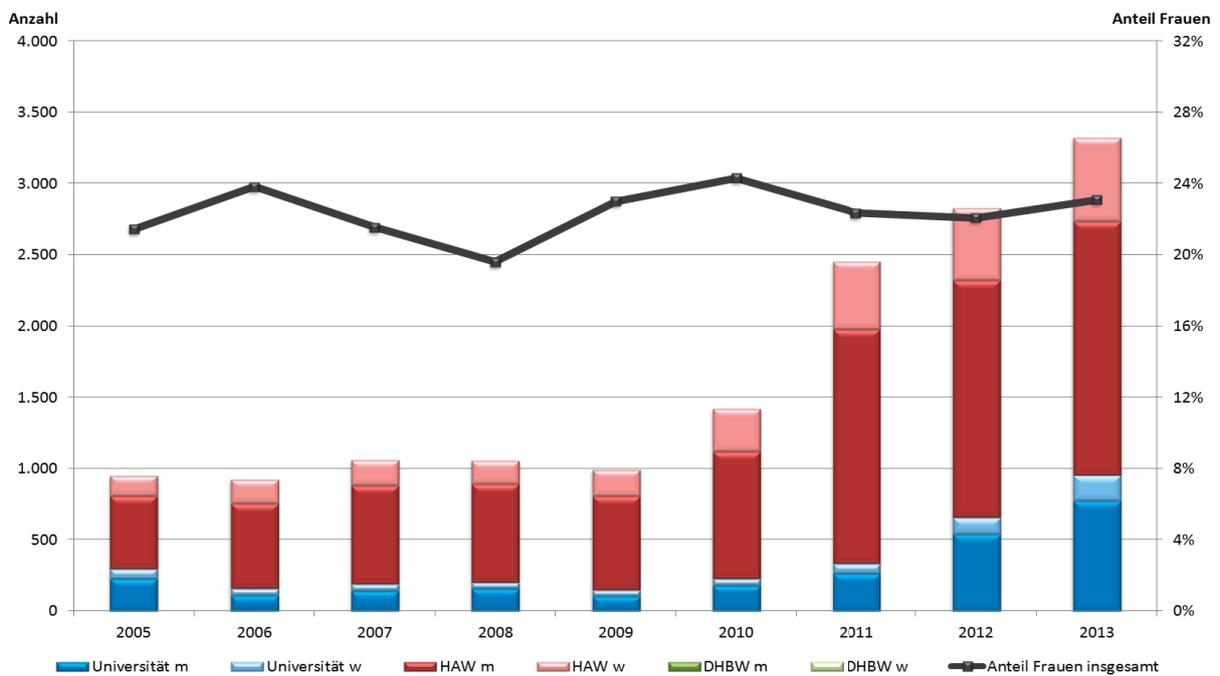
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission

Abbildung A-22: Absolventinnen und Absolventen im Bachelor Ingenieurwissenschaften nach Hochschulart und Gender sowie Anteil Frauen insgesamt



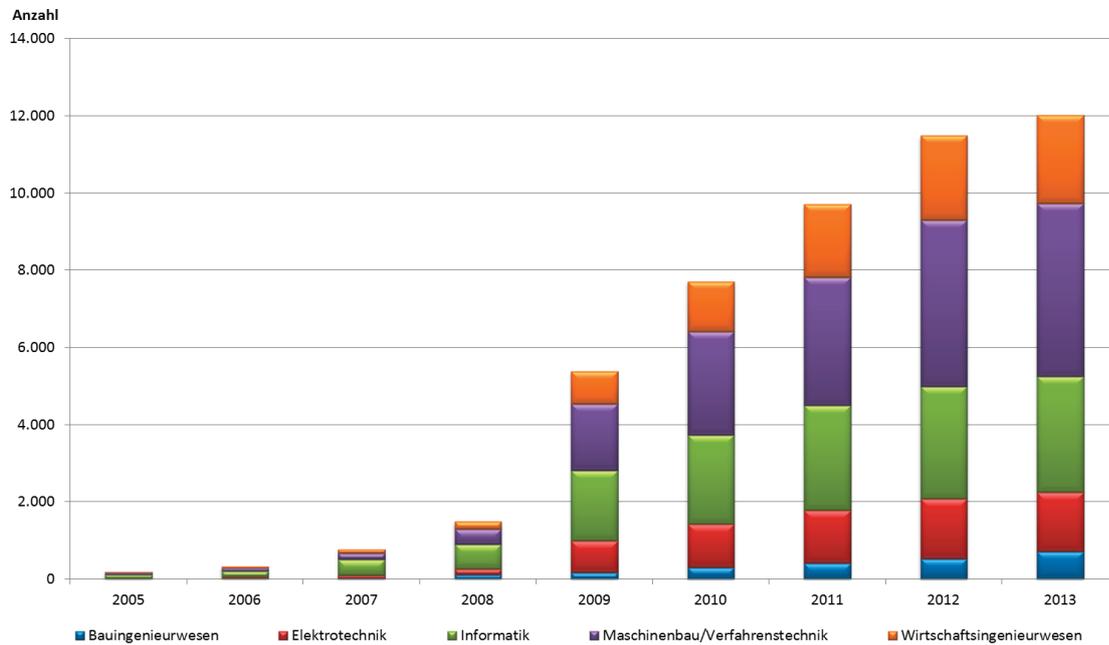
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission

Abbildung A-23: Absolventinnen und Absolventen im Master Ingenieurwissenschaften nach Hochschulart und Gender sowie Anteil Frauen insgesamt



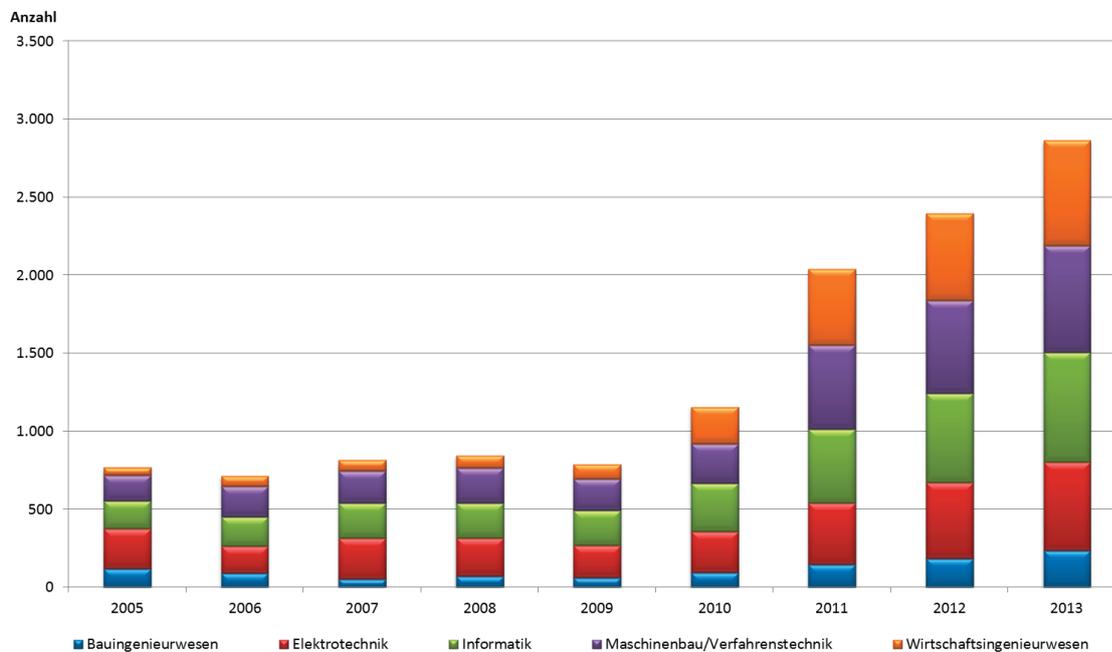
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission

Abbildung A-24: Absolventinnen und Absolventen im Bachelor in ausgewählten Disziplinen der Ingenieurwissenschaften



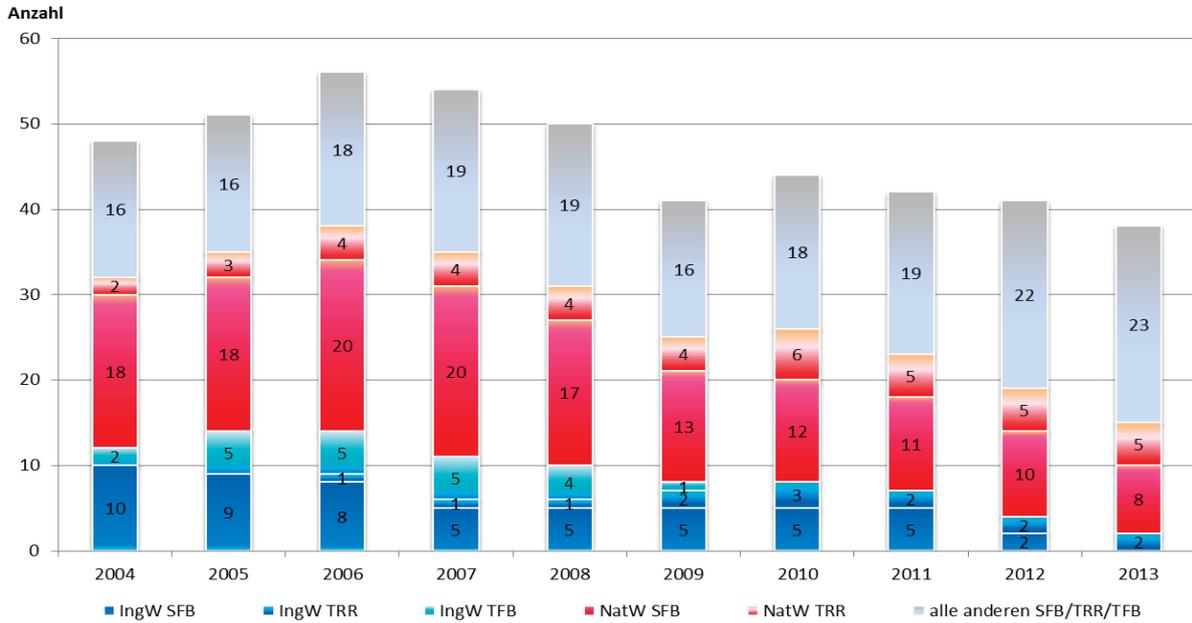
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission

Abbildung A-25: Absolventinnen und Absolventen im Master in ausgewählten Disziplinen der Ingenieurwissenschaften



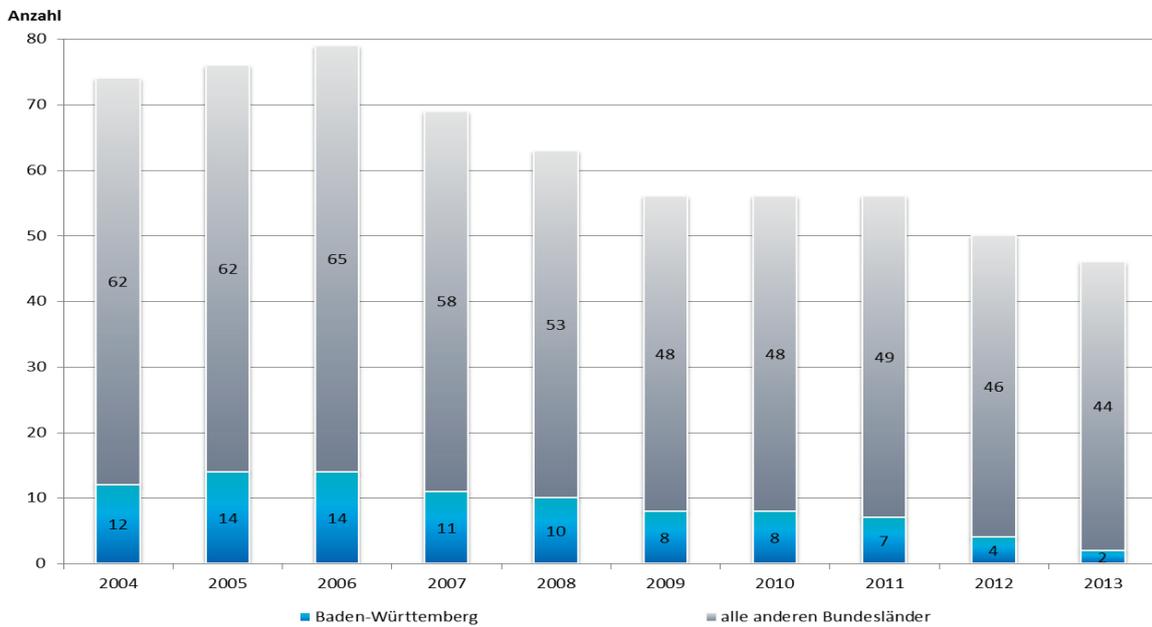
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission

Abbildung A-26: Entwicklung der eingerichteten Sonderforschungsbereiche (SFB), einschließlich der Transregio-Sonderforschungsbereiche (TRR) und Transferforschungsbereiche (TFB), in Baden-Württemberg 2004-2013



Quelle: Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015), Datenbank

Abbildung A-27: Entwicklung der eingerichteten Sonderforschungsbereiche (SFB + TRR + TFB) in den Ingenieurwissenschaften 2004-2013



Quelle: Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015), Datenbank

Tabelle A-2: Absolute und personalrelativierte DFG-Bewilligungen für 2008 bis 2010 nach Hochschulen in den Ingenieurwissenschaften

Absolute und personalrelativierte DFG-Bewilligungen für 2008 bis 2010 nach Hochschulen in den Ingenieurwissenschaften							
Absolute DFG-Bewilligungssumme		Personalrelativierte DFG-Bewilligungssumme ¹⁾					
Hochschule	Gesamt	Hochschule	Professorenschaft		Hochschule	Wissenschaftler/-innen	
	Mio. €		N	Tsd. € je Prof.		N	Tsd. € je Wiss.
Aachen TH	160,6	Aachen TH	155	1.035,0	Bremen U	536	89,8
Darmstadt TU	84,6	Bremen U	51	950,5	Saarbrücken U	308	77,4
Karlsruhe KIT	83,6	Darmstadt TU	113	745,7	Darmstadt TU	1.251	67,6
München TU	74,0	Hannover U	86	729,4	Aachen TH	2.420	66,4
Stuttgart U	66,6	Erlangen-Nürnberg U	82	712,4	Hannover U	1.009	62,0
Hannover U	62,6	Karlsruhe KIT	123	677,8	Erlangen-Nürnberg U	947	61,9
Dresden TU	58,7	Freiburg U	33	611,4	Kiel U	232	51,5
Erlangen-Nürnberg U	58,6	Freiburg TU	39	571,2	Karlsruhe KIT	1.630	51,3
Bremen U	48,2	Saarbrücken U	42	565,5	Freiburg U	414	49,4
Dortmund TU	44,6	München TU	150	494,3	Ulm U	248	46,0
Berlin TU	43,4	Bochum U	61	479,6	Dortmund TU	973	45,8
Braunschweig TU	41,1	Stuttgart U	139	479,2	Bochum U	644	45,8
Bochum U	29,5	Dortmund TU	95	467,6	Paderborn U	421	42,2
Saarbrücken U	23,8	Braunschweig TU	100	409,1	Freiburg TU	566	39,3
Freiburg TU	22,3	Chemnitz TU	53	405,7	Braunschweig TU	1.098	37,4
Chemnitz TU	21,5	Paderborn U	46	386,7	Bayreuth U	212	37,1
Ilmenau TU	20,7	Dresden TU	160	367,2	München TU	2.024	36,5
Freiburg U	20,5	Ilmenau TU	58	359,5	Siegen U	298	35,5
Hamburg-Harburg TU	18,6	Ulm U	35	326,0	Ilmenau TU	586	35,3
Paderborn U	17,8	Clausthal TU	45	311,0	Clausthal TU	416	33,6
Kaiserslautern TU	16,7	Kiel U	39	309,4	Rostock U	401	33,0
Duisburg-Essen U	16,7	Rostock U	52	256,1	Kaiserslautern TU	517	32,4
Clausthal TU	14,0	Berlin TU	172	252,0	Chemnitz TU	671	32,1
Rostock U	13,2	Duisburg-Essen U	79	210,6	Stuttgart U	2.081	32,0
Kassel U	12,8	Kaiserslautern TU	83	201,5	Duisburg-Essen U	526	31,8
Magdeburg U	12,5	Hamburg-Harburg TU	92	201,4	Hamburg-Harburg TU	587	31,6
Kiel U	11,9	Magdeburg U	68	184,2	Dresden TU	1.993	29,5
Ulm U	11,4	Kassel U	84	152,6	Berlin TU	1.516	28,6
Bielefeld U	10,7	Siegen U	73	145,9	Kassel U	510	25,0
Siegen U	10,6	Weimar U	54	139,1	Leipzig U	174	24,5
Heidelberg U	8,8	Cottbus TU	92	57,6	Magdeburg U	546	22,8
Bayreuth U	7,9	München UdBW	109	57,5	Weimar U	386	19,5
Jena U	7,8	Wuppertal U	76	31,7	München UdBW	407	15,4
Weimar U	7,5	Karlsruhe HSTW	129	8,7	Cottbus TU	528	10,1
Tübingen U	7,3	Hamburg HCU	44	6,7	Wuppertal U	289	8,4
München UdBW	6,3	Kiel FH	42	5,9	Karlsruhe HSTW	291	3,8
Bonn U	6,1	Bonn-Rhein-Sieg HS	53	4,4	Berlin BHST	186	3,7
Oldenburg U	5,8	Aalen HTW	84	4,2	Münster FH	198	1,9
Konstanz U	5,6	Berlin BHST	166	4,2	Trier FH	163	1,6
Cottbus TU	5,3	Münster FH	90	4,1	Furtwangen HFU	176	1,5
Rang 1–40	1.200,1	Rang 1–40	3.348	342,2	Rang 1–40	28.381	40,8
Weitere HS	77,1	Weitere HS	7.076	18,6	Weitere HS	12.891	9,3
HS insgesamt	1.277,2	HS insgesamt	10.424	122,5	HS insgesamt	41.271	30,9
davon Univ.	1.270,1	davon Univ.	3.283	386,9	davon Univ.	30.125	42,2
Basis: N HS	108	Basis: N HS	212	108	Basis: N HS	219	108

¹⁾ Die rankingbezogenen Berechnungen erfolgen nur für Hochschulen, an denen 30 und mehr Professorinnen und Professoren bzw. 150 und mehr Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler insgesamt im Jahr 2009 im hier betrachteten Wissenschaftsbereich hauptberuflich tätig waren.

Datenbasis und Quellen:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): DFG-Bewilligungen für 2008 bis 2010.

Statistisches Bundesamt (DESTATIS): Bildung und Kultur. Personal an Hochschulen 2009. Sonderauswertung zur Fachserie 11, Reihe 4.4.

Berechnungen der DFG.

Quelle: Deutsche Forschungsgemeinschaft (2012): Förderatlas 2012, Bonn.

Tabelle A-3: Absolute und personalrelativierte DFG-Bewilligungen für 2011 bis 2013 nach Hochschulen in den Ingenieurwissenschaften

Die Hochschulen mit den absolut und personalrelativiert höchsten DFG-Bewilligungen für 2011 bis 2013 in den Ingenieurwissenschaften							
Absolute DFG-Bewilligungssumme		Personalrelativierte DFG-Bewilligungssumme ¹⁾					
Hochschule	Gesamt	Hochschule	Professorenschaft		Hochschule	Wissenschaftler/-innen	
	Mio. €		N	Tsd. € je Prof.		N	Tsd. € je Wiss.
Aachen TH	143,5	Aachen TH	164	872,9	Berlin HU	104	86,9
Darmstadt TU	88,4	Erlangen-Nürnberg U	98	758,0	Bielefeld U	196	78,8
Erlangen-Nürnberg U	74,4	Freiburg U	40	724,2	Freiburg U	435	66,0
Stuttgart U	74,3	Darmstadt TU	131	674,8	Bonn U	130	62,3
Karlsruhe KIT	74,2	Freiburg TU	42	655,1	Jena U	126	61,5
München TU	72,8	Chemnitz TU	51	649,8	Erlangen-Nürnberg U	1.233	60,3
Dresden TU	64,4	Bochum U	65	641,0	Darmstadt TU	1.500	58,9
Berlin TU	56,1	Hannover U	93	593,9	Oldenburg U	107	56,8
Hannover U	55,2	Karlsruhe KIT	144	515,7	Saarbrücken U	362	56,3
Dortmund TU	48,5	Stuttgart U	146	510,4	Bochum U	743	55,9
Bochum U	41,5	Bremen U	55	494,4	Aachen TH	2.662	53,9
Chemnitz TU	33,1	Dortmund TU	100	485,7	Kiel U	312	52,0
Braunschweig TU	30,4	Bayreuth U	23	467,8	Dortmund TU	935	51,9
Freiburg U	28,7	München TU	167	435,6	Hannover U	1.102	50,1
Freiburg TU	27,5	Saarbrücken U	49	415,8	Ulm U	266	47,3
Bremen U	27,0	Paderborn U	51	405,2	Paderborn U	449	45,8
Ilmenau U	24,0	Dresden TU	165	389,9	Bremen U	620	43,5
Kaiserslautern TU	22,2	Ilmenau TU	64	377,6	Bayreuth U	249	43,4
Paderborn U	20,6	Kiel U	44	369,0	Freiburg TU	642	42,8
Saarbrücken U	20,4	Jena U	22	352,3	Tübingen U	130	41,3
Hamburg-Harburg TU	17,6	Ulm U	37	337,0	Karlsruhe KIT	1.823	40,7
Magdeburg U	17,2	Braunschweig TU	95	318,8	Berlin FU	103	40,4
Duisburg-Essen U	16,6	Clausthal TU	45	309,4	Kaiserslautern TU	580	38,2
Kiel U	16,2	Oldenburg U	20	302,7	Chemnitz TU	889	37,3
Bielefeld U	15,5	Magdeburg U	61	280,1	Ilmenau TU	645	37,2
Clausthal TU	13,9	Berlin TU	211	266,1	Hamburg U	145	36,8
Rostock U	13,8	Hamburg U	20	261,7	Siegen U	330	35,5
Ulm U	12,6	Tübingen U	21	250,9	Augsburg U	127	35,1
Siegen U	11,7	Kaiserslautern TU	90	246,3	Stuttgart U	2.225	33,4
Bayreuth U	10,8	Rostock U	64	215,8	München LMU	115	31,4
Kassel U	10,6	Hamburg-Harburg TU	83	211,8	Magdeburg U	552	31,1
Heidelberg U	10,0	Duisburg-Essen U	84	199,0	Leipzig U	136	31,0
Berlin HU	9,0	Weimar U	44	173,0	München TU	2.347	31,0
Bonn U	8,1	Siegen U	68	171,6	Clausthal TU	450	30,9
Jena U	7,8	Hamburg UdBW	27	113,0	Frankfurt/Main U	112	30,2
Weimar U	7,6	Kassel U	95	111,6	Rostock U	459	30,1
Konstanz U	6,8	Cottbus-Senftenberg BTU	97	55,6	Hamburg-Harburg TU	617	28,5
Oldenburg U	6,1	Wuppertal U	75	55,5	Dresden TU	2.263	28,5
Münster U	5,7	München UdBW	105	51,4	Braunschweig TU	1.132	26,9
München UdBW	5,4	Leipzig HSfTk	20	11,0	Berlin TU	2.122	26,4
Rang 1–40	1.250,1	Rang 1–40	3.076	406,4	Rang 1–40	29.477	42,4
Weitere HS²⁾	92,6	Weitere HS²⁾	8.691	10,7	Weitere HS²⁾	19.646	4,7
HS insgesamt	1.342,7	HS insgesamt	11.767	114,1	HS insgesamt	49.123	27,3
davon Univ.	1.333,4	davon Univ.	3.540	376,7	davon Univ.	34.549	38,6
Basis: N HS	121	Basis: N HS	216	121	Basis: N HS	228	121

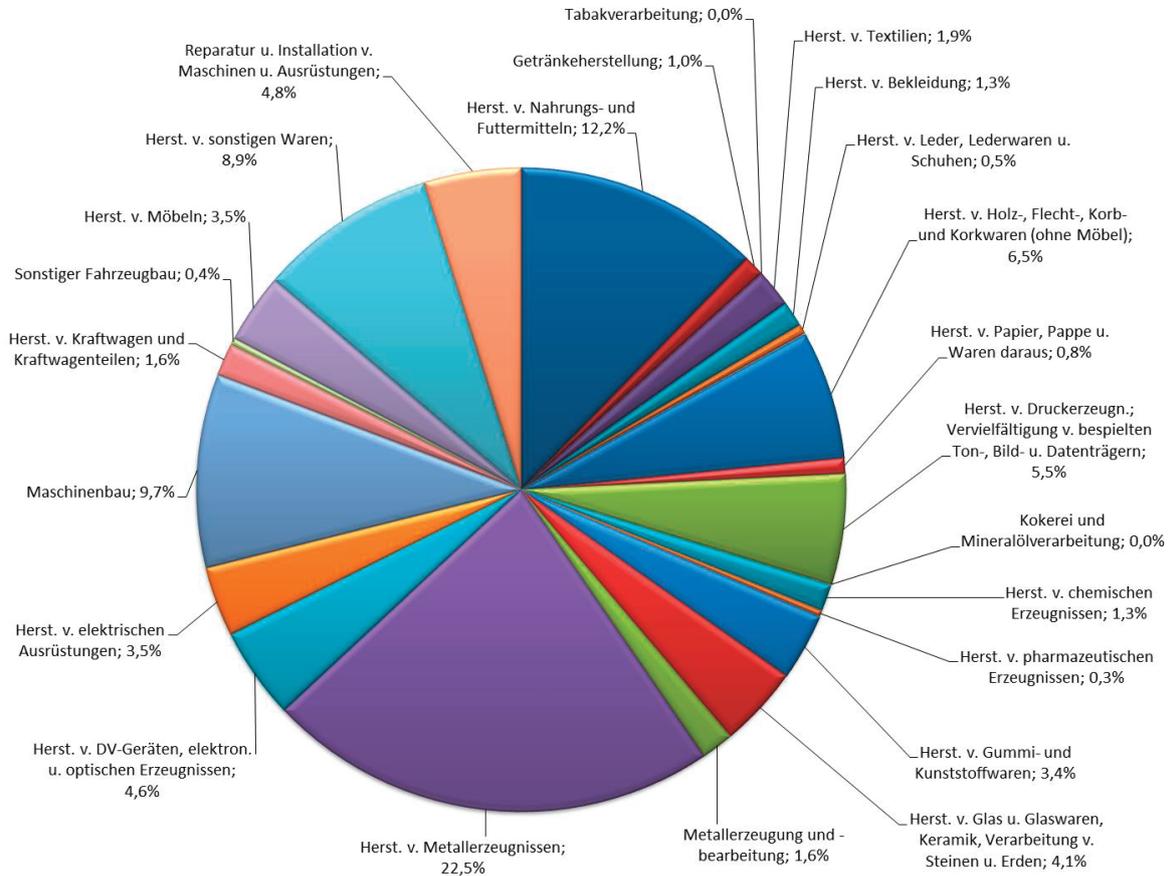
¹⁾ Die Berechnungen erfolgen nur für Hochschulen, an denen 20 und mehr Professorinnen und Professoren beziehungsweise 100 und mehr Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler insgesamt im Jahr 2012 im hier betrachteten Wissenschaftsbereich hauptberuflich tätig waren.

²⁾ Daten zu weiteren Hochschulen gehen aus den Tabellen Web-7 und Web-11 unter www.dfg.de/foerderatlas hervor.

Datenbasis und Quellen:
 Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): DFG-Bewilligungen für 2011 bis 2013.
 Statistisches Bundesamt (DESTATIS): Bildung und Kultur. Personal an Hochschulen 2012. Sonderauswertung zur Fachserie 11, Reihe 4.4.
 Berechnungen der DFG.

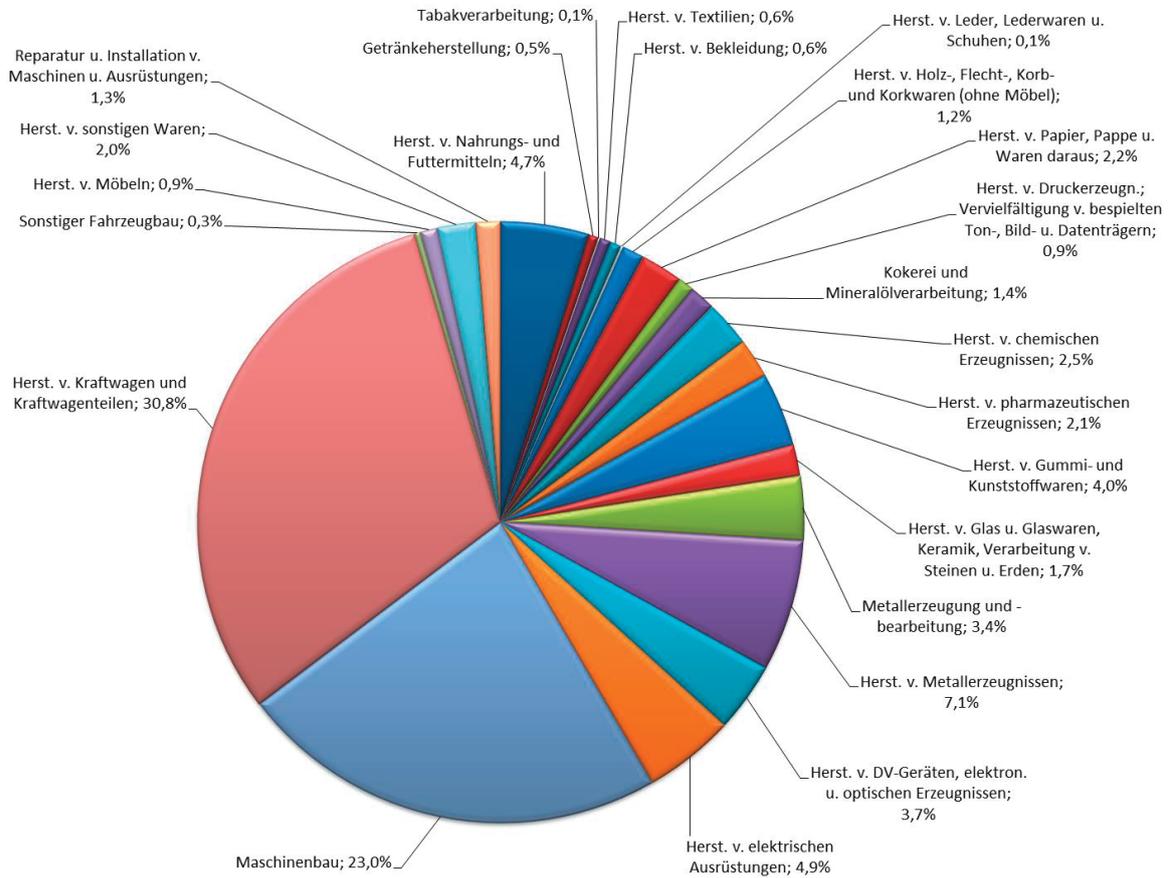
Quelle: Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015): Förderatlas 2015, Bonn.

Abbildung A-28: Verteilung Anzahl der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe in Baden-Württemberg nach Wirtschaftszweigen 2012



Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015): Unternehmen und Betriebe sowie deren Beschäftigte und Umsätze, http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/VolkswPreise/Landesdaten/UR_WAbteilung_0000.asp [letzter Zugriff 05.11.2015]

Abbildung A-29: Verteilung Umsatz im Verarbeitenden Gewerbe in Baden-Württemberg nach Wirtschaftszweigen 2012



Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015): Unternehmen und Betriebe sowie deren Beschäftigte und Umsätze, http://www.statistik.baden-wuerttemberg.de/VolkswPreise/Landesdaten/UR_WAbteilung_0000.asp [letzter Zugriff 05.11.2015]

5. Erläuterungen zu „Ströme der Studentinnen und Studenten in den Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg“

Abbildung A-30: Ströme der Studentinnen und Studenten in den Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg

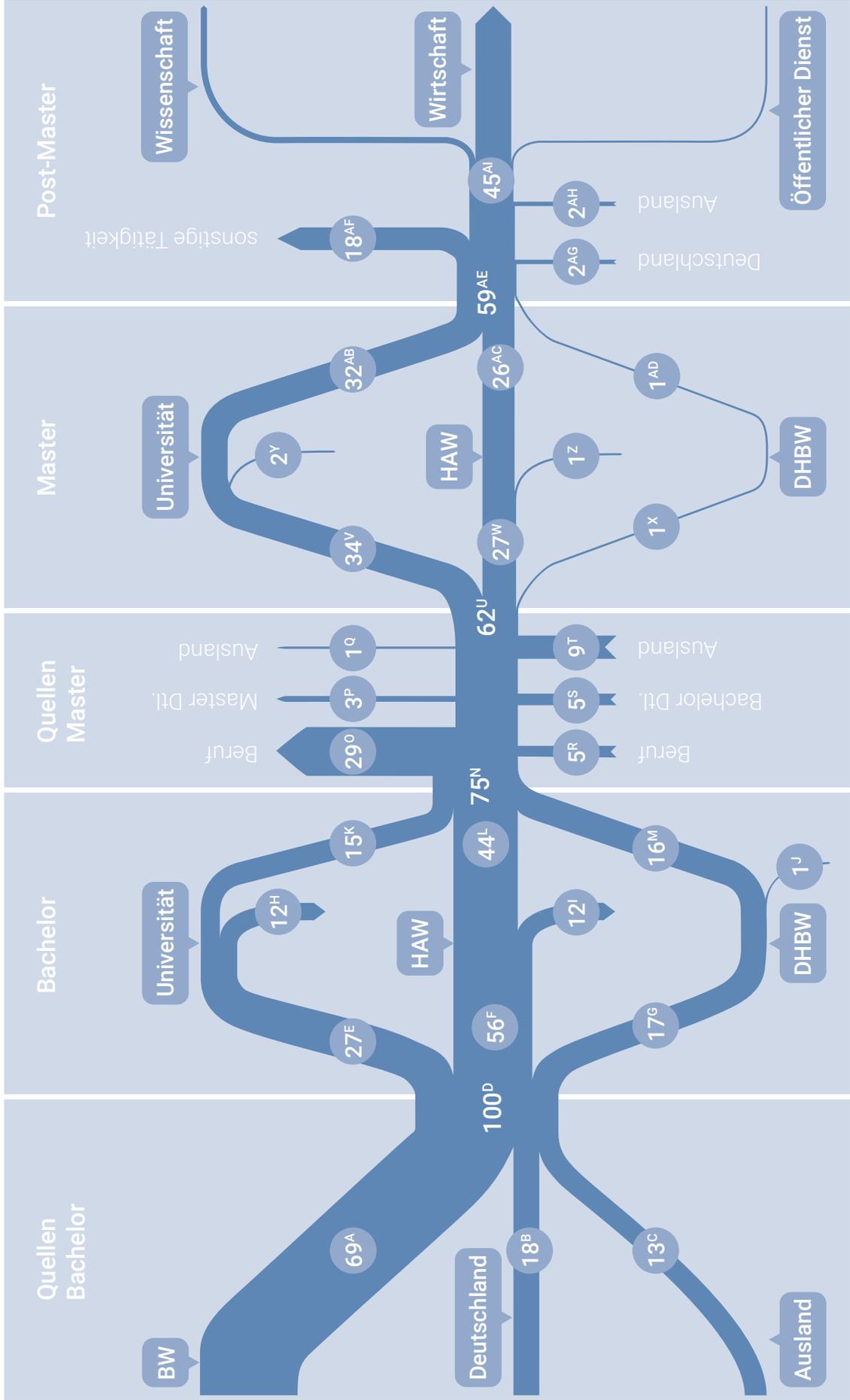


Tabelle A-4: Erläuterungen zu „Ströme der Studentinnen und Studenten in den Ingenieurwissenschaften in Baden-Württemberg“

Bez.	Angabe	2010	2011	2012	2013	Durchschnittswert sowie Indikator (Indikator: in Relation zu 100 Studienanfänger/-innen Bachelor, gerundet)	Quelle für Werte
A	Bachelor-Studienanfängerinnen und -anfänger mit HZB-Erwerb in BW	69,5 %	70,7 %	68,7 %	67 %	69 % = 69	Statistisches Bundesamt (2014), Bildung und Kultur - Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 1980 - 2013, Fachserie 11, Reihe 4.3.1, Wiesbaden. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg
B	Bachelor-Studienanfängerinnen und -anfänger mit HZB-Erwerb in Deutschland	17,9 %	18,1 %	18,5 %	18,6 %	18 % = 18	Statistisches Bundesamt (2014), Bildung und Kultur - Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 1980 - 2013, Fachserie 11 Reihe 4.3.1, Wiesbaden. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg
C	Bachelor-Studienanfängerinnen und -anfänger mit HZB-Erwerb im Ausland	12,6 %	11,2 %	12,9 %	14,4 %	13 % = 13	Statistisches Bundesamt (2014), Bildung und Kultur - Nichtmonetäre hochschulstatistische Kennzahlen 1980 - 2013, Fachserie 11 Reihe 4.3.1, Wiesbaden. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg
D	Bachelor-Studienanfängerinnen und -anfänger gesamt	24.044	28.440	30.172	30.302	= 28.240 = 100 % = 100	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission
E	Bachelor-Studienanfängerinnen und -anfänger Universitäten	6.160	7.871	8.098	8.227	= 7.589 = 27 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 27	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission
F	Bachelor-Studienanfängerinnen und -anfänger HAW	14.320	15.725	16.498	16.830	= 15.843 = 56 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 56	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission
G	Bachelor-Studienanfängerinnen und -anfänger DHBW	3.564	4.844	5.576	5.245	= 4.807 = 17 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 17	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission
H	Schwundbilanz Bachelor Universität	k.A.*	54 %	35 %	k.A.*	= 45 % (entspricht 3.415 von 7.589) = 3.415 = 12 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 12	Heublein, U. et al. (2015), Die Schwundbilanzen bei den deutschen Studentinnen und Studenten an den baden-württembergischen Hochschulen, DZHW, Hannover.
I	Schwundbilanz Bachelor HAW	k.A.*	25 %	16 %	k.A.*	= 21 % (entspricht 3.327 von 15.843) = 3.327 = 12 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 12	Heublein, U. et al. (2015), Die Schwundbilanzen bei den deutschen Studentinnen und Studenten an den baden-württembergischen Hochschulen, DZHW, Hannover.
J	Schwundbilanz Bachelor DHBW	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	= 5 % (entspricht 240 von 4.807) = 240 = 1 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 1	Es liegen keine gesonderten Daten zur Schwundbilanz Bachelor DHBW vor. Unter der Voraussetzung, dass nur sehr wenige Studentinnen und Studenten ein DHBW-Studium abbrechen, wurde eine fünf-prozentige Schwundbilanz angenommen.
K	Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen Universität					= 4.174 = 15 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 15	Differenz aus Studienanfänger/-innen und Schwundbilanz Bachelor Universität
L	Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen HAW					= 12.516 = 44 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 44	Differenz aus Studienanfänger/-innen und Schwundbilanz Bachelor HAW
M	Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen DHBW					= 4.567 = 16 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 16	Differenz aus Studienanfänger/-innen und Schwundbilanz Bachelor DHBW

Bez.	Angabe	2010	2011	2012	2013	Durchschnittswert sowie Indikator (Indikator: in Relation zu 100 Studienanfänger/-innen Bachelor, gerundet)	Quelle für Werte
N	Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen gesamt					= 21.257 = 75 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 75	Summe der Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen von Universität, HAW, DHBW
O	Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen, die nach ihrem Abschluss in den Beruf gehen	k.A.*	k.A.*			Universität = 417 HAW = 3.947 DHBW = 3.836 = 8.200 => 29 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 29	Kooperationsprojekt Absolventenstudien KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, INCHER-Kassel, Kassel. KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, Universität Stuttgart, INCHER-Kassel, Kassel. Statistisches Landesamt (2014), Absolventenbefragung der Hochschulen für Angewandte Wissenschaft 2013, Stuttgart. Statistisches Landesamt (2014), Absolventenbefragung der Dualen Hochschule Baden-Württemberg 2012, Stuttgart.
P	Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen, die ihren Master in einem anderen Bundesland machen	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	= 834 = 3 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 3	Es liegen keine Daten zu Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen vor, die einen anschließenden Master-Studiengang in einem anderen Bundesland begonnen haben. Unter der Annahme, dass nur wenige Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen von Universität oder HAW einen anschließenden Masterabschluss außerhalb Baden-Würtbergs anstreben, wurde ein Wert von fünf Prozent angenommen.
Q	Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen, die nach ihrem Abschluss ins Ausland gehen	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	= 110 = 0,4 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 1	Es liegen keine Daten zu Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen vor, die nach ihrem Abschluss ins Ausland gewechselt sind. Unter der Annahme, dass nur wenige Bachelor-Absolventen von Universität oder HAW nach ihrem Abschluss ins Ausland gehen, wurde ein Wert von fünf Prozent angenommen.
R	Master-Studienanfängerinnen und -anfänger, die aus einem Beruf kommen	k.A.*	k.A.*			Universität = 1.208 HAW = 134 = 1.342 = 5 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 5	KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, Karlsruher Institut für Technologie, INCHER-Kassel, Kassel. KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, Universität Stuttgart, INCHER-Kassel, Kassel. Statistisches Landesamt (2014), Absolventenbefragung der Hochschulen für Angewandte Wissenschaft 2013, Stuttgart.
S	Master-Studienanfängerinnen und -anfänger, die ihre Master-Berechtigung in einem anderen Bundesland erworben haben	k.A.*	k.A.*			Universität = 1.342 HAW = 150 = 1.492 = 5 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 5	KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, Karlsruher Institut für Technologie, INCHER-Kassel, Kassel. KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, Universität Stuttgart, INCHER-Kassel, Kassel. Statistisches Landesamt (2014), Absolventenbefragung der Hochschulen für Angewandte Wissenschaft 2013, Stuttgart.
T	Master-Studienanfängerinnen und -anfänger, die ihre Master-Berechtigung im Ausland erworben haben	k.A.*	k.A.*			Universität = 2.483 HAW = 16 = 2.499 = 9 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 9	KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, Karlsruher Institut für Technologie, INCHER-Kassel, Kassel. KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, Universität Stuttgart, INCHER-Kassel, Kassel. Statistisches Landesamt (2014), Absolventenbefragung der Hochschulen für Angewandte Wissenschaft 2013, Stuttgart.
U	Master-Studienanfängerinnen und -anfänger gesamt					= 17.444 = 62 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 62	Differenz aus Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen gesamt sowie Abgang von Bachelor-Absolventinnen und -Absolventen aus dem System addiert mit Zugang Master-Studienanfänger/-innen ins System
V	Master-Studienanfängerinnen und -anfänger Universität					= 9.664 = 34 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 34	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission: prozentuale Verteilung der Master-Studienanfänger/-innen auf Hochschularten [Universität: 55 %, HAW: 44 %, DHBW: 1 %]
W	Master-Studienanfängerinnen und -anfänger HAW					= 5.266 = 27 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 27	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission: prozentuale Verteilung der Master-Studienanfänger/-innen auf Hochschularten [Universität: 55 %, HAW: 44 %, DHBW: 1 %]

Bez.	Angabe	2010	2011	2012	2013	Durchschnittswert sowie Indikator (Indikator: in Relation zu 100 Studienanfänger/-innen Bachelor, gerundet)	Quelle für Werte
X	Master-Studienanfängerinnen und -anfänger DHBW					= 136 = 1 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 1	Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2015), Abfrage durch Expertenkommission: prozentuale Verteilung der Master-Studienanfänger/-innen auf Hochschularten [Universität: 55 %, HAW: 44 %, DHBW: 1 %]
Y	Master-Schwund Universität	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	= 438 = 2 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 2	Es liegen keine Daten zur Schwundbilanz Master an Universitäten vor. Unter der Voraussetzung, dass nur sehr wenige Studentinnen und Studenten ein Master-Studium abbrechen, wurde eine fünf-prozentige Schwundbilanz angenommen.
Z	Master-Schwund HAW	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	= 379 = 1 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 1	Es liegen keine Daten zur Schwundbilanz Master an HAW vor. Unter der Voraussetzung, dass nur sehr wenige Studentinnen und Studenten ein Master-Studium abbrechen, wurde eine fünf-prozentige Schwundbilanz angenommen.
AA	Master-Schwund DHBW	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	= 7 = 0 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 0	Es liegen keine Daten zur Schwundbilanz Master an DHBW vor. Unter der Voraussetzung, dass nur sehr wenige Studentinnen und Studenten ein Master-Studium abbrechen, wurde eine fünf-prozentige Schwundbilanz angenommen.
AB	Master-Absolventinnen und -Absolventen Universität					= 9.181 = 32 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 32	Differenz aus Studienanfänger/-innen und Schwundbilanz Master Universität
AC	Master-Absolventinnen und -Absolventen HAW					= 7.205 = 26 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 26	Differenz aus Studienanfänger/-innen und Schwundbilanz Master HAW
AD	Master-Absolventinnen und -Absolventen DHBW					= 129 = 1 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 1	Differenz aus Studienanfänger/-innen und Schwundbilanz Master DHBW
AE	Master-Absolventinnen und -Absolventen gesamt					= 16.515 = 59 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 59	Summe der Absolventinnen und Absolventen Master von Universität, HAW und DHBW
AF	Master-Absolventinnen und -Absolventen, die keine Ingenieurstatigkeit in Baden-Württemberg aufnehmen	k.A.*	k.A.*			Universität: 3.122 HAW: 2.017 = 5.139 = 18 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 18	KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, Karlsruher Institut für Technologie, INCHER-Kassel, Kassel. KOAB (2014), Absolventenbefragung 2014, Ergebnisse der Erstbefragung des Abschlussjahrgangs 2012, Universität Stuttgart, INCHER-Kassel, Kassel. Statistisches Landesamt (2014), Absolventenbefragung der Hochschulen für Angewandte Wissenschaft 2013, Stuttgart.
AG	Zufluss ins baden-württembergische Beschäftigungssystem mit Masterabschluss in einem anderen Bundesland	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	= 569 = 2 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 2	Es liegen keine Daten vor, wie viele in Baden-Württemberg Beschäftigte ihren Masterabschluss in einem anderen Bundesland erworben haben. Daher wurde angenommen, dass dies auf 5 % der in das baden-württembergische Beschäftigungssystem einfließenden Master-Absolventinnen und -Absolventen zutrifft.
AH	Zufluss ins baden-württembergische Beschäftigungssystem mit Masterabschluss aus dem Ausland	k.A.*	k.A.*	k.A.*	k.A.*	= 569 = 2 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 2	Es liegen keine Daten vor, wie viele in Baden-Württemberg Beschäftigte ihren Masterabschluss im Ausland erworben haben. Daher wurde angenommen, dass dies auf 5 % der in das baden-württembergische Beschäftigungssystem einfließenden Master-Absolventinnen und -Absolventen zutrifft.
AI	Übergang der Master-Absolventinnen und -Absolventen ins baden-württembergische Beschäftigungssystem gesamt					= 12.513 = 45 % (prozentualer Anteil von 28.240) = 45	Summe der Master-Absolventinnen und -Absolventen aus Baden-Württemberg und aus einem anderen Bundesland sowie aus dem Ausland

(* k.A. - keine Angaben)

6. Technologietransfer – Messung und Kennzahlen

Autor:

Arbeitsgruppe „Transfer und Zusammenarbeit“

6.1 Technologietransfer

6.1.1 Ziele

Der Technologietransfer, die Übernahme und die Vermarktung von Forschungsergebnissen aus der Wissenschaft durch die Wirtschaft, ist ein maßgeblicher Treiber von Innovationen. Er fördert Beschäftigung, internationale Wettbewerbsfähigkeit, wirtschaftliches Wachstum und sozialen Zusammenhalt. Damit trägt er auch zur Schaffung von Arbeitsplätzen und zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit einer Region bei.

6.1.2 Rahmenbedingungen

Ohne gute Forschung und Lehre gibt es keinen erfolgreichen Technologietransfer. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln neue Ideen, produzieren interessante Forschungsergebnisse und bilden den wissenschaftlichen Nachwuchs für Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft und Staat aus.

Dafür benötigen die Hochschulen und Forschungseinrichtungen eine ausreichende personelle und materielle Ausstattung sowie technische Infrastruktur.

Dies gilt grundsätzlich für alle Hochschulen und Forschungseinrichtungen, insbesondere aber für die Universitäten als „Herzstück des Wissenschaftssystems“ (Wissenschaftsrat) mit ihrer disziplinären Breite und der dort betriebenen Grundlagenforschung als Fundament der angewandten Forschung und Ausgangspunkt für technische und soziale Innovationen.

Der Technologietransfer ist keine Einbahnstraße, sondern eine Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zum gegenseitigen Nutzen. Er ist gleichzeitig eine Bringschuld der Hochschulen und Forschungseinrichtungen als Produzenten und Lieferanten der Forschungsergebnisse und eine Holschuld der Unternehmen als Kunden und Nutzer der Forschungsergebnisse. Den größten Nutzen haben beide Seiten, wenn sich Angebot und Nachfrage decken. Voraussetzung dafür ist, dass Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen über professionelle Transferkompetenzen, zielorientierte Transferstrategien und effiziente Transferstrukturen und Kommunikationsinstrumente verfügen.

6.2 Innovationsmessung

6.2.1 Anlass

Für sich genommen noch so interessante Forschungsergebnisse reichen heute nicht mehr aus, um die hohen öffentlichen Investitionen in Wissenschaft und Forschung zu rechtfertigen. Unter dem Druck des scharfen internationalen Wettbewerbs und der begrenzten staatlichen Mittel gibt es in allen Industrieländern verstärkte Aktivitäten zur Messung des Beitrags, den das Wissenschaftssystem zur Innovationsfähigkeit leistet (1). Ein Schwerpunkt liegt auf dem Technologietransfer als wichtigem Beitrag der Hochschulen und Forschungseinrichtungen zum Innovationsgeschehen. Dabei geht es um die Effektivität und um die Kosteneffizienz sowohl des Technologietransfers insgesamt als auch der einzelnen Maßnahmen. Es soll festgestellt werden, welchen Einfluss die öffentliche Forschungsförderung hat, welche Fördermaßnahmen die größte Wirkung zeigen und welche Fördermaßnahmen wie verbessert werden sollten.

Ziel dieser Bemühungen ist es, die volkswirtschaftlichen Effekte der öffentlichen Forschungsförderung zu quantifizieren und zu qualifizieren. Aus den Erkenntnissen sollen Erfolgsfaktoren und Fördermaßnahmen identifiziert und entwickelt werden, die Effektivität und Effizienz der öffentlichen Forschungsförderung und damit den zielorientierten Einsatz der öffentlichen Fördermittel verbessern, um die Innovationsfähigkeit von Wirtschaft, Gesellschaft und Staat nachhaltig zu sichern bzw. zu steigern.

6.2.2 Aktuelle Situation

Ansätze zur Innovationsmessung sind weder neu noch gibt es einen Mangel an Daten (3). Sie blieben jedoch nicht nur in Deutschland wegen der Komplexität und der Dynamik des Innovationsgeschehens und der damit verbundenen Wirkungszusammenhänge, der Differenzierung der Forschungsaktivitäten, der unterschiedlichen Missionen, des unterschiedlichen Selbstverständnisses und der unterschiedlichen Verfasstheit der betroffenen Einrichtungen in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft sowie der daraus resultierenden Probleme bei der Festlegung valider und

objektiver Kennzahlen fragmentarisch, heterogen, unsystematisch und oft zufällig. Staat, Wirtschaft, Verbände und Forschungseinrichtungen verwenden unterschiedliche Modelle, Methoden und Daten, die nicht oder nur mit erheblichen Schwierigkeiten zusammengeführt werden können. Es gibt kein Einvernehmen darüber, wie man Innovationen misst und welche Kennziffern die höchste Erklärungskraft haben. Es fehlt ein allgemein anerkannter „Werkzeugkasten“ als Grundlage für „informierte“ politische Entscheidungen. Dies macht eine Harmonisierung der unterschiedlichen Messsysteme und eine Verbesserung bzw. Anpassung der verwendeten Kennzahlen zu einer innovationspolitischen Herausforderung, der sich Wissenschaft, Wirtschaft und Politik stellen müssen.

Es sind kurz-, mittel- und langfristige Auswirkungen in Form von Outputs (Produkte und Dienstleistungen als unmittelbare Resultate eines Forschungsprojekts), Outcomes (weiterentwickelte Problemlösungsfähigkeit, Umsätze eines Produkts, Ertrag aus einer Lizenzierung) und Impacts (Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens oder der nationalen und regionalen Volkswirtschaft) zu unterscheiden. Sie überlagern sich, treten in Kombination auf und lassen sich häufig nicht eindeutig zuordnen.

Die heute nicht nur im baden-württembergischen Wissenschaftssystem verfügbaren Daten sind unvollständig. Sie bilden nicht nur die verschiedenen Formen der Forschung, sondern auch die Prozesshaftigkeit und Dynamik von Innovationen in der Industrie zu wenig ab. Sie geben größtenteils Auskunft über die Quantität, aber nur wenig Auskunft über die Qualität des Innovationsgeschehens. In der amtlichen Statistik fehlen wichtige Teile der Innovations-tätigkeit der Wirtschaft. Wirtschaftsverbände und Stiftungen, z. B. die Deutsche Telekom-Stiftung mit dem „Innovationsindikator“, schließen diese Lücke nur beschränkt. Auch die durch Hochschulen und Forschungseinrichtungen generierten Kennzahlen, z. B. in ihren Jahresberichten, sind häufig zu statisch und ohne hinreichende Aussagekraft in Bezug auf die dynamische Wirksamkeit des Technologietransfers. Die Zahl angemeldeter Patente sagt nichts darüber, ob, wie und in welchem Umfang sie im Unternehmen eingesetzt werden.

6.3 Erfolgsfaktoren – Kennziffern des Technologietransfers

6.3.1 Anforderungen

Der Technologietransfer ist seit 1995 als Kernaufgabe der Hochschulen im Landeshochschulgesetz verankert. Über seinen Beitrag zur Innovationsfähigkeit der Wirtschaft eines Landes gibt es aber nur wenig fundierte und empirisch belastbare Daten und Studien. Der Grund dafür liegt sowohl in der unbefriedigenden Situation bei der Innovationsmessung als auch in seinem ambivalenten Stellenwert im Aufgabenspektrum und in der Strategie der Hochschulen.

Es ist deshalb notwendig, dass die Hochschulen ihre Technologietransferaktivitäten systematischer hinsichtlich eines Innovationserfolgs analysieren und erfassen, um deren Nutzen zu bewerten. Dazu müssen sie konkrete Ziele mit Kriterien zur Zielerreichung festlegen, die sie mit den einzelnen Technologietransfermaßnahmen anstreben, und geeignete Kennzahlen benennen, mit denen nicht nur sie die Erreichung der Ziele in einem festgelegten Zeitraum auch überprüfen können. Mit Hilfe eines solchen Kennzahlensystems können dann der Leistungsstand des Technologietransfers im nationalen und internationalem Vergleich, sowie seine Qualität und Erfolge sowohl in der einzelnen Hochschule und Forschungseinrichtung als auch im ganzen Land gemessen und bewertet werden. Die systematische Dokumentation von Best-Practice-Beispielen bietet darüber hinaus die Chance, sich im Sinne von Lernzyklen stetig zu verbessern und die Innovationskultur schon während des Studiums zu fördern.

Der zusätzliche Verwaltungsaufwand und die zusätzlichen Kosten müssen auf das Notwendige begrenzt werden. Das Kennzahlensystem muss außerdem anschlussfähig an die Kennzahlensysteme sein, die in der öffentlichen Statistik und in der Industrie eingesetzt bzw. von Stiftungen und Verbänden verwendet werden (4). Ein aussagekräftiges und nutzerfreundliches Kennzahlensystem muss folgende Anforderungen erfüllen: aktuell, eindeutig, valide, objektiv und zuverlässig sowie in und zwischen den Hochschulen und Forschungseinrichtungen akzeptiert und fortlaufend auf seine Wirksamkeit evaluiert.

6.3.2 Kennzahlenkatalog

Tabelle A-5: Kennzahlenkatalog Technologietransfer

Bereiche	Technologie-transfer Aktivitäten	Quantitative Kennzahlen	Qualitative Kennzahlen
Köpfe	Erstausbildung	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Studienanfängerinnen und Studienanfänger insgesamt –Zahl der Studienanfängerinnen –Zahl der Absolventen und Absolventinnen insgesamt –Zahl der Absolventinnen –Zahl der Praktika von Studentinnen und Studenten in der Wirtschaft –Zahl der Forschungsprojekte von Studentinnen und Studenten mit Themen aus der Wirtschaft (forschungsbezog. Lernen) –Zahl der BA- und MA-Abschlussarbeiten mit Themen aus der Wirtschaft und gemeinsamer Betreuung –Zahl der Lehrbeauftragten aus der Wirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Wirtschaft bei der Entwicklung von Studiengängen –Verankerung von Entrepreneurship-Inhalten in Curricula –Beschäftigungsquote der Absolventinnen und Absolventen –Umfragen bei Absolventinnen und Absolventen sowie Unternehmen bzgl. Zufriedenheit
	Graduiertenaus-bildung	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Promotionen während der Berufstätigkeit in Unternehmen –Zahl der Promotionen mit Finanzierung aus der Wirtschaft –Zahl der Graduiertenkollegs mit teilweiser oder ganzer Finanzierung aus der Wirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Beschäftigungsquote der Promovierten –Zahl der Unternehmen mit wiederholter Beteiligung
	Weiterbildung	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Kurse mit und ohne Zertifikat –Zahl der berufsbegleitenden Studiengänge –Zahl der beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler –Zahl der Kursteilnehmerinnen und Kursteilnehmer –Zahl der beteiligten Unternehmen –Höhe der Einnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Zahl der Unternehmen mit wiederholter Beteiligung –Umfragen bei Kursteilnehmerinnen und Kursteilnehmern sowie Unternehmen bzgl. Zufriedenheit
	Publikationen	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl <u>gemeinsamer</u> Publikationen zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Hochschulen und Unternehmen insgesamt –Zahl <u>gemeinsamer</u> Publikationen in peer-reviewed Zeitschriften –Zahl der Zitierung von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in Patenten 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren
	Austausch	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Berufungen aus der Wirtschaft im Berichtszeitraum und insgesamt –Zahl der Stiftungsprofessuren aus der Wirtschaft im Berichtszeitraum und insgesamt –Zahl der Professorinnen und Professoren und Forschungsgruppenleiterinnen bzw. -leiter mit Finanzierung aus der Wirtschaft –Zahl der Professorinnen bzw. Professoren und Forschungsgruppenleiterinnen bzw. -leiter mit Doppelbeschäftigungsverhältnis in Hochschule und Unternehmen –Zahl der für eine mehrjährige Beschäftigung in Unternehmen beurlaubten Professorinnen und Professoren –Zahl der Professorinnen und Professoren sowie wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit bis zu einjähriger Beschäftigung in Unternehmen –Zahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Unternehmen mit bis zu einjähriger Beschäftigung in Hochschulinstitutionen 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Prozentualer Anteil der Professorinnen und Professoren aus der Industrie an der Professorenschaft insgesamt, insbesondere in den Ingenieurwissenschaften und den Naturwissenschaften
Projekte	Drittmittel	<ul style="list-style-type: none"> –Einnahmen aus der Wirtschaft insgesamt –Prozentualer Anteil an den Drittmitteln insgesamt –Prozentualer Anteil am Grundhaushalt –Einnahmen von KMU –Prozentualer Anteil an den Einnahmen aus der Wirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren

Bereiche	Technologie-transfer Aktivitäten	Quantitative Kennzahlen	Qualitative Kennzahlen
Projekte	Verbundforschung	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Projekte –Zahl der Projekte mit Beteiligung von KMU –Prozentualer Anteil dieser Projekte –Zahl der beteiligten KMU –Zahl der beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler –Einnahmen insgesamt 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Zahl der Unternehmen mit wiederholter Beteiligung
	Auftragsforschung	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Projekte –Zahl der Projekte mit KMU –Prozentualer Anteil dieser Projekte –Einnahmen insgesamt –Prozentualer Anteil an den Drittmiteleinnahmen aus der Wirtschaft –Einnahmen aus KMU –Prozentualer Anteil dieser Projekte 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Zahl von Unternehmen mit wiederholter Beteiligung –Zahl neuer Unternehmen –Dauer der Zusammenarbeit –Zahl (und Umsatz) auf dem Markt erfolgreicher Produkte und Dienstleistungen aus diesen Forschungsergebnissen
	Patente und Lizenzen	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der angemeldeten Patente –Zahl der bewilligten Patente im Berichtszeitraum und insgesamt –Zahl der Lizenzen im Berichtszeitraum und insgesamt –Zahl der Lizenzen an KMU –Höhe der Lizenzerlöse –Zahl der Softwareprogramme ohne Patentschutz zur freien Nutzung 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Prozentuales Verhältnis zwischen angemeldeten und bewilligten Patenten –Prozentualer Anteil zwischen bewilligten Patenten und Lizenzen –Zahl (und Umsatz) auf dem Markt erfolgreicher Produkte aus den Lizenzen –Prozentualer Anteil der Lizenzerlöse an den Einnahmen aus der Wirtschaft insgesamt
	Ausgründungen	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Ausgründungen im Berichtszeitraum –Zahl der Ausgründungen insgesamt –Zahl der Beschäftigten in den Ausgründungen –Höhe der öffentlichen Fördermittel –Höhe der finanziellen Beteiligung von privater Seite 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren (Zahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, Umsatzentwicklung) –Überlebensrate und Internationalisierung der Ausgründungen – Erreichung der vollständigen Unabhängigkeit von der Hochschule (Off-Campus)
	Kooperationen	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Beteiligungen an Netzwerken, Technologieplattformen usw. –Zahl der beteiligten Firmen, insbesondere KMU –Zahl der Industry on Campus-Projekte –Zahl der Beteiligung an Clustern (lokal, regional, national und international) 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Zahl der Forschungsprojekte, die durch diese Kooperationen angestoßen worden sind –Zahl auf dem Markt erfolgreicher Produkte, die aus diesen Kooperationen entwickelt worden sind.
	Dienstleistungen durch Beratung und Bereitstellung der technischen Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Beratungsverträge des Lehrkörpers –Zahl der beteiligten Unternehmen, insbesondere KMU –Zahl der daraus entstandenen Projekte –Zahl der Nutzung der Infrastruktur durch Unternehmen für Prüf-, Test-, Demonstrations-, Prototyp- und Proof-of-Concept-Zwecke –Höhe der Einnahmen –Höhe des Finanzierunganteils der Wirtschaft an der Infrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Zahl auf dem Markt erfolgreicher Produkte aus der Nutzung der Infrastruktur
	Veranstaltungen und Messen	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl der Vorträge mit Transferbezug von Wissenschaftlerinnen bzw. Wissenschaftlern auf Einladung –Zahl der organisierten Veranstaltungen auf lokaler, regionaler, nationaler und internationaler Ebene –Zahl der Beteiligung an Messen 	<ul style="list-style-type: none"> –Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren –Zahl daraus entstandener Kooperationen
	Wettbewerbe und Preise mit Transferbezug	<ul style="list-style-type: none"> –Zahl erfolgreicher Teilnahmen (Stifternverband, Deutscher Zukunftspreis, Seifriz-Preis usw.) 	

Bereiche	Technologie-transfer Aktivitäten	Quantitative Kennzahlen	Qualitative Kennzahlen
Organisa-tion	Leitungs- und Ver-waltungsstruktur der Hochschule	<ul style="list-style-type: none"> - Stellenwert des Technologietransfers im Struktur- und Entwicklungsplan - Vertretung des Technologietransfers in der Hochschulleitung - Personelle und materielle Ressourcen der Technologietransfer-Einheit - Zahl der internen und externen Beratungen der Technologietransfer-Einheit - Zahl der vermittelten Kontakte mit der Wirtschaft, insbesondere KMU - Zahl der vermittelten Kooperationen mit der Wirtschaft - Zahl der Veranstaltungen mit der Wirtschaft - Höhe der Drittmittelleinnahmen aus der Wirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung über eine Zeitschiene von x Jahren - Dienstleistungsportfolio - Kompetenzen und Spezialisierung - Struktur und Qualität des Wissens- und Transfermanagements - Strategie - Umfragen in Hochschule und Wirtschaft bzgl. Wahrnehmung und Akzeptanz im regionalen und nationalen Umfeld - Austausch des Technologietransfer-Personals in Hochschule und Unternehmen

Angesichts des unbefriedigenden aktuellen Standes kann ein transparentes und aussagekräftiges Kennzahlensystem für den Technologietransfer nur schrittweise entwickelt werden. Die Hochschulen und Forschungseinrichtungen sollten sich zunächst auf die Bereiche mit den entsprechenden Kennzahlen beschränken, die ihre Schwerpunkte im Technologietransfer abbilden, mit denen sie längere Erfahrungen haben und die mit entsprechenden Zahlen der amtlichen Statistik und einschlägiger Messsysteme in der Wirtschaft verbunden werden können. Sie sollten sich auf die quantitativen Aspekte konzentrieren. Dazu bietet es sich an, auf die Daten und Kennzahlen zurückzugreifen, die sie für die verschiedenen Wettbewerbsverfahren und Evaluationen in den vergangenen Jahren bereitstellen mussten (6). Der Katalog der Transferaktivitäten sollte kontinuierlich erweitert und zunehmend auch um qualitative Aspekte ergänzt werden.

Es sollte ein Kennzahlensystem entwickelt werden, das die Reichweite des Wissens- und Technologietransfers zwischen Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen in der Tiefe und in der Breite erfasst. Dieses Ziel könnte eine entsprechende Schwerpunktsetzung der Hochschulen in ihrem Aufgabenspektrum fördern. Dazu gehört z. B. auch, die Rahmenbedingungen und Möglichkeiten, wie KMU zu einer stärkeren Zusammenarbeit mit Hochschulen motiviert werden können, mit Best-Practice-Beispielen zu unterlegen.

Am Ende dieser Entwicklung sollte ein zuverlässiges und effizientes Kennzahlensystem aus Treiber- und Ergebnisgrößen verfügbar sein, mit dessen Hilfe die internationale und regionale Wettbewerbsfähigkeit systematisch gesteigert werden kann. Dies wäre ein wichtiger Beitrag zur Förderung einer starken regionalen Innovationskultur im Zusammenspiel zwischen Hochschulen und Unternehmen.

6.4 Empfehlungen

1. Der Technologietransfer, insbesondere auch zu KMU, als Kernaufgabe muss in den Hochschulen einen höheren Stellenwert bekommen. Er muss sich sowohl in den Rechenschaftsberichten der Hochschulleitungen als auch in den Struktur- und Entwicklungsplänen der Hochschulen stärker niederschlagen. Dazu sind materielle Anreize zu entwickeln.
2. Technologietransfer und Innovation, insbesondere auch für KMU, müssen zur „Chefsache“ in den Hochschulen werden. In den Hochschulleitungen muss ein Mitglied für diesen Aufgabenbereich in einem eigenen Ressort zuständig sein, das als Ansprechpartner für die Industrie bzw. die Verbände dienen kann.
3. Die Hochschulen des Landes sollten eine Arbeitsgruppe einrichten, um ein gemeinsames aussagekräftiges Kennzahlensystem für den Technologietransfer in Baden-Württemberg zu entwickeln, das sich an den Bedürfnissen der baden-württembergischen Wirtschaft orientiert, die Rahmenbedingungen der Wissenschaft berücksichtigt, anschlussfähig an die amtliche Statistik und die einschlägigen Kennzahlensysteme in der Wirtschaft ist sowie qualitative Faktoren des Innovationsgeschehens und der Innovationskultur abbildet.
4. Das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst sollte alle 2 Jahre einen Bericht über den Leistungsstand des Technologietransfers im Land herausgeben. Beispiele dafür sind der jährliche Monitoring-Bericht der GWK zum Stand des Pakts für Forschung und Innovation und der „Annual Report on Technology Transfer“ des US Department of Commerce.

5. Beim Ministerpräsidenten sollte ein strategischer Technologietransferrat - bestehend aus bis zu 12 hochkarätigen Transfer-Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft - eingerichtet werden mit dem Auftrag, den Technologietransfer in seiner Gesamtbreite interdisziplinär durch Monitoring und mit Handlungsempfehlungen zu begleiten.

Anmerkungen:

- (1) Vgl. für die USA: Presidential Memorandum – Accelerating Technology Transfer and Commercialization of Federal Research in Support of High-Growth Businesses, 2011; STAR-Metrics; National Research Council, Capturing Change in Science, Technology and Innovation. Improving Indicators to Inform Policy, 2015. Für Großbritannien: Higher Education Funding Council for England, UK Performance Indicators in Higher Education; Wettbewerb "Research Excellence Framework", der vergleichbar mit der Exzellenzinitiative ist. Branwen Morgan, Income for outcome. Australia and New Zealand are experimenting ways of assessing the impact of publicly funded research.
- (2) Vgl. Expertenkommission Forschung und Innovation, Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014 und 2015; Bettina Peters, Martin Hud, Christian Köhler, Georg Licht, Ökonomische Bewertung von staatlichen Investitionen in Forschung und Innovation, 2012; Institut für Innovation und Technik, Innovationen messen. Indikatoren und Methoden, Jahresbericht 2011; National Research Council, Capturing Change in Science, Technology and Innovation. Improving Indicators to Inform Policy, 2015; Tomas Coates Ulrichsen, Alan Hughes, Barry Moore, Measuring University-Business in the United States, 2014.
- (3) Vgl. einschlägige Veröffentlichungen von Eurostat, des Statistischen Bundesamts, des Landesamts für Statistik Baden-Württemberg, des Stifterverbands und der öffentlichen Statistik in den anderen Industrieländern.
- (4) Vgl. z. B. die Ermittlung der Transferleistung durch Start-ups aus den Hochschulen durch den Stifterverband, <http://www.stifterverband.com/gruendungsradar>
- (5) Vgl. Stifterverband, Innovationsfaktor Kooperation, 2007; Wissenschaftsrat, Empfehlungen zur Interaktion von Wissenschaft und Wirtschaft, 2007; M. Holi, R. Wickramasinghe, & M. Leeuwen, Metrics for the evaluation of knowledge transfer activities at universities, 2007; Philip L. Gardener and Ann Y. Fong; Roshena I. Huang, Measuring the Impact of Knowledge Transfer from Public Research Organisations: A Comparison of Metrics Used Around the World, 2010.; Dowling Review of Business -University Research Collaborations (2015) https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/440927/bis_15_352_The_dowling_review_of_business-university_rearch_collaborations_2.pdf
- (6) Vgl. Wissenschaftsrat, Empfehlungen zu einem Kerndatensatz Forschung, 2013.

Quellenangaben**I. Statistische Publikationen**

1. European Commission/ Eurostat, Science, Technology and Innovation in Europe, 2013 Edition, <http://www.ec.europa.eu/eurostat>
2. European Commission/ Eurostat, European Commission Knowledge Transfer Study 2010-2012. Final Report, 2013, <http://www.knowledge-transfer-study.eu/index.php>
3. European Commission/ Eurostat, Europa in Zahlen - Eurostat-Jahrbuch, http://www.ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/europe_in_figures_-_eurostat_yearbook
4. European Commission, Innovation Union Scoreboard 2014, http://www.ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/policy/innovation-scoreboard/index_en.htm
5. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Results of EU-Community Innovation Survey for Germany, Mannheim 2014
6. BDI, Deutsche Telekom Stiftung, Innovationsindikator 2014, <http://www.innovationsindikator.de>
7. Statistisches Bundesamt, Wissenschafts- und Technologieindikatoren für Deutschland und die Bundesländer, <http://www.govdata.de/ckan/>
8. Landesamt für Statistik Baden-Württemberg, Innovationsindexe seit 2008
9. Landesamt für Statistik Baden-Württemberg, Forschungs- und Entwicklungsmonitor Baden-Württemberg 2014, Statistische Analysen Baden-Württemberg 1/ 2014
10. Landesamt für Statistik Baden-Württemberg, Forschung und Entwicklung in Baden-Württemberg, Bundesländervergleich auf Sektorenebene, Statistische Monatshefte Baden-Württemberg 1/ 2012
11. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheimer Innovationspanel – Deutsche Innovationserhebung
12. Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft, Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2014, Mannheim 2015
13. Higher Education Funding Council for England HEFCE, UK Performance Indicators in Higher Education, <http://www.hefce.ac.uk>
14. National Science Board, Science and Engineering Indicators 2014, <http://www.nsf.gov/statistics/seind14>
15. OECD, OECD Science, Technology and Industry Outlook 2014, http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2014-en
16. OECD, OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013, http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2013-en

II. Fachpublikationen

1. BMBF, Bundesbericht Forschung 2014, Berlin 2014
2. Philip Cappel & Michelle Grayson, Assessing Science, in: Nature, Vol. 511, 24 July 2014, p 49
3. Diana D. Craig und John V. Lombardy; Measuring Research Performance: National and International Perspectives, in: The Center for Measuring University Performance. TOP American Research Universities, 2012 Annual Report, pp 3-13
4. Expertenkommission Forschung und Innovation, Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014 und 2015, Berlin 2014, 2015
5. Philip L. Gardner and Ann Y. Fong; Roshena I. Huang, Measuring the impact of knowledge transfer from public research organisations: a comparison of metrics used around the world, in: International Journal of Learning and Intellectual Capital, Vol. 7, Nr. 3 / 4, pp 318-327
6. Gemeinsame Wissenschaftskonferenz GWK, Pakt für Forschung und Innovation. Monitoring Bericht 2014, Heft 38
7. M. Holi, R. Wickramasinghe, & M. Leeuwen, Metrics for the evaluation of knowledge transfer activities at universities, Library House 2008, pp 1-33
8. Institut für Innovation und Technik, Innovationen messen. Indikatoren und Methoden, Jahresbericht 2011, Berlin 2011
9. Branwen Morgan, Income for outcome. Australia and New Zealand are experimenting with ways of assessing the impact of publicly funded research, in: Nature, Vol. 511, 24 July 2014, pp 72-75
10. National research Council, Capturing Change in Science; Technology and Innovation. Improving Indicators to Inform Policy, Washington DC., 2014
11. Presidential Memorandum – Accelerating Technology Transfer and Commercialization of Federal Research in Support of High Growth Businesses, <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/10128>
12. Bettina Peters, Martin Hug, Christian Köhler, Georg Licht, Ökonomische Bewertung von staatlichen Investitionen in Forschung und Innovation, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 15-2012
13. STAR Metrics. <http://www.starmetrics.nih.gov>
14. Stifterverband, Innovationsfaktor Kooperation, Essen 2007
15. Tomas Coates Ulrichsen, Knowledge Exchange Performance and the Impact of HEIF in the English Higher Education Sector, A Report to the HEFCE, 2014
16. Tomas Coates Ulrichsen, Alan Hughes, Barry Moore, Measuring University-Business Links in the United States, A Report to the HEFCE, 2014
17. Wissenschaftsrat, Empfehlungen zur Interaktion von Wissenschaft und Wirtschaft, Berlin 2007
18. Wissenschaftsrat, Empfehlungen zu einem Kerndatensatz Forschung, Berlin 2013

Impressum

Kommissionsleitung:

Professor Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl (Vorsitzender)

Leiter des Instituts für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Universität Stuttgart
Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Professorin Dr. rer. nat. Britta Nestler (stellvertretende Vorsitzende)

Leiterin des Instituts für Angewandte Materialien – Computational Materials Science, Karlsruher Institut für Technologie
Leiterin des Institute of Materials and Processes, Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft

Geschäftsstelle IngW@BW2025:

Susann Kärcher - Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Universität Stuttgart

Judith Deparade - Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Universität Stuttgart

Weitere Mitwirkende:

Mareike-Kathrin Bolsinger - Referentin des Vorsitzenden des HAW BW e.V.

Dr.-Ing. Björn Ebel - Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie

Dr. phil. Klaus Erlach - Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Dr. phil. Birgit Spaeth - Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb, Universität Stuttgart

Benjamin Walter - Institut für Produktentwicklung, Karlsruher Institut für Technologie

Lektorat:

Martin Schäfer

Layout und Druck:

Medienfabrik GmbH

Berichterstellung unterstützt durch:

Dr.-Ing. Julia Kaazke - Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg

