

Endbericht

Lage und Zukunft der deutschen Industrie (Perspektive 2030)

Projekt Nr. 19/15

Auftraggeber
Bundesministerium für
Wirtschaft und Energie,
Bonn

Ansprechpartner
Dr. Michael Böhmer

Mitarbeiter
Dr. Georg Klose
Dr. Andreas Sachs
Clara Stinshoff
Johann Weiss
Heidrun Weinelt

München,
29. Januar 2016

Das Unternehmen im Überblick

Geschäftsführer

Christian Böllhoff

Präsident des Verwaltungsrates

Gunter Blickle

Handelsregisternummer

Berlin HRB 87447 B

Rechtsform

Aktiengesellschaft nach schweizerischem Recht

Gründungsjahr

1959

Tätigkeit

Die Prognos AG berät europaweit Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Auf Basis neutraler Analysen und fundierter Prognosen werden praxisnahe Entscheidungsgrundlagen und Zukunftsstrategien für Unternehmen, öffentliche Auftraggeber und internationale Organisationen entwickelt.

Arbeitssprachen

Deutsch, Englisch, Französisch

Hauptsitz

Prognos AG

Henric Petri-Str. 9

CH-4010 Basel

Telefon +41 61 3273-310

Telefax +41 61 3273-300

info@prognos.com

Weitere Standorte

Prognos AG

Goethestr. 85

D-10623 Berlin

Telefon +49 30 52 00 59-210

Telefax +49 30 52 00 59-201

Prognos AG

Science 14 Atrium; Rue de la Science 14b

B-1040 Brüssel

Telefon +32 2808-7209

Telefax +32 2808-8464

Prognos AG

Nymphenburger Str. 14 / 2. OG

D-80335 München

Telefon +49 89 954 1586-710

Telefax +49 89 954 1586-719

Prognos AG

Domshof 21

D-28195 Bremen

Telefon +49 421 51 70 46-510

Telefax +49 421 51 70 46-528

Prognos AG

Schwanenmarkt 21

D-40213 Düsseldorf

Telefon +49 211 91316-110

Telefax +49 211 91316-141

Prognos AG

Rotebühlplatz 9

D-70178 Stuttgart

Telefon +49 711 3209-610

Telefax +49 711 3209-609

Internet

www.prognos.com

Inhalt

Executive Summary	1
1 Einleitung	7
2 Darstellung der wirtschaftlichen Entwicklung sowie der aktuellen Lage und Struktur der deutschen Industrie	10
2.1 Das deutsche Verarbeitende Gewerbe im Überblick	10
2.2 Identifikation von Schlüsselbranchen	12
2.3 Analyse der Entwicklung in den Schlüsselbranchen	14
2.4 Analyse der in- und ausländischen Wertschöpfungsverflechtungen	24
2.5 Die deutsche Industrie im internationalen Kontext	30
2.6 Zwischenfazit zur wirtschaftlichen Entwicklung sowie der aktuellen Lage und Struktur der deutschen Industrie	38
3 Abschätzung der wirtschaftlichen Entwicklung sowie der Struktur der deutschen Industrie bis 2030	40
3.1 Internationale und nationale Rahmenbedingungen bis 2030	40
3.1.1 Demografie	40
3.1.2 Technologie und Humankapital	42
3.1.3 Energie und Ressourcen	43
3.1.4 Umwelt und Klima	44
3.1.5 Internationaler Wettbewerb	45
3.2 Weltwirtschaftliche Entwicklung	46
3.3 Wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland	49
3.4 Wirtschaftliche Entwicklung und Struktur der deutschen Industrie bis 2030	50
3.5 Zwischenfazit zur perspektivischen Abschätzung der wirtschaftlichen Entwicklung sowie der Struktur der deutschen Industrie bis 2030	63
4 Mögliche Auswirkungen der Digitalisierung auf die deutsche Industrie	65
4.1 Begriffsbestimmung und Bestandsaufnahme	65
4.1.1 Was ist Digitalisierung?	65
4.1.2 Wie digitalisiert ist die deutsche Industrie bereits?	67
4.2 Chancen und Risiken für die deutsche Industrie aus der Digitalisierung	70
4.2.1 Chancen: Produktivitätssteigerung, Kundenbindung, neue Geschäftsfelder	70
4.2.2 Herausforderungen: Investitionsbedarf, Komplexität, neue Konkurrenz	76
4.3 Szenarienrechnungen: Quantifizierung möglicher disruptiver Innovationen in der deutschen Industrie	80
4.3.1 Auswahl der Szenarien	80
4.3.2 Methodik der Szenarienrechnung	83
4.3.3 Ergebnisse der Szenarienrechnungen	84
4.3.4 Zusammenfassung	85
4.4 Wie können Politik und Wirtschaft die Digitalisierung gestalten?	86

5	Identifikation von Zukunftsfeldern und Leitmärkten für die deutsche Industrie	90
5.1	Identifikation von Zukunftsfeldern	90
5.1.1	Identifizierung von technologischen Trends auf Basis von Patentdaten	91
5.1.2	Globale und deutsche Patenttätigkeit sowie technologischer Reifegrad in Technologiebereichen	95
5.1.3	Globale Nachfrage in den Technologiebereichen	98
5.1.4	Identifikation von möglichen Zukunftsfeldern	100
5.2	Identifikation von Leitmärkten für die deutsche Industrie	110
5.2.1	Globale Wachstumsbereiche	110
5.2.2	Zuweisung von Technologien zu globalen Wachstumsbereichen	115
5.2.3	Leitmärkte der deutschen Industrie aus Branchensicht	118
5.3	Zwischenfazit zu Zukunftsfeldern und Leitmärkten für die deutsche Industrie	124
6	Handlungsbedarfe und Handlungsoptionen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen	126
	Literatur	135

Abbildungen

Abbildung 1: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der Bruttowertschöpfung, den Erwerbstätigen und den Investitionen in Deutschland, 1995 bis 2014, in %	11
Abbildung 2: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an den deutschen Importen und Exporten, 2000 bis 2012, in %	11
Abbildung 3: Wachstum der Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe und der Gesamtwirtschaft, 1995 bis 2014, in % p.a.	12
Abbildung 4: Entwicklung von Bruttowertschöpfung und Ausfuhr in den Branchen des deutschen Verarbeitenden Gewerbes	14
Abbildung 5: Inländischer Vorleistungsbezug von Industriebranchen, 1995 und 2010, in %	25
Abbildung 6: Anteil der Vorleistungen aus Importen am gesamten Vorleistungsbezug deutscher Industriebranchen, 1995 und 2010, in %	27
Abbildung 7: Ausländischer Vorleistungsbezug der deutschen Industrie nach Ländern bzw. Ländergruppen, 1995 und 2011, in %	28
Abbildung 8: Ausländischer Vorleistungsbezug von deutschen Industriebranchen nach Ländern bzw. Ländergruppen, 1995 und 2011, in %	29
Abbildung 9: Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts, 1995 bis 2013 in ausgewählten Volkswirtschaften, in % p.a.	31
Abbildung 10: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamten Bruttowertschöpfung in ausgewählten Volkswirtschaften, 2012, in %	32
Abbildung 11: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der Gesamterwerbstätigenzahl in ausgewählten Volkswirtschaften, 2000 und 2013, in %	33
Abbildung 12: Entwicklung der nominalen Lohnstückkosten in ausgewählten Volkswirtschaften, 1995 bis 2013 (Index: 1995=100)	34
Abbildung 13: Veränderung der Produktivität in der Gesamtwirtschaft und im Verarbeitenden Gewerbe in ausgewählten Volkswirtschaften, 2000 bis 2013, in % p.a.	35
Abbildung 14: Anteil der jeweils drei größten Industriebranchen an der gesamten Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe, 2013, in %	36
Abbildung 15: Exportmärkte ausgewählter Volkswirtschaften, 1995 und 2013, in %	38
Abbildung 16: Wachstumsbeiträge der einzelnen Verwendungskomponenten des Bruttoinlandsprodukts, 2013 bis 2030, in Prozentpunkten	49

Abbildung 17: Anteil an der Wertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe, 2013, 2019, 2025 und 2030, ausgewählte Industriebranchen, in %	54
Abbildung 18: Anteil an den Erwerbstätigen im Verarbeitenden Gewerbe, 2013, 2019, 2025 und 2030, ausgewählte Industriebranchen, in %	55
Abbildung 19: Anteil der Vorleistungen am Produktionswert, ausgewählte Branchen, 2013 und 2030, in %	57
Abbildung 20: Wichtigste Absatzmärkte Deutschlands, gemessen am Anteil an der Gesamtausfuhr Deutschlands, 2013 und 2030, in %	58
Abbildung 21: Verteilung des Endenergieverbrauchs, ausgewählte Branchen, 2013 bis 2030, in Petajoule	59
Abbildung 22: Qualifikationsstruktur, ausgewählte Branchen, 2013 und 2030	61
Abbildung 23: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamten Bruttowertschöpfung in ausgewählten Volkswirtschaften, 2012 und 2030, in %	62
Abbildung 24: Anzahl der global angemeldeten PCT-Patente und Patentdynamik zwischen 2004 und 2012	93
Abbildung 25: Zukunftsfeldindex, geordnet nach dem jeweiligen Indexwert	102
Abbildung 26: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Clusteranalyse	105
Abbildung 27: Verknüpfung von Zukunftsfeldindex und Clusteranalyse	106
Abbildung 28: Relevante Technologien (Zukunftsfelder) und damit verbundene Branchen für den Leitmarkt Mobilität und Logistik	120
Abbildung 29: Relevante Technologien (Zukunftsfelder) und damit verbundene Branchen für den Leitmarkt Klimaschutz und Umwelt	121
Abbildung 30: Relevante Technologien (Zukunftsfelder) und damit verbundene Branchen für den Leitmarkt Energie- und Ressourceneffizienz	122
Abbildung 31: Relevante Technologien (Zukunftsfelder) und damit verbundene Branchen für den Leitmarkt Gesundheit	123

Tabellen

Tabelle 1: Bruttowertschöpfung, Erwerbstätige und Ausfuhr im Verarbeitenden Gewerbe, in Mrd Euro bzw. Tausend Personen sowie durchschnittliche Veränderung 1995 bis 2013 in % p.a.*	13
Tabelle 2: Bruttoinlandsprodukt und Veränderung, 2000 bis 2030, ausgewählte Länder	47
Tabelle 3: Wertschöpfung und Erwerbstätige, 2013 und 2030, sowie Veränderung pro Jahr, 2013 bis 2030, ausgewählte Industriebranchen	52
Tabelle 4: Wertschöpfung und Erwerbstätige, durchschnittliche Wachstumsrate pro Jahr, 2013 bis 2019, 2019 bis 2025 und 2025 bis 2030, ausgewählte Industriebranchen, in %	53
Tabelle 5: Arbeitsproduktivität je Erwerbstätigem, durchschnittliche Wachstumsrate pro Jahr, 2013 bis 2030, 2013 bis 2019, 2019 bis 2025 und 2025 bis 2030, ausgewählte Industriebranchen, in %	56
Tabelle 6: Energieintensität, ausgewählte Branchen, 2013, 2022 und 2030 sowie Veränderung von 2013 bis 2030, 2013 bis 2022 und 2022 bis 2030, in Petajoule pro Mrd Euro Wertschöpfung	60
Tabelle 7: Bruttowertschöpfung in ausgewählten Branchen und Ländern, Veränderung zwischen 2013 und 2030, in %	62
Tabelle 8: Steigerung der Bruttowertschöpfung (BWS) einzelner Branchen durch Industrie 4.0, 2013-2025 gemäß BITKOM / Fraunhofer IAO	76
Tabelle 9: Patenttätigkeit, geordnet nach 35 Technologiebereichen	96
Tabelle 10: Übersicht über die Relevanz von Patenten für Industriebranchen am Beispiel fünf ausgewählter Technologiebereiche, global angemeldete PCT-Patente im Jahr 2012	97
Tabelle 11: Handel, geordnet nach den 34 Technologiebereichen	99
Tabelle 12: Kriterien und zugehörige Kenngrößen bei der Identifikation von Zukunftsfeldern	100
Tabelle 13: Globale Wachstumsbereiche	111
Tabelle 14: Zuweisung der Technologien zu globalen Wachstumsbereichen	117

Executive Summary

Der starke Industriesektor ist in den vergangenen Jahren eine zentrale Säule der robusten wirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland gewesen. Die deutschen Industrieunternehmen haben sich dabei im internationalen Vergleich durch eine hohe preisliche und nicht-preisliche Wettbewerbsfähigkeit ausgezeichnet. In der Folge entfällt insbesondere im Vergleich zu den übrigen großen westlichen Volkswirtschaften ein überdurchschnittlich hoher Anteil der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung und Beschäftigung auf das Verarbeitende Gewerbe.

Die Industrie bleibt für die deutsche Volkswirtschaft voraussichtlich auch in den kommenden 15 Jahren von konstant hoher Bedeutung. Wachstumsimpulse kommen weiterhin vom Außenhandel, wobei sich vor allem die Ausfuhr in die aufstrebenden Entwicklungs- und die Schwellenländern und hier vor allem nach China weiterhin vergleichsweise dynamisch entwickeln dürfte. Die steigende Wettbewerbsintensität durch neue Wettbewerber aus Entwicklungs- und Schwellenländern sowie mittelfristig steigende Rohstoffpreise und der Rückgang des Arbeitskräftepotenzials stellen zwar Herausforderungen für die wirtschaftliche Entwicklung der deutschen Industrie dar. Durch anhaltend hohe Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen und Investitionen in produktivitätssteigernde Prozesse und Technologien sowie eine Verbesserung der Humankapitalbasis stehen die Chancen jedoch gut, dass die Industrie wettbewerbsfähig bleiben wird.

Chancen für die deutsche Industrie

Eine umfassende Patentanalyse in Kombination mit einer Auswertung der deutschen und globalen Exportdynamik in den vergangenen Jahren verdeutlicht, dass die deutsche Industrie insbesondere in Maschinentechologien (Verkehrs- und Automobiltechnik, Elektrische Maschinen, Apparate, Energie, Motoren, Pumpen, Turbinen, Mechanische Elemente und Werkzeugtechnik) sehr gut aufgestellt ist. Diese Bereiche lassen sich als **Zukunftsfelder der deutschen Industrie** klassifizieren: Hier treffen innovationsstarke deutsche Unternehmen auf eine voraussichtlich rege globale Nachfrage. Auch in den Technologien Organische Feinchemikalien, Pharmazeutische Technologie, Medizintechnik und Biotechnologie hat die deutsche Industrie sehr gute Voraussetzungen, global eine zentrale Rolle zu spielen. In einer Reihe weiterer Technologien sind entweder die globale Innovations- oder Handelstätigkeit oder die Bedeutung der deutschen Industrie gering. Bereiche wie die Computertechnologie oder die Grundstoffchemie sind deshalb keine Zukunftsfelder der deutschen Industrie.

Die Zuordnung der Zukunftsfelder der deutschen Industrie zu globalen Wachstumsbereichen – dies sind Themenfelder, die beispielsweise aufgrund demografischer Entwicklungen oder Klimaveränderungen in Zukunft global von hoher Bedeutung sein werden – zeigt, dass die deutsche Industrie in den vier Wachstumsbereichen Energie- und Ressourceneffizienz, Mobilität und Logistik, Klimaschutz und Umwelt sowie Gesundheit sehr stark positioniert ist. Diese Bereiche lassen sich dementsprechend als **Leitmärkte der deutschen Industrie** klassifizieren: Hier hat die deutsche Industrie das Potenzial, global eine Führungsrolle einzunehmen.

Die globalen Wachstumsbereiche Produktionstechnik, Neue Werkstoffe, Urbanisierung, Ernährung sowie Sicherheit können für die deutsche Industrie ebenfalls von Bedeutung sein. Allerdings werden diese Wachstumsbereiche zum Teil von Technologien getrieben, in denen Deutschland kaum präsent ist. Die globalen Wachstumsbereiche Digitales Datenmanagement, Digitale Gesellschaft sowie Bildung und Wissenschaft spielen für die deutsche Industrie aus heutiger Sicht keine wesentliche Rolle.

Auf Branchenebene kann vor allem der Maschinenbau von einem Nachfrageboom in den Leitmärkten der deutschen Industrie profitieren. Technologien, die für die Leitmärkte der deutschen Industrie von Bedeutung sind, finden vorzugsweise im Maschinenbau Anwendung. Im Bereich Mobilität und Logistik ist neben dem Maschinenbau der Fahrzeugbau von zentraler Bedeutung. Die Metallindustrie, die Elektroindustrie, die Chemische Industrie sowie die Pharmazeutische Industrie stehen ebenfalls mit mindestens einem Leitmarkt in enger Verbindung. Für weitere Branchen ergeben sich ebenfalls Absatzpotenziale, allerdings sind diese weniger stark ausgeprägt.

Einschränkend ist zu sagen, dass manche Technologien und Wachstumsbereiche einen Querschnittscharakter aufweisen. Insbesondere dem globalen Wachstumsbereich Digitales Datenmanagement wird in Zukunft durch die zunehmende Bedeutung der Digitalisierung wesentliche Bedeutung in verschiedenen Bereichen wie Gesundheit, Mobilität und Logistik oder Sicherheit zukommen. Da die deutsche Industrie in den Technologien, die für den Wachstumsbereich Digitales Datenmanagement relevant sind, schwach aufgestellt ist, besteht ein generelles Risiko für die deutsche Industrie, in ihren Leitmärkten von internationalen Wettbewerbern abgehängt zu werden.

Bedeutung der Digitalisierung für die deutsche Industrie

Die Ergebnisse einer Literaturstudie sowie eines Workshops zur Bedeutung der Digitalisierung für die deutsche Industrie verdeutlichen, dass die Digitalisierung disruptive Innovationen ermöglicht und damit das Potenzial hat, bewährte Geschäftsmodelle

zu ersetzen. Der Wettbewerb wird sich aufgrund schnellerer Innovationszyklen und neuer Mitbewerber spürbar intensivieren.

Zum einen bedeuten die neuen und verbesserten digitalen Technologien und die damit verbundenen Möglichkeiten für Industrieunternehmen in Deutschland **eine große Chance**, die Produktions- und Vertriebsprozesse zu optimieren oder neue Märkte und Geschäftsfelder zu erschließen. Der digitale Wandel ist dabei in sämtlichen Lebens- und Wirtschaftsbereichen in vollem Gange, auch wenn die Digitalisierung in der Industrie langsamer voranschreitet als etwa in vielen Dienstleistungsbranchen. Die größten Chancen aus der Digitalisierung für die deutsche Industrie ergeben sich aus den neuen Möglichkeiten zur Steigerung der Produktivität, zur Berücksichtigung von individuellen Kundenwünschen sowie aus dem Entstehen gänzlich neuer Geschäftsfelder.

Die deutschen Industrieunternehmen werden die zahlreichen Chancen, die die Digitalisierung bietet, jedoch nur nutzen können, wenn sie auch den damit verbundenen **Herausforderungen und Risiken** entschlossen begegnen. Zu den zentralen Herausforderungen zählt der hohe Investitionsbedarf für etablierte Industrieunternehmen für die Umrüstung bestehender Anlagen auf vernetzte Systeme und zur Implementierung und Weiterentwicklung von digitalen Technologien. Ein technologischer Umbruch wie die Digitalisierung geht zudem einher mit zahlreichen Möglichkeiten für Neueinsteiger, sich auf Märkten erfolgreich zu positionieren. Für etablierte Unternehmen nimmt die Konkurrenz durch neue, innovative Anbieter zu. Vernetzte Wertschöpfungsketten und der Trend zur Individualisierung erleichtern es innovativen Start-ups und insbesondere großen digitalen Plattformen neuartige Geschäftsmodelle zu etablieren – und stellen damit eine ganz neue Form von Wettbewerb für die heimischen Industrieunternehmen dar. Die Ergebnisse einer Szenarienrechnung verdeutlichen exemplarisch für die Pharmazeutische Industrie und dem Maschinenbau, dass sich substantielle negative gesamtwirtschaftliche Effekte ergeben können, wenn Industrieunternehmen den Anschluss an den digitalen Wandel verpassen. Die Auswirkungen auf Wertschöpfung und Beschäftigung sind zudem umso stärker, je vernetzter eine Branche ist.

Handlungsbedarfe und Handlungsoptionen für Wirtschaft, Politik und Gewerkschaften

Insgesamt verfügt die deutsche Industrie über sehr gute Voraussetzungen, um eine Führungsrolle in den skizzierten Zukunftsfeldern und Leitmärkten einzunehmen und die Herausforderungen des digitalen Wandels zu meistern. Günstige wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen sind dafür allerdings eine wesentliche Voraussetzung. Vor diesem Hintergrund ist es von entscheidender

Bedeutung, zu identifizieren, welche Handlungsfelder für die Akteure der deutschen Industrie (Wirtschaft, Politik, Gewerkschaften) bestehen und welche Handlungsoptionen sich daraus ergeben.

Auch in Zukunft wird der **Außenhandel** eine wesentliche Säule der wirtschaftlichen Dynamik der deutschen Industrie sein. Vor diesem Hintergrund sind exportfreundliche Rahmenbedingungen für die Industrie ein wichtiger Baustein. Die Implementierung von Freihandelsabkommen, die Sichtbarmachung von Exportfördermöglichkeiten für den Mittelstand und die Etablierung international einheitlicher Regelungen der Exportförderung sind Beispiele für die Schaffung eines günstigen Umfelds für exportierende Industrieunternehmen.

Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie speist sich zu einem wesentlichen Teil aus einer ausgeprägten Forschungs- und Entwicklungsaktivität. Vor allem kleinere Unternehmen sowie Start-Ups haben allerdings oftmals Schwierigkeiten, **Innovationen** zu finanzieren, da sie keine kontinuierliche Forschungs- und Entwicklungsstrategie verfolgen (können) und Kenntnisse über bestehende Fördermöglichkeiten fehlen. Zudem bremsen nur bedingt gründungsfreundliches gesellschaftliches Umfeld in Deutschland Innovationsaktivitäten. Der Ausbau der Innovationsförderung, die unbürokratische Vermittlung bestehender Fördermöglichkeiten für Innovationen und die Etablierung von Gründernetzwerken sind Beispiele für Maßnahmen, die substantiell zu einer Verbesserung des Innovationsumfelds beitragen können.

Auch weiterhin besteht eine hohe Nachfrage der Industrieunternehmen in Deutschland nach gut ausgebildeten **Fachkräften**. Allerdings führt der demografische Wandel zu einem Rückgang des Arbeitskräftepotenzials. Zugleich ist die Vereinbarkeit von Familie und Beruf teilweise nur schwierig möglich. Dies verhindert eine stärkere Arbeitsmarktpartizipation von Frauen. Auch die Integration von Menschen mit Behinderung oder nicht deutsch sprechende Fachkräfte in den Arbeitsmarkt könnte durch Maßnahmen zur gezielten Qualifizierung dieser Personengruppen verbessert und damit bisher noch brachliegendes Arbeitskräftepotenzial erschlossen werden. Zudem können die Stärkung der dualen Ausbildung als Möglichkeit des Berufseinstiegs gegenüber dem Studium, eine weitere Flexibilisierung der Arbeitszeit, die Fortführung des flächendeckenden Ausbaus der Kinderbetreuung oder die stärkere Nutzung von Lebensarbeitszeitkonten einen wesentlichen Beitrag zur Fachkräftesicherung leisten.

Eine belastbare und zukunftsfähige **Infrastruktur** ist eine Grundvoraussetzung für wettbewerbsfähige Industrieunternehmen. Investitionen in ein modernes und gut ausgebautes Straßen- und Schienennetz, die Gewährleistung einer stabilen und sicheren Energieversorgung sowie die wirtschaftliche Umsetzung der Energiewende sind für einen Großteil der Industrieunternehmen von

hoher Bedeutung. Energieversorgungs- und Verteilernetze müssen ausgebaut und modernisiert werden. Darüber hinaus benötigen Industrieunternehmen ein leistungsstarkes, flächendeckendes Breitbandnetz, das die Umsetzung digitaler Standards und Anwendungen ermöglicht. Die Vernetzung von Produktionsprozessen, oftmals über Unternehmensgrenzen hinweg, verlangt nach einer gemeinsamen Referenzarchitektur im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien, vorzugsweise auf europäischer Ebene. Die Politik sollte deshalb den Breitbandausbau mit hoher Priorität vorantreiben und sich auf Europäischer Ebene für eine gemeinsame Referenzarchitektur für die digitale Kommunikation einsetzen.

Eine zukunftsfähige digitale Infrastruktur ist lediglich eine notwendige Bedingung für die Etablierung digitaler Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle in der deutschen Industrie. Die Digitalisierung führt auf verschiedenen Ebenen wie etwa bei Beschäftigten zu neuen Anforderungen. Ein grundlegendes Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen der Digitalisierung sowie fundierte Kenntnisse im softwarebasierten digitalen Datenmanagement sind von zentraler Bedeutung, um den digitalen Wandel zu meistern. Kompetenz in digitalen Technologien kann nur durch entsprechende Aus- und Weiterbildungskonzepte erlangt oder verbessert werden. Über eine stärkere (finanzielle) Förderung von MINT-Fächern (Mathematik, Naturwissenschaft, Informatik, Technik) in Schule und Studium und die finanzielle Unterstützung von Ausbildungsleistungen kann die **Kompetenz der Arbeitnehmer in digitalen Technologien** verbessert werden.

Der digitale Wandel kann in der deutschen Industrie nur dann erfolgreich gemeistert werden, wenn angemessene **Datenschutz und Datensicherheitsrichtlinien** implementiert werden. So wird beispielsweise die strukturierte Erfassung und Auswertung von personenbezogenen Daten zur Basis verschiedenster Geschäftsmodelle. Aufgrund der internationalen Verflechtung sind diese Standards nicht nur auf nationaler, sondern auch auf internationaler Ebene wichtig. Einheitliche Sicherheitsstandards auf internationaler Ebene können zudem Industrieunternehmen die Umsetzung digitaler Prozesse erleichtern.

Die Digitalisierung bietet in manchen Geschäftsbereichen neuen Wettbewerbern die Chance auf einen schnellen und erfolgreichen Markteintritt, wenn Potenziale der Digitalisierung effizient genutzt werden. Eine zu langsame Reaktion der Unternehmen auf solche Trends kann vor allem für kleine und mittlere Unternehmen existenzbedrohend sein. Eine auf den Mittelstand zugeschnittene Informationspolitik über **Chancen und Risiken des digitalen Wandels** kann dabei helfen, ein Bewusstsein für notwendige Anpassungen an den digitalen Wandel auf Unternehmensebene zu schaffen und die Unternehmensführung für den digitalen Wandel zu sensibilisieren.

Die deutsche Industrie hat gute Chancen auch künftig erfolgreich zu sein

Die deutsche Industrie ist in vielen zentralen Punkten gut auf die Zukunft vorbereitet. Ein Schwachpunkt ist die geringe Forschungs- und Entwicklungsaktivität im Bereich digitaler Technologien. Diese weisen einen Querschnittscharakter auf und werden zukünftig in vielen industriellen Geschäftsmodellen eine zentrale Rolle spielen. Wirtschaft, Politik und Gewerkschaften sind aufgefordert, das Bewusstsein insbesondere für die Chancen und Risiken des digitalen Wandels aber auch für die Auswirkungen weiterer Megatrends wie dem demografischen Wandel für die deutsche Industrie weiter zu schärfen – und daraus die richtigen Schlussfolgerungen zu ziehen.

1 Einleitung

Deutschland im Jahr 2030: Ein erfolgreiches Land mit einer starken Volkswirtschaft im Zentrum Europas. Treiber und Kern der Volkswirtschaft ist nach wie vor der starke Industriesektor des Landes. Ein Industriesektor, in dem im Wesentlichen immer noch jene Industriebranchen wichtig sind, die bereits 15 Jahre zuvor zu den deutschen „Schlüsselbranchen“ zählten. Ein Industriesektor, dessen Struktur, Produktionsprozesse, Geschäftsmodelle und Produkte sich in den vergangenen Jahren jedoch zum Teil grundlegend gewandelt haben: Die Verflechtung der Wertschöpfungsketten zwischen den Branchen hat sich nochmals intensiviert und ihre Internationalisierung hat sich weiter fortgesetzt. Wertschöpfungsprozesse sind damit 2030 stärker fragmentiert. In manchen Industrieunternehmen ist die Verschmelzung zwischen industriellen Fertigungsprozessen und Dienstleistungsaktivitäten soweit fortgeschritten, dass oft unklar ist, ob ein früher klassisches Industrieunternehmen nicht mittlerweile eher dem Tertiären Sektor zuzuordnen ist: Sie generieren den Großteil ihrer Wertschöpfung nicht mehr zwangsläufig mit herkömmlichen Industriegütern. Vielmehr zeichnen sich die erfolgreichen Industrieunternehmen 2030 dadurch aus, dass sie vorrangig die individuelle Leistung für den Kunden im Blick haben. Grundlage für ihr Geschäftsmodell ist zwar nach wie vor ihr Industrieprodukt. Im Fokus ihres Geschäftsmodells stehen jedoch Lösungen und Dienstleistungen rund um dieses Produkt.

Möglich gemacht hat diese Entwicklung unter anderem die Digitalisierung. Während der digitale Wandel in der deutschen Industrie im Jahr 2015 erst in Ansätzen erkennbar war, haben sich die Prinzipien von „Industrie 4.0“ bis 2030 auch aufgrund einer zunehmenden Wettbewerbsintensität durch neue Anbieter sukzessive in den Industrieunternehmen durchgesetzt. Die konsequente Vernetzung von Maschinen, Menschen und Produkten hat einen neuen Grad an Automatisierung ermöglicht und den Betrieben, die frühzeitig in ihre Digitalisierungsstrategien investierten, signifikante Produktivitätsgewinne beschert. Der nun erheblich vereinfachte direkte Kundenkontakt hat zudem die Etablierung neuer Geschäftsmodelle ermöglicht und den Zugang zu zusätzlichen Absatzmärkten eröffnet.

Besonders positiv haben sich jene Industrieunternehmen entwickelt, deren Produkte und Leistungen auf die vier zentralen Leitmärkte der deutschen Industrie ausgerichtet sind: *Energie- und Ressourceneffizienz, Mobilität und Logistik, Klimaschutz und Umwelt sowie Gesundheit*. Aufgrund langfristig wirksamer (demografischer, klimatischer oder technologischer) Trends hat sich die Nachfrage aus diesen Leitmärkten in den letzten Jahren sehr dynamisch entwickelt. In Deutschland konnten – in den alten Branchenabgrenzungen gedacht – besonders der Maschinenbau, der Kraftwagenbau, die Elektroindustrie und die Chemische Industrie

von dieser Entwicklung profitieren. Der Erfolg der deutschen Industrieunternehmen in diesen Bereichen war schon früher absehbar: In den für die deutschen Leitmärkte zentralen Technologien investierten die heimischen Unternehmen bereits frühzeitig und über einen langen Zeitraum intensiv in Forschung und Entwicklung und haben sich damit – etwa gemessen an der globalen Patenttätigkeit – international eine technologische Spitzenposition erarbeitet. Sie verfügten zudem über das Knowhow, die technologische Führungsposition auch in Markterfolg zu übersetzen. Im Gegensatz dazu konnte die deutsche Industrie sehr viel weniger von einer dynamischen Nachfrageentwicklung aus anderen globalen Wachstumsbereichen wie beispielsweise Digitales Datenmanagement oder Bildung und Wissenschaft profitieren. Als Hindernis erwies sich vor allem, dass in Deutschland in einem wesentlichen Teil der für die Digitalisierung zentralen Informations- und Kommunikationstechnologien kaum heimische Akteure präsent sind und insbesondere große digitale Ökosysteme bzw. Internetunternehmen fehlten. Lediglich in ausgewählten Bereichen, etwa bei der Entwicklung und Nutzung von Software für Spezialanwendungen wie der Maschinensteuerung oder der Mustererkennung, konnte hier auf bereits breit vorhandenem Wissen aufgebaut werden.

Die deutsche Industrie 2030: Insgesamt eine Erfolgsgeschichte. Eine Erfolgsgeschichte, die so geschrieben werden konnte, da sowohl die Politik und die Sozialpartner, aber auch die Gesellschaft als Ganzes in den vergangenen Jahren die richtigen Weichenstellungen vorgenommen haben:

Für den Erfolg der deutschen Industrie ist die Offenheit der Volkswirtschaft traditionell eine Grundvoraussetzung. Daher wurde sowohl für den Erhalt und die Vertiefung der Europäischen Integration – der Basis für den Europäischen Binnenmarkt – trotz Widerständen und Rückschlägen ebenso entschieden gekämpft wie für einen möglichst freien Welthandel auf Basis von bi- oder multilateralen Freihandels- und Investitionsabkommen. Besonders auf gut funktionierende Handelsbeziehungen zu den nun beiden wichtigsten Handelspartnern, den Vereinigten Staaten und China, wurde hoher Wert gelegt. Auf dieser Grundlage gepaart mit einer hohen Innovations- und Forschungstätigkeit konnten die deutschen Industrieunternehmen in einem zunehmend wettbewerbsintensiven Umfeld weiter erfolgreich bestehen.

Es wurde erkannt, dass die schwache Position der deutschen Industrie in wesentlichen Bereichen der Informations- und Telekommunikationstechnologien im Zeitalter der Digitalisierung eine ernsthafte Bedrohung für deren bisherige Geschäftsmodelle darstellt. Durch eine Reihe von Maßnahmen – etwa den entschiedenen Ausbau der digitalen Infrastruktur, einer stärkeren Fokussierung auf digitale Bildung, Forschungsförderung oder der Bildung von Netzwerken und Technologieclustern mit oder ohne Beteiligung der politischen Ebene – konnte erreicht werden, dass Deutschland

einen stärkeren Fokus im Bereich der digitalen Technologien gesetzt und nicht komplett den Anschluss verpasst hat. Insbesondere gelang es, den zu Beginn im Durchschnitt eher zögernden deutschen Mittelstand – und damit das Rückgrat der deutschen Industrie – zu überzeugen, entschiedenen Digitalisierungsstrategien voranzutreiben. Geholfen hat auch ein Stimmungsumschwung in der Bevölkerung: Das zuvor weit verbreitete prinzipielle Misstrauen gegenüber technologischen Innovationen und den damit verbundenen neuen Möglichkeiten, ist einer neuen Offenheit und Technikbegeisterung gewichen und hat den Grundstein für ein grundsätzlich innovationsfreundliches Umfeld gelegt.

Neben der Digitalisierung waren die immer stärker spürbaren Folgen des demografischen Wandels eine weitere zentrale Herausforderung seit 2015 – auch diese wurde in weiten Teilen erfolgreich bewältigt. Das Rezept: Die Erwerbstätigen in Deutschland arbeiten im Jahr 2030 länger als früher (sowohl gemessen an Erwerbsjahren als auch an der Jahresarbeitszeit) und die Arbeitslosigkeit ist weiter gesunken. Aufgrund einer besseren Vereinbarkeit von Familie und Beruf konnte zudem die Erwerbsquote spürbar gesteigert werden. Zudem erhöhte sich die Zahl der Erwerbspersonen durch Zuwanderung deutlich – und durch adäquate Maßnahmen gelang zum großen Teil auch die schnelle Integration der Neuankömmlinge in den deutschen Arbeitsmarkt.

Die deutsche Industrie 2030: Wie realistisch ist die Vision einer Erfolgsgeschichte? Die vorliegende Studie stellt zunächst auf Grundlage der ex-post-Analyse der deutschen Industrie seit 1995 und einer makroökonomischen Modellprognose die aus heutiger Sicht wahrscheinlichste Entwicklung bis 2030 dar. Ein ausführlicher Literaturüberblick zeigt das disruptive Potenzial der Digitalisierung für die deutsche Industrie und die damit verbundenen Chancen und Risiken auf. Auf Grundlage von Patentanalysen und einer Auswertung der vorhandenen Literatur zu künftigen globalen Wachstumsbereichen werden zentrale Leitmärkte für die deutsche Industrie identifiziert. Und auf Grundlage dieser Erkenntnisse werden zentrale Handlungsempfehlungen formuliert – damit das Ziel einer erfolgreichen deutschen Industrie 2030 nicht Vision bleibt, sondern Realität wird.

2 Darstellung der wirtschaftlichen Entwicklung sowie der aktuellen Lage und Struktur der deutschen Industrie

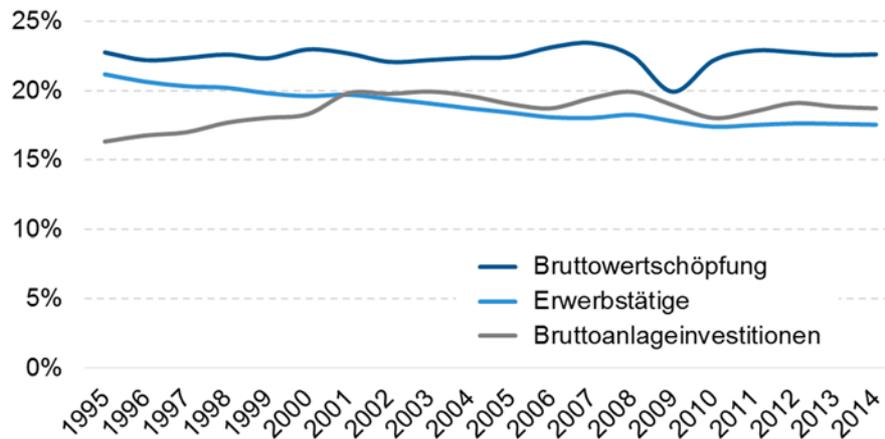
Ziel des ersten Teils dieses Arbeitsschritts ist es, die aktuelle Struktur und die Lage der deutschen Industrie und der wichtigsten Branchen einer eingehenden Analyse zu unterziehen. Hierfür werden vorwiegend amtliche Daten des Statistischen Bundesamts genutzt. Ergänzend dazu kann die Prognos AG auf Grundlage der umfangreichen hausinternen Modelllandschaft für die empirische Analyse auf zusätzliches Datenmaterial zurückgreifen. Die Analyse findet dabei bevorzugt auf Ebene der aktuell vom Statistischen Bundesamt verwendeten Wirtschafts- und Güterklassifikation (WZ 2008) statt.

2.1 Das deutsche Verarbeitende Gewerbe im Überblick

Deutschland verfügt über einen starken Industriesektor. Der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung blieb zwischen 1995 und 2014 stabil zwischen 22 % und 23 %. Lediglich im Zuge der Rezession im Jahr 2009 sank der Anteil vorübergehend auf 20 % (Abbildung 1).

Der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an den Erwerbstätigen in der Gesamtwirtschaft nahm hingegen spürbar ab. Während auf gesamtwirtschaftlicher Ebene zwischen 1995 und 2013 die Zahl der Erwerbstätigen um durchschnittlich 0,6 % p.a. zunahm, sank die Erwerbstätigenzahl im Verarbeitenden Gewerbe im selben Zeitraum im Durchschnitt um 0,4 % p.a. Im Ergebnis ging der Erwerbstätigenanteil des Verarbeitenden Gewerbes an der Gesamtwirtschaft von 21 % auf 18 % zurück. Der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an den Bruttoanlageinvestitionen stieg vor allem zu Beginn des Betrachtungszeitraums stark an, von 16 % im Jahr 1995 auf 20 % im Jahr 2001. Im Anschluss schwankte der Wert und nahm bis 2010 auf knapp 18 % ab. Am aktuellen Rand beträgt der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an den gesamtwirtschaftlichen Bruttoanlageinvestitionen knapp 19 %.

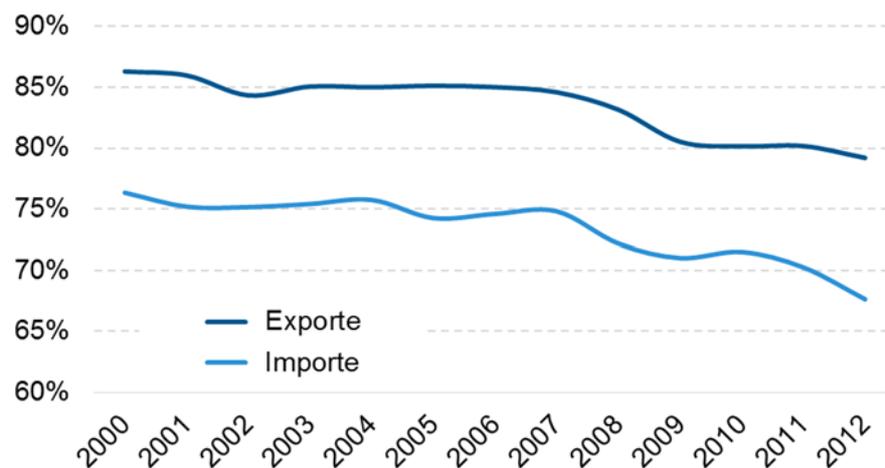
Abbildung 1: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der Bruttowertschöpfung, den Erwerbstätigen und den Investitionen in Deutschland, 1995 bis 2014, in %



Quelle: Statistisches Bundesamt; Eigene Berechnungen Prognos 2015.

Eine dominante Rolle spielt das Verarbeitende Gewerbe im Außenhandel. Zwar nahm der Anteil der Dienstleistungen am gesamten Handelsvolumen in den vergangenen Jahren spürbar zu. Gleichwohl dominiert nach wie vor der Güterhandel. Bei den Exporten lag der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes im Jahr 2000 bei 86 % und nahm bis 2012 auf 79 % ab. Der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an den Gesamtimporten lag in den Jahren 2000 und 2012 bei 76 % bzw. 68 % (Abbildung 2).

Abbildung 2: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an den deutschen Importen und Exporten, 2000 bis 2012, in %



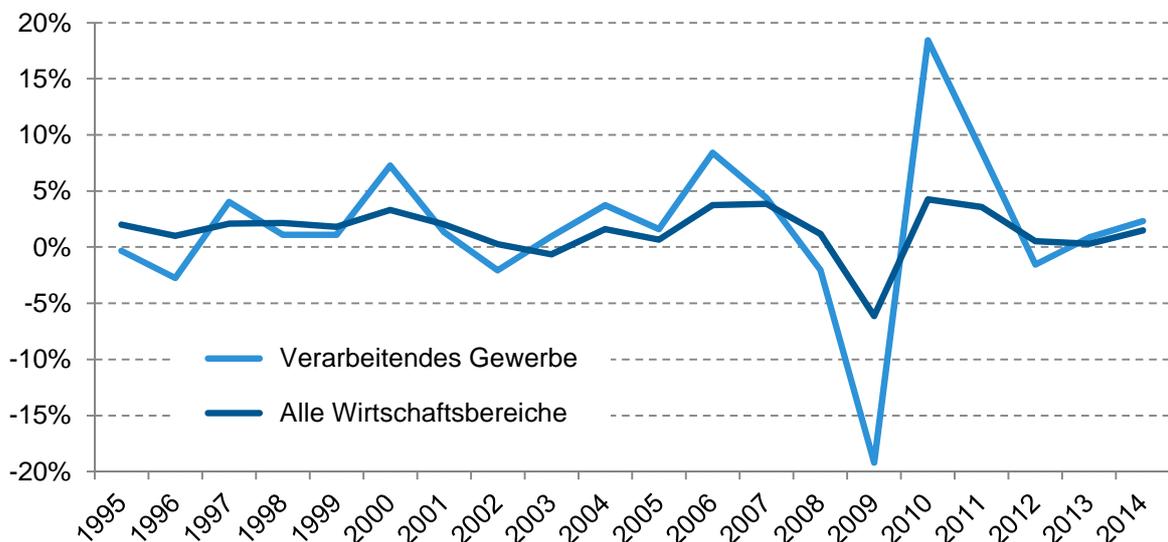
Quelle: Statistisches Bundesamt; Eigene Berechnungen Prognos 2015.

Noch höher ist der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an den Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE). Werden sowohl

die internen als auch die externen FuE-Aufwendungen berücksichtigt, lag der Wert im Jahr 2013 bei 87 %.¹

Über den Zeitraum von 1995 und 2014 verzeichnete das Verarbeitende Gewerbe in Deutschland eine etwas höhere Wachstumsdynamik als die Gesamtwirtschaft. Im Durchschnitt nahm die Wirtschaftsleistung im Verarbeitenden Gewerbe um 1,7 % p.a. und in der Gesamtwirtschaft um 1,4 % p.a. zu. Der Wachstumspfad im Verarbeitenden Gewerbe weist dabei einen deutlich volatileren Verlauf auf. Insbesondere der Einbruch im Zuge der Rezession und die darauf folgende Erholung waren in der Industrie durch überdurchschnittlich starke Schwankungen charakterisiert (Abbildung 3).

Abbildung 3: Wachstum der Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe und der Gesamtwirtschaft, 1995 bis 2014, in % p.a.



Quelle: Statistisches Bundesamt; Eigene Berechnungen Prognos 2015.

2.2 Identifikation von Schlüsselbranchen

Im Fokus der sich anschließenden Detailanalyse der deutschen Industrie stehen die wichtigsten Industriebranchen Deutschlands. Diese werden anhand verschiedener Kriterien identifiziert. Die aktuelle Bedeutung einer Branche wird anhand ihres auf den gesamten Industriesektor bezogenen Wertschöpfungs- und Beschäftigungsanteils sowie der Exporttätigkeit bestimmt. Zudem wird die Wachstumsdynamik der Branchen berücksichtigt.

¹ Quelle: Stifterverband Wissenschaftsstatistik

Die gemessen an der Bruttowertschöpfung mit Abstand größten Branchen sind der Kraftwagenbau und der Maschinenbau. An dritter Stelle folgt die Herstellung von Metallerzeugnissen, die sich zudem durch eine sehr hohe Zahl an Erwerbstätigen auszeichnet. Auch die Branche Elektrische Ausrüstungen und die Chemische Industrie leisteten im Jahr 2012 einen substanziellen Beitrag zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung (Tabelle 1). Zu den besonders exportstarken Branchen gehört zudem die Branche DV-Geräte, elektronische und optische Geräte. Einen besonders hohen Beschäftigungsstand weist im Verarbeitenden Gewerbe darüber hinaus die Branche Nahrungs- und Genussmittel auf. Die Wachstumsdynamik bei Bruttowertschöpfung und Ausfuhr ist neben dem Kraftwagenbau insbesondere in den drei kleineren Branchen Pharma, Sonstiger Fahrzeugbau sowie Mineralölverarbeitung besonders hoch.

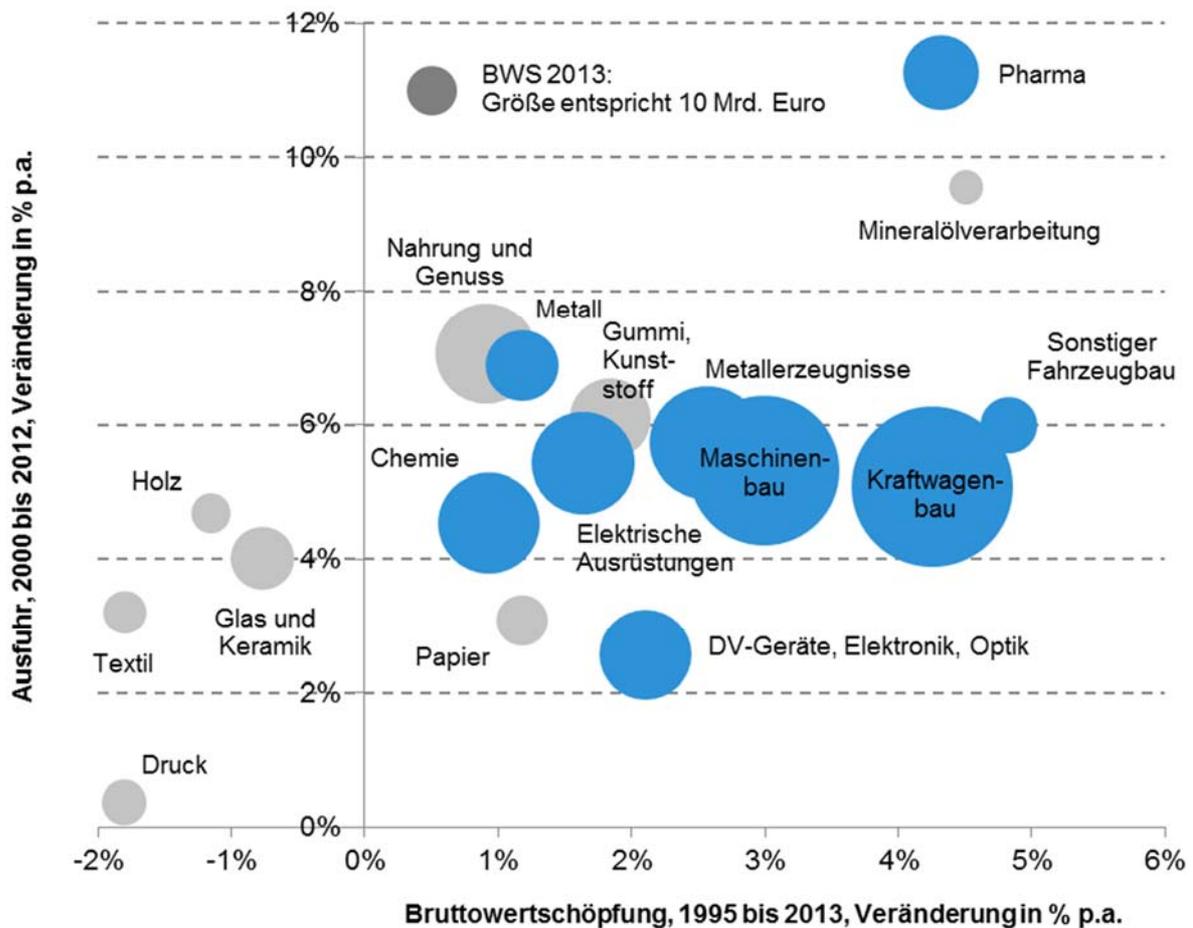
*Tabelle 1: Bruttowertschöpfung, Erwerbstätige und Ausfuhr im Verarbeitenden Gewerbe, in Mrd Euro bzw. Tsd Personen sowie durchschnittliche Veränderung 1995 bis 2013 in % p.a. **

Branche	Bruttowertschöpfung		Erwerbstätige		Ausfuhr	
	Mrd. €	% p.a.	Tsd.	% p.a.	Mrd. €	% p.a.
Nahrung und Genuss.....	41	0,9%	922	0,4%	58	7,1%
Textil.....	7	-1,8%	157	-4,5%	32	3,2%
Holz.....	6	-1,2%	137	-2,3%	7	4,7%
Papier.....	10	1,2%	147	-0,7%	20	3,1%
Druck.....	8	-2,2%	173	-3,2%	2	0,4%
Mineralölverarbeitung.....	5	4,5%	17	-1,7%	23	9,6%
Chemie.....	41	0,9%	344	-1,2%	100	4,5%
Pharma.....	23	4,3%	126	0,1%	56	11,3%
Gummi und Kunststoff.....	26	1,8%	422	0,1%	40	6,1%
Glas und Keramik.....	16	-0,8%	243	-2,0%	14	4,0%
Metall.....	21	1,2%	267	-1,1%	65	6,9%
Metallerzeugnisse.....	52	2,6%	896	0,0%	41	5,7%
DV-Geräte, Elektronik, Optik.	33	2,1%	339	-0,5%	91	2,6%
Elektrische Ausrüstungen.....	42	1,6%	515	-0,5%	69	5,4%
Maschinenbau.....	90	3,0%	1.123	0,3%	172	5,3%
Kraftwagenbau.....	102	4,3%	841	0,6%	196	5,1%
Sonstiger Fahrzeugbau.....	13	4,8%	131	0,3%	54	6,0%
Sonstige Waren.....	22	2,1%	406	-1,2%		
Reparatur und Installation.....	15	3,0%	245	1,0%		
Verarbeitendes Gewerbe..	573	2,1%	7.451	-0,4%	1.039	5,3%

Prognos 2015; *Export zwischen 2000 und 2012.

Für die nachfolgende Detailanalyse werden solche Branchen untersucht, die zum einen aufgrund ihrer Größe eine wichtige Rolle für die deutsche Industrie spielen. Dazu gehören Kraftwagenbau, Maschinenbau, Metallindustrie, Chemische Industrie, Elektrische Ausrüstungen sowie DV-Geräte, Elektronik, Optik. Zudem werden die beiden sehr dynamischen Branchen Pharma und Sonstiger Fahrzeugbau berücksichtigt (Abbildung 4, Auswahl blau markiert).

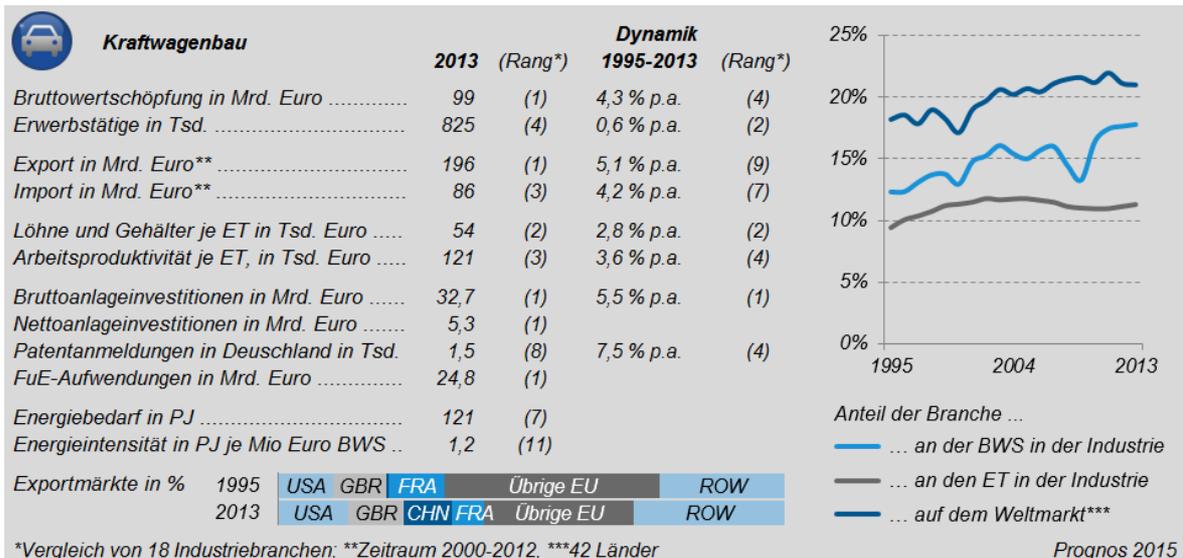
Abbildung 4: Entwicklung von Bruttowertschöpfung und Ausfuhr in den Branchen des deutschen Verarbeitenden Gewerbes



Prognos 2015.

2.3 Analyse der Entwicklung in den Schlüsselbranchen

Im folgenden Kapitel werden für diese Schlüsselbranchen anhand einer Reihe von volkswirtschaftlichen Kenngrößen zentrale Entwicklungen über die letzten Jahre benannt und dargestellt.



In den vergangenen Jahren entwickelte sich der **Kraftwagenbau** gemessen an der Bruttowertschöpfung zur größten Industriebranche in Deutschland. Mit 99 Mrd Euro entfiel im Jahr 2013 knapp 18 % der gesamten Wertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe auf die Branche. Über 825.000 Erwerbstätige und damit mehr als 11 % der Erwerbstätigen im Verarbeitenden Gewerbe waren 2013 direkt im Kraftwagenbau beschäftigt.

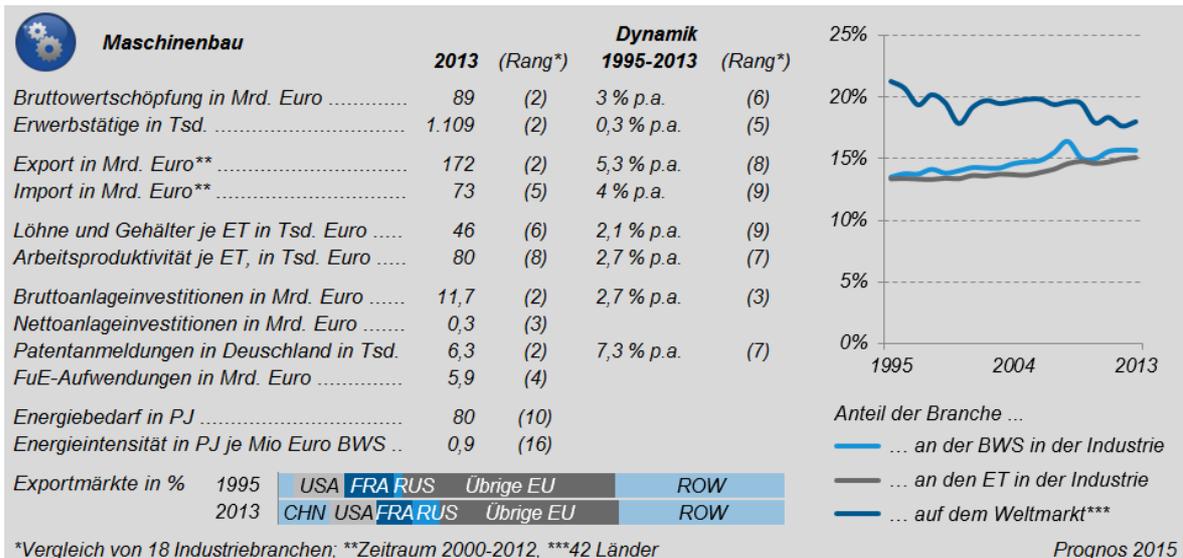
Die gute Branchenentwicklung manifestiert sich auch in vergleichsweise hohen Löhnen und Gehältern und einer überdurchschnittlichen Produktivität. Keine Branche investierte in den vergangenen Jahren mehr und steigerte das Investitionsvolumen stärker als der Kraftwagenbau. Auch hinsichtlich der Innovationsdynamik – gemessen an der Erteilung der Patente in der Branche – liegt die Branche mit an der Spitze.

Die Wachstumsdynamik beim Import und Export im Kraftwagenbau war zwar in einigen anderen Wirtschaftszweigen dynamischer. Gleichwohl ist die Branche der größte Exporteur und der drittgrößte Importeur im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland. Die gute Branchenentwicklung zeigt sich insbesondere in hohen Weltmarktanteilen: Über 20 % der globalen Ausfuhr im Kraftwagenbau entfielen 2013 auf Deutschland. Nach wie vor entfallen 47 % der Exporte in die Länder der Europäischen Union. Der wichtigste Einzelmarkt sind die Vereinigten Staaten. Allerdings gewinnt China als Absatzmarkt zunehmend an Bedeutung. Hier war der stärkste Zuwachs innerhalb der Gruppe der übrigen Länder zu beobachten.

Gemessen am Energiebedarf je Einheit Bruttowertschöpfung zählt der Kraftwagenbau zu den weniger energieintensiven Branchen - von Preisänderungen im Energiebereich ist die Branche daher nur in relativ geringem Ausmaß betroffen. (Gleichwohl spielt aufgrund der hohen Energieintensität in der Nutzung der Produkte der Branche der Energiepreis indirekt wiederum eine wichtige Rolle.)

Box 1: Datengrundlage für die Analyse der Schlüsselbranchen

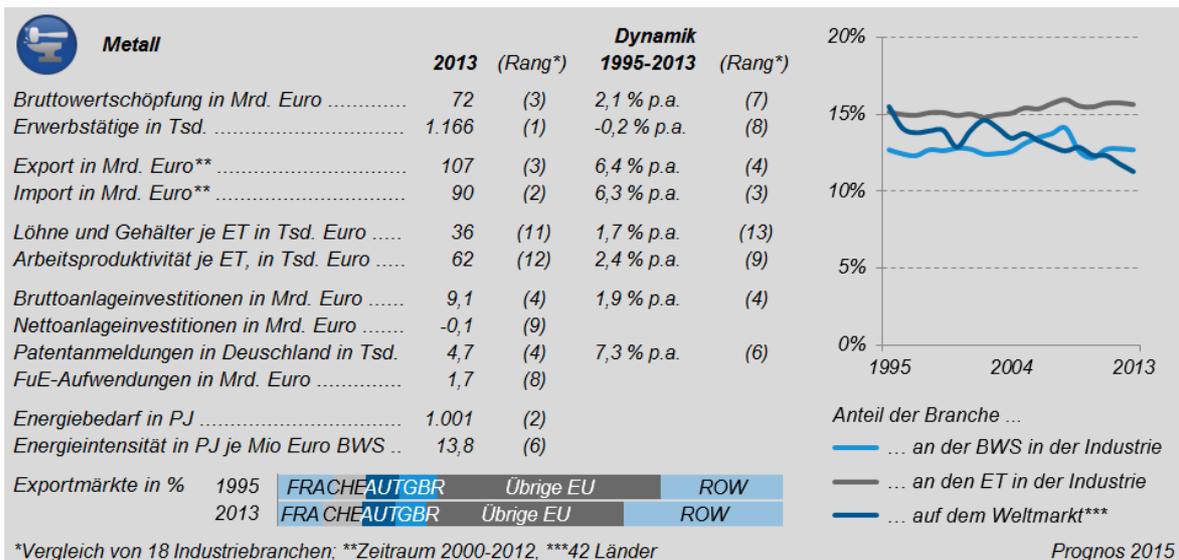
Bevorzugte Datengrundlage bei der Detailanalyse der Branchen in diesem Kapitel sind die Zahlen des Statistischen Bundesamts aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Der letztverfügbare Datenstand wurde im September 2015 veröffentlicht und weist die Kenngrößen auf Ebene der Wirtschaftszweige bis einschließlich 2013 aus. Der Energieverbrauch nach Wirtschaftszweigen wird ebenfalls auf Grundlage einer Statistik des Statistischen Bundesamts ausgewiesen. Die Daten zum Weltmarktanteil Deutschlands und zu den Auslandsmärkten stammen aus dem Welthandelsmodell der Prognos, das auf Daten der Comtrade Datenbank der Vereinten Nationen basiert. Hier ist zu beachten, dass die Branchendefinitionen leicht abweichen können. Informationen zur Patenttätigkeit in den Branchen bietet die PATSTAT-Datenbank des Europäischen Patentamts.



Gemessen an der Bruttowertschöpfung wurde zwar der **Maschinenbau** in den vergangenen Jahren vom Kraftwagenbau als größte Branche überholt. Gleichwohl spielt die Branche mit einem Anteil von knapp 16 % an der gesamten industriellen Wertschöpfung im Jahr 2013 nach wie vor eine dominante Rolle. Zudem ist der Maschinenbau arbeitsintensiver als etwa der Kraftwagenbau: Im Jahr 2013 arbeiteten in der Branche über 1,1 Mio Erwerbstätige. Hinsichtlich des Lohn- und Gehaltsniveaus oder der Arbeitsproduktivität bewegt sich der Maschinenbau im Branchenvergleich im oberen Mittelfeld.

Der Maschinenbau ist sehr exportorientiert. So wurden im Jahr 2012 Güter im Wert von 172 Mrd Euro exportiert. Damit deckt der deutsche Maschinenbau 18 % des globalen Exportvolumens dieser Branche ab. Trotz abnehmender Bedeutung sind die Länder der Europäischen Union mit einem Anteil von 42 % nach wie vor die wichtigste Exportdestination. Gleichwohl sind die Absatzmärkte des deutschen Maschinenbaus diversifizierter als im Branchendurchschnitt. China ist mittlerweile vor den Vereinigten Staaten und Frankreich der wichtigste Absatzmarkt. Zudem spielt Russland für keine der übrigen betrachteten Schlüsselbranchen eine so wichtige Rolle wie für den Maschinenbau.

Die Branche belegt mit einem Investitionsvolumen (Bruttoanlageinvestitionen) in Höhe von knapp 12 Mrd Euro im Jahr 2013 den zweiten Rang im Vergleich unter den 18 Industriebranchen. Der Maschinenbau in Deutschland weist auch eine hohe Innovationstätigkeit auf – gemessen an den Patentanmeldungen zählt die Branche zu den Spitzenreitern in Deutschland.

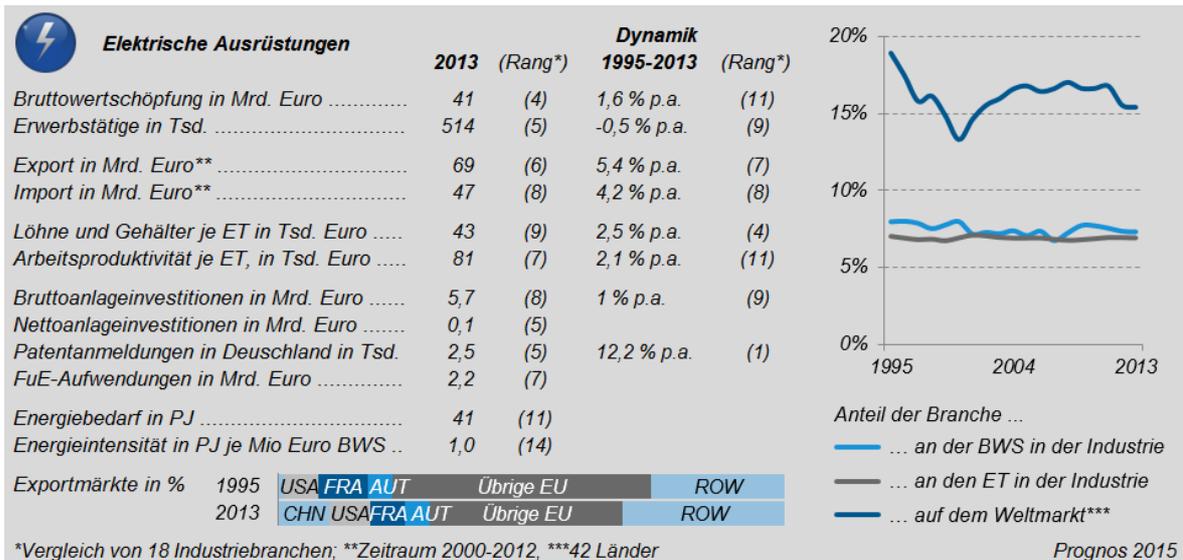


In keiner Industriebranche in Deutschland arbeiten so viele Menschen wie in der Gesamtbranche **Metall**.² Zwar zeigte sich die absolute Zahl der Erwerbstätigen im betrachteten Zeitraum leicht rückläufig. Gleichwohl erhöhte sich der Anteil der Branche an der Gesamterwerbstätigenzahl im Verarbeitenden Gewerbe von 15 % im Jahr 1995 auf knapp 16 % im Jahr 2012. Dabei nahm die Erwerbstätigenzahl im Teilbereich Metallerzeugung und -bearbeitung bis 2013 spürbar auf knapp 270.000 Personen ab. Das Niveau im Teilbereich Herstellung von Metallerzeugnissen blieb hingegen konstant bei rund 900.000 Personen. Mit rund 70 % entfiel 2013 der weit größte Teil der Bruttowertschöpfung in der Gesamtbranche auf den Bereich Herstellung von Metallerzeugnissen.

Die Metallindustrie zählt auch zu den exportstärksten Branchen des deutschen Verarbeitenden Gewerbes. Sowohl die Ausfuhr als auch die Einfuhr legten in den vergangenen Jahren mit über 6 % p.a. überdurchschnittlich dynamisch zu. Gleichwohl nahm die Branchenausfuhr auf globaler Ebene noch dynamischer zu. Der Weltmarktanteil Deutschlands sank entsprechend von 15 % auf 11 %. Es zeigt sich, dass die Metallindustrie vorwiegend in europäische Länder exportiert – was unter anderem auf die vergleichsweise hohen Transportkosten in dieser Branche zurückzuführen sein dürfte. Damit konnte die Branche nur unterdurchschnittlich stark von der wachsenden Importnachfrage der Entwicklungs- und Schwellenländer in der jüngeren Vergangenheit profitieren.

Die Metallindustrie gehört zu den größten Energieverbrauchern im Verarbeitenden Gewerbe. Gleichwohl ist zu beachten, dass mehr als 90 % des Energiebedarfs der Gesamtbranche auf den (kleineren) Teilbereich Metallerzeugung und -bearbeitung entfallen.

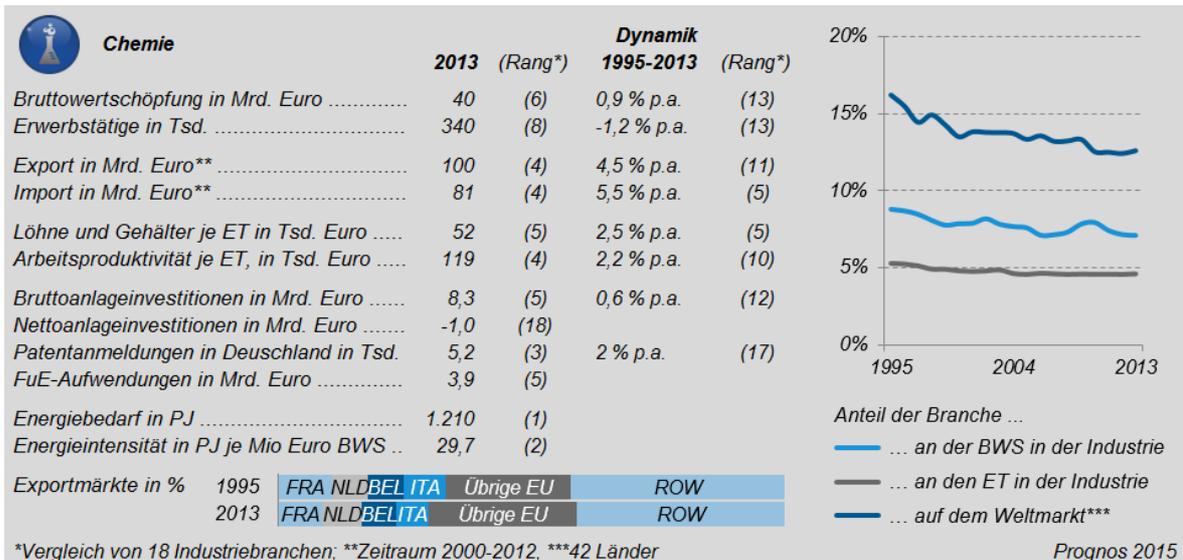
² Die Gesamtbranche Metall besteht aus den beiden WZ-Bereichen WZ 24 Metallerzeugung und -bearbeitung sowie WZ 25 Herstellung von Metallerzeugnissen.



Gemessen am Anteil an der Bruttowertschöpfung steht die Branche **Elektrische Ausrüstungen** im deutschen Verarbeitenden Gewerbe 2013 an vierter Stelle. Über eine halbe Million Erwerbstätige sind direkt in der Branche beschäftigt. Hinsichtlich der meisten volkswirtschaftlichen Kenngrößen bewegt sich die Branche im Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes.

Der Weltmarktanteil Deutschlands im Bereich Elektrische Ausrüstungen pendelte sich in den vergangenen Jahren bei gut 15 % ein. Besonders stark legte die Branchenausfuhr in die Volksrepublik China und in die Länder außerhalb der Europäischen Union zu. China ist mittlerweile der wichtigste Einzelmarkt.

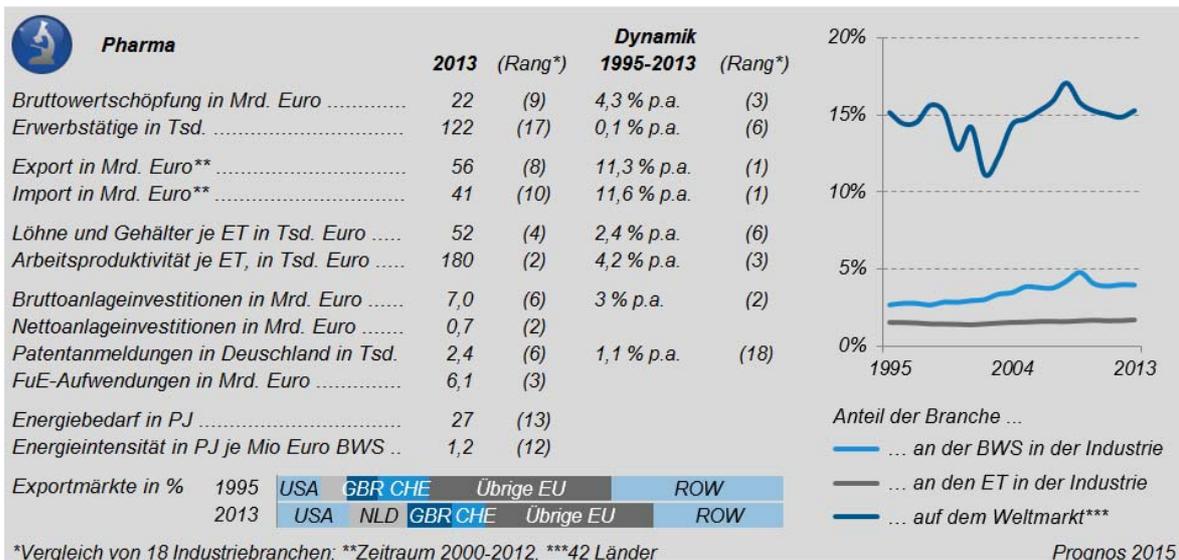
Einen besonders niedrigen Wert weist die Herstellung von Elektrischen Ausrüstungen im Bereich Energieintensität auf. Keine andere Industriebranche, abgesehen vom Wirtschaftszweig Reparatur Installation von Maschinen und Ausrüstungen, hat je Einheit Bruttowertschöpfung einen so niedrigen Energiebedarf. Dies gilt jedoch lediglich für den Produktionsprozess der Branche, die Nutzung der Produkte der Branche ist hingegen oft energieintensiv.



Die **Chemische Industrie** in Deutschland entwickelte sich in den vergangenen Jahren etwas weniger dynamisch als der Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes. Der Anteil der Branche an der gesamten industriellen Bruttowertschöpfung nahm seit 1995 um knapp 2 Prozentpunkte auf etwa 7 % im Jahr 2012 ab. Ihr Anteil an der Gesamterwerbstätigenzahl blieb hingegen stabil bei rund 5 %. Im Jahr 2013 waren knapp 340.000 Personen in Deutschland in der Chemischen Industrie erwerbstätig.

Auch der Weltmarktanteil Deutschlands auf dem globalen Exportmarkt nahm spürbar von 16 % auf 13 % ab, was sich unter anderem auf den in der Chemischen Industrie besonders dynamischen Aufholprozess der Schwellenländer zurückführen lässt. Gleichwohl ist die Branche mit einem Exportvolumen von 100 Mrd Euro nach wie vor die viertgrößte deutsche Exportbranche. Wichtigste Abnehmer sind dabei nach wie vor überwiegend die europäischen Nachbarländer. Der Anteil der Länder außerhalb der Europäischen Union nahm entgegen dem Trend im gesamten Verarbeitenden Gewerbe im Zeitverlauf sogar ab. Dementsprechend konnte die Branche nur unterdurchschnittlich stark vom Boom in den aufstrebenden Schwellenländern in den vergangenen Jahren profitieren.

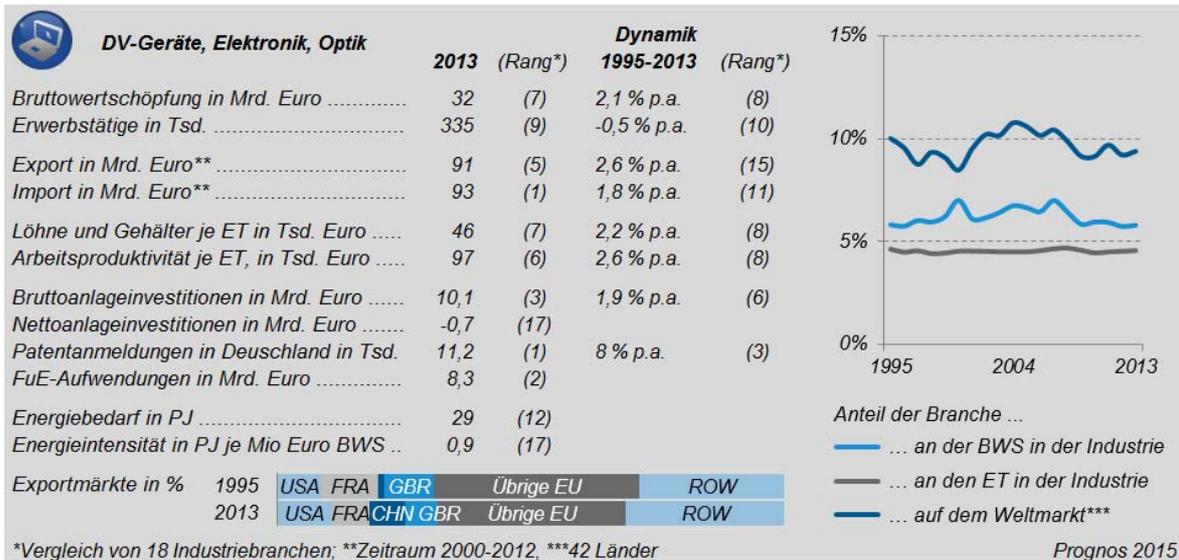
Die Chemische Industrie weist unter allen Industriebranchen den höchsten Energiebedarf auf. Auch gemessen an der Energieintensität, also dem Energieverbrauch je Einheit Bruttowertschöpfung, liegt die Branche auf dem zweiten Platz. Damit dürfte die Branche sensibel auf Schwankungen im Bereich der Energiepreise reagieren.



Deutlich dynamischer als die Chemische Industrie entwickelte sich im betrachteten Zeitraum die **Pharmazeutische Industrie**. Der Anteil der Branche an der Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe verdoppelte sich zwischen 1995 und 2012 von 2 % auf 4 %. Das dynamische Wachstum bei der Bruttowertschöpfung ging nicht mit einem Aufbau an Beschäftigung einher: Der Anteil der Branche an der Gesamterwerbstätigenzahl blieb konstant bei knapp 2 %.

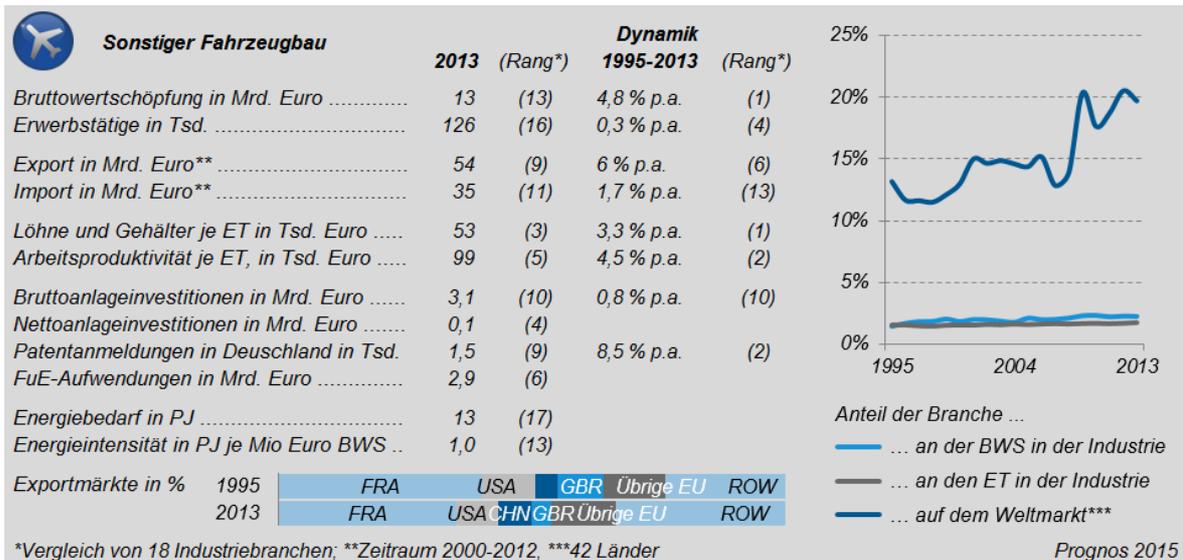
Besonders dynamisch entwickelte sich der Export von pharmazeutischen Erzeugnissen aus Deutschland. Die Zuwachsrate lag mit durchschnittlich 11,3 % p.a. so hoch wie in keiner anderen Branche. In ähnlichem Tempo entwickelte sich die Importnachfrage. Auch der globale Handel stieg im Zeitverlauf sehr stark. Deutschland konnte dabei seinen Weltmarktanteil von 15 % trotz vorübergehender Schwankungen halten.

Ein Blick auf die Entwicklung der Absatzmärkte zeigt, dass der deutsche Export insbesondere in ausgewählte Länder sehr stark angestiegen ist. Vor allem die Importnachfrage aus den Vereinigten Staaten, den Niederlanden und Belgien nahm überdurchschnittlich stark zu.



Die Entwicklung der Branche **DV-Geräte, Elektronik, Optik** zeigt sich im betrachteten Zeitverlauf stabil. Der Anteil der Branche an der industriellen Bruttowertschöpfung lag konstant bei etwa 6 %, der Anteil an den Erwerbstätigen bei gut 4 %. Innerhalb der Branche sind deutsche Unternehmen insbesondere im Teilbereich Mess-, Kontroll- und Navigationsgeräte gut aufgestellt. Über 50 % der deutschen Bruttowertschöpfung in der Branche entfällt auf diesen Bereich.

Der Wirtschaftszweig gehört zu den stärksten Exportbranchen des Landes. Im Jahr 2013 betrug das Exportvolumen knapp 91 Mrd Euro. Dabei ist der Wirtschaftszweig die einzige der betrachteten Schlüsselbranchen, in der Deutschland einen (leichten) Importüberschuss ausweist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich in der Branche zahlreiche Produktbereiche befinden, deren Produktion im betrachteten Zeitraum sehr stark von Produktionsverlagerungen in Schwellenländer betroffen war. Dazu gehört etwa die Herstellung von DV-Geräten, Geräten der Telekommunikationstechnik oder der Unterhaltungselektronik. Gleichwohl konnte Deutschland seinen Weltmarktanteil zwischen 1995 und 2013 nahezu konstant bei knapp 10 % halten. Dabei ist hinsichtlich der Absatzmärkte ein Diversifizierungsprozess festzustellen. Während die Länder der Europäischen Union in der Tendenz an Bedeutung einbüßten, stieg das relative Gewicht von Schwellenländern wie China spürbar.



Der **Sonstige Fahrzeugbau** ist im Jahr 2013, gemessen an der Bruttowertschöpfung, der Zahl der Erwerbstätigen und dem Exportwert, die kleinste unter den in diesem Abschnitt im Detail betrachteten Branchen. Gleichwohl sticht die Branche mit einer hohen Wachstumsdynamik bei wichtigen Kenngrößen heraus. Hinsichtlich des durchschnittlichen Wachstums der Bruttowertschöpfung, der Löhne und Gehälter oder der Arbeitsproduktivität zwischen 1995 und 2013 liegt die Branche im Vergleich zu den übrigen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes an der Spitze.

Der Sonstige Fahrzeugbau in Deutschland konnte seinen Weltmarktanteil im betrachteten Zeitraum deutlich ausbauen – während der Weltmarktanteil Deutschlands insgesamt vor allem aufgrund des Aufholprozesses der aufstrebenden Schwellenländer wie China spürbar zurückging. Des Weiteren ist bemerkenswert, dass trotz der hohen Exportdynamik der Anteil der einzelnen Absatzmärkte sehr stabil geblieben ist. Frankreich ist mit einem Anteil von fast 40 % der mit Abstand wichtigste Handelspartner.

Der wesentliche Treiber in der Branche ist der Teilbereich Luft- und Raumfahrzeugbau, auf den rund 70 % der Bruttowertschöpfung der Branche entfallen. Auf den Schiffs- und Bootsbau sowie den Schienenfahrzeugbau entfallen jeweils gut 12 %.

2.4 Analyse der in- und ausländischen Wertschöpfungsverflechtungen

Die bisherige Analyse berücksichtigt keine Verflechtungen und Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen industriellen Branchen sowie zwischen dem Industrie- und Dienstleistungssektor. Auch sind die Verflechtungen mit dem Ausland noch unvollständig abgebildet. Diese Aspekte zu berücksichtigen ist jedoch sinnvoll, um Aussagen über die Struktur branchenübergreifender Wertschöpfungsketten in der deutschen Industrie zu machen.

Um die Bedeutung und Struktur dieser Handelsbeziehungen zwischen verschiedenen Industrie- und Dienstleistungsbranchen sowie mit dem Ausland näher zu untersuchen, wird im folgenden Abschnitt eine Analyse der Vorleistungsverflechtungen innerhalb der deutschen Industrie sowie zwischen Industrie und Dienstleistungen und mit dem Ausland durchgeführt.

Die Analyse der inländischen Vorleistungsverflechtungen erfolgt auf Grundlage der Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamts, die derzeit für den Zeitraum 1995 bis 2010 vorliegen.

Inländische Wertschöpfungsverflechtungen

Der Vorleistungsbezug einer Branche lässt sich grob in einzelne Kategorien unterteilen. Als In-Sich-Lieferungen werden Vorleistungen von Unternehmen aus derselben Branche klassifiziert. Zudem werden die Vorprodukte in der nachfolgenden Analyse nach ihrer Herkunft aus den verschiedenen Sektoren – Primärer Sektor, Verarbeitendes Gewerbe, Übriges Produzierendes Gewerbe und Tertiärer Sektor - unterschieden.

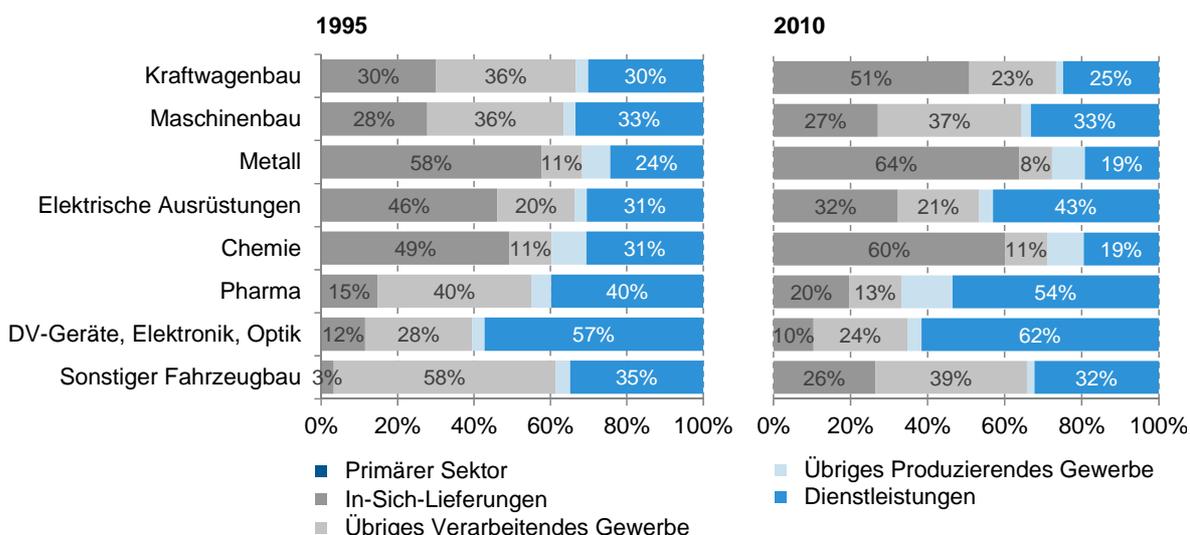
Im Durchschnitt über alle Branchen des Verarbeitenden Gewerbes blieb die Struktur der inländischen Wertschöpfungsbeziehungen im betrachteten Zeitraum weitgehend konstant. An Bedeutung gewonnen haben zwischen 1995 und 2010 vor allem Vorleistungslieferungen innerhalb der Branchen des Verarbeitenden Gewerbes. An Bedeutung als einheimische Zulieferer der deutschen Industrie verloren hat hingegen der Primäre Sektor. Der Anteil des Tertiären Sektors am Vorleistungsbezug im deutschen Verarbeitenden Gewerbe blieb konstant bei knapp einem Drittel.

In den betrachteten Schlüsselbranchen unterscheidet sich die Entwicklung der Wertschöpfungsketten teils deutlich. Im Kraftwagenbau (und noch deutlicher im Sonstigen Fahrzeugbau) hat die Bedeutung von In-Sich-Lieferungen stark zugenommen. Diese Entwicklung zeigt, dass Unternehmen im betrachteten Zeitraum einen Teil der Wertschöpfung an Zulieferer ausgelagert haben. Auch in der Metallindustrie und der Chemischen Industrie ist dieser Trend

erkennbar. Die Bedeutung des Dienstleistungssektors zeigte sich in diesen Branchen hingegen rückläufig (Abbildung 5).

Anders in der Pharmaindustrie: Hier zeigt sich ein deutlicher Bedeutungsgewinn des Dienstleistungssektors. Ein Grund dafür ist unter anderem die hohe Forschungsintensität der Branche: Die WZ-Gruppe 72 „Forschungs- und Entwicklungsleistungen“ bildet die zweitwichtigste Zulieferbranche. Auch auf den nachfolgenden Rängen finden sich bei den wichtigsten inländischen Zulieferern der Pharmaindustrie Branchen aus dem Tertiären Sektor: Der Großhandel, der Einzelhandel sowie Werbe- und Marktforschungsdienstleistungen. Ebenfalls an Bedeutung gewonnen haben die Dienstleistungen in der Branche Elektrische Ausrüstungen. Neben Großhandelsleistungen bezieht diese Branche auch in hohem Maße Dienstleistungen von Architektur- und Ingenieurbüros sowie von Unternehmensberatungen.³

Abbildung 5: Inländischer Vorleistungsbezug von Industriebranchen, 1995 und 2010, in %



Quelle: Statistisches Bundesamt; Eigene Berechnungen Prognos 2015.

In den Branchen Maschinenbau und DV-Geräte, Elektronik, Optik blieb die Zulieferstruktur im Zeitverlauf fast unverändert. Der sehr hohe Anteil an Vorleistungen aus dem Dienstleistungssektor in der Branche DV-Geräte, Elektronik, Optik erklärt sich zu einem großen Teil durch die große Bedeutung des Handels für diese Branche:

³ Besonders im Hinblick auf die beiden Branchen Elektrische Ausrüstungen sowie DV-Geräte, Elektronik, Optik ist zu beachten, dass ab 2008 die Input-Output-Tabellen nach der derzeit gültigen Klassifikation WZ 2008 ausgewiesen werden. In Input-Output-Tabellen für den Zeitraum bis einschließlich 2007 basieren hingegen auf der (Vorgänger-) Klassifikation WZ 2003. Im Zuge der Umstellung haben sich die Branchenabgrenzungen teilweise geändert. Für die vorliegende Analyse wird der WZ08-Bereich 27 „Elektrische Ausrüstungen“ mit dem WZ03-Bereich 31 „Geräte der Elektrizitätserzeugung“ sowie der WZ08-Bereich 26 „DV-Geräte, Elektronik, Optik“ mit den WZ03-Bereichen 30 „Büromaschinen, DV-Geräte“, 32 „Nachrtechn., Rundf.- und Fernsehgeräte, elektron. Bauelemente“ sowie 33 „Medizin-, mess-, regelungstechn., optische Erzeugnisse; Uhren“ verglichen. Die WZ-Bereiche der beiden Klassifikationen sind nahezu deckungsgleich. Deshalb erlaubt ein Vergleich belastbare Rückschlüsse auf die Entwicklung der Vorleistungsbeziehungen.

Allein ein Viertel aller aus dem Inland bezogenen Vorleistungen stammt aus dem Groß- oder Einzelhandel.

Für viele der acht betrachteten Branchen ist die Metallindustrie der wichtigste Vorleistungslieferant. Ebenfalls in der Spitzengruppe befindet sich für viele Branchen der Großhandel. Ansonsten sind vor allem die Verflechtungen mit verwandten Branchen am stärksten ausgeprägt: So ist die Pharmaindustrie über Vorleistungsverflechtungen sehr eng mit der Chemischen Industrie verbunden. Die Chemiebranche bezieht wiederum zahlreiche Vorprodukte aus dem Bereich Kokerei- und Mineralölerzeugnisse. Die Branche DV-Geräte, Elektronik, Optik beliefert in größerem Umfang die Hersteller von Elektrischen Ausrüstungen.

Die Bedeutung der Dienstleistungen als Vorleistungslieferant blieb im Durchschnitt über alle Industriebranchen konstant. Auf den ersten Blick überrascht dieses Ergebnis. Experten sind sich einig, dass sich traditionelle Branchenabgrenzungen vermehrt auflösen und insbesondere die Verflechtungen von Industrie und Dienstleistungen zunehmen. So sei etwa die fortschreitende Digitalisierung dafür verantwortlich, dass vermehrt Produkte und Leistungen, die originär aus der IKT-Branche und damit dem Dienstleistungssektor stammten, Verwendung im Produktionsprozess der Industriebranchen fänden. Die Ergebnisse der Input-Output-Analyse deuten darauf hin, dass solche Produkte und Leistungen häufig von den Unternehmen selbst oder von Unternehmen der eigenen Branche erbracht werden. So werden Industrieprodukte und Dienstleistungen vermehrt gebündelt angeboten: Unternehmen bieten neben dem eigentlichen Industrieprodukt zunehmend produktbegleitende oder produktergänzende Dienstleistungen an und decken damit im Idealfall die gesamte Wertschöpfungskette entlang des Lebenszyklus eines Produkts ab – von der Vorphase (z.B. Entwicklung, Finanzierung) bis zur Nutzungsphase (z.B. Montage, Wartung, Steuerung). Die Verbreitung dieser „hybriden Geschäftsmodelle“ hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen: Zwischen 2011 und 2015 stieg der Anteil der Unternehmen mit hybriden Geschäftsmodellen von 16 % auf knapp 25 %.⁴ Die Bedeutung von Dienstleistungen in und für die Industrie steigt also durchaus an. Diese Entwicklung spielt sich jedoch innerhalb des Verarbeitenden Gewerbes ab und lässt sich daher im Rahmen von Input-Output-Analysen nur bedingt sichtbar machen.

Des Weiteren ist zu beachten, dass der Vorleistungsbezug der Industrie aus dem Tertiären Sektor in absoluten Werten stark angestiegen ist. Im betrachteten Zeitraum von 1995 bis 2010 erhöhte sich das Volumen von 136 Mrd Euro auf 255 Mrd Euro.

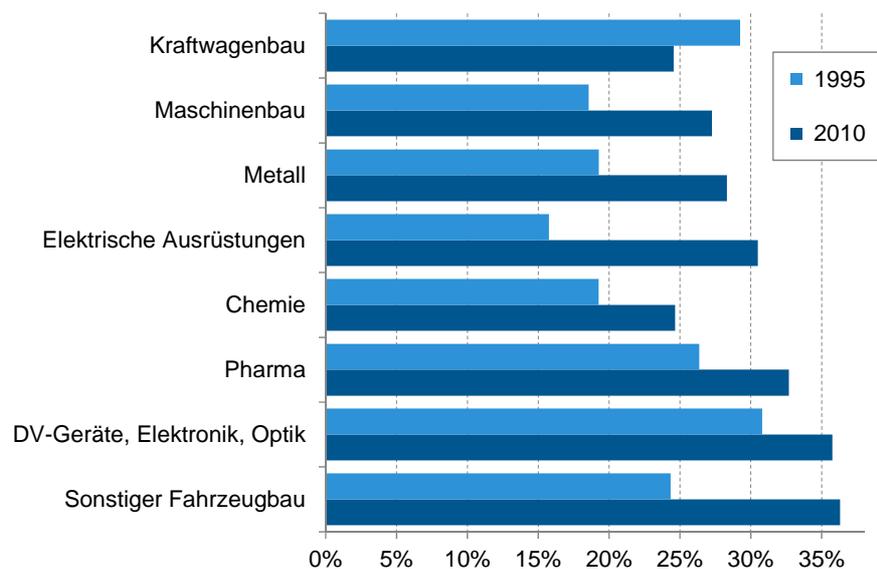
⁴ IW / vbw (2015): Hybride Geschäftsmodelle – als Lösungsanbieter zum Erfolg, eine Studie von IW Consult für die vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft.

Ausländische Wertschöpfungsverflechtungen

Die Bedeutung von Vorleistungslieferungen aus dem Ausland hat für das Verarbeitende Gewerbe in Deutschland in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Gemäß den Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes stammte im Jahr 1995 gut ein Fünftel der Vorleistungsbezüge der deutschen Industrie aus dem Ausland. Bis 2010 stieg dieser Wert auf 29 %. Unter der Gruppe der eingangs identifizierten Schlüsselbranchen ist die Bedeutung des ausländischen Vorleistungsbezugs in der Branche DV-Geräte, Elektronik, Optik sowie dem Sonstigen Fahrzeugbau besonders hoch (Abbildung 6).

Eine Ausnahme bildet der Kraftwagenbau. Der Vorleistungsbezug aus dem Ausland erhöhte sich zwar um mehr als das Doppelte zu. Gleichwohl nahm der inländische Vorleistungsbezug noch stärker zu. Im Ergebnis nahm die relative Bedeutung des Auslands als Vorleistungslieferant im Kraftwagenbau ab.

Abbildung 6: Anteil der Vorleistungen aus Importen am gesamten Vorleistungsbezug deutscher Industriebranchen, 1995 und 2010, in %



Quelle: Statistisches Bundesamt; Eigene Berechnungen Prognos 2015.

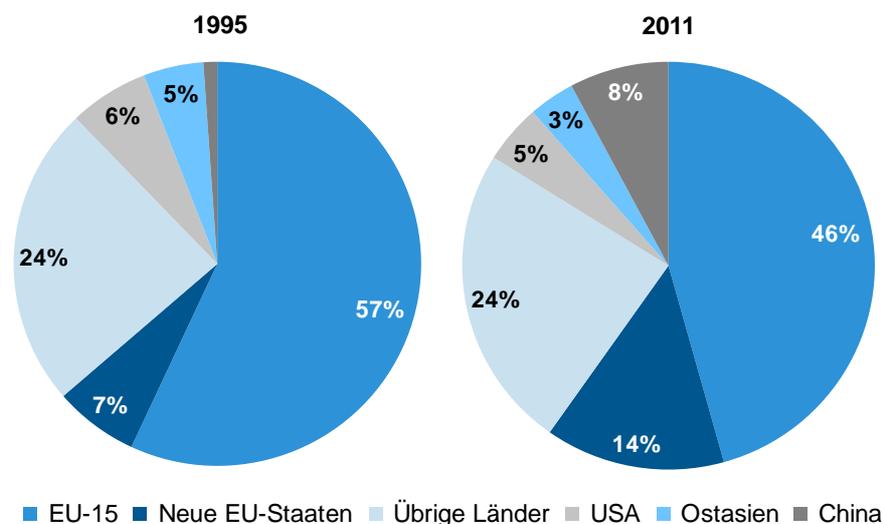
Die Verflechtungen der deutschen Industriebranchen mit dem Ausland auf einer sehr detaillierten Ebene lassen sich auf Basis der World Input-Output Database (WIOD) untersuchen. Die Datenbank stellt die Vorleistungsverflechtungen zwischen insgesamt 40 Volkswirtschaften ab 1995 auf Branchenebene dar. Dabei ist die

Branchenebene etwas stärker aggregiert als in der Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes.⁵

Eine besonders wichtige Rolle als Vorleistungslieferant für die deutsche Industrie spielen die Länder der Europäischen Union. Trotz eines leichten Rückgangs kamen während des gesamten betrachteten Zeitraums 60 % der ausländischen Vorleistungen aus dieser Ländergruppe. Dabei ist zu beobachten, dass die neuen mittelosteuropäischen Mitgliedstaaten der Europäischen Union ihren Anteil verdoppeln konnten während die alten Mitgliedstaaten an Bedeutung einbüßten (Abbildung 7).⁶

Die Vereinigten Staaten sowie Japan und Südkorea (zusammengefasst als Region Ostasien) spielen im Vergleich dazu eine untergeordnete Rolle. Spürbar an Bedeutung hinzugewonnen hat seit 1995 die Volksrepublik China. Deren Anteil an den ausländischen Vorleistungslieferungen für die deutsche Industrie stieg von 1 % auf 8 %.

Abbildung 7: Ausländischer Vorleistungsbezug der deutschen Industrie nach Ländern bzw. Ländergruppen, 1995 und 2011, in %



Quelle: World Input Output Database; Eigene Berechnungen Prognos 2015.

Die Bedeutung der einzelnen Länder bzw. Regionen als Zulieferer von Vorleistungen unterscheidet sich je nach Branche teilweise deutlich. So baute etwa im Fahrzeugbau (Kraftwagenbau und

⁵ Die Branchenklassifikation der World-Input-Output-Datenbank ist dabei etwas weniger detailliert als die WZ-Klassifikation, die vom Statistischen Bundesamt verwendet wird. So können etwa die Branchen Chemie und Pharma, Kraftwagenbau und Sonstiger Fahrzeugbau sowie DV-Geräte, Elektronik Optik und Elektrische Ausrüstungen jeweils nur als Aggregat ausgewiesen werden.

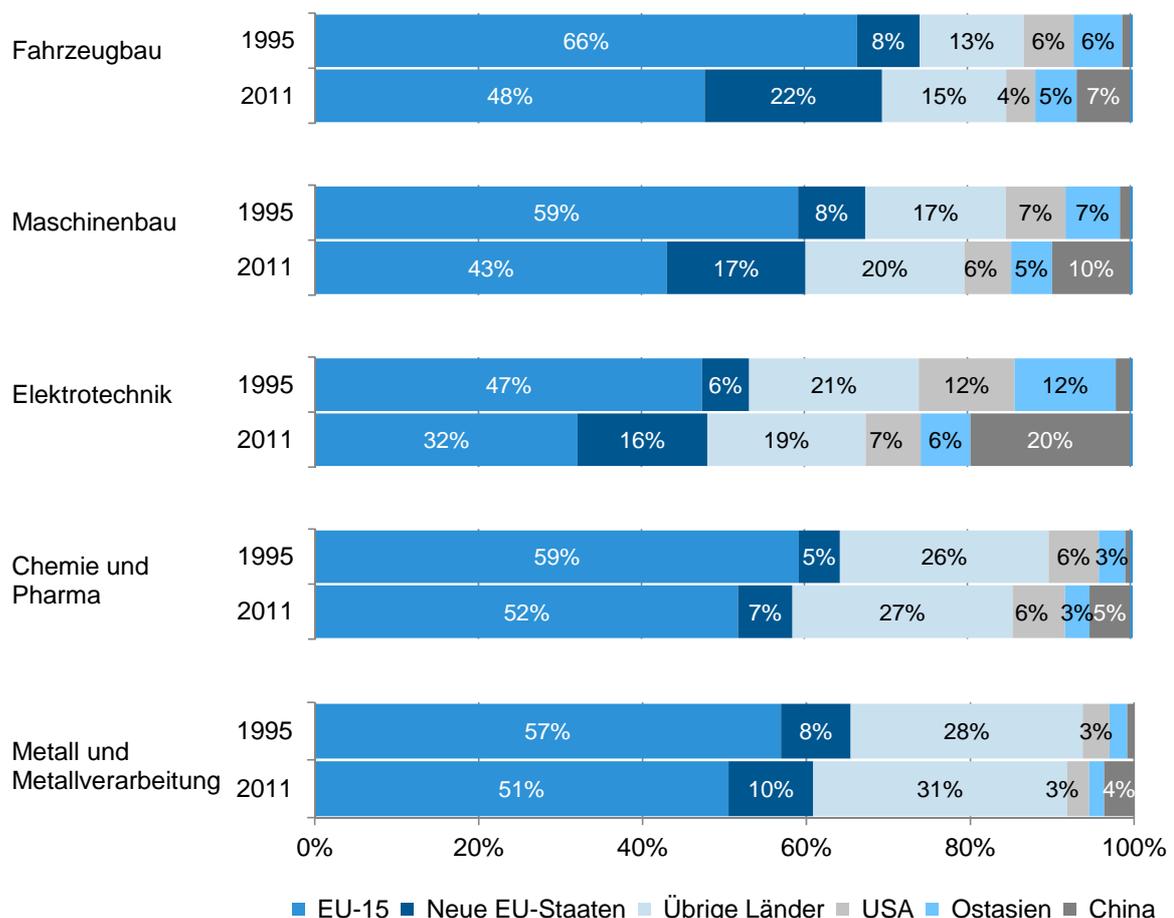
⁶ Zur Gruppe der EU-15 gehören Deutschland, Österreich, Belgien, Dänemark, Spanien, Finnland, Frankreich, das Vereinigte Königreich, Griechenland, Irland, Italien, die Niederlande, Portugal, Schweden und Luxemburg. Bei der Gruppe der neuen EU-Staaten berücksichtigt die WIOD-Datenbank Bulgarien, Tschechien, Estland, Ungarn, Litauen, Lettland, Polen, Rumänien, die Slowakei, Slowenien, Zypern und Malta.

Sonstiger Fahrzeugbau) die Region Mitteleuropa ihre Bedeutung stark aus. Auch für den deutschen Maschinenbau und die Elektrotechnik spielen die mitteleuropäischen Länder mittlerweile eine sehr wichtige Rolle als Vorleister (Abbildung 8).

Die Elektrotechnik nimmt eine gewisse Sonderstellung ein. Die aus dem Ausland bezogenen Vorleistungen für die Branchen kommen mehrheitlich aus Ländern außerhalb der Europäischen Union. Insbesondere die Volksrepublik China baute ihren Anteilswert auf 20 % aus. Bei den anderen betrachteten Branchen dominiert nach wie vor der Vorleistungsbezug aus den Staaten der Europäischen Union mit Anteilswerten von über 60 %.

Insgesamt ist im betrachteten Zeitraum eine Diversifizierung beim ausländischen Vorleistungsbezug der deutschen Industrie zu beobachten. 1995 stammten in einigen Branchen noch rund zwei Drittel der ausländischen Vorleistungen aus den älteren Mitgliedstaaten der Europäischen Union. Deren Anteilswert ist in sämtlichen Branchen zurückgegangen.

Abbildung 8: Ausländischer Vorleistungsbezug von deutschen Industriebranchen nach Ländern bzw. Ländergruppen, 1995 und 2011, in %



Quelle: World Input Output Database; Eigene Berechnungen Prognos 2015.

Wichtiger wurden hingegen vor allem die 2004 bzw. 2007 neu in die Europäische Union aufgenommenen Mitgliedstaaten. Der mit Abstand größte Anteil des deutschen Vorleistungsbezugs aus dieser Ländergruppe stammt dabei mit jeweils rund einem Drittel aus Polen und Tschechien.

Ebenfalls deutlich zugenommen hat die Bedeutung Chinas, allerdings von einem sehr niedrigen Niveau ausgehend. In der Elektrotechnik nimmt das Land mittlerweile eine zentrale Rolle ein. Die Anteilswerte der Vereinigten Staaten, Japans und Südkoreas zeigten sich in den meisten Branchen leicht rückläufig. Insgesamt bleibt Europa damit der zentrale Bezugspunkt von Vorleistungsgütern für die deutsche Industrie.

2.5 Die deutsche Industrie im internationalen Kontext

Im letzten Abschnitt der Ex-post-Analyse wird die Entwicklung ausgewählter Kenngrößen der deutschen Industrie mit der Entwicklung in anderen Volkswirtschaften verglichen. Die Vergleichsgruppe beinhaltet dabei:

- die wichtigsten westeuropäischen Volkswirtschaften Frankreich, Italien und das Vereinigte Königreich,
- die wichtigste mittelosteuropäische Volkswirtschaft Polen,
- die global größte Volkswirtschaft Vereinigte Staaten,
- sowie mit Japan und China je eine entwickelte und eine aufstrebende Volkswirtschaft aus dem asiatischen Raum.

Gesamtwirtschaftliche Entwicklung seit 1995

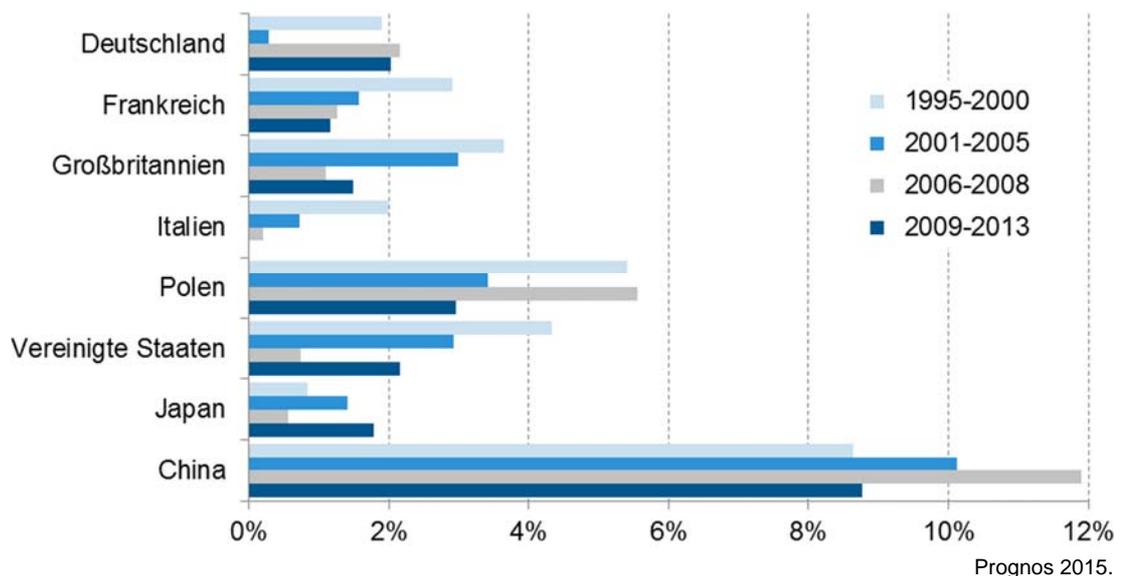
In der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraums ab 1995 legte Deutschland ein im internationalen Vergleich unterdurchschnittliches Wirtschaftswachstum an den Tag. Insbesondere die erste Hälfte der „Nullerjahre“ war durch eine ausgeprägte Wachstumschwäche gekennzeichnet. Deutschland galt damals, in Anlehnung an eine Titelgeschichte des Economist, wirtschaftlich als der „kranke Mann Europas“. Ab dem Jahr 2006 übertraf jedoch die deutsche Volkswirtschaft in ihrer Dynamik sowohl die meisten Länder der Europäischen Union als auch die Vereinigten Staaten. Deutschland war es gelungen, allmählich die verlorengegangene Wettbewerbsfähigkeit zurückzugewinnen. Zwar fiel die Rezession im Jahr 2009 in Folge der globalen Finanzkrise in Deutschland besonders stark aus. Im Gegenzug setzte die Erholung nach der Rezession schneller und kräftiger ein als in fast allen übrigen Ländern (Abbildung 9).

In den betrachteten Zeitraum von 1995 bis 2013 fällt auch der dynamische Aufholprozess zahlreicher Schwellenländer. Insbesondere China erreichte über den gesamten Zeitraum hinweg hohe, oft zweistellige Wachstumsraten. Mittlerweile ist China die nach

den Vereinigten Staaten zweitgrößte Volkswirtschaft der Welt und löste Deutschland als inoffiziellen „Exportweltmeister“ ab. Weitere Schwellenländer wie Indien, Brasilien, Russland oder Südafrika konnten in der betrachteten Periode ebenfalls meist dynamisch wachsen, stehen aber sowohl hinsichtlich Größe als auch Dynamik im Schatten Chinas.

Auch zahlreiche Staaten Mittelosteuropas transformierten im Betrachtungszeitraum ihre Volkswirtschaften und wiesen seit 1995 eine hohe Wachstumsdynamik auf. Polen, das mit einem Abstand größte Land der Region, konnte während des gesamten Zeitraums eine hohe Wachstumsdynamik aufrechterhalten.

Abbildung 9: Wachstum des realen Bruttoinlandsprodukts, 1995 bis 2013 in ausgewählten Volkswirtschaften, in % p.a.

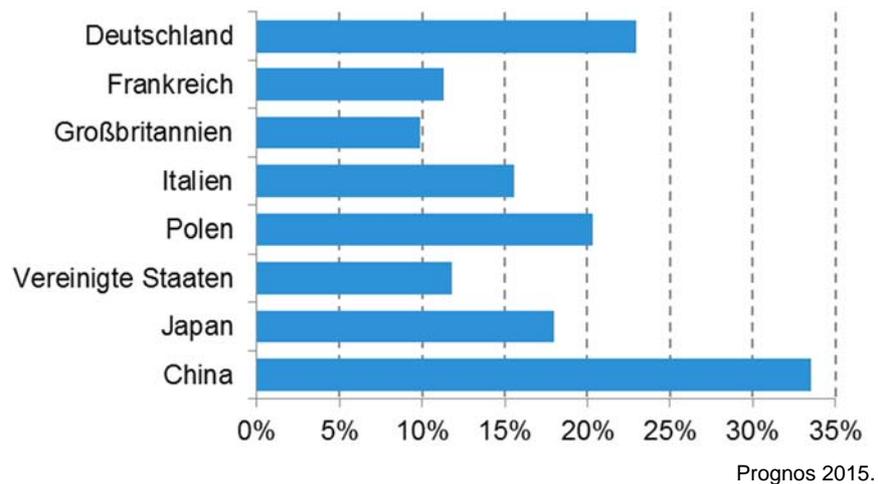


Bedeutung des industriellen Sektors im internationalen Vergleich

Insbesondere im Vergleich zu den größten westeuropäischen Partnerländern Frankreich und Großbritannien oder zu den Vereinigten Staaten spielt die Industrie in Deutschland eine sehr wichtige Rolle: In diesen Ländern liegt der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung zwischen 10 % und 12 %. In Deutschland weist der Anteil mit 23 % einen rund doppelt so hohen Wert auf. Eine vergleichsweise wichtige Rolle spielt die Industrie auch in Polen oder Japan. Eine Sonderrolle nimmt wiederum China mit einem Anteil des Verarbeitenden Gewerbes von über 33 % ein – der höchste Wert unter allen größeren Volkswirtschaften (Abbildung 10). Hier zeigt sich der Aufstieg der Volksrepublik zur „Werkstatt der Welt“. Das starke Wirtschaftswachstum des Landes war gerade auch im Vergleich zu den übrigen „BRIC-Ländern“ sehr stark durch das Verarbeitende Gewerbe getrieben. In Russland und Brasilien basierte das Wachstum hingegen sehr viel stärker auf der Förderung und dem

Export von Rohstoffen, in Indien spielte der Dienstleistungssektor eine dominante Rolle.

Abbildung 10: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamten Bruttowertschöpfung in ausgewählten Volkswirtschaften, 2012, in %



Die im internationalen Vergleich robuste wirtschaftliche Entwicklung Deutschlands in der jüngeren Vergangenheit wird von Ökonomen oft auch auf den starken industriellen Kern der deutschen Volkswirtschaft zurückgeführt. So verfügen Volkswirtschaften mit einem starken industriellen Kern prinzipiell über nennenswerte Vorzüge. Industrieunternehmen sind in der Regel stärker exportorientiert als Unternehmen aus anderen Sektoren. Sie profitieren in besonderem Maß von der Dynamik in den aufstrebenden Schwellenländern sowie vom gemeinsamen Europäischen Binnenmarkt und der globalen Liberalisierung des Handels. Insbesondere vor dem Hintergrund der zuletzt schwachen Wachstumsdynamik vieler Industrieländer ist die Nachfrage aus den Schwellenländern für jene Volkswirtschaften stabilisierend, deren Produkte dort nachgefragt werden.

Hinzu kommt, dass eine hohe Exportabhängigkeit den Modernisierungs- und Anpassungsdruck besonders der exportierenden Produzenten erhöht. Der Wettbewerb forciert also deren Investitions- und Innovationsanstrengungen. Dabei stimulieren sich Exporte und Innovationen wechselseitig. Dieser Effekt begünstigt nicht allein die Produktivitätssteigerungen im sekundären Sektor, sondern auch die gesamtwirtschaftliche Entwicklung gerade jener Volkswirtschaften, die über einen großen industriellen Sektor verfügen. Schließlich bedingt die Ausgewogenheit zwischen Industrie und Dienstleistungen eine gesamtwirtschaftliche Risikostreuung und stellt somit einen wichtigen Portfoliovorteil dar.⁷

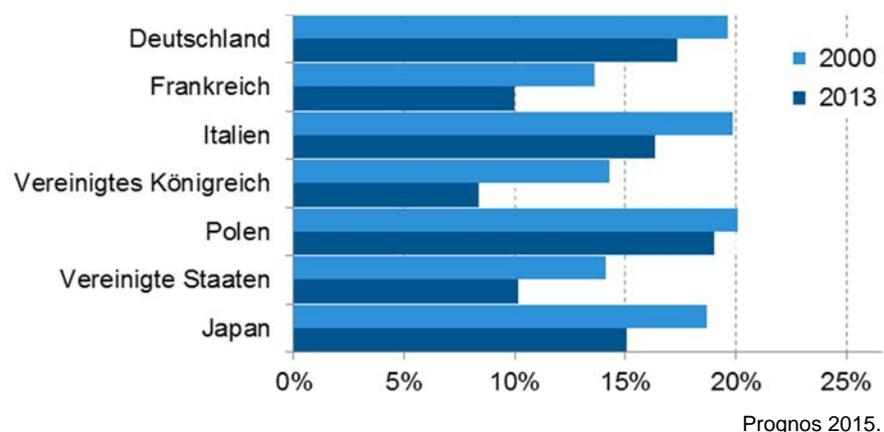
⁷ Prognos/Management Engineers (2012): Die Industrie – Der Treiber des Erfolgs. Und was die Zukunft von uns erwartet.

Beschäftigung, Lohnstückkosten, Produktivität

Der Zahl der Erwerbstätigen im Verarbeitenden Gewerbe zeigte sich in den vergangenen Jahren in fast sämtlichen betrachteten Volkswirtschaften rückläufig. Gleichwohl fiel das Ausmaß des Rückgangs sehr unterschiedlich aus. Während sich in Deutschland der Rückgang zwischen 2000 und 2013 mit einem Minus in Höhe von 6 % moderat gestaltete, fiel die Entwicklung in Italien (-13 %), Japan (-20 %) oder Frankreich (-23 %) deutlicher aus. Den stärksten prozentualen Rückgang verzeichneten die Vereinigten Staaten mit einem Viertel und das Vereinigte Königreich mit über einem Drittel. Lediglich in Polen nahm die Zahl der im Verarbeitenden Gewerbe beschäftigten Erwerbstätigen leicht zu.

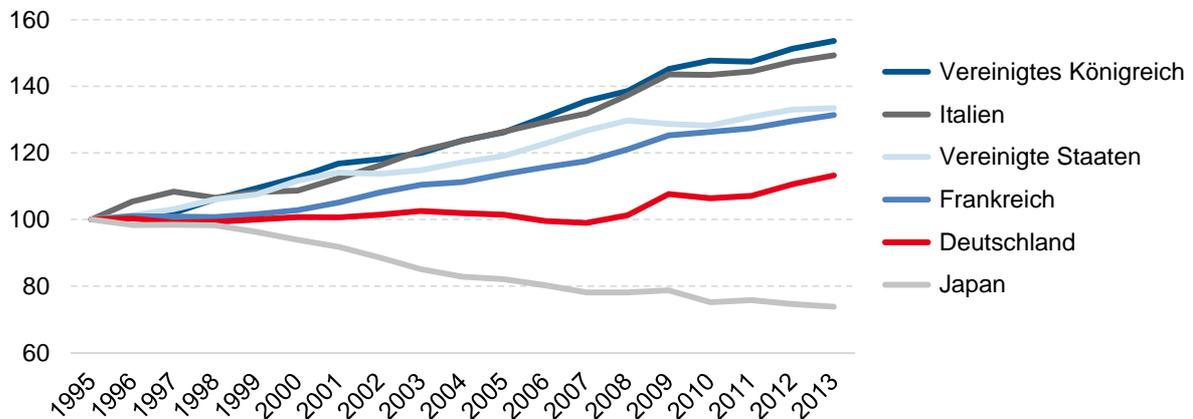
Da – mit Ausnahme Japans – in diesen Volkswirtschaften im betrachteten Zeitraum die Gesamterwerbstätigenzahl spürbar zu- legte, nahm der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der Gesamterwerbstätigenzahl teils deutlich ab (Abbildung 11).

Abbildung 11: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der Gesamterwerbstätigenzahl in ausgewählten Volkswirtschaften, 2000 und 2013, in %



Zu der im internationalen Vergleich überdurchschnittlich guten Entwicklung der Erwerbstätigkeit im Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland trug unter anderem eine ausgesprochen moderate Lohnkostenentwicklung bei. In den meisten anderen der betrachteten entwickelten Volkswirtschaften stiegen etwa die Lohnstückkosten deutlich stärker an. Lediglich in Japan liegt die Lohnstückkostenentwicklung seit 1995 noch unterhalb der deutschen Entwicklung (Abbildung 12).

Abbildung 12: Entwicklung der nominalen Lohnstückkosten in ausgewählten Volkswirtschaften, 1995 bis 2013 (Index: 1995=100)

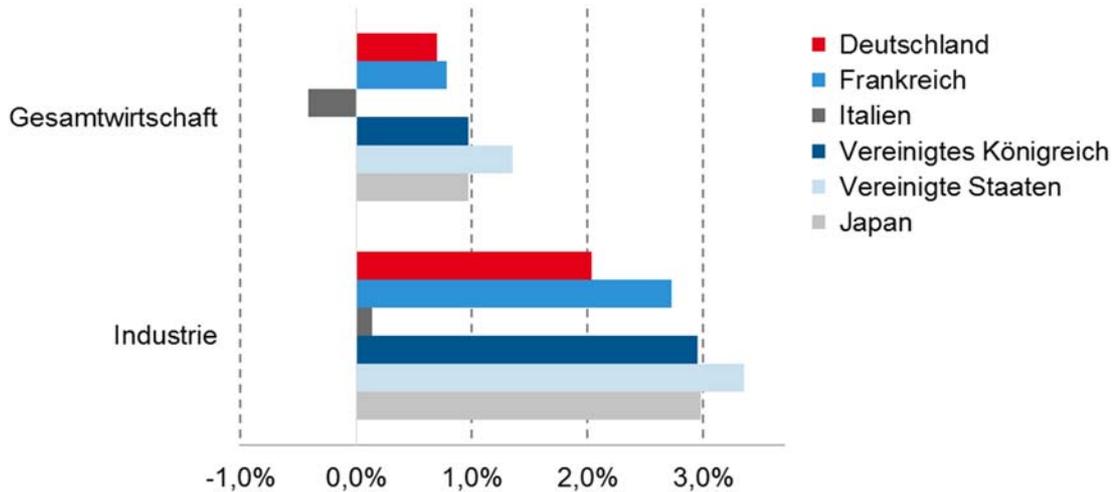


Prognos 2015.

Die gesamtwirtschaftliche Produktivität – gemessen an der realen Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen – hat sich in den betrachteten entwickelten Volkswirtschaften ähnlich entwickelt. Zwischen 2000 und 2013 sind durchschnittliche Zuwachsraten zwischen 0,7 % p.a. und 1,0 % p.a. zu beobachten. Die Vereinigten Staaten stehen mit durchschnittlich 1,4 % p.a. an der Spitze. Das Schlusslicht bildet mit einem durchschnittlichen Produktivitätsrückgang in Höhe von 0,4 % p.a. mit großem Abstand Italien (Abbildung 13).

Die Zuwächse der Arbeitsproduktivität in der Industrie fallen, bedingt durch die höhere Kapitalintensität vor allem im Vergleich zum Tertiären Sektor, systematisch höher aus als im gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt. Auch hier liegen die Vereinigten Staaten mit einem durchschnittlichen Zuwachs von 3,3 % p.a. vorne. Deutschland liegt mit einem durchschnittlichen Produktivitätszuwachs in Höhe von 2,0 % p.a. spürbar darunter. Dabei ist zu beachten, dass ein Teil des Produktivitätswachstums auf die in den meisten Volkswirtschaften deutlich gesunkene Erwerbstätigenzahl im Industriesektor zurückzuführen sein dürfte – die voranstehende Analyse der Erwerbstätigenzahlen zeigte, dass Deutschland das Beschäftigungsniveau im Verarbeitenden Gewerbe, anders als die übrigen betrachteten entwickelten Volkswirtschaften, annähernd stabil halten konnte.

Abbildung 13: Veränderung der Produktivität in der Gesamtwirtschaft und im Verarbeitenden Gewerbe in ausgewählten Volkswirtschaften, 2000 bis 2013, in % p.a.

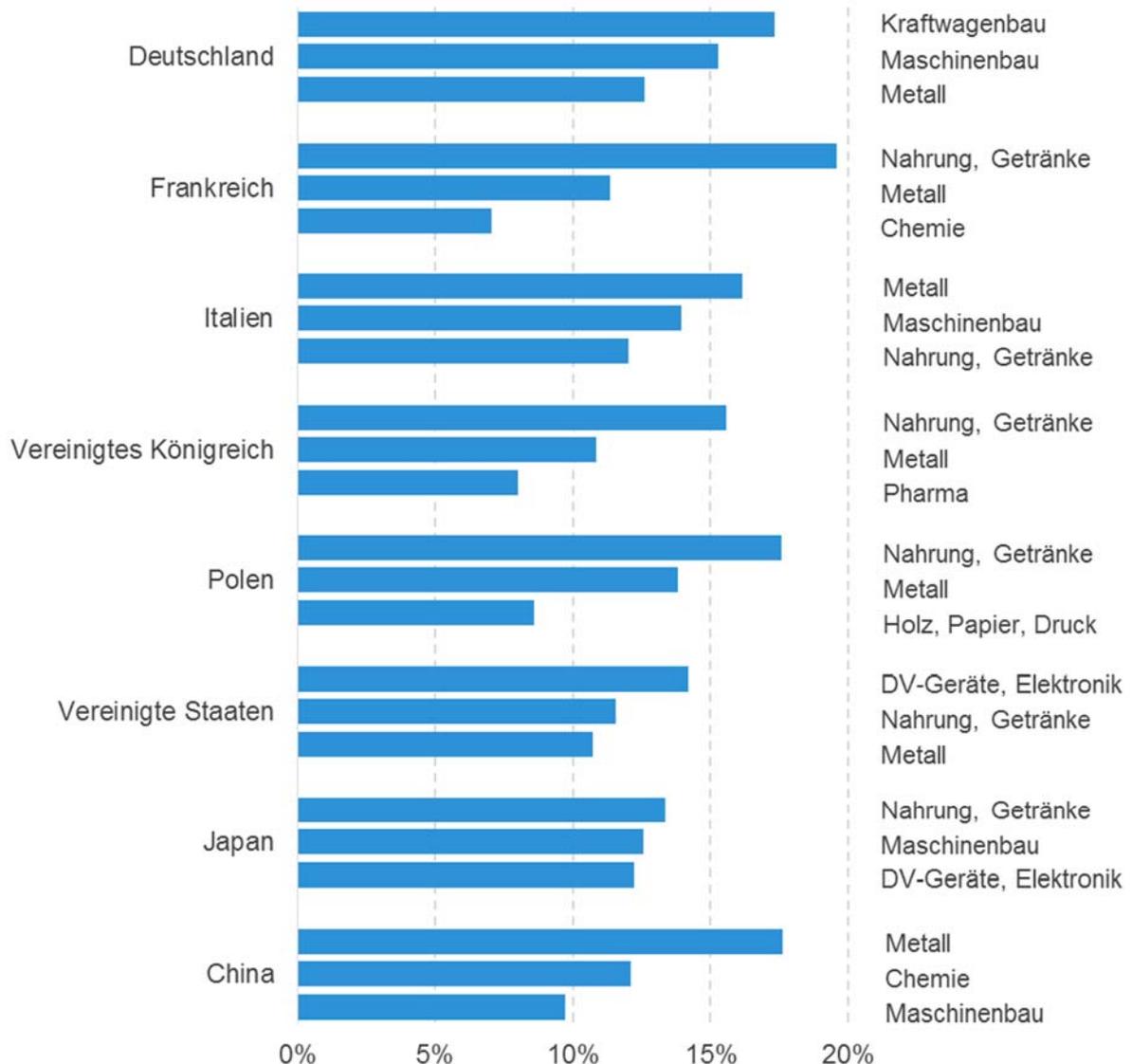


Prognos 2015.

Die Schlüsselbranchen in anderen Ländern

Anhand eines Spezialisierungsgrads, der den Anteil der drei größten Branchen an der gesamten Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe ausweist (*Concentration ratio C3*), lässt sich sichtbar machen, inwiefern die Industrie eines Landes stark auf einzelne Branchen konzentriert ist. Deutschland weist unter den betrachteten Ländern mit 45 % den höchsten Spezialisierungsgrad auf. Am stärksten diversifiziert ist die Industriestruktur im Vereinigten Königreich mit einem Spezialisierungsgrad von 34 %. In Deutschland stehen dabei mit dem Kraftwagenbau und dem Maschinenbau zwei besonders stark auf den Export ausgerichtete Branchen an der Spitze. In den meisten übrigen Ländern wird die Rangliste von Branchen angeführt, die eher auf die Binnennachfrage zielen (Abbildung 14).

Abbildung 14: Anteil der jeweils drei größten Industriebranchen an der gesamten Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe, 2013, in %



Prognos 2015.

Entwicklung der Ein- und Ausfuhr nach wichtigsten Handelspartnern

Abschließend wird die Exportstruktur Deutschlands nach Absatzmärkten mit der Entwicklung in anderen Volkswirtschaften verglichen. Im Vergleich zu den übrigen großen westeuropäischen Volkswirtschaften Frankreich, Vereinigtes Königreich und Italien ist zunächst festzustellen, dass Deutschlands Exportsektor stärker

auf Europa ausgerichtet ist (Abbildung 15).⁸ Damit dürfte Deutschland überdurchschnittlich stark von der Vollendung und Erweiterung des Europäischen Binnenmarkts in der jüngeren Vergangenheit profitiert haben. Zudem spielt China als Exportmarkt lediglich für Deutschland eine herausgehobene Rolle. Die übrigen drei Länder konnten von der stark steigenden Importnachfrage des ostasiatischen Landes daher nur weniger stark profitieren. Die Vereinigten Staaten sind dabei für alle vier westeuropäischen Volkswirtschaften ein sehr wichtiger Absatzmarkt.

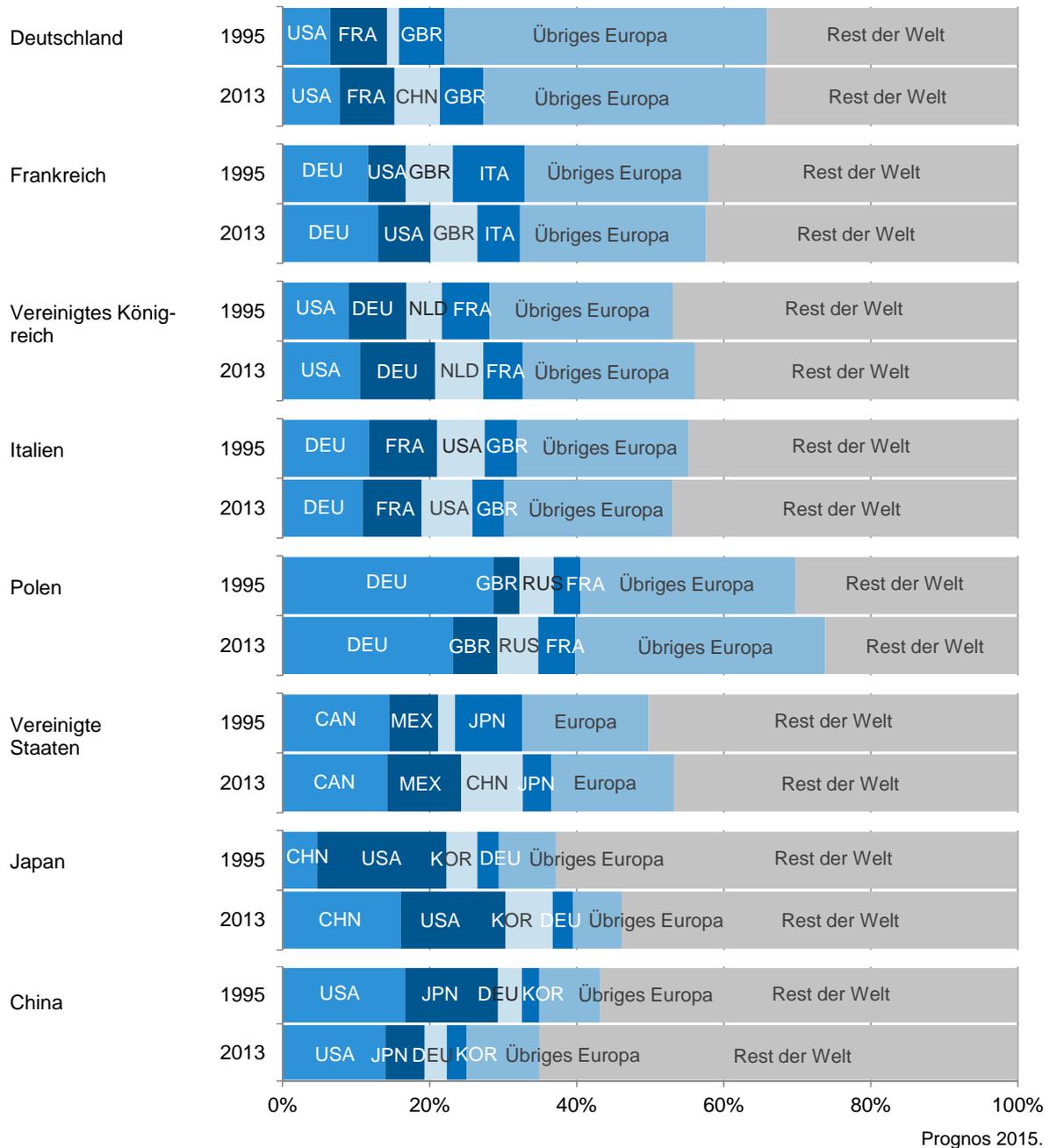
Polen, das mittelosteuropäische Land in der Vergleichsgruppe, ist noch stärker auf den europäischen Markt ausgerichtet als Deutschland. Hier fällt vor allem die sehr enge Verflechtung des polnischen Exportsektors mit der deutschen Industrie auf. Zudem spielt Russland mit einem Anteil von über 5 % für Polens Exportindustrie eine wichtige Rolle.

Auch in den Vereinigten Staaten ist die Exportwirtschaft auf regionale Absatzmärkte ausgerichtet. Sehr wichtig sind insbesondere Kanada und Mexiko, mit denen die Vereinigten Staaten über das Nordamerikanische Freihandelsabkommen (NAFTA) eng verbunden sind. China konnte seine Bedeutung stark steigern und ist mittlerweile der dritt wichtigste Auslandsmarkt für die USA. Der Anteil Japans ging hingegen spürbar zurück. In der Summe sind die europäischen Absatzmärkte nach wie vor der wichtigste US-amerikanische Absatzmarkt. Während des gesamten Zeitraums gingen rund 17 % der Exporte in die Länder der Europäischen Union bzw. Norwegens und der Schweiz, davon knapp 4 % nach Deutschland.

Für Japan spielen die europäischen Länder mit einem Anteil von lediglich gut 9 % eine weniger wichtige Rolle. Wichtiger sind die Vereinigten Staaten sowie China und der übrige asiatische Raum. Chinas Exporte gehen etwa zu 13 % nach Europa.

⁸ Unter der Kategorie „Europa“ werden die Absatzmärkte der Länder der Europäischen Union sowie der Schweiz und Norwegens zusammengefasst. Russland oder auch die Türkei fallen in die Kategorie „Rest der Welt“.

Abbildung 15: Exportmärkte ausgewählter Volkswirtschaften, 1995 und 2013, in %



2.6 Zwischenfazit zur wirtschaftlichen Entwicklung sowie der aktuellen Lage und Struktur der deutschen Industrie

Die Analyse der wirtschaftlichen Entwicklung im deutschen Verarbeitenden Gewerbe seit 1995 hat gezeigt, dass sich die deutsche Wirtschaft nach wie vor durch einen sehr starken und wettbewerbsfähigen industriellen Kern auszeichnet. Insbesondere im Vergleich zu den übrigen großen entwickelten Volkswirtschaften in Europa oder auch den Vereinigten Staaten entfällt in Deutschland

ein großer Teil der Bruttowertschöpfung und der Erwerbstätigen auf das Verarbeitende Gewerbe.

Für den Erfolg der deutschen Industrie zeigen sich einige Schlüsselbranchen hauptverantwortlich. Ein sehr hohes Ausfuhrvolumen sowie hohe Wertschöpfungs- und Erwerbstätigenzahlen erreichen insbesondere der deutsche Kraftwagen- und Maschinenbau. Die beiden Branchen waren sehr erfolgreich in der Positionierung auf neuen Absatzmärkten, insbesondere in den aufstrebenden Schwellenländern wie China. Zudem befinden sich in den beiden Branchen die Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen auf sehr hohem Niveau.

Auch die Branchen Metallindustrie, Elektrische Ausrüstungen, die Chemische Industrie sowie DV-Geräte, Elektronik, Optik zählen, gemessen an verschiedenen ökonomischen Kenngrößen wie etwa der Bruttowertschöpfung, den Erwerbstätigen oder dem Ausfuhrvolumen, zu den großen deutschen Industriebranchen. Während die deutsche Metallindustrie und die Chemische Industrie in den vergangenen zwei Jahrzehnten spürbar an Weltmarktanteilen verloren haben, konnten die Branchen Elektrische Ausrüstungen und DV-Geräte, Elektronik, Optik ihren Weltmarktanteil annähernd stabil halten. Ein möglicher Grund für die vergleichsweise schwache Entwicklung bei Metall und Chemie könnte im hohen Energiebedarf der beiden Branchen liegen.

Des Weiteren fallen die Pharmaindustrie und der Sonstige Fahrzeugbau durch eine sehr hohe Dynamik auf. Die Ausfuhr von pharmazeutischen Erzeugnissen konnte so stark wie in keiner anderen Branche gesteigert werden. Der Sonstige Fahrzeugbau steht an der Spitze hinsichtlich des Zuwachses an Bruttowertschöpfung. Zudem konnten die deutschen Unternehmen in den beiden Branchen ihren Weltmarktanteil halten oder sogar ausbauen.

Den anhaltenden Trend zur Internationalisierung zeigte auch die Analyse der in- und ausländischen Wertschöpfungsverflechtungen. Mit der prominenten Ausnahme des Kraftwagenbaus, der den inländischen Vorleistungsbezug überdurchschnittlich ausweitete, stieg die Bedeutung des ausländischen Vorleistungsbezugs für die deutschen Industriebranchen deutlich an. Dabei blieb Europa der zentrale Bezugspunkt von Vorleistungsgütern. Spürbar an Bedeutung gewinnen konnten dabei vor allem die mittelosteuropäischen Länder sowie China, während die westeuropäischen Länder, die Vereinigten Staaten sowie Japan an relativer Bedeutung verloren.

3 Abschätzung der wirtschaftlichen Entwicklung sowie der Struktur der deutschen Industrie bis 2030

Nach der ex-post-Betrachtung wird eine perspektivische Abschätzung der wirtschaftlichen Entwicklung und der Struktur der deutschen Industrie bis 2030 vorgenommen. Zuerst werden Annahmen über zukünftige internationale und nationale Entwicklungen dargestellt, die der Prognose der weltwirtschaftlichen Entwicklung zugrunde liegen. Daran knüpft eine knappe Beschreibung der weltwirtschaftlichen Dynamik an. Als zentraler Aspekt dieses Kapitels werden abschließend die wirtschaftlichen Perspektiven der acht Schlüsselbranchen der deutschen Industrie eingehend untersucht.

3.1 Internationale und nationale Rahmenbedingungen bis 2030

Die Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung auf gesamtwirtschaftlicher und auf Branchenebene muss in einen weltwirtschaftlichen Rahmen eingebettet sein. Insbesondere aufgrund der ausgeprägten Exportorientierung des Verarbeitenden Gewerbes hängt die wirtschaftliche Dynamik in den Branchen des Verarbeitenden Gewerbes von der globalen Wachstumsentwicklung ab. Im Folgenden werden wesentliche zukünftige internationale und nationale Rahmenbedingungen beschrieben, die einen Einfluss auf die weltwirtschaftliche Entwicklung bis 2030 ausüben werden. Diese Rahmenbedingungen lassen sich grob in fünf Kategorien einteilen: Demografie, Technologie und Humankapital, Energie und Ressourcen, Umwelt und Klima sowie Internationaler Wettbewerb. Die Prognosen der weltwirtschaftlichen Entwicklung im nachfolgenden Abschnitt basieren auf den Annahmen zu diesen zukünftigen Rahmenbedingungen.⁹

3.1.1 Demografie

Die Weltbevölkerung wird bis 2030 weiter zunehmen. Im Jahr 2030 rechnen wir mit einer Weltbevölkerung von knapp 8,5 Mrd Menschen. Zwischen verschiedenen Weltregionen wird es erhebliche Unterschiede in der demografischen Entwicklung geben. In den Entwicklungs- und Schwellenländern wird die Bevölkerung bis 2030 dynamisch wachsen. In den Industrieländern stagniert die Bevölkerungsentwicklung dagegen nahezu. In Deutschland wird die Bevölkerungszahl bis 2030 sogar deutlich auf unter 80 Mio abnehmen. Dementsprechend geht der Anteil der Bevölkerung aus Industrieländern an der Weltbevölkerung von 17,4 % im Jahr 2014

⁹ Die Annahmen zu den nationalen und internationalen Rahmenbedingungen sowie die Prognose der weltwirtschaftlichen Entwicklung bis 2030 stammen weitestgehend aus dem Prognos Welt Report 2015. Dort sind auch eine tiefergehende Darstellung der Rahmenbedingungen sowie zusätzliche ausführliche Analysen zu finden. Eine kurze Beschreibung des verwendeten Modellapparats findet sich in Box 2.

auf 15,4 % bis 2030 zurück. Umgekehrt nimmt der Anteil der Schwellen- und Entwicklungsländer an der Weltbevölkerung weiter zu.

Box 2: Das Prognos Weltwirtschaftsmodell VIEW

VIEW ist ein umfassendes makroökonomisches Modell, das 42 Länder und damit mehr als 90 % der Weltwirtschaft abdeckt. Es behandelt neben der Entstehung und Verwendung der produzierten Güter und Dienstleistungen auch den Arbeitsmarkt und die öffentlichen Finanzen und verbindet dabei alle beteiligten Länder systematisch über Exporte, Importe, Wechselkurse etc. miteinander.

Mithilfe dieses globalen Prognose- und Simulationsmodells lässt sich detailliert und konsistent die zukünftige Entwicklung der Weltwirtschaft und von einzelnen Volkswirtschaften darstellen. Interaktionen und Rückkopplungen zwischen einzelnen Ländern werden in dem Modell explizit erfasst und modelliert. Seine analytische Aussagekraft geht daher weit über die isolierter Ländermodelle mit exogen gegebenen weltwirtschaftlichen Rahmenbedingungen hinaus. In der aktuellen Version umfasst VIEW die 42 gemessen an der Wirtschaftsleistung wichtigsten Länder der Welt und damit über 90 % des globalen Bruttoinlandsprodukts.

Ausgehend von zentralen exogen gesetzten Parametern wie etwa der Demografie, der zukünftigen Entwicklung des internationalen Ölpreises oder der Konsolidierungsvorgaben für die staatlichen Haushalte werden mit VIEW Prognosen für die Weltwirtschaft und die einzelnen Länder erstellt.

Die 42 betrachteten Länder sind Argentinien, Australien, Belgien, Brasilien, Bulgarien, Chile, China, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Indien, Irland, Israel, Italien, Japan, Kanada, Lettland, Litauen, Mexiko, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Russland, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Südafrika, Südkorea, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn und die Vereinigten Staaten von Amerika.

Eine ausführliche Beschreibung des Modells sowie der zugrundeliegenden Annahmen ist online verfügbar (http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/publikationen/Methode_Homepage_15072013.pdf).

Die künftige Größe der Weltbevölkerung wird durch die weitere Entwicklung der Geburten und der Lebenserwartung bestimmt. Die weltweite Geburtenrate, gemessen als die Kinderanzahl pro Frau, wird von aktuell 2,5 auf unter 2,4 bis 2030 weiter abnehmen. Zwischen Industrie- sowie Entwicklungs- und Schwellenländern werden auch weiterhin erhebliche Unterschiede in der Geburtenrate bestehen, die aber mit der Zeit etwas geringer werden. In Industrieländern, darunter in Deutschland, wird die Kinderzahl pro Frau bis 2030 von derzeit 1,4 auf 1,5 leicht zu- und in Schwellen- und Entwicklungsländern von 2,6 auf 2,5 abnehmen. Die Lebenserwartung der Weltbevölkerung wird bis 2030 um etwa 3 Jahre zunehmen. Die Zunahme der Lebenserwartung fällt in Schwellen- und

insbesondere in Entwicklungsländern stärker als in Industrieländern. Dennoch wird die Lebenserwartung in Industrieländern im Jahr 2030 noch etwa 15 Jahre über dem Wert für Entwicklungsländer liegen. Die weltweit sinkende Geburtenhäufigkeit und die zunehmende Lebenserwartung führen zu einer Alterung der Weltbevölkerung bis 2030. In Deutschland ist dieser Trend aufgrund der unterdurchschnittlichen Geburtenrate besonders ausgeprägt.

Die zunehmende Alterung der Gesellschaft sowie der Rückgang der Bevölkerung kann in einzelnen Volkswirtschaften durch Einwanderung teilweise gebremst werden. Annahmen zur künftigen Migration nach Deutschland hängen entscheidend von politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Gegebenheiten nicht nur in Deutschland, sondern auch in den Herkunftsländern ab. Auf Basis vergangener Beobachtungen gehen wir davon aus, dass Deutschland bis 2030 ein Nettozuwanderungsland bleibt. Zumindest für die kurze Frist deuten die aktuell sehr hohen Flüchtlings- und Zuwanderungszahlen an, dass dies eine sinnvolle Annahme ist.

3.1.2 Technologie und Humankapital

Auch wenn in unseren Prognosen keine expliziten und konkreten „Technologiesprünge“ unterstellt sind, erwarten und berücksichtigen wir, dass der technische Fortschritt gerade in den Industrieländern der zentrale Wachstumsfaktor bleibt. In Volkswirtschaften wie Deutschland, deren Arbeitskräftepotenzial sich im Zuge des demografischen Wandels spürbar reduziert, gewinnt der Einfluss des technologischen Fortschritts auf das Wirtschaftswachstum sogar noch weiter an Bedeutung. Dabei ist offen, ob die „ökonomische Wachstumsrate des technischen Fortschritts“, das heißt der direkte Effekt technologischer Neuerungen auf die Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts, zukünftig abnehmen wird. In jedem Fall diffundieren neue Technologien heute weltweit, so dass einzelne Länder oder Unternehmen nur kurzfristig technologisch bedingte Wettbewerbsvorteile haben.

Der technologische Fortschritt wird gerade in den alternden Industrieländern durch das in Zukunft knappere Arbeitskräfteangebot sowie weltweit von der zu erwartenden weiteren Verteuerung von Rohstoffen und Energie und den technologischen Erfordernissen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen getrieben. Damit gibt es heute weniger als früher eine typische Schlüsseltechnologie. Der technologische Wandel vollzieht sich vielmehr in vielen Branchen und Technologiefeldern.

Der Blick auf die Forschungsaktivitäten ausgewählter Länder und der Europäischen Union zeigt jedoch, dass durchaus Unterschiede in der strategischen Aufstellung bestehen. Während die Europäische Union hinsichtlich ihrer Forschungsausgaben vergleichsweise breit aufgestellt ist, weisen insbesondere China, aber auch

die Vereinigten Staaten eine stärkere Konzentration auf einzelne Branchen auf.

3.1.3 Energie und Ressourcen

Die Veränderungen auf den Energiemärkten und die künftigen Anstrengungen zum Klimaschutz sind bedeutende Treiber der wirtschaftlichen Entwicklung, nicht nur in Deutschland und in der Europäischen Union, sondern weltweit.

Durch Fracking in großem Maßstab in den Vereinigten Staaten gewonnenes Erdgas und Erdöl hat zu einer Verschiebung der Energiepreisrelationen geführt. In Europa ist Erdgas etwa doppelt so teuer wie in den Vereinigten Staaten, in Japan dreimal so teuer. Dadurch gewinnen die Vereinigten Staaten an Attraktivität als Industriestandort, nicht nur für energieintensive Branchen. Allerdings lässt sich nur schwer abschätzen, ob Energie auch längerfristig günstig bleibt. In jedem Fall wird die Bedeutung der arabischen und südamerikanischen ölproduzierenden Länder für den Ölmarkt zumindest temporär abnehmen.

Der World Energy Outlook 2014 geht in seinem New-Policies-Szenario davon aus, dass der Rohölpreis bis 2040 auf 244 US-Dollar steigt, real in Preisen des Jahres 2013 sind das 132 US-Dollar. Dahinter steht die Annahme, dass die globalen Anstrengungen zum Klimaschutz zwar intensiviert werden, das Zwei-Grad-Ziel aber verfehlt wird. Der globale Energieverbrauch wird fast ausschließlich durch den wachsenden Energiehunger der heutigen Entwicklungs- und Schwellenländer weiter zunehmen. Auch bis 2030 wird ein Großteil des weltweiten Energiebedarfs durch fossile Energieträger gedeckt. Als Folge werden die Emissionen weiter ansteigen.

Bei der angestrebten Treibhausgas (THG)-Reduktion in Deutschland steht unter anderem die Schaffung eines nachhaltigen Wirtschaftsmodells im Mittelpunkt. Selbst bei Erreichen der von der Bundesregierung gesteckten Reduktionsziele (-40 % bis 2020, -55 % bis 2030, jeweils gegenüber 1990) würde dies aufgrund des geringen Anteils an den globalen Treibhausgasemissionen von 2,4 % wenig zur Vermeidung von Treibhausgasen beitragen. Deutschland kann jedoch einen maßgeblichen Beitrag zur weiteren Entwicklung von Technologien zur Steigerung des sparsamen Umgangs mit Energie und zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien leisten.

Industriestaaten und Schwellenländer werden in Zukunft verstärkt Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs ergreifen, um ihre Energiekosten zu senken und damit weniger anfällig gegenüber Energiepreisschwankungen zu sein. Für Unternehmen ergeben sich dadurch erhebliche Marktpotenziale im Bereich Energieeffizienztechnologien und Technologien zur Nutzung erneuerbarer

Energien. Für Deutschland besteht hier die Chance, bedingt durch ambitionierte Klimaziele eine Vorreiterrolle in diesem Bereich einzunehmen. Ungünstig ist diese Entwicklung für Unternehmen, die einen hohen Energiekostenanteil aufweisen und zusätzlich durch steigende Kosten für CO₂-Zertifikate belastet werden.

Die Versorgung mit nicht energetischen Rohstoffen gewinnt an Bedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland und der Welt. Die Weiterentwicklung von Zukunftstechnologien, beispielsweise in den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnik, im Fahrzeugbau, im Maschinenbau oder der Medizintechnik, sowie der weltweit beschleunigte Wandel der Entwicklungs- und Schwellenländer zu Industrieländern lässt den Bedarf an sonstigen Rohstoffen stark ansteigen, so dass zum Teil erhebliche Kapazitätsausweitungen in der Gewinnung erforderlich sein werden. Hierzu gehören sowohl Massenmetalle für Infrastruktur, Bauwirtschaft und Industrie als auch weitere Materialien wie Halbmetalle, Halbleiter, Edelmetalle, seltene Erden und zunehmend biologische (bzw. landwirtschaftlich produzierte) Rohstoffe.

3.1.4 Umwelt und Klima

Der Klimawandel wird in Form von globaler Klimaerwärmung, einer Zunahme von Naturkatastrophen sowie einer Häufung extremer Wetterereignisse zunehmend als eine der großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts wahrgenommen. Heute ist der Klimawandel als wichtigster Treiber globaler Umweltveränderungen international anerkannt. Auch bestehen kaum noch Zweifel an der menschlichen Einflussnahme auf das Weltklima.

Hauptverantwortlich für die globale Erwärmung ist der Ausstoß von Treibhausgasen. Neben einer Erhöhung des Energieverbrauchs in den Industrieländern hat vor allem die sehr dynamische wirtschaftliche Entwicklung vieler Entwicklungs- und Schwellenländer – allen voran China, auf das heute bereits 30 % der globalen CO₂-Emissionen entfallen – den Anstieg energiebedingter CO₂-Emissionen beschleunigt. Da der Hauptenergieträger trotz der während der Weltklimakonferenz in Paris angestrebten Begrenzung der Erderwärmung auf deutlich unter 2°C zumindest bis 2030 voraussichtlich fossile Brennstoffe sein werden, werden im Jahr 2030 weltweit rund 10 % mehr CO₂ emittiert als 2012. Der weitaus größte Teil dieses Zuwachses wird dabei auf Schwellenländer entfallen. Diese Entwicklung wird sich, insbesondere aufgrund steigender Emissionen in Entwicklungsländern, bis 2030 fortsetzen.

Die Europäische Union strebt eine Vorreiterrolle beim Klimaschutz an und will mit einer Reduktion des THG-Ausstoßes um 40 % bis zum Jahr 2030 (gegenüber 1990) mit gutem Beispiel vorangehen. Deutschland nimmt dabei im Rahmen der Energiewende, die sich durch vergleichsweise ambitionierte Ziele auszeichnen, eine zentrale Rolle ein. Die Vereinigten Staaten erkennen nach jahrelanger

Blockadepolitik die Notwendigkeit einer schnellen Antwort auf den Klimawandel an und sind bereit, sich auf internationaler Ebene am Klimaschutz zu beteiligen. China und andere Schwellenländer erkennen zunehmend den eigenen Beitrag zu den schnell ansteigenden Treibhausgasemissionen an, würden bislang jedoch keinen Minderungszielen zustimmen, die ihr Wirtschaftswachstum gefährden könnten.

3.1.5 Internationaler Wettbewerb

Der Prozess der wirtschaftlichen Globalisierung wird sich bis 2030 fortsetzen. Das relative Expansionstempo (Welthandel in Relation zum globalen Bruttoinlandsprodukt) wird jedoch nicht mehr an Niveaus anknüpfen, wie sie in den Jahren vor dem Ausbruch der Finanz- und Wirtschaftskrise im Jahr 2008 üblich waren. Die Bedeutung des Welthandels als Wachstumstreiber der Weltwirtschaft nimmt leicht ab.

Mit einem Anteil von über 70 % dominiert nach wie vor der Austausch von Waren den internationalen Handel. In den vergangenen Jahren hat jedoch der Austausch von Dienstleistungen spürbar an Bedeutung gewonnen. Angesichts ihres hohen Wachstumspotenzials ist davon auszugehen, dass sich die Internationalisierung von Dienstleistungen weiterhin fortsetzen wird. Gleichwohl nimmt weltweit der Anteil der Dienstleistungsexporte an allen Exporten in den nächsten Jahren weiterhin leicht ab. Ursächlich hierfür ist das starke wirtschaftliche Wachstum der Schwellenländer. So nehmen im Zuge des wirtschaftlichen Aufholprozesses der aufstrebenden Volkswirtschaften zunächst die Nachfrage, die Produktion und der Handel mit Waren zu. Dienstleistungen gewinnen erst in einem späteren Stadium der wirtschaftlichen Entwicklung an Bedeutung.

Der intra-industrielle Handel wird sich weiter verstärken und damit werden die Vorleistungsverflechtungen zunehmen. Dabei zeigt sich eine zunehmende Internationalisierung des Handels in zweierlei Hinsicht: zum einen in einem steigenden Grad der Außenhandelsverflechtung (der Anteil der Ex- und Importe am Bruttoinlandsprodukt steigt von derzeit knapp 55 % auf über 60 % bis 2030) und zum anderen in einer steigenden Zahl an interagierenden Ländern. Zudem ist anzunehmen, dass China sowohl als weltweiter Vorleistungslieferant als auch als Konsumgüterexporteur wie bereits in der Vergangenheit an Bedeutung gewinnt. Für Deutschland dürften darüber hinaus Vorleistungsimporte aus den osteuropäischen Ländern wichtiger werden. Der Bedeutungsgewinn Chinas und der osteuropäischen Volkswirtschaften geht dabei relativ zulasten der Vereinigten Staaten, aber auch anderer Industrieländer innerhalb und außerhalb der Europäischen Union.

3.2 Weltwirtschaftliche Entwicklung

Das aggregierte Bruttoinlandsprodukt der im Modell betrachteten Länder wächst zwischen 2013 und 2030 im Durchschnitt mit 2,5 % p.a., während es in der Periode 1995 bis 2007 noch 3,0 % p.a. waren. In den Schwellenländern fällt der Wachstumsrückgang gegenüber der Vorperiode stärker aus als in den Industrieländern. Diese Annäherung der Wachstumsdynamik der Industrie- und Schwellenländern liegt an der zunehmenden Konvergenz des Wohlstandsniveaus zwischen beiden Gruppen. Mit zunehmendem Wohlstand schwächt sich die Wachstumsdynamik ab. Die in unserem Modell betrachteten Schwellenländer wachsen bis 2030 mit durchschnittlich 4,3 % p.a., die Industrieländer legen im selben Zeitraum im Durchschnitt um 1,7 % p.a. zu. Während sich bei den Schwellenländern im Zuge des fortlaufenden wirtschaftlichen Aufholprozesses die Dynamik im Zeitverlauf abschwächt, verstärkt sie sich bei den Industrieländern mit dem Überwinden der Schuldenproblematik und der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit in den 2020er Jahren. Insgesamt werden die Industrieländer trotz der stabilen Wachstumsentwicklung zwischen 2013 und 2030 für die Dynamik der Weltwirtschaft eine immer geringere Rolle spielen (*Tabelle 2*).

Tabelle 2: Bruttoinlandsprodukt und Veränderung, 2000 bis 2030, ausgewählte Länder

Branche	Niveau des Bruttoinlandsprodukts, 2000 bis 2030, in Mrd. € (Basisjahr 2010)					
	2000	2013	2015	2020	2025	2030
Alle Länder.....	44.095	60.966	64.016	71.751	81.050	93.043
Industrieländer.....	36.363	44.045	45.462	48.801	52.816	58.196
Schwellenländer.....	7.731	16.921	18.554	22.950	28.234	34.846
Europäische Union.....	14.616	17.015	17.462	18.628	20.125	22.138
Eurozone.....	11.164	12.595	12.839	13.616	14.717	16.186
Vereinigte Staaten.....	9.581	11.985	12.533	13.952	15.421	17.164
Japan.....	3.838	4.247	4.247	4.064	3.967	4.107
China.....	1.655	5.682	6.541	8.687	11.202	14.237
Deutschland.....	2.355	2.682	2.769	2.978	3.170	3.362
	<i>Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts, ausgewählte Perioden, in % p.a.</i>					
	<i>00-13</i>	<i>13-15</i>	<i>15-20</i>	<i>20-25</i>	<i>25-30</i>	<i>13-30</i>
Alle Länder.....	2,5%	2,5%	2,3%	2,5%	2,8%	2,5%
Industrieländer.....	1,5%	1,6%	1,4%	1,6%	2,0%	1,7%
Schwellenländer.....	6,2%	4,7%	4,3%	4,2%	4,3%	4,3%
Europäische Union.....	1,2%	1,3%	1,3%	1,6%	1,9%	1,6%
Eurozone.....	0,9%	1,0%	1,2%	1,6%	1,9%	1,5%
Vereinigte Staaten.....	1,7%	2,3%	2,2%	2,0%	2,2%	2,1%
Japan.....	0,8%	0,0%	-0,9%	-0,5%	0,7%	-0,2%
China.....	10,0%	7,3%	5,8%	5,2%	4,9%	5,6%
Deutschland.....	1,0%	1,6%	1,5%	1,3%	1,2%	1,3%

Die Gruppe „Alle Länder“ umfasst die 42 Länder des Prognosemodells (vgl. Box 2). Eigene Berechnungen Prognos 2015.

Ein wesentlicher Grund für divergierende Wachstumsgeschwindigkeiten zwischen Industrie- und Schwellenländern und für den zunehmenden Bedeutungsverlust der Industrieländer sind die Unterschiede in der Bevölkerungsentwicklung. Eine expandierende Bevölkerungsentwicklung wirkt sich gleich mehrfach positiv auf die langfristigen Wachstumsperspektiven aus. Bevölkerungswachstum bedeutet für sich genommen ein wachsendes Arbeitskräfteangebot und damit ein größeres Produktionspotenzial. Die Verfügbarkeit von Arbeitskräften reduziert – zumindest vorübergehend – zudem den Lohnkosten- und den Preisdruck. Dies verbessert die relative internationale Wettbewerbsfähigkeit der im Inland produzierenden Unternehmen und begünstigt das Exportwachstum. Zudem kann eine günstige Bevölkerungsentwicklung die Sozialversicherungen – je nach System – entlasten. Ein Bevölkerungswachstum mit zunehmender Alterung kann sich dabei allerdings ungünstig auswirken.

Der Einfluss einer günstigen Bevölkerungsentwicklung zeigt sich am Beispiel der Vereinigten Staaten. Die USA weisen bis 2030 höhere Wachstumsraten des Bruttoinlandsprodukts auf als die Europäische Union. Für das Bruttoinlandsprodukt je Einwohner liegen die Wachstumsraten allerdings gleichauf (1,5 % p.a.). Gegenüber den Vereinigten Staaten fehlen der Europäischen Union demnach die ausgeprägten Wachstumsimpulse einer stark expandierenden Bevölkerung.

Mittelfristig zeigt sich das europäische Wachstum durch die Konsolidierungsbemühungen in vielen Ländern noch deutlich gedämpft. So wird die Europäische Union insgesamt im Zeitraum 2013 bis 2020 nur um durchschnittlich 1,3 % p.a. wachsen. Erst danach wird sich die Dynamik wieder leicht beschleunigen, und die europäische Wirtschaft wird zwischen 2020 und 2030 Wachstumsraten von durchschnittlich 1,7 % p.a. aufweisen. Dabei zeichnen sich auch die Wachstumsaussichten innerhalb der Europäischen Union nach wie vor durch Divergenzen aus. Die Länder Mittel- und Osteuropas werden sich vergleichsweise dynamisch entwickeln. Zum Teil werden die sogenannten Krisenländer des Euro-Raums mittelfristig mit den Folgen der hohen Staatsverschuldung, ihrer aktuellen Wettbewerbsschwäche und den zu bewältigenden Reformen zu kämpfen haben. Insbesondere in Griechenland, aber auch in Italien und Portugal wird die wirtschaftliche Dynamik bis 2020 gering sein.

Trotz der weiterhin starken Position der Vereinigten Staaten wird die Gruppe der Industrieländer insgesamt an Bedeutung verlieren. Mittel- und langfristig erwirtschaften die asiatischen Länder über die Hälfte der zusätzlichen globalen Produktion. Allein durch die Volksrepublik China werden dabei zwischen 2013 und 2030 jährlich rund 27 % und damit mehr als ein Viertel des zusätzlichen weltweiten Bruttoinlandsprodukts entstehen. Infolge des rasanten Wachstums der vergangenen Jahre ist China zur zweitgrößten Volkswirtschaft aufgestiegen. Auf mittlere und lange Sicht gelingt es China jedoch nicht, das hohe Wachstumstempo der Vergangenheit aufrechtzuerhalten. Vor allem die demografischen Probleme, die ihren Ursprung in der Ein-Kind-Politik des Landes haben, werden langfristig direkt und indirekt das Wirtschaftswachstum dämpfen. Daneben wird sich das stark exportgetriebene chinesische Wachstum auch infolge von Sättigungstendenzen beim Kapazitätsaufbau, einer sinkenden Nachfragedynamik aus den Industrieländern, abnehmenden Lohnkostenvorteilen, wachsenden Umweltproblemen und einer realen Aufwertung des Renminbi abschwächen. Zudem dürften auch in China Investitionen künftig stärker rentabilitätsgetrieben getätigt werden. Die langsamere Ausweitung des Kapitalstocks hemmt das Wirtschaftswachstum zusätzlich.

Divergierende Entwicklungen einzelner Länder verändern die ökonomische Landkarte nachhaltig. Chinas Anteil am Bruttoinlandsprodukt aller betrachteten 42 Länder steigt von heute 9 % auf

15 % im Jahr 2030. Damit kann China den Platz als zweitgrößte Volkswirtschaft der Welt behaupten. Auch Indien steigt gegen Ende des Prognosezeitraums zu den Top-4 der Wirtschaftsnationen auf und verdrängt Deutschland auf Platz fünf. Auch das Expansionstempo der Vereinigten Staaten reicht nicht aus, um ihren Anteil an der globalen Wirtschaftsleistung zu halten – er sinkt von 20 % auf 18 %. Die meisten Industrieländer – allen voran die Länder Westeuropas und Japan – verlieren somit Anteile an die aufstrebenden Schwellenländer.

3.3 Wirtschaftliche Entwicklung in Deutschland

Das durchschnittliche Wachstum des Bruttoinlandsprodukts in Deutschland zwischen 2013 und 2030 von 1,3 % p.a. wird im Wesentlichen durch den privaten Konsum gestützt. Von den Investitionen kommen allenfalls zu Beginn des Prognosezeitraums substanzielle Impulse, während der Außenhandel erst zwischen 2025 und 2030 deutlich an Bedeutung für die gesamtwirtschaftliche Entwicklung gewinnt (Abbildung 16).

Abbildung 16: Wachstumsbeiträge der einzelnen Verwendungskomponenten des Bruttoinlandsprodukts, 2013 bis 2030, in Prozentpunkten



Prognos 2015.

Der stabile Beitrag des privaten Konsums ist insbesondere auf eine weiterhin gute Arbeitsmarktlage sowie durch eine spürbare Zunahme der Reallöhne zurückzuführen. Der Rückgang der erwerbsfähigen Bevölkerung im Zuge des demografischen Wandels und die weiterhin sinkende Erwerbslosenquote verbessert dabei die Verhandlungsposition der Arbeitnehmer. Bis 2030 wird die Erwerbslosenquote auf etwa 4 % zurückgehen. Die absolute Zahl

der Erwerbstätigen wird ebenfalls abnehmen.¹⁰ Auf der anderen Seite steigt die Arbeitszeit je Erwerbstätigem deutlich an. Der Rückgang des Arbeitskräftepotenzials wird demnach zumindest teilweise durch längere Arbeitszeiten kompensiert. Dennoch reicht dies nicht aus, um das gesamtwirtschaftliche Arbeitsvolumen bis 2030 auf einem stabilen Niveau zu halten. Der Effekt des Rückgangs der Erwerbstätigen überwiegt die Mehrarbeitszeit.

Der Beitrag des Staatskonsums zum Wachstum des Bruttoinlandsprodukts ist bis 2030 rückläufig. Der fortschreitende Prozess der Haushaltskonsolidierung sowie die Einführung der Schuldenbremse beeinflussen diese Entwicklung. Die Staatsschuldenquote wird dementsprechend sinken und bereits zum Ende des Prognosezeitraums unter 60 % liegen.

Von Seiten der Investitionen gehen ab 2020 nur geringe Impulse aus. Schwach verlaufen insbesondere die Investitionen in Wohnbauten. Der Rückgang der Bevölkerung hat dabei einen dämpfenden Effekt auf die Nachfrage nach Wohnraum. Die sinkende Bevölkerungszahl dämpft vor allem gegen Ende des Prognosezeitraums ebenfalls staatliche Infrastrukturinvestitionen. Dennoch übertrifft der Wert der Investitionen im Durchschnitt den Wert der Abschreibungen. Insgesamt wächst der Kapitalstock in Deutschland bis 2030.

Der Außenhandel in Deutschland profitiert von einem weltwirtschaftlichen Umfeld, das gegen Ende des Prognosezeitraums an Dynamik gewinnt. Deutschland profitiert dabei von einer weiteren Verbesserung seiner internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Der reale Wechselkurs sinkt für Deutschland relativ zu den übrigen betrachteten Ländern während des Prognosezeitraums leicht. Die Summe der Lohnsteigerungen und Steigerungen des Preisniveaus in Relation zur Produktivität fallen also geringer aus als im Durchschnitt der übrigen Länder. Die Exporttätigkeit nimmt mit einer höheren Wachstumsrate zu als die Importtätigkeit. Insgesamt liegt der Beitrag des Außenhandels zum Wachstum des Bruttoinlandsprodukts bei etwa 0,2 Prozentpunkten.

3.4 Wirtschaftliche Entwicklung und Struktur der deutschen Industrie bis 2030

Ausgehend von der modellbasierten Prognose der Weltwirtschaft und der deutschen Wirtschaft wird in diesem Abschnitt dargestellt,

¹⁰ Das Modell basiert auf den aktuellen Projektionen zur Bevölkerungsentwicklungen des Statistischen Bundesamts. Aktuelle Zuwanderungs- und Flüchtlingsbewegungen und deren Konsequenzen für Demografie und Arbeitsmarkt sind darin nur teilweise erfasst, da zukünftige Wanderungsströme vor dem Hintergrund aktueller politischer Ereignisse nicht plausibel prognostiziert werden können. Unklar ist beispielsweise, ob der starke Flüchtlingszustrom anhält oder nur ein kurzfristiges Phänomen bleibt. Auch Bleibeaussichten und -absichten der Flüchtlinge sind unklar, da beides unter anderem von geopolitischen Entwicklungen abhängen. Die im Modell genutzten Daten sind demnach die bestmögliche verfügbare Projektion von Bevölkerungsentwicklungen in Deutschland.

wie sich die acht Schlüsselbranchen der Industrie am Standort Deutschland bis 2030 voraussichtlich entwickeln werden.

Zwischen 2013 und 2030 nimmt die Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe im Durchschnitt mit 1,1 % p.a. zu (Tabelle 3). Dieser Wert liegt deutlich unter den jährlichen Wachstumsraten zwischen 1995 und 2012. Alle acht betrachteten Branchen zeigen eine Zunahme der Wertschöpfung bis 2030. Am dynamischsten entwickelt sich der Bereich DV-Geräte, Elektronik und Optik mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate der Wertschöpfung von 2 % p.a. Ebenfalls überdurchschnittlich entwickeln sich die Bereiche Pharma, Sonstiger Fahrzeugbau und Kraftwagenbau.

Der Wirtschaftszweig DV-Geräte, Elektronik und Optik profitiert von einer rapide wachsenden Nachfrage nach hochwertigen elektronischen Produkten insbesondere aus China sowie von zunehmend neuen Anwendungsmöglichkeiten von computergesteuerter Technik unter anderem im Zuge der Digitalisierung. Hohe Einstiegsinvestitionen aufgrund einer ausgeprägten Forschungsintensität bilden zudem eine wirksame Markteintrittsbarriere für neue Konkurrenten. Der Sonstige Fahrzeugbau wird vorwiegend durch die Produktion von Fahrzeugen für den Schienenverkehr gestützt. In diesem Bereich steigt die globale Nachfrage aufgrund einer dynamischen Handelsentwicklung sowie durch die zunehmende Bedeutung umweltverträglicher Transportmöglichkeiten. Für die innovationsstarke Pharmabranche verbessert sich dagegen aufgrund der zunehmenden Alterung der deutschen und der globalen Bevölkerung die Absatzposition. Wettbewerbsdruck kommt dabei allerdings unter anderem von Generika-Herstellern sowie aus Ländern mit geringeren Produktionskosten.

Die Metallbranche leidet insbesondere durch Markteintritte von Konkurrenzunternehmen aus China. Die starke Abhängigkeit von Energiekosten sowie der intensive Wettbewerb um Rohstoffe in dieser Branche verschlechtern die relative Wettbewerbssituation deutscher Unternehmen etwas. Günstig wirkt sich dagegen die anziehende Nachfrage nach hochwertigen Metallprodukten insbesondere aus Schwellenländern aus.

Die Bereiche Chemie, Maschinenbau, Elektrische Ausrüstungen sowie Kraftwagenbau können sich aufgrund ihrer Innovationskraft sowie dem hohen Produktspezialisierungsgrad (Maschinenbau) auch in Zukunft in einem zunehmend wettbewerbsintensiven Umfeld behaupten. Zumindest im Bereich Fahrzeugbau ist im Hauptabsatzmarkt Europa bereits eine hohe Marktsättigung erreicht.

Tabelle 3: Wertschöpfung und Erwerbstätige, 2013 und 2030, sowie Veränderung pro Jahr, 2013 bis 2030, ausgewählte Industriebranchen

Branche	Bruttowertschöpfung in Mrd. €, Wachstum in % p.a.			Erwerbstätige in Tsd. Personen, Wachstum in % p.a.		
	2013	2030	2013-2030	2013	2030	2013-2030
Chemie.....	38	47	1.2%	343	309	-0.6%
Pharma.....	23	30	1.6%	121	116	-0.2%
Metall.....	70	79	0.7%	1,144	933	-1.2%
DV-Geräte, Elektronik, Optik.	39	54	2.0%	334	289	-0.9%
Elektrische Ausrüstungen.....	40	50	1.3%	511	429	-1.0%
Maschinenbau.....	85	106	1.4%	1,093	973	-0.7%
Kraftwagenbau.....	96	124	1.5%	815	738	-0.6%
Sonstiger Fahrzeugbau.....	13	17	1.8%	124	122	-0.1%
Sonstige Industrie.....	151	162	0.4%	2,843	2,403	-1.0%
Verarbeitendes Gewerbe..	554	669	1.1%	7,327	6,312	-0.9%

Prognos 2015.

Die Zunahme der Wertschöpfung wird trotz eines Rückgangs der Erwerbstätigen generiert. So ist die Zahl der Erwerbstätigen in allen betrachteten Branchen im Jahr 2030 geringer als 2013. Damit setzt sich ein Trend fort, der bereits zwischen 1995 und 2012 beobachtet werden konnte. Den größten Rückgang der Erwerbstätigenzahl ist im Bereich Metall zu erwarten. Im Jahr 2030 werden über 200 Tsd. Personen weniger in der Metallbranche arbeiten als 2013. Ebenfalls deutlich rückläufig ist die Erwerbstätigenzahl in den Bereichen DV-Geräte, Elektronik und Optik sowie Elektrische Ausrüstungen.

Die Trends für Wertschöpfung und Erwerbstätige verlaufen zwischen 2013 und 2030 nicht linear. Die jährlichen Wertschöpfungszuwächse fallen in den Bereichen Chemie, Metall und Elektrische Ausrüstungen gegen Ende des Prognosezeitraums deutlich höher aus als zu Beginn (Tabelle 4). Zudem beschleunigt sich der Rückgang der Erwerbstätigen in allen Branchen gegen Ende des Prognosezeitraums. Ein Grund für die deutliche Zunahme der Wertschöpfung gegen Ende des Prognosezeitraums ist die günstige weltwirtschaftliche Dynamik und die damit verbundene steigende Auslandsnachfrage.

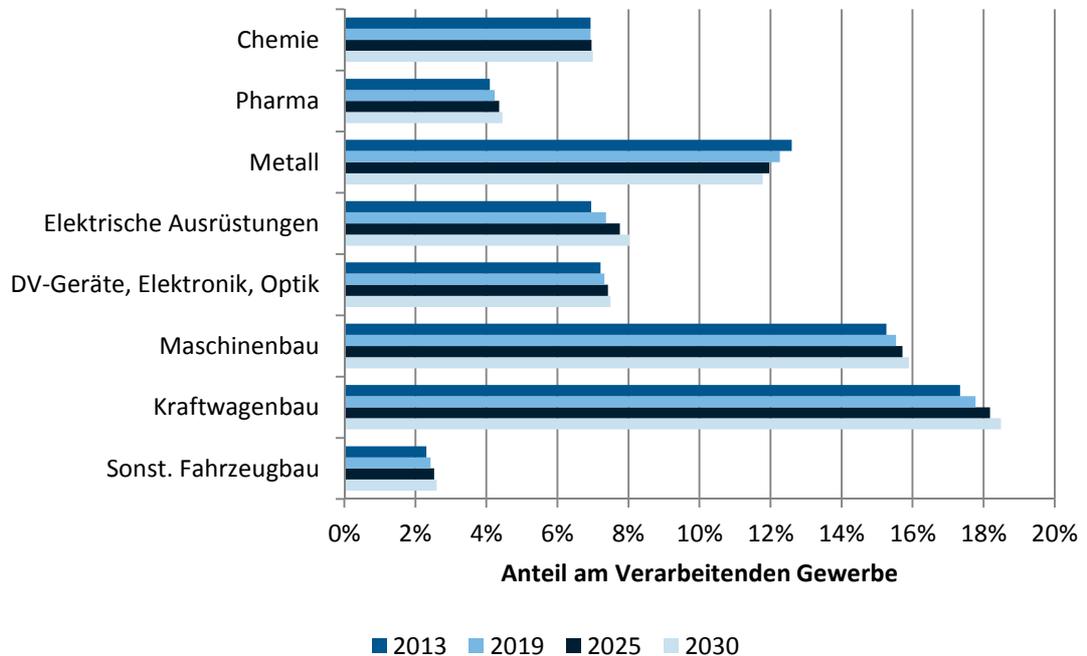
Tabelle 4: Wertschöpfung und Erwerbstätige, durchschnittliche Wachstumsrate pro Jahr, 2013 bis 2019, 2019 bis 2025 und 2025 bis 2030, ausgewählte Industriebranchen, in %

Branche	Bruttowertschöpfung			Erwerbstätige		
	2013-2019	2019-2025	2025-2030	2013-2019	2019-2025	2025-2030
Chemie.....	1.1%	1.1%	1.4%	-0.5%	-0.6%	-0.7%
Pharma.....	1.6%	1.5%	1.7%	-0.1%	-0.3%	-0.4%
Metall.....	0.6%	0.6%	1.0%	-1.1%	-1.2%	-1.2%
DV-Geräte, Elektronik, Optik.	2.1%	1.9%	2.0%	-0.7%	-0.9%	-1.0%
Elektrische Ausrüstungen.....	1.3%	1.2%	1.5%	-0.9%	-1.1%	-1.1%
Maschinenbau.....	1.4%	1.2%	1.5%	-0.5%	-0.7%	-0.8%
Kraftwagenbau.....	1.5%	1.4%	1.6%	-0.5%	-0.6%	-0.7%
Sonstiger Fahrzeugbau.....	1.9%	1.7%	1.8%	0.1%	-0.1%	-0.3%
Sonstige Industrie.....	0.3%	0.4%	0.6%	-0.9%	-1.0%	-1.0%
Verarbeitendes Gewerbe..	1.1%	1.0%	1.3%	-0.8%	-0.9%	-0.9%

Prognos 2015.

Die Unterschiede in der Entwicklung der Wertschöpfung und Erwerbstätigkeit führen zu Verschiebungen der Bedeutung zwischen den acht betrachteten Branchen (Abbildung 17). Insbesondere die Bereiche Elektrische Ausrüstungen und Kraftwagenbau steigern bis 2030 ihren Anteil an der Wertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe. Im Kraftwagenbau setzt sich damit eine Entwicklung fort, die bereits vor 2013 zu beobachten war. 1995 lag der Wertschöpfungsanteil dieser Branche im Verarbeitenden Gewerbe noch bei etwa 12 %. Der Wertschöpfungsanteil der Bereiche Pharma, DV-Geräte, Elektronik und Optik, Maschinenbau sowie Sonstiger Fahrzeugbau nimmt bis 2030 ebenfalls zu.

Abbildung 17: Anteil an der Wertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe, 2013, 2019, 2025 und 2030, ausgewählte Industriebranchen, in %

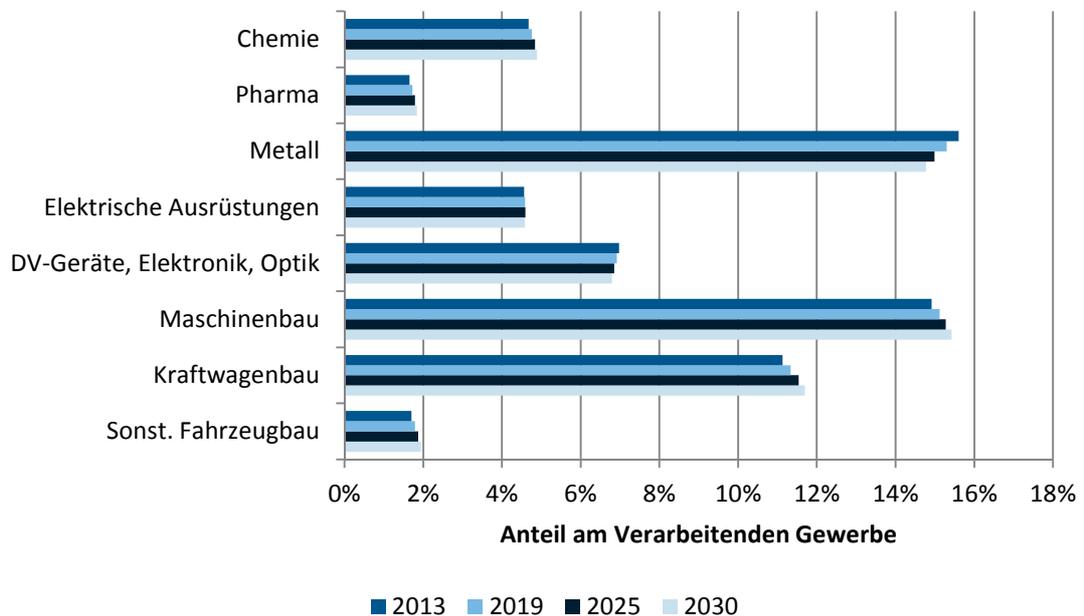


Prognos 2015.

Lediglich der Bereich Metall verliert bis 2030 Anteile an der Wertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe. Der Anteil der Chemiebranche bleibt zwischen 2013 und 2030 nahezu konstant. Insgesamt bleibt der Kraftwagenbau auch in Zukunft die wichtigste Branche der deutschen Industrie, gemessen am Beitrag zur Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe. Dicht dahinter folgt der Maschinenbau.

Für den Anteil der Erwerbstätigen der acht betrachteten Branchen im Verarbeitenden Gewerbe zeigt sich ein ähnliches Bild. Der Anteil von sechs der acht Branchen nimmt zwischen 2013 und 2030 zu (Abbildung 18). Ausnahmen hiervon betreffen die Bereiche Metall sowie DV-Geräte, Elektronik und Optik.

Abbildung 18: Anteil an den Erwerbstätigen im Verarbeitenden Gewerbe, 2013, 2019, 2025 und 2030, ausgewählte Industriebranchen, in %



Prognos 2015.

Ab 2019 löst der Maschinenbau den Bereich Metall als die Branche mit den meisten Erwerbstätigen im Verarbeitenden Gewerbe ab. Die geringste Bedeutung innerhalb der betrachteten Schlüsselbranchen gemessen am Erwerbstätigenanteil im Verarbeitenden Gewerbe haben 2030 nach wie vor die Bereiche Pharma und Sonstiger Fahrzeugbau.

Die deutliche Zunahme der Wertschöpfung sowie der absolute und relative Rückgang der Zahl der Erwerbstätigen haben überdurchschnittliche Steigerungsraten der Arbeitsproduktivität (Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen) im Bereich DV-Geräte, Elektronik, Optik zur Folge. Zwischen 2013 und 2030 wird die Produktivität je Erwerbstätigen in diesem Bereich um 2,8 % p.a. zunehmen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Arbeitsproduktivität je Erwerbstätigem, durchschnittliche Wachstumsrate pro Jahr, 2013 bis 2030, 2013 bis 2019, 2019 bis 2025 und 2025 bis 2030, ausgewählte Industriebranchen, in %

Branche	Arbeitsproduktivität je Erwerbstätigem			
	2013-2030	2013-2019	2019-2025	2025-2030
Chemie.....	1.8%	1.6%	1.7%	2.1%
Pharma.....	1.8%	1.7%	1.8%	2.1%
Metall.....	1.9%	1.7%	1.9%	2.2%
DV-Geräte, Elektronik, Optik.	2.8%	2.7%	2.8%	3.1%
Elektrische Ausrüstungen.....	2.4%	2.2%	2.3%	2.6%
Maschinenbau.....	2.0%	1.9%	2.0%	2.3%
Kraftwagenbau.....	2.1%	2.0%	2.0%	2.3%
Sonstiger Fahrzeugbau.....	1.9%	1.8%	1.8%	2.1%
Sonstige Industrie.....	1.4%	1.3%	1.4%	1.7%
Verarbeitendes Gewerbe..	2.0%	1.9%	1.9%	2.3%

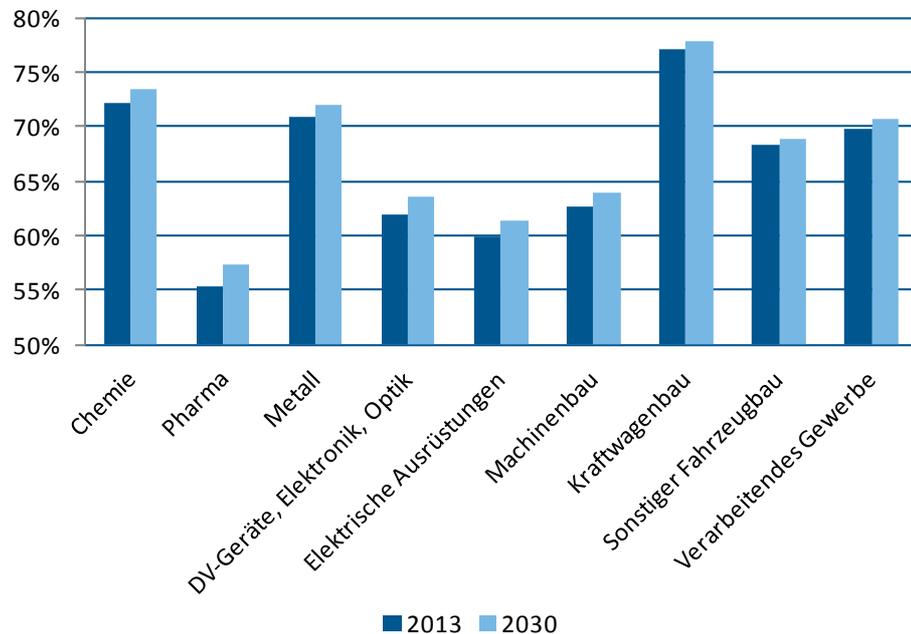
Prognos 2015.

Ebenfalls höhere jährliche Wachstumsraten der Arbeitsproduktivität als im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt werden für die Bereiche Elektrische Ausrüstungen und Kraftwagenbau prognostiziert.

Insgesamt erwarten wir, dass die Produktivitätsentwicklung insbesondere gegen Ende des Prognosezeitraums an Fahrt aufnimmt. Alle betrachteten Branchen zeigen zwischen 2025 und 2030 ein höheres jährliches Wachstum der Produktivität als zwischen 2013 und 2025. Ein wesentlicher Grund für diese Entwicklung ist der demografisch bedingte Rückgang des Arbeitskräftepotenzials. Unternehmen werden deshalb vermehrt in produktivitätssteigernde Prozesse und Technologien sowie in die Aus- und Weiterbildung ihrer Mitarbeiter investieren. Dies zeigt sich in der prognostizierten verstärkten Nachfrage nach hochqualifizierten Arbeitskräften in den acht betrachteten Branchen (siehe Abbildung 22). Ein weiterer Grund ist die größere Kapitalintensität pro Arbeitsplatz, die mit dem Rückgang der Erwerbstätigen einhergeht. Zwar nimmt die Wachstumsrate des Kapitalstocks zwischen 2013 und 2030 in Deutschland etwas ab, bleibt aber deutlich im positiven Bereich. Dies genügt, um die Kapitalausstattung je Arbeitnehmer zu verbessern.

Die Abhängigkeit der betrachteten Branchen von Vorleistungen wird in Zukunft weiter zunehmen. In den Bereichen Pharma, DV-Geräte, Elektronik, Optik sowie Elektrische Ausrüstungen steigt der Anteil der Vorleistungen am Produktionswert am stärksten (Abbildung 19). Im Kraftwagen- und Sonstigen Fahrzeugbau nimmt die Bedeutung der Vorleistungen nur sehr geringfügig zu.

Abbildung 19: Anteil der Vorleistungen am Produktionswert, ausgewählte Branchen, 2013 und 2030, in %



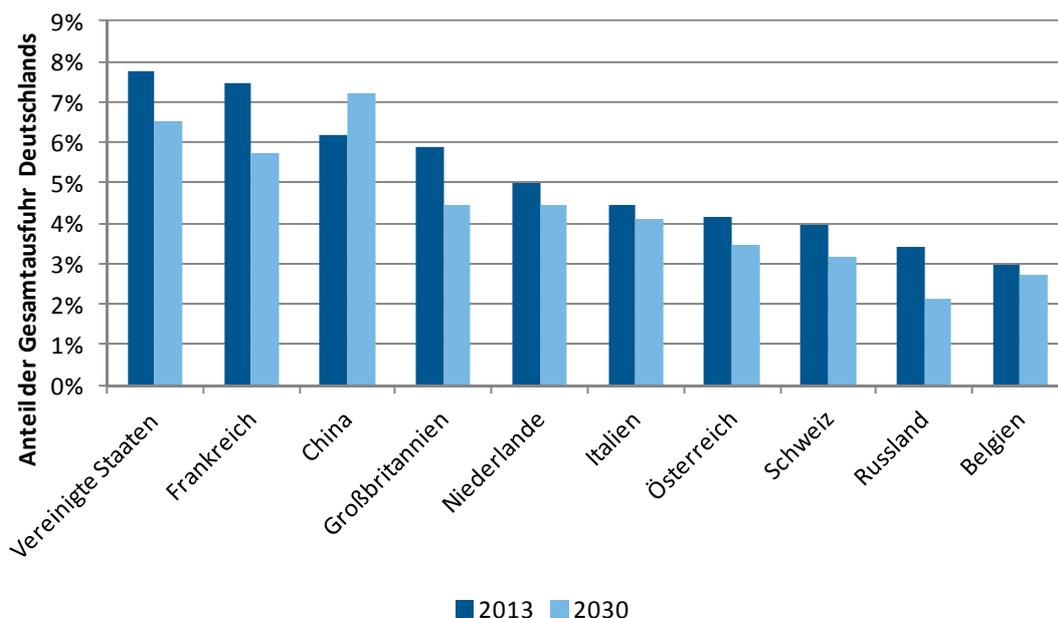
Prognos 2015.

Unterteilt man den Vorleistungsbezug in inländisch und ausländisch, so zeigt sich ein zunehmender Bedeutungsgewinn von Vorleistungsimpporten. Die Verflechtung der deutschen Industrie in internationale Wertschöpfungsketten nimmt demnach zu. Insgesamt sinkt der Anteil am Produktionswert der am Standort Deutschland erbrachten Wertschöpfung in den betrachteten Branchen bis 2030 etwas ab.

Die wirtschaftliche Dynamik der deutschen Industrie wird entscheidend von der Exporttätigkeit Deutschlands getrieben. Zwischen 2013 und 2030 wächst die Exporttätigkeit jährlich um 2,7 %. Gemessen an absoluten Größen gewinnen insbesondere Exporte nach Asien (China, Indien, Korea) sowie in die Türkei und Südafrika an Bedeutung. Auf gesamtwirtschaftlicher Ebene bleiben auch in Zukunft die Vereinigten Staaten der wichtigste Exportmarkt (Abbildung 20). Die Europäischen Absatzmärkte (Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Italien) verlieren an Bedeutung, gehören aber 2030 nach wie vor zu den wichtigsten Handelspartnern. China wird 2030 mit einem Anteil an der Gesamtausfuhr von über 7 % nach den Vereinigten Staaten der wichtigste Absatzmarkt Deutschlands sein. Damit nimmt die Bedeutung Chinas als Handelspartner in den betrachteten Branchen weiter zu. Bereits 2012 war diese Region zumindest für die Bereiche Kraftwagenbau, Maschinenbau, Elektrische Ausrüstungen, DV-Geräte, Elektronik, Optik sowie Sonstiger Fahrzeugbau ein wichtiger Handelspartner. Insgesamt verlieren, wie Abbildung 20 zeigt, relativ zur gesamten

Ausfuhr Deutschlands gesehen, wichtige Industrie- und Schwellenländer bis 2030 an Bedeutung als Absatzmarkt der deutschen Wirtschaft.¹¹

Abbildung 20: Wichtigste Absatzmärkte Deutschlands, gemessen am Anteil an der Gesamtausfuhr Deutschlands, 2013 und 2030, in %



Prognos 2015.

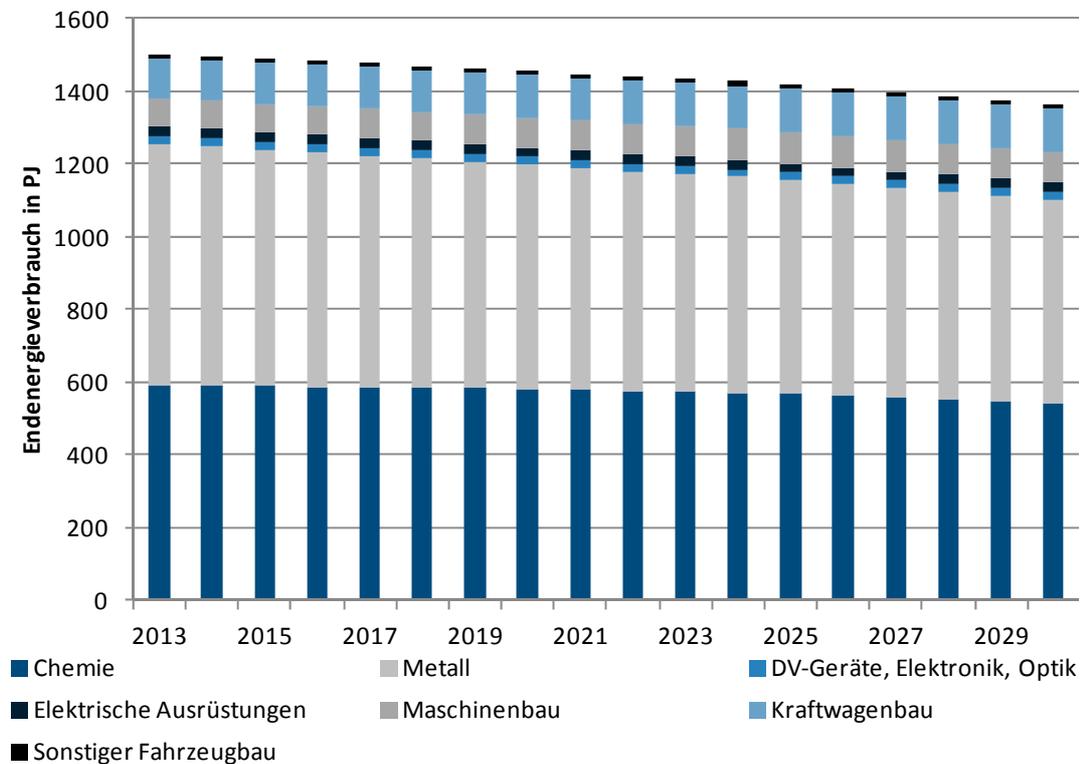
Der Klimawandel sowie demografische Veränderungen beeinflussen die Wachstumsperspektiven der deutschen Industrie erheblich. Steigende Preise für Rohstoffe und Energie machen eine energieeffiziente Produktion zunehmend attraktiv. Die Einhaltung von Klimaschutzziele erfordert auch von der Industrie eine weitere Reduktion des Energieverbrauchs. Bis 2030 werden die acht betrachteten Branchen ihren Energieverbrauch, gemessen in Petajoule, senken (Abbildung 21).¹² Insbesondere im Bereich Metall wird 2030 deutlich weniger Energie verbraucht als 2013. Relativ gesehen ist der Rückgang mit annähernd 20 % dagegen im Bereich DV-Geräte, Elektronik, Optik am stärksten. Der Energieverbrauch geht in sechs der acht Branchen zurück. Lediglich die Bereiche Maschinenbau sowie Kraftwagenbau bilden hiervon eine

¹¹ Die auf Basis des Prognosemodells berechnete Exportstruktur Deutschlands weicht teilweise von der vom Statistischen Bundesamt berechneten Exportstruktur Deutschlands des Jahres 2013 ab. Gründe hierfür sind die im Modell durchgeführte Ableitung der Exportstruktur Deutschlands aus den Importanteilen der Handelspartner sowie die im Modell durchgeführte Umrechnung der Importe von Dollar in Euro, für die ein Wechselkurs zu einem Stichtag herangezogen werden muss. Diese Vorgehensweise ist für die Prognose der Exportstruktur notwendig. Die Entwicklung bis 2030 wird korrekt wiedergegeben.

¹² Die Daten zum zukünftigen Energieverbrauch stammen aus dem Projekt „Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose“ (2013) für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, die unter anderem von Prognos erstellt wurde. Prognosen für die Pharmabranche sind nicht verfügbar.

Ausnahme. In beiden Branchen steigt der Energieverbrauch bis 2030 um etwa 10 %.

Abbildung 21: Verteilung des Endenergieverbrauchs, ausgewählte Branchen, 2013 bis 2030, in Petajoule



Prognos 2015.

Die Zunahme der Wertschöpfung und die Abnahme des Endenergieverbrauchs führen für das Aggregat der acht betrachteten Branchen zu einem Rückgang der Energieintensität (Endenergieverbrauch je Wertschöpfungseinheit) bis 2030. Auch in den beiden Branchen, in denen der Endenergieverbrauch bis 2030 zunehmen wird, sinkt die Energieintensität aufgrund der Wertschöpfungszuwächse (Tabelle 6).

Tabelle 6: Energieintensität, ausgewählte Branchen, 2013, 2022 und 2030 sowie Veränderung von 2013 bis 2030, 2013 bis 2022 und 2022 bis 2030, in Petajoule pro Mrd Euro Wertschöpfung

Branche	Energieintensität					
	2013	2022	2030	2013-2030	2013-2022	2022-2030
Chemie.....	11.91	9.79	8.16	-2.2%	-2.2%	-2.2%
Pharma.....						
Metall.....	32.38	28.71	25.75	-1.3%	-1.3%	-1.4%
DV-Geräte, Elektronik, Optik.	0.57	0.42	0.33	-3.2%	-3.3%	-3.0%
Elektrische Ausrüstungen.....	0.70	0.64	0.59	-1.0%	-1.0%	-1.1%
Maschinenbau.....	1.19	1.07	0.97	-1.2%	-1.1%	-1.2%
Kraftwagenbau.....	1.50	1.38	1.27	-1.0%	-0.9%	-1.0%
Sonstiger Fahrzeugbau.....	0.82	0.59	0.45	-3.5%	-3.6%	-3.4%
Sonstige Industrie.....	2.09	1.81	1.59	-1.6%	-1.6%	-1.6%
Verarbeitendes Gewerbe..	5.76	4.83	4.18	-1.9%	-1.9%	-1.8%

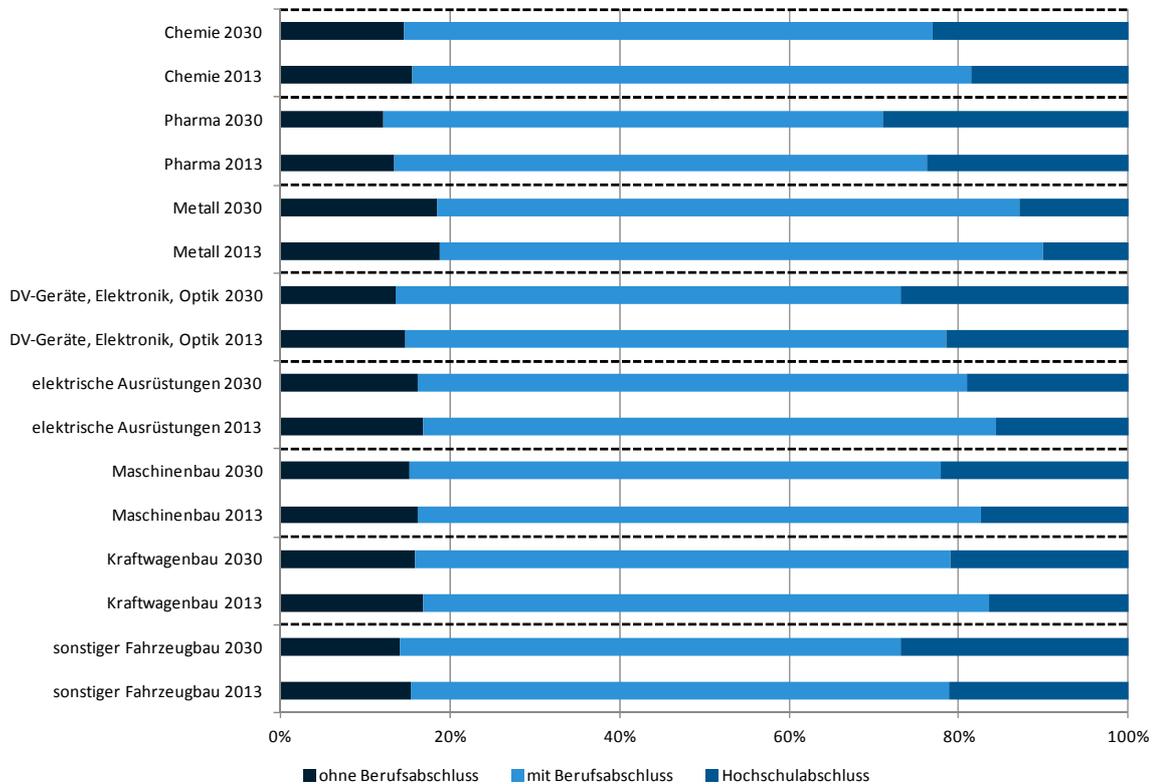
Prognos 2015.

Am stärksten fällt der Rückgang mit jährlich mehr als 3 % zwischen 2013 und 2030 in den Bereichen Sonstiger Fahrzeugbau sowie DV-Geräte, Elektronik, Optik aus. Der geringste Rückgang der Energieintensität ist im Bereich Kraftwagenbau zu erwarten. Aufgrund des deutlich überdurchschnittlichen Energieverbrauchs innerhalb der Gruppe der acht betrachteten Branchen fällt der absolute Rückgang im Bereich Metall am stärksten aus.

Der Rückgang sowie die zunehmende Alterung der Bevölkerung haben eine Verknappung des Arbeitsangebots zur Folge. Der Wettbewerb um qualifizierte Arbeitskräfte wird, auch international, weiter zunehmen. Der Bedarf an Arbeitskräften mit Hochschulabschluss wird zwischen 2013 in 2030 in allen acht Branchen steigen (Abbildung 22).¹³ Insbesondere in den Bereichen Sonstiger Fahrzeugbau sowie DV-Geräte, Elektronik, Optik wird der Anteil der Hochschulabsolventen deutlich zunehmen. Im Bereich Metall nimmt der entsprechende Anteil dagegen am geringsten zu.

¹³ Die zukünftige Qualifikationsstruktur auf Branchenebene stammt aus dem Modell „Prognos Arbeitslandschaften“ (Prognos/vbw 2015a).

Abbildung 22: Qualifikationsstruktur, ausgewählte Branchen, 2013 und 2030



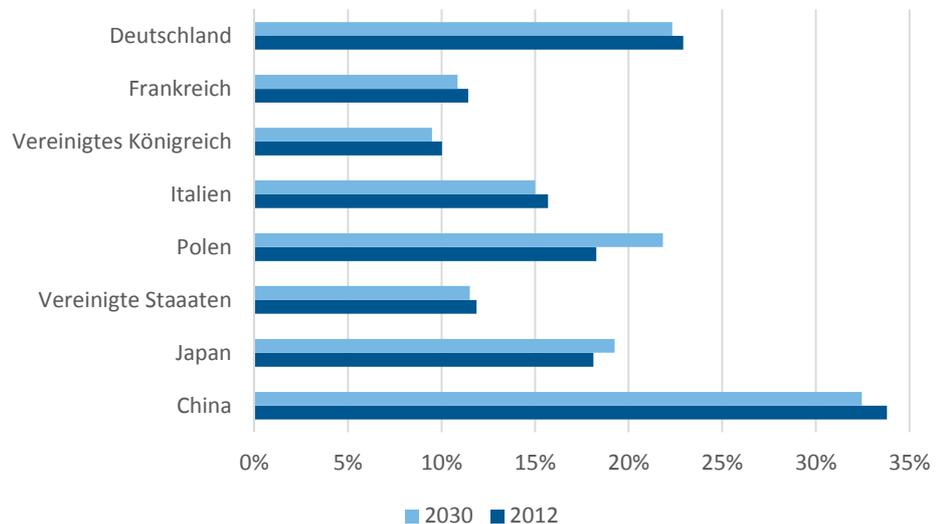
Prognos 2015.

Dagegen wird der Anteil der Personen mit einem Berufsabschluss an den Erwerbstätigen zwischen 2013 und 2030 deutlich abnehmen. Der Rückgang fällt in den Bereichen Sonstiger Fahrzeugbau und DV-Geräte, Elektronik, Optik am stärksten aus. Insgesamt wird der Rückgang des Anteils der Personen mit Berufsabschluss stärker sein als der des Anteils der Personen ohne Berufsabschluss. Für diese Gruppe wird der Anteil in den Bereichen Pharma und Sonstiger Fahrzeugbau am deutlichsten ausfallen.

Die deutsche Industrie im internationalen Vergleich

Die Industrie leistet auch in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Wertschöpfung in Deutschland. (Abbildung 23). Aus der Gruppe der Vergleichsländer wird lediglich China im Jahr 2030 einen größeren Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung aufweisen. Der Abstand zu Frankreich, dem Vereinigten Königreich, Italien und den Vereinigten Staaten bleibt weitgehend bestehen.

Abbildung 23: Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamten Bruttowertschöpfung in ausgewählten Volkswirtschaften, 2012 und 2030, in %



Prognos 2015.

In zwei der ausgewählten Länder nimmt die Bedeutung des Verarbeitenden Gewerbes dagegen zu. In Polen steigt der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung von 18 % (2013) auf knapp 22 % (2030). Auch in Japan nimmt der Anteil in diesem Zeitraum um gut 1 Prozentpunkt zu.

Auf Branchenebene verläuft die wirtschaftliche Entwicklung im Verarbeitenden Gewerbe bis 2030 schwächer als in den meisten Vergleichsländern. Lediglich in Japan ist die jährliche Wachstumsrate der Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe zwischen 2013 und 2030 geringer als in Deutschland (Tabelle 7). Vor allem in Polen und in China nimmt die Wertschöpfung überdurchschnittlich zu.

Tabelle 7: Bruttowertschöpfung in ausgewählten Branchen und Ländern, Veränderung zwischen 2013 und 2030, in %

Branche	Bruttowertschöpfung, Veränderung zwischen 2013 und 2030							
	Deutschland	Frankreich	Vereinigtes Königreich	Italien	Polen	Vereinigte Staaten	Japan	China
Chemie.....	1.2%	1.2%	1.2%	0.9%	2.9%	2.1%	0.3%	5.3%
Pharma.....	1.6%	2.4%	2.1%	1.9%	3.2%	1.5%	-1.0%	5.7%
Metall.....	0.7%	0.7%	0.5%	1.3%	3.6%	2.2%	0.2%	5.5%
DV-Geräte, Elektronik, Optik.	2.0%	1.0%	2.4%	2.2%	4.2%	3.1%	1.6%	6.2%
Elektrische Ausrüstungen.....	1.3%	0.9%	1.9%	2.3%	4.1%	1.8%	1.4%	6.0%
Maschinenbau.....	1.4%	2.3%	2.0%	2.4%	3.5%	2.4%	0.9%	5.6%
Kraftwagenbau.....	1.5%	1.7%	1.7%	1.1%	3.5%	2.3%	0.4%	5.5%
Sonstiger Fahrzeugbau.....	1.8%	2.8%	2.4%	1.7%	3.4%	2.6%	0.7%	5.9%
Sonstige Industrie.....	0.4%	0.6%	0.7%	0.7%	2.9%	1.1%	-0.9%	5.1%
Verarbeitendes Gewerbe..	1.1%	1.2%	1.2%	1.3%	3.2%	2.0%	0.2%	5.4%

Prognos 2015.

Auf Ebene der acht betrachteten Branchen zeigt sich in den Vergleichsländern eine Reihe von ähnlichen Entwicklungen wie in Deutschland. Die Wertschöpfung im Bereich DV-Geräte, Elektronik, Optik nimmt mit Ausnahme von Frankreich in allen Vergleichsländern zwischen 2013 und 2030 überdurchschnittlich zu. Die zunehmende Vernetzung von Systemen im Zuge der Digitalisierung baut zu einem wesentlichen Teil auf Produkten aus dieser Branche auf. Auch der Sonstige Fahrzeugbau, Maschinenbau, Kraftwagenbau sowie Pharma zeigen in fast allen betrachteten Volkswirtschaften eine überdurchschnittlich dynamische Entwicklung.

In den Bereichen Metall und elektrische Ausrüstungen verläuft die relative wirtschaftliche Dynamik in Deutschland allerdings schwächer als in einem Großteil der Vergleichsländer. In Italien, Polen, den Vereinigten Staaten, Japan und in China wächst die Wertschöpfung in der Metallbranche schneller als im Verarbeitenden Gewerbe des jeweiligen Landes insgesamt. Ein Grund hierfür ist der zunehmende Wettbewerb um Rohstoffe und die schwierige Nachfragesituation der deutschen Unternehmen, die auf Importe insbesondere aus Entwicklungs- und Schwellenländern angewiesen sind. Die schwierige Wettbewerbsposition der Unternehmen der Stahlindustrie um Rohstoffe. Ebenfalls deutlich günstiger verläuft die relative Entwicklung im Bereich Elektrische Ausrüstungen im Vereinigten Königreich, Italien, Polen, Japan und China.

3.5 Zwischenfazit zur perspektivischen Abschätzung der wirtschaftlichen Entwicklung sowie der Struktur der deutschen Industrie bis 2030

Die deutsche Industrie wird bis 2030 eine zentrale Stütze der deutschen Wirtschaft bleiben. Auch künftig spielt das Verarbeitende Gewerbe in Deutschland eine wichtigere Rolle als in den meisten übrigen entwickelten Volkswirtschaften. Es zeichnet sich ab, dass es der deutschen Industrie gelingt, die Herausforderung des demografischen Wandels zu meistern: Aufgrund der Verknappung des Arbeitskräfteangebots in Deutschland investieren deutsche Industrieunternehmen vermehrt in produktivitätssteigernde Prozesse und Technologien sowie in die Verbesserung der Humankapitalausstattung ihrer Beschäftigten. Dadurch können in allen Schlüsselbranchen bis 2030 trotz eines Rückgangs der Erwerbstätigen Wertschöpfungszuwächse generiert werden.

Die wirtschaftliche Dynamik in der deutschen Industrie ist auch in Zukunft stark durch den Außenhandel getrieben. Die Industrie profitiert dabei beispielsweise durch eine anziehende Nachfrage nach Fahrzeugen der Oberklasse aus prosperierenden Schwellenländern oder durch ein verstärktes Interesse nach Umweltschutztechnologien. Die globale Alterung führt zudem zu einer verstärkten Nachfrage nach Produkten der Pharmaindustrie. Insgesamt führt die ausgeprägte wirtschaftliche Dynamik in Entwicklungs- und

Schwellenländern zu einer weiter zunehmenden internationalen Verflechtung der Wertschöpfungsketten der Unternehmen der deutschen Industrie. Insbesondere der Vorleistungsbezug aus Osteuropa und der Handel mit Asien und dabei vorwiegend mit China werden zunehmen.

Durch das überdurchschnittliche Wirtschaftswachstum der Entwicklungs- und Schwellenländer ergibt sich nicht nur die Chance auf neue Absatzmärkte. Der internationale Wettbewerb nimmt ebenfalls zu. China wird auch in Zukunft einen sehr starken industriellen Kern haben. In anderen asiatischen und osteuropäischen Ländern wie Japan und Polen wird die Bedeutung der Industrie zunehmen. Deutsche Industrieunternehmen leiden unter einem steigenden Wettbewerb um Rohstoffe und vergleichsweise hohen Arbeitskosten. Dies betrifft zum Teil auch Mitbewerber. Allerdings haben insbesondere rohstoffreiche Länder günstigere Zugangsbedingungen zu Rohstoffen. Ähnlich dazu werden Arbeitskosten in Ländern mit einer demografischen Entwicklung, die weniger stark durch Alterung und einem Rückgang des Arbeitskräftepotenzials gekennzeichnet ist, weniger stark zunehmen als in Deutschland. In der Folge gibt es auch deutsche Industriebranchen, in denen die künftige Entwicklung gedämpft verläuft. Insbesondere der Bereich Metall ist trotz einer rückläufigen Energieintensität bis 2030 von steigenden Rohstoffpreisen stark betroffen.

4 Mögliche Auswirkungen der Digitalisierung auf die deutsche Industrie

Die Digitalisierung stellt einen der wirkmächtigsten Megatrends unserer Zeit dar. Ihre Bedeutung nimmt in sämtlichen Lebens- und Wirtschaftsbereichen zu. Auch der deutschen Industrie steht ein umfassender Strukturwandel bevor: Die Digitalisierung ermöglicht disruptive Innovationen, die das Potenzial haben, bewährte Geschäftsmodelle zu ersetzen. Der Wettbewerb wird sich aufgrund schnellerer Innovationszyklen und neuer Mitbewerber spürbar intensivieren. Gleichzeitig bedeuten neue Technologien und die damit verbundenen Möglichkeiten für Industrieunternehmen in Deutschland eine große Chance, die Produktions- und Vertriebsprozesse zu optimieren oder neue Märkte und Geschäftsfelder zu erschließen.

Im Folgenden werden die möglichen Konsequenzen der Digitalisierung auf die deutsche Industrie bis 2030 anhand einer Zusammenfassung der bestehenden Literatur zu diesem Thema dargestellt. Zusätzlich werden auf Basis von zwei Szenarienrechnungen die möglichen Auswirkungen von disruptiven Innovationen auf Wachstum und Beschäftigung bis 2030 anhand von zwei branchenspezifischen Beispielen berechnet.

4.1 Begriffsbestimmung und Bestandsaufnahme

4.1.1 Was ist Digitalisierung?

In der Literatur existiert keine einheitliche Definition der Digitalisierung. Gleichwohl herrscht weitgehend Einigkeit über die zentralen Merkmale des digitalen Wandels: In der Regel wird eine **breite Definition** des Begriffs gewählt, die bei der Umwandlung analoger in digitale Daten ansetzt – dem technischen Fundament der Digitalisierung. Diese Daten sind grundsätzlich zu jeder Zeit und von jedem Ort aus verfügbar. Sämtliche Akteure in vernetzten Systemen können diese digitalen Daten nutzen, austauschen und weiterverarbeiten. Darauf aufbauend wird Digitalisierung als ein Gemenge verschiedener technologischer Trends und gesellschaftlicher Entwicklungen verstanden, die auch die Anpassung der Akteure an die neuen technischen Gegebenheiten miteinschließen (BDI/Roland Berger 2015).

Seit den 1980er Jahren haben sich digitale Technologien aus dem Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) heraus entwickelt und finden heute mehr und mehr Eingang in alle Bereiche der Wirtschaft – so auch in die Industrie. Die Digitalisierung im sekundären Sektor wird in der Literatur häufig mit dem Begriff „**Industrie 4.0**“ beschrieben. Industrie 4.0 steht für eine intelli-

gente Vernetzung von Produkten und Prozessen in der industriellen Wertschöpfung (BITKOM/Fraunhofer IAO 2014). Industrieproduktion, Automatisierungstechnik und IKT wachsen dabei zu einem ganzheitlichen Ansatz zusammen (Falck et al. 2015).

Aufgrund ihres enormen Potenzials wird die Digitalisierung in der Industrie in der Literatur häufig als **vierte industrielle Revolution** bezeichnet. Sie folgt damit auf die drei größten technischen Umbrüche der letzten Jahrhunderte: der Mechanisierung als der ersten industriellen Revolution, der Industrialisierung mit Fließbandproduktion als der zweiten industriellen Revolution sowie der Automatisierung als der dritten industriellen Revolution (IAB 2015).

Als zentrales technisches Element identifizieren die meisten Studien die intelligente Vernetzung von Fertigungsprozessen in **Cyber-Physische Systeme** (CPS) (Berenberg/HWWI 2015). CPS sind intelligente Objekte, die mit einer eigenen dezentralen Steuerung (*embedded systems*) ausgestattet sind. Durch einen echtzeitfähigen und flächendeckenden Austausch digitaler Daten sind CPS miteinander vernetzt und können sich selbst steuern (Fraunhofer IAO 2013). In der Vision volldigitalisierter Prozesse können sich Aufträge auf der Basis von CPS schließlich selbstständig durch ganze Wertschöpfungsketten leiten, von der Buchung des benötigten Materials bis zur Auslieferung zum Kunden (BITKOM/ Fraunhofer IAO 2014). Diese Verknüpfung der virtuellen mit der realen Welt geschieht dann über das sogenannte **Internet der Dinge** (*internet of things*). Dieser Begriff steht für das Zeitalter mobiler Geräte, die über das Internet selbstständig Informationen miteinander austauschen können (BITKOM/Fraunhofer IAO 2014). Wie auf einem virtuellen Marktplatz sollen dann beispielsweise Werkzeuge oder Anlagen untereinander aushandeln, von welchen Elementen der nächste Produktionsschritt am besten erledigt werden kann (PwC 2014). Mit Big Data, Robotik, Cloud Computing und IT-Sicherheit nennen manche Studien weitere relevante Charakteristika von Industrie 4.0 (BCG 2015, BITKOM/Fraunhofer IAO 2014, BDI/Roland Berger 2015). Diese Themen sind, ebenso wie CPS und das Internet der Dinge, nicht nur für die Digitalisierung in der Industrie von Bedeutung. Vielmehr beschreiben sie allgemeine technische Aspekte des digitalen Wandels, die sämtliche Lebensbereiche auch außerhalb industrieller Zusammenhänge betreffen.

Die ständige Verfügbarkeit aller relevanten Informationen über das Internet der Dinge ermöglicht künftig neue Formen der industriellen Produktion. Diese lassen sich in vier Kategorien zusammenfassen: Echtzeit-Produktion, dezentrale Produktion, maschinengeleitete Produktion und individualisierte Produktion (IAB 2015). Weil Menschen, Maschinen und Objekte über das Internet der Dinge unmittelbar, in Echtzeit und selbstständig miteinander kommunizieren können, entstehen **dynamische, echtzeitoptimierte und selbstorganisierende Wertschöpfungsnetzwerke**. Sie lassen

sich nach flexiblen Kriterien wie Kosten, Verfügbarkeit oder Ressourcenverbrauch optimieren (PwC 2014). Ein digitaler Kundenzugang ermöglicht außerdem die Berücksichtigung von Einzelwünschen im Fertigungsprozess. Im Rahmen der derzeit praktizierten industriellen Massenproduktion ist die **Herstellung individualisierter Produkte** in diesem Maße nicht möglich.

Dieser erste Überblick verdeutlicht bereits die Vielfalt und das Ausmaß technischer Möglichkeiten, die der digitale Wandel für die Industrie – zumindest in der Theorie – bietet. Doch inwieweit hat die Digitalisierung bereits Einzug gehalten in die deutsche Industrie? Wie vollzieht sich die digitale Transformation in ausgewählten Branchen? Inwiefern steht die digitale Transformation überhaupt auf der Agenda deutscher Industrieunternehmen?

4.1.2 Wie digitalisiert ist die deutsche Industrie bereits?

Verschiedene Studien nähern sich diesen Fragen mittels Umfragen und Experteninterviews. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Digitalisierung der Industrieproduktion in Deutschland in manchen Bereichen noch in den Kinderschuhen steckt. Allerdings gibt es zwischen den einzelnen Industriebranchen teilweise deutliche Unterschiede bezüglich der Dynamik der Digitalisierung.

Eine aktuelle Unternehmensbefragung deutet auf einen hohen Digitalisierungsgrad im Dienstleistungsbereich hin. Dienstleister haben ihre Geschäftsabläufe und Prozesse häufig bereits digitalisiert und nutzen verstärkt neue digitale Technologien und Services (BMW 2015a). Das Verarbeitende Gewerbe wird dagegen im Durchschnitt als „**digital unterentwickelt**“ bewertet. Eine vollständig digitalisierte Wertschöpfungskette ist demnach noch Zukunftsmusik. Nichtsdestoweniger zeigen die Ergebnisse der Befragung, dass der digitale Wandel in der Industrie häufig bereits begonnen hat oder in manchen Fällen schon weit fortgeschritten ist: Lediglich bei 8 % der befragten Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes ist es bislang zu keiner Digitalisierung unternehmensinterner Prozesse gekommen. 22 % der Industrieunternehmen verfügen nach eigener Auskunft über stark **digitalisierte Prozesse**. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt die Auswertung einer weiteren Unternehmensbefragung: Knapp ein Fünftel der befragten Industrieunternehmen haben bereits Schlüsselprozesse entlang der Wertschöpfungskette digitalisiert (PwC 2014). Allerdings stellen nur gut 4 % der befragten produzierenden Unternehmen CPS-fähige Produkte her (Fraunhofer IAO 2013).

Die Offenheit der deutschen Industrie gegenüber dem digitalen Wandel lässt sich unter anderem anhand der Investitionen ablesen, welche Unternehmen im Bereich Digitalisierung tätigen. 2015 nahm jedes sechste Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes keinerlei **Investitionen in digitale Produkte und Prozesse** vor

(BMWi 2015a). Etwa die Hälfte der Industrieunternehmen investierte lediglich geringfügig. Nur knapp jedes vierte Unternehmen investierte in diesem Jahr mehr als 10 % seines Umsatzes in digitale Entwicklungen. Bei den Investitionen nehmen zahlreiche deutsche Industrieunternehmen demnach eine eher passive Haltung ein.

Umsätze durch digitalisierte Produkte und Dienstleistungen sind noch vergleichsweise gering. Etwa ein Drittel der befragten Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes erzielt keinerlei Umsatz durch solche Angebote. Lediglich 15 % der Industrieunternehmen geben digital generierte Umsatzanteile von 60 % oder höher an (BMWi 2015a). Dabei zeigen sich große **Unterschiede zwischen Branchen**. 39 % der Unternehmen aus der Chemischen und Pharmazeutischen Industrie erzielen keinerlei Umsatz durch digitalisierte Produkte und Services. Dieser Wert liegt für den Fahrzeugbau (18 %) und den Maschinenbau (25 %) deutlich niedriger. In diesen Branchen vollzieht sich der digitale Wandel offenbar schneller. 2015 generierten bereits gut 40 % der Fahrzeug- und Maschinenbau-Unternehmen bis zu 30 % ihres Gesamtumsatzes durch solche Angebote. Im Vergleich zu anderen Branchen wie beispielsweise wissensintensiven Dienstleistungen weisen aber auch die Fahrzeug- und Maschinenbauer einen relativ niedrigen Digitalisierungsgrad auf.

Die Ergebnisse der obigen Studien legen nahe, dass die Digitalisierung im Branchenvergleich unterschiedlich schnell verläuft. Die Bestimmung des Ausmaßes der Digitalisierung auf Branchenebene anhand von Patentdaten lässt einen vergleichbaren Schluss zu (Prognos/vbw 2015b). Der Digitalisierungsgrad hat seit Beginn der 1990er Jahre in allen Branchen zugenommen, allerdings mit unterschiedlicher Dynamik. In den meisten Industriebranchen befindet sich der Digitalisierungsgrad auch heute noch auf einem mittleren bis niedrigen Niveau. Vollständig digitalisierte Wertschöpfungsketten und *smart factories*, in denen auf Basis von CPS ganze Lebenszyklen von Produkten digital erfasst und miteinander abgeglichen werden – von der Produktidee über deren Entwicklung und Fertigung bis hin zur Auslieferung an den Kunden und zum Recycling – sind in der deutschen Industrie deshalb noch Zukunftsmusik (auch Fraunhofer IAO 2013, Münchner Kreis 2014).¹⁴

¹⁴ Praxisbeispiele sind unter anderem in der Landkarte Industrie 4.0 (<http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Karte/karte.html>) im Rahmen der von der Bundesregierung initiierten Plattform Industrie 4.0 zu finden.

Ideenwerkstatt Box 1: Die Bedeutung der Digitalisierung für die deutsche Industrie und darüber hinaus

Im Rahmen der Erstellung der vorliegenden Studie wurde zusammen mit Industrieunternehmen, Startup-Gründern und Verbandsvertretern eine „Ideenwerkstatt“ zum Thema „Auswirkungen der Digitalisierung auf die deutsche Industrie bis 2030“ durchgeführt. Ein Ziel dieser Veranstaltung war, möglichst konkrete Einschätzungen von Entscheidungsträgern aus der Industrie, die direkt mit den möglichen Folgen der Digitalisierung für Ihr Unternehmen und Ihre Branche konfrontiert sind, zu erhalten. Die zentralen Ergebnisse der Ideenwerkstatt werden ergänzend zum Literaturüberblick in diesem Kapitel an geeigneten Stellen in Form von Info-Boxen wiedergegeben.

Die im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Erkenntnisse aus der Literatur zum Stand der Digitalisierung in der deutschen Industrie wurden durch die Beiträge der Teilnehmer der Ideenwerkstatt weitgehend bestätigt. Der digitale Wandel habe begonnen, doch zahlreichen Unternehmen sei die Wirkmächtigkeit und Geschwindigkeit der Digitalisierung nicht bewusst. Während sich Großunternehmen in der Regel den Anpassungsnotwendigkeiten, die sich durch die Digitalisierung ergeben, bewusst sein und entsprechende Maßnahmen bereits eingeleitet oder umgesetzt hätten, drohe vor allem der Mittelstand den Anschluss an den digitalen Wandel zu verpassen. Als Ursachen hierfür wurden der hohe Anfangsinvestitionsbedarf, fehlendes Bewusstsein über die Risiken der Digitalisierung für das eigene Geschäftsmodell und ein hohes Maß an Selbstzufriedenheit aufgrund der oft guten oder sehr guten aktuellen Geschäftslage genannt.

Die Digitalisierung werde die Arbeitswelt verändern, indem neue Qualifikations- und Anforderungsprofile an Mitarbeiter entstünden, insbesondere Routinetätigkeiten verschwänden und kreative und emotionale Elemente für Arbeitnehmer in den Vordergrund rückten. Für die Industrie entstehe dadurch auf der einen Seite die Möglichkeit, zunehmend Prozesse und Tätigkeiten zu automatisieren und damit die Produktivität zu steigern. Die Digitalisierung könne dadurch helfen, dem zunehmenden Fachkräftebedarf bei gleichzeitigem Rückgang des Arbeitskräftepotenzials in Deutschland zu begegnen. Auf der anderen Seite würden Aus- und Weiterbildung vor allem im Hinblick auf digitale Kompetenzen immer wichtiger.

Nicht nur die deutsche Industrie müsse sich an neue Gegebenheiten durch die Digitalisierung einstellen, früher oder später würden sich alle Industrie- und Schellenländer anpassen (müssen). Aus diesem Wettbewerb würden jene Volkswirtschaften als Gewinner hervorgehen, die am schnellsten die für die Digitalisierung notwendigen Technologiekomponenten und Prozesse entwickeln können.

4.2 Chancen und Risiken für die deutsche Industrie aus der Digitalisierung

Im Folgenden werden die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung aus Sicht der deutschen Industrie dargestellt.

4.2.1 Chancen: Produktivitätssteigerung, Kundenbindung, neue Geschäftsfelder

Durch die konsequente Vernetzung von Menschen, Maschinen und Objekten im gesamten Wertschöpfungsprozess werden starre, zeitversetzte und intransparente Produktionsprozesse in **dynamische Wertschöpfungsnetzwerke** eingegliedert. Wie in Abschnitt 4.1.1 skizziert erlaubt es die Integration von CPS im Rahmen von Industrie 4.0 allen an der Produktion beteiligten Akteuren, Daten in Echtzeit auszutauschen – beispielsweise über Auslastung oder Materialbedarf – und daraus zu jedem Zeitpunkt den optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten (PwC 2014). Diese dynamischen, selbstorganisierenden Wertschöpfungsstrukturen bieten vielfältige Chancen, die Effizienz in der Produktion zu steigern. Es wird erwartet, dass die Digitalisierung in der Industrie Geschwindigkeit, Qualität und Flexibilität der Produktion erhöht (BCG 2015).

Eine große betriebswirtschaftliche Chance liegt in der gesteigerten Produktivität, die durch CPS-basierte Produktion ermöglicht wird (IAB 2015). Intelligente Maschinen ersetzen zunehmend den Faktor Mensch und optimieren die Entscheidungsfindung durch durchgängige Transparenz in Echtzeit. Maschinengelenkte Produktion erhöht damit die **Arbeitsproduktivität** und führt zu Kosteneinsparungen.

Digitalisierte Wertschöpfungsketten bieten zudem Potenziale im Bereich **Ressourcenproduktivität und -effizienz**. Vernetzte Maschinen sind beispielsweise in der Lage, Produktionsabläufe so zu gestalten, dass der Stromverbrauch reduziert wird. So können etwa bei kurzfristig stark gestiegenen Strompreisen, die in Echtzeit übermittelt werden, stromintensive Fertigungsschritte zeitweise verschoben werden (Falck et al. 2015).

In dynamischen Wertschöpfungsketten kommunizieren alle beteiligten Akteure in Echtzeit miteinander. Vernetzte Einheiten können dadurch flexibel auf Marktschwankungen reagieren und die hergestellten Stückzahlen einzelner Produkte sofort anpassen. Diese Flexibilität geht einher mit **minimierter Lagerhaltung**. In der Vision volldigitalisierter Produktionsprozesse könnte Lagerhaltung gänzlich vermieden werden (IAB 2015).

Ideenwerkstatt Box 2: Chancen aus der Digitalisierung

Die Teilnehmer an der Ideenwerkstatt identifizierten überwiegend Chancen aus der Digitalisierung, die sich in ähnlicher Form in der Literatur finden lassen. Zunächst eröffne die Digitalisierung zahlreiche neue Geschäftsfelder. Im Bereich digitale Anwendungen und Lösungen gäbe es noch viele bisher brachliegende Bereiche, die von Unternehmen – auch von Industrieunternehmen – zur Entwicklung von **neuen Geschäftsmodellen** genutzt werden könnten. Die Möglichkeiten seien dabei noch nicht annähernd ausgeschöpft. Betont wurde, dass neue Geschäftsmodelle nur dann Erfolg haben würden, wenn sie auf die konkreten Bedürfnisse und den Nutzen der Kunden ausgerichtet sind.

Die neuen Möglichkeiten der Digitalisierung erlaubten künftig – zumindest in der Theorie – eine „individualisierte Massenproduktion in Losgröße 1“ (vgl. Abschnitt 4.2.1). In Zukunft könnten also Industrieprodukte und die damit verbundenen Leistungen verstärkt personalisiert angeboten werden. Entsprechendes Know-how und einen **direkten Zugang zum Kunden** vorausgesetzt würden Unternehmen ihre Kunden mit exakt auf deren Bedürfnisse abgestimmten Produkten und Lösungen sehr viel enger an sich binden können.

Digitalisierung habe zur Folge, dass stärker noch als bisher nicht das Industrieprodukt allein im Fokus des Kundennutzens stehen wird, sondern ebenso die damit verbundenen Dienstleistungen. Daraus ergäben sich zusätzliche Geschäftsfelder und **Wertschöpfungsmöglichkeiten auch jenseits des reinen Industrieprodukts**. Als Beispiel wurde dafür häufig der Bereich Mobilität angeführt: Heute stehe das Fahrzeug als physisches Produkt im Zentrum der Wertschöpfungskette – und damit die Industriebranche Kraftwagenbau. Künftig werde der Kraftwagenbau tendenziell ein (wichtiger) Teil einer umfassenden Mobilitätsbranche werden. Die Autobauer hätten damit die Möglichkeit, nicht nur mit der Fahrzeugherstellung Umsätze zu generieren, sondern auch mit Leistungen rund um das Produkt. Mobilitätskonzepte wie Car-Sharing-Angebote (DriveNow, Car2Go) oder Taxivermittlungssapps (MyTaxi), die jeweils unter Beteiligung oder Federführung von Kraftwagenbauern entstanden, stellten einen ersten Schritt in diese Richtung dar.

Digitalisierte Industrie ermöglicht nicht nur echtzeitoptimierte, sondern auch dezentrale Produktion. Das Kernelement bilden dabei CPS, die in der Lage sind, sich dezentral selbst zu steuern. Im Ergebnis erlaubt eine solche dezentrale Struktur, dass **Netzwerke** von Fertigungseinheiten über Betriebs- und Unternehmensgrenzen hinweg gebildet werden können. Prozesse und Wertschöpfungsstrukturen können im Idealfall global optimiert werden. Die digitale Entwicklung ermöglicht damit eine bisher unbekannte horizontale Vernetzung und weltweite Produktion (IAB 2015).

Die Integration vertikaler und horizontaler Wertschöpfungsketten führt zu einer **Optimierung des Waren- und Informationsflusses** innerhalb des Unternehmens sowie zwischen den Akteuren entlang der Wertschöpfungskette. Beispielsweise können in integrierten Wertschöpfungsketten intelligente Maschinen selbstständig den Bedarf an Vormaterial ermitteln und gegebenenfalls bei vorgelegten Einheiten Material nachbestellen – auch über Unternehmensgrenzen hinweg (IAB 2015). Sämtliche Prozesse spielen sich dabei in Echtzeit ab.

Modularisierte Produktion auf Basis digitaler Vernetzung gilt als weiterer wichtiger Baustein flexibler Wertschöpfungsnetzwerke und ist eng verknüpft mit dem dezentralen Element von Industrie 4.0. Modularisierung steht für die Aufteilung des Produktionsprozesses in separate, voneinander unabhängige Wertschöpfungsprozesse. Ein modularer Aufbau ermöglicht die unabhängige Durchführung einzelner Produktionsschritte und erhöht die **Anlageneffizienz**. Einzelne technische Komponenten können bei modularisierter Produktion beispielsweise direkt ausgetauscht werden, ohne die gesamte Produktionskette miteinzubeziehen (IW/vbw 2015). Fehler können per Fernwartung gezielt behoben werden (Falck et al. 2015).

Die Digitalisierung bietet somit sämtlichen Industriebranchen Möglichkeiten, die Produktivität zu erhöhen. Je nach Branche werden dabei verschiedenen Aspekten besonders hohes Potenzial bescheinigt (BITKOKM/Fraunhofer IAO 2014): Im **Maschinenbau** können vernetzte Maschinen zu einer verstärkten Rationalisierung führen. Zwar zeichnet sich der Maschinenbau bereits jetzt durch einen hohen Automatisierungsgrad aus, doch die übergreifende Vernetzung und Optimierung der Anlagen steht noch vergleichsweise am Anfang. Im **Kraftwagenbau** können digitale Technologien besonders im Bereich Logistik effektiv eingesetzt werden. Außerdem besteht hier die Möglichkeit, das Management von Ersatzteilen und Wartungen effizienter zu gestalten, indem vernetzte Objekte in die Fahrzeuge eingebaut werden, die dann laufend Informationen weitergeben können. Dynamische Wertschöpfungsketten erleichtern darüber hinaus die Steuerung und Optimierung der im Kraftwagenbau häufig hochgradig komplexen Produktionseinheiten. Im Bereich **elektrischer Ausrüstungen** gilt ebenfalls die Logistik als wichtiger Anknüpfungspunkt zur Prozessoptimierung. Branchenvertreter sehen hier große Potenziale in der steigenden Transparenz, die durch digitale Vernetzung und Echtzeit-Produktion möglich wird. Die **Chemische Industrie** erwartet von der fortschreitenden Digitalisierung Vorteile aus datengesteuerten Produktionsprozessen, die eine Herstellung der Produkte ohne Unterbrechung sicherstellen.

Um diese Produktivitätszuwächse realisieren zu können, werden mehr und mehr Unternehmen weltweit über alle Branchen hinweg ihre Prozesse digitalisieren und ihre Maschinen umrüsten. Der hohe Investitionsbedarf bedeutet eine große Chance für die deutsche Industrie. Sie könnte sich als Marktführer von CPS-Technologien und -Produkten etablieren. Mehrere Studien schlagen hier eine **duale Strategie** vor, um diese Chance der Digitalisierung für die deutsche Industrie zu nutzen: Deutsche Industrieunternehmen sollten einerseits die eigene Produktion mithilfe von CPS vernetzen. Andererseits sollten sie durch die Entwicklung und Herstellung vernetzter Produkte für die industrielle Fertigung ihre Rolle als Ausrüster von Industrie 4.0 stärken (Forschungsunion/acatech 2013, BMWi 2015b). Enormes Marktpotenzial wird

besonders dem Maschinen- und Anlagenbau zugeschrieben (Fraunhofer IAO 2013).

Verbesserte Kundenorientierung ist eine weitere große Chance der Digitalisierung für die deutsche Industrie. Ein modularer Aufbau im industriellen Fertigungsprozess wird die Berücksichtigung individueller Kundenwünsche erleichtern und damit – zumindest in der Theorie – eine vollständig individualisierte Produktion ermöglichen (Forschungsunion/acatech 2013). Unternehmen könnten Kundenwünsche künftig als digitale Information in die dynamischen Wertschöpfungsnetzwerke einspeisen. Kunden würden dann in die Lage versetzt werden, sämtliche Funktionen und Features der Produkte selbst zu wählen (auch heute ist dies schon begrenzt möglich, beispielsweise bei Automobilkonfiguratoren). Aufgrund der modularisierten Fertigungsstruktur können Einzelwünsche in den standardisierten Produktionsprozess so eingebettet werden, dass auch eine Herstellung in sehr kleiner Stückzahl (Losgröße 1) rentabel und unkompliziert möglich wird.

Es wird erwartet, dass Kundenansprüche vielschichtiger und heterogener werden. Digital vernetzte Verbraucher können QR-Codes scannen und über mobile Apps Auskunft darüber erhalten, wo ein Produkt am billigsten zu kaufen ist. Diese Entwicklungen erlauben es, dass sich Unternehmen bei fortschreitender Digitalisierung verstärkt an den Präferenzen und dem Nutzungsverhalten der Kunden orientieren können (KPMG 2013). Um diesen differenzierten Ansprüchen gerecht zu werden, raten Experten Unternehmen mit hochdigitalisierten Prozessen, Nutzungsdaten von Kunden kontinuierlich zu erfassen und auszuwerten. Auf Basis dieser Informationen lassen sich Produkte und Dienstleistungen besser den Wünschen der Kunden anpassen (Falck et al. 2015).

Von der Digitalisierung werden umfassende Strukturveränderungen erwartet, die weit über einzelne Produktionsprozesse hinausgehen. Vernetzte Systeme zielen nicht allein auf die industrielle Fertigung eines Produktes ab. Vielmehr sind sie in der Lage, integrierte **Mehrwertlösungen** zu entwickeln und beispielsweise digitale Service-Elemente mitanzubieten. So entstehen neue Produkte, Dienstleistungen und hybride Geschäftsmodelle, die etablierte Branchengrenzen aufbrechen und zugleich neue Märkte und Kundengruppen erschließen. Bereits heute nehmen Industrieunternehmen in zunehmendem Maße auch Dienstleistungen rund um das eigentliche Industrieprodukt in ihr Portfolio auf (IW/vbw 2015). Dabei kann es sich beispielsweise um produktbezogene Dienstleistungen handeln, die den Kunden bei der Reparatur oder Entsorgung des Produkts unterstützen oder Schulungen und Weiterbildungen zur Handhabung beinhalten. Für deutsche Industrieunternehmen ergeben sich daraus neue Absatzmöglichkeiten, die über den ursprünglichen Unternehmensfokus hinausgehen.

Einen Schlüssel zur Etablierung neuer Geschäftsmodelle sehen Experten in der effektiven Sammlung, Speicherung und Nutzung von Daten. Intelligente Produkte sind über das Internet der Dinge vernetzt und liefern kontinuierlich Informationen, beispielsweise über den Status oder den Ort des Produkts. Diese Informationen können in Form digitaler Daten über den gesamten Lebenszyklus des Produkts gesammelt und ausgewertet werden. Dadurch lassen sich Produkte, aber auch nachgelagerte Dienstleistungen optimieren (Berenberg/HWWI 2015). Die Berücksichtigung der Konsumentensicht ist dabei von zentraler Bedeutung, um Mehrwertlösungen zu schaffen, die entsprechend nachgefragt werden (BMW 2015a). So können neuartige Geschäftsmodelle erfolgreich platziert werden und Wettbewerbsvorteile generieren.

Die Chancen der Digitalisierung für die deutschen Industrieunternehmen lassen sich also grob in drei Kategorien zusammenfassen: Digitalisierung ermöglicht effizientere Herstellungsverfahren und damit Kosteneinsparungen, sie eröffnet neue Geschäftsmöglichkeiten, und sie erlaubt eine engere Kundenbindung durch gezieltere Berücksichtigung von Kundenbedürfnissen.

Die großen Chancen, die sich aus dem digitalen Wandel für die deutsche Industrie ergeben, spiegeln sich auch in einem erhöhten Wachstumspotenzial wider. So leistete die Digitalisierung bereits in den vergangenen Jahren einen substantiellen Beitrag zur Steigerung der Wertschöpfung in der deutschen Industrie. Für den Zeitraum 1998 bis 2012 wird ihr Wachstumsbeitrag auf durchschnittlich 0,4 Prozentpunkte pro Jahr beziffert (Prognos/vbw 2015b). Dies entspricht einem Drittel des jährlichen Zuwachses der Bruttowertschöpfung im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt.

Auch künftig wird dem digitalen Wandel große Wachstumswirkung bescheinigt. Die digitale Transformation in der Industrie mit all ihren betriebswirtschaftlichen, ökonomischen und gesellschaftlichen Konsequenzen wird womöglich erst in einigen Jahrzehnten ihren vorläufigen Höhepunkt erreicht haben. Gleichwohl wird in der Literatur betont, dass trotz des langfristigen Wirkungszeitraums entscheidende Weichen von Unternehmen, Wirtschaft und Politik bereits in den kommenden fünf bis zehn Jahren gestellt werden müssen (BCG 2015). Einige Experten weisen darauf hin, dass das gesamte Potenzial der digitalen Entwicklung tendenziell unterschätzt werde, wenn Netzwerkeffekte unzureichend berücksichtigt werden (BMW 2015b). Vorhersagen werden zusätzlich dadurch erschwert, dass manche digitale Innovationen disruptives Potenzial besitzen. Welche Technologien sich letztlich durchsetzen, welche Branchen betroffen und welche Produkte oder Industriezweige womöglich verschwinden werden, lässt sich folglich nur **schwer vorhersagen** (Falck et al. 2015). Auch die Bedeutung neuer Geschäftsmodelle quantitativ zu erfassen ist nur begrenzt möglich. Kaum eine Studie berechnet im Einzelnen deren betriebs- oder volkswirtschaftliche Auswirkungen, denn die Herausbildung neuer

Geschäftsmodelle ist angebots- wie auch nachfrageseitig mit großer Unsicherheit verbunden (IAB 2015).

Aufgrund dieser Schwierigkeiten beschränken sich viele der Abschätzungen auf die Quantifizierung mittelfristiger Wachstumseffekte der Digitalisierung durch die damit verbundene erhöhte Produktivität und Effizienz im Produktionsprozess. Die Ergebnisse variieren stark, weil von den Autoren unterschiedliche Definitionen, Annahmen, Methoden und Zeithorizonte zugrunde gelegt werden. Häufig wird die Zeitspanne bis 2020 oder 2025 erfasst, so dass langfristige Auswirkungen der Digitalisierung nur ansatzweise abgebildet werden können. Bis 2025 beziffern optimistische Schätzungen das zusätzliche Wertschöpfungspotenzial für die deutsche Industrie auf insgesamt 425 Mrd Euro (BDI/Roland Berger 2015). Andere Berechnungen geben größeren Spielraum und gehen in den nächsten fünf bis zehn Jahren von einem zusätzlichen Produktivitätszuwachs in Höhe von insgesamt 5 % bis 8 % aus, die der deutschen Industrie 90 bis 150 Mrd Euro an zusätzlicher Wertschöpfung einbringen soll (BCG 2015). Eine weitere Studie rechnet in den nächsten fünf Jahren mit Umsatzsteigerungen in Höhe von 30 Mrd Euro pro Jahr für die deutsche Industrie (PwC 2014).

Das enorme Potenzial des digitalen Wandels in der deutschen Industrie schlägt sich auch in verschiedenen Prognosen gesamtwirtschaftlicher Indikatoren nieder. Eine Szenarienrechnung von Berenberg/HWWI (2015) beziffert die zusätzlichen jährlichen Wertschöpfungspotenziale durch Industrie 4.0 bis 2030 auf 17 bis 25 Mrd Euro. Mithilfe einer mehrstufigen Szenario-Analyse verdeutlicht IAB (2015), dass die zusätzlichen Wertschöpfungspotenziale je nach Zeithorizont variieren. Die Studie ermittelt positive Auswirkungen der Digitalisierung in der Industrie auf das Bruttoinlandsprodukt von über 20 Mrd Euro jährlich zwischen 2025 und 2030. Vor 2025 werden ebenfalls positive Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt erwartet, sie fallen jedoch deutlich geringer aus als in der langen Frist. Die Autoren der Studie begründen die volkswirtschaftlichen Effekte mit erhöhtem Export und Konsum sowie niedrigeren Importen im Zuge von Industrie 4.0. Unter Berücksichtigung weiterer Studien lässt sich zusammenfassen, dass die Literatur zusätzliche volkswirtschaftliche **Wertschöpfung in Höhe von 20 bis 30 Mrd Euro pro Jahr** durch die Digitalisierung in Deutschland prognostiziert (BMW 2015b).

Eine weitere Berechnung auf Basis von Experteninterviews ermittelt für die wichtigsten Industriebranchen eine zusätzliche Wertschöpfung durch Digitalisierung von 1,5 % bis 2,2 % pro Jahr bis 2025 (BITKOM/Fraunhofer IAO 2014, Tabelle 8). Für den umsatzstarken Maschinenbau würde dies eine zusätzliche Wertschöpfung von 23 Mrd Euro bis 2025 bedeuten.

Tabelle 8: Steigerung der Bruttowertschöpfung (BWS) einzelner Branchen durch Industrie 4.0, 2013-2025 gemäß BITKOM / Fraunhofer IAO

Branche	Steigerung der Bruttowertschöpfung in Mrd Euro, 2013 bis 2025	Jährliche Steigerung der Bruttowertschöpfung, 2013 bis 2025
Kraftwagenbau	14,8	1,5 %
Maschinenbau	23,0	2,2 %
Elektrische Ausrüstungen	12,1	2,2 %
Chemische Industrie	12,0	2,2 %

Quelle: BITKOM/Fraunhofer IAO 2014

4.2.2 Herausforderungen: Investitionsbedarf, Komplexität, neue Konkurrenz

Eine zentrale Herausforderung stellt der **hohe Investitionsbedarf** in digitale Technologien dar. Gerade zu Beginn gehen mit der Umrüstung bestehender Anlagen auf vernetzte Systeme hohe Kosten einher. Zahlreiche Studien weisen auf die Dringlichkeit und das große Ausmaß dieser Investitionen hin, doch die Schätzungen des Investitionsbedarfs klaffen weit auseinander. Bis 2025 wird mit Investitionen zwischen 35 Mrd Euro (BDI/Roland Berger 2015) und 250 Mrd Euro (BCG 2015) in der deutschen Industrie gerechnet. Auf Basis einer Unternehmensbefragung wurde ermittelt, dass deutsche Industrieunternehmen bis 2020 jährlich 40 Mrd Euro in Industrie 4.0-Anwendungen investieren werden (PwC 2014). Damit liegen die Investitionen höher als die erwarteten Umsatzsteigerungen pro Jahr (30 Mrd Euro, PwC 2014). Eine mögliche Interpretation ist, dass kurzfristig betriebswirtschaftliche Anreize fehlen, in digitale Technologien zu investieren, solange die Investitionskosten die Umsatzzuwächse übersteigen (BMW 2015b).

Die fortschreitende Digitalisierung bringt neue Anforderungen im Bereich **Steuerung und Management** mit sich. Vernetzte Wertschöpfungsketten sind hochgradig komplex und müssen ein enormes Datenvolumen verarbeiten. Dieser Komplexität muss innerhalb der Unternehmen und der verwendeten Technologien Rechnung getragen werden, beispielsweise durch die Einführung von *cloud*-Technologien zur Datenspeicherung (Wieselhuber/Fraunhofer IPA 2015). Daten gelten als das Öl des 21. Jahrhunderts, doch sie verlangen nach entsprechenden Steuerungs-Mechanismen, um sie gezielt erfassen, auswerten und anwenden zu können (Fraunhofer/IAO 2013). Hier besteht in Deutschland noch Nachholbedarf. Experten der IKT betonen zudem **IT-Sicherheit** als zentrales Technologiefeld, um diesen Herausforderungen zu begegnen (BITKOM/Fraunhofer IAO 2014).

Nicht nur das IT-Management eines Unternehmens muss im Zuge der Digitalisierung weiterentwickelt werden. Auch die Tätigkeitsprofile der Mitarbeiter werden sich verändern. Digitalisierung schafft neue Berufsfelder, die entsprechende Aus- und Weiterbildungsprogramme erfordern. Komplexere Tätigkeiten und damit Berufe mit höherer Entlohnung gewinnen an Bedeutung, was wiederum die Lohnkosten steigen lässt (IAB 2015).

Digitalisierung bedeutet Umbruch und damit die Möglichkeit für Neueinsteiger, sich auf dem Markt erfolgreich zu positionieren. Für etablierte Unternehmen nimmt die **Konkurrenz durch neue, innovative Anbieter** zu. Vernetzte Wertschöpfungsketten und der Trend zur Individualisierung erleichtern es innovativen Start-ups oder großen digitalen Plattformen neuartige Geschäftsmodelle zu etablieren. Denn die zunehmende Digitalisierung in der Wirtschaft bewirkt, dass in vernetzten und modularisierten Wertschöpfungsstrukturen Markteintrittsbarrieren und Fixkosten sinken. So können sich kleine Unternehmen mit innovativen Produkten oder Geschäftsmodellen Zugang zu den Märkten verschaffen und in Konkurrenz zu etablierten Anbietern treten. Ein hoher Kapitalstock oder eine komplexe Logistik sind nicht mehr vonnöten, wenn Unternehmen an einzelnen Komponenten der Wertschöpfungskette ihre innovativen Lösungen und Geschäftsideen platzieren können (BDI/Roland Berger 2015).

Ideenwerkstatt Box 3: Risiken aus der Digitalisierung

Im Rahmen der Ideenwerkstatt wurden auch die sich langfristig ergebenden Risiken im Zuge des digitalen Wandels in der Industrie diskutiert. Ein zentrales Thema der Diskussion war der drohende Verlust des direkten Zugangs zum Kunden. Auf der Chancenseite ermögliche Digitalisierung einen sehr viel besseren und individuelleren Kundenkontakt (vgl. Ideenwerkstatt Box 2). Denkbar sei jedoch ebenso ein Negativszenario: Branchenfremde Unternehmen könnten über die Etablierung von Kundenschnittstellen den direkten Kundenkontakt gewinnen und sich damit zwischen den Produzenten und den Endkunden schieben und damit gegebenenfalls die Wertschöpfungskette dominieren. Ein großes Risiko sei vor diesem Hintergrund, dass deutsche Industrieunternehmen aufgrund der hohen Kosten zunächst die Bearbeitung oder Speicherung von großen Datenmengen beispielsweise an die großen digitalen Ökosysteme wie Google, Amazon oder Apple auslagern könnten, da ihnen selbst die Investitionskosten zu hoch erscheinen oder ihnen Kenntnisse und Methoden für die Datenverarbeitung fehlten. Damit würde jedoch die **Kontrolle über den Kundenkontakt aus der Hand gegeben**. Dies könnte von den zunächst branchenfremden Internetunternehmen genutzt werden, um selbst zur Kundenschnittstelle zu werden. Die etablierten Produzenten könnten auf diese Weise zu bloßen Zulieferern werden – und damit nicht mehr im Zentrum der Wertschöpfungskette stehen. Als besonders groß wird diese Gefahr für die Fahrzeugbauer eingeschätzt.

Als erhebliches Risiko wurde zudem genannt, dass der Mehrzahl der **Unternehmen das Bewusstsein für notwendige Anpassungen fehle**. Vor allem viele kleine und mittelständische Unternehmen und damit das Rückgrat des deutschen Verarbeitenden Gewerbes unterschätzen – sei es aufgrund der derzeitigen guten Geschäftslage, sei es aus Unwissenheit – die Wirkmacht des digitalen Wandels. Im Ergebnis sei die Gefahr groß, dass das (positive wie ne-

gative) Potenzial disruptiver Innovationen oder digitaler Technologien im Allgemeinen nicht erkannt werde und lediglich das (derzeit noch gut laufende) klassische Geschäftsmodell weiterentwickelt wird.

Das digitale Datenmanagement werde eine zentrale Rolle für das Geschäft der Industrieunternehmen spielen. Vor diesem Hintergrund wurden bisher inadäquate oder fehlende Regelungen von **Schnittstellen-Standards und Datenschutzbestimmungen** als Herausforderung identifiziert. Schaffen es Deutschland oder Europa nicht, sich auf Standards zu einigen, würden diese von Unternehmen aus Asien oder Amerika gesetzt – auch in Bereichen, in denen bisher deutsche Unternehmen (mit) den Ton angeben, etwa bei der Mobilität. Datenschutzgesetze müssten so ausgearbeitet sein, dass neue Geschäftsmodelle, die auf die Sammlung und Nutzung von Individualdaten angewiesen sind, nicht komplett vom Markt verdrängt werden. Sei dies nicht der Fall, drohten den heimischen Anbietern substantielle Wettbewerbsnachteile gegenüber Wettbewerbern aus anderen Regionen mit Regelungen, die bereits an den digitalen Wandel angepasst seien. Allerdings wurde der Datenhoheit des Kunden, die in Deutschland von zentraler Bedeutung ist, eine grundsätzlich hohe Wertschätzung beigemessen.

Die Entwicklung der **infrastrukturellen Rahmenbedingungen** in Deutschland (oder auch auf europäischer Ebene) würde teilweise noch zu langsam oder nicht konsequent genug umgesetzt. Als prominentes Beispiel wurde hier der schleppend verlaufende Breitbandausbau in manchen Regionen Deutschlands genannt. Andere Länder, wie etwa Südkorea, agierten hier entschlossener und schneller.

Junge Technologieunternehmen und Start-ups seien wichtige Akzeleratoren und Inkubatoren des technologischen Wandels. Doch die **Unterstützung und die Finanzierungsbedingungen für Technologieunternehmen und Start-ups** seien nach Ansicht der Teilnehmer der Ideenwerkstatt noch deutlich ausbaufähig. Insbesondere riskante, innovative Projekte scheiterten häufig an einem ungünstigen Investitionsumfeld. Das Volumen des Hightech-Gründerfonds wurde als vergleichsweise gering angesehen. Wagniskapitalinitiativen seien rar und generell schwierig umzusetzen.

Zudem gebe es in Deutschland keine ausgeprägte „Kultur des Scheiterns“ wie beispielsweise in den Vereinigten Staaten. Nicht nur dort sei oftmals erst das zweite oder dritte Gründungsvorhaben erfolgreich. In Deutschland sei dagegen die Hürde für weitere Gründungsvorhaben nach einer gescheiterten Gründung sehr hoch. Hierzu trage beispielsweise ein ungünstiges Insolvenzrecht bei. Insgesamt waren die Teilnehmer der Ideenwerkstatt der Meinung, dass Deutschland durch ein nur **bedingt innovationsfreundliches Umfeld** geprägt sei.

In der Folge erhöht die Digitalisierung den Wettbewerbsdruck. Für Marktführer bedeutet diese Entwicklung ein Risiko, insbesondere wenn Innovationen disruptiven Charakter besitzen. **Disruptive Innovationen** werden in der Literatur als eine zentrale Herausforderung im Zuge der Digitalisierung beschrieben. Gemeint sind damit neue Technologien oder neuartige Geschäftsmodelle, die im Zeitverlauf stark wachsen und bestehende Märkte, Unternehmen, Produkte oder Dienstleistungen mit der Zeit teilweise oder gar komplett verdrängen können. Oftmals beginnen disruptive Innovationen in einer unscheinbaren Nische und sind etablierten Produkten zunächst unterlegen. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie vom

gängigen Kundennutzen abweichen und bestimmte Vorteile aufweisen, die von dem überwiegenden Teil der Verbraucher noch nicht als solche betrachtet werden. Disruptive Innovationen erschließen dadurch neue Märkte und bedienen damit zu Beginn oft nur einen kleinen Kundenstamm. Gerade aus diesem Grund werden sie von etablierten Anbietern tendenziell unterschätzt (Christensen et al. 2015). Ein Beispiel für eine Technologie, der in der Literatur häufig disruptives Potenzial zugeschrieben wird, ist der 3D-Druck (Berenberg/HWWI 2015). Zwar hat sich diese Technologie bisher nicht flächendeckend durchgesetzt. Doch ihre kontinuierliche Weiterentwicklung dürfte zu Kostensenkungen führen und den 3D-Druck zunehmend attraktiver für die Massen- und Serienfertigung machen. Viele Gegenstände, die zuvor beim Händler gekauft werden mussten, lassen sich womöglich bald vom Kunden selbst produzieren. Diese Entwicklung könnte die Geschäftsmodelle vieler klassischer Hersteller in Frage stellen.

Umfrageergebnisse deuten darauf hin, dass diese Herausforderung von zahlreichen Unternehmen in der deutschen Industrie noch nicht als solche erkannt wurde. Besonders der deutsche Mittelstand zeigt sich hier sehr zurückhaltend: Weniger als jeder Fünfte befragte Mittelständler im Verarbeitenden Gewerbe sieht sich bzw. sein bisheriges Geschäftsmodell durch aktuelle digitale Entwicklungen bedroht (Commerzbank 2015). Die deutsche Industrie beschäftigt sich damit sowohl im Vergleich mit dem Dienstleistungssektor als auch im internationalen Vergleich deutlich weniger umfangreich mit dem Thema Digitalisierung. Laut McKinsey (2015) erwartet knapp die Hälfte der befragten Industrieunternehmen hierzulande mit zunehmender Digitalisierung Konkurrenz durch neue Anbieter – für Japan liegt dieser Wert bei über 60 %, für die USA sogar bei über 90 %. Insbesondere der Maschinen- und Anlagenbau schätzt das disruptive Potenzial neuartiger Geschäftsmodelle häufig gering ein (Wieselhuber/ Fraunhofer 2015). Die Einbußen industrieller Wertschöpfung, die sich in einem Negativszenario aus der Konkurrenz durch neue Anbieter und der Verschiebung der Wertschöpfung hin zu standardisierten IT-Lösungen für die acht großen deutschen Industriebranchen ergeben, werden auf 220 Mrd Euro bis 2025 beziffert (BDI/Roland Berger 2015).¹⁵ Besonders betroffen wären nach dieser Berechnung die Automobil- und die Logistikindustrie.¹⁶

¹⁵ Die Studie BDI/Roland Berger (2015) berücksichtigt die Branchen Automobilindustrie, Logistik, Maschinen- und Anlagenbau, Medizintechnik, Elektroindustrie, Energietechnik, chemische Industrie sowie Luft- und Raumfahrttechnik.

¹⁶ Die im folgenden Abschnitt anhand einer Szenarioanalyse abgeschätzten gesamtwirtschaftlichen Effekte sind deutlich höher. Dies liegt vermutlich im Wesentlichen daran, dass in den folgenden Szenariorechnungen vergleichsweise ausgeprägte Reaktionen der Unternehmen einer Branche auf eine disruptive Innovation angenommen wurden.

4.3 Szenarienrechnungen: Quantifizierung möglicher disruptiver Innovationen in der deutschen Industrie

Die deutsche Industrielandschaft wird sich durch die Digitalisierung auf zwei Arten verändern: Erstens wird ein Großteil der Unternehmen auf eine stetige Weiterentwicklung und Verbesserung bestehender Geschäftsmodelle und Produkte setzen („Weiterentwicklung durch digitale Veredelung“), zweitens werden neue Konkurrenten mit innovativen Geschäftsmodellen und Produkten den Markt betreten („Radikale Veränderung durch disruptive Innovation“). Insbesondere disruptive Innovationen können die gewachsenen Strukturen in der oft mittelständisch geprägten deutschen Industrielandschaft nachhaltig verändern. Den deutschen Industrieunternehmen kann dadurch Konkurrenz durch völlig neue Wettbewerber oder durch Unternehmen aus anderen Branchen entstehen.

Der vorhergehende Literaturüberblick zeigt, dass eine Quantifizierung von Kosten und Nutzen der Digitalisierung in der Regel über Produktivitätsschübe abgebildet wird. Allerdings hat dies eher evolutionären Charakter, da sich radikale, disruptive Innovationen nicht sinnvoll prognostizieren lassen. In der Regel weisen einzelne disruptive Innovationen nur eine sehr geringe Eintrittswahrscheinlichkeit auf. Welche Veränderung tatsächlich eintritt, bleibt unklar. Aus diesem Grund werden im Prognosemodell für die Entwicklung der deutschen Industrie bis 2030 (siehe Kapitel 3) keine disruptiven Innovationen berücksichtigt.

Szenarienrechnungen bieten an dieser Stelle eine sinnvolle Möglichkeit, die Auswirkungen möglicher disruptiver Innovationen für die deutsche Industrie im Rahmen des Prognosemodells grob abzuschätzen. Auf diese Weise kann die Bedeutung einzelner radikaler Veränderungen auf die Gesamtwirtschaft und auf die deutsche Industrie bis 2030 in ausgewählten Szenarien exemplarisch untersucht werden. Im Folgenden werden zwei Szenarien konzipiert und mittels des Prognosemodells VIEWS (vgl. Box 2) zwei Szenarienrechnungen durchgeführt.

Zu beachten ist, dass die Betrachtung einer disruptiven Innovation in einer Branche lediglich eine gesamtwirtschaftliche Tendenz aufzeigen kann. Wahrscheinlich ist, dass eine disruptive Innovation nicht nur eine Branche betrifft, sondern eine breitere Wirkung entfaltet. Dementsprechend wären die gesamtwirtschaftlichen Effekte für den Fall, dass mehrere Branchen direkt betroffen sind, deutlich stärker.

4.3.1 Auswahl der Szenarien

Insgesamt werden zwei Szenarien betrachtet. Die Auswahl der Szenarien erfolgt dabei anhand der Ergebnisse der Ideenwerkstatt

zu möglichen disruptiven Innovationen, die die deutsche Industrie treffen könnten (siehe Ideenwerkstatt Box 4).

Ideenwerkstatt Box 4: Mögliche disruptive Innovationen in der deutschen Industrie

Im Rahmen der Ideenwerkstatt wurde von den Teilnehmern diskutiert, welche disruptiven Innovationen das Potenzial haben, bestehende Geschäftsmodelle ihres Unternehmens oder ihrer Branche grundlegend zu verändern. Eine disruptive Innovation ist dadurch charakterisiert, dass sie zu Beginn nicht das Kerngeschäft bestehender Unternehmen angreift, sondern in wirtschaftlicher Hinsicht wenig attraktive „Randgruppen“ abwirbt oder komplett neue Kundensegmente erschließt. Disruptive Innovationen führen Anfangs zu teuren Produkten oder Dienstleistungen von vergleichsweise geringer Qualität. Am Beispiel des Smartphones lässt sich dies gut beschreiben. Bei Einführung war das Smartphone aufgrund eines hohen Preises und eines geringen Zusatznutzens wenig attraktiv für das Kernkundengeschäft der Mobiltelefonproduzenten. Käufer waren hauptsächlich technikaffine Interessenten. Erst durch sukzessive Verbesserungen der Funktionalität wurde das Smartphone für die Kernkunden der Mobiltelefonhersteller attraktiv und hat das klassische Mobiltelefon und deren Produzenten fast komplett vom Markt verdrängt (Beispiel Nokia).

Im **Maschinenbau** liege die Wertschöpfung der deutschen Anbieter zum großen Teil im Bereich der softwarebasierten Prozesssteuerung – eine mögliche Angriffsfläche für die großen digitalen Ökosysteme, um sich zwischen Maschinenbauer und Kunde zu platzieren. Große Datenmanagementunternehmen könnten ebenso in der systematischen Wirkstoffforschung eine Markteintrittsmöglichkeit sehen und damit das Geschäftsmodell der **Pharmaindustrie** herausfordern. Die möglichen Folgen dieser beiden potenziellen Technologiesprünge werden in Abschnitt 4.3.1 genauer beschrieben und grob quantifiziert.

Für die Branche **Kraftwagenbau** könne das autonome Fahren ein Einfallstor für die datengetriebenen Internetunternehmen darstellen, die die etablierten Hersteller im Extremfall zu bloßen Zulieferern einer umfassenden Mobilitätsbranche degradieren könnten. Diese grundsätzliche Gefahr bestehe für fast **sämtliche Branchen** des deutschen Verarbeitenden Gewerbes: Die digitalen Ökosysteme könnten sich zwischen die Industrieunternehmen und die Kunden schieben und mit der Koordinierung von Angebot und Nachfrage die Wertschöpfungskette dominieren.

Diskutiert wurde des Weiteren das Szenario, ob sich die etwa im Bereich Konsumelektronik üblichen Produktionsprozesse – große Auftragsfertiger wie etwa Foxconn produzieren für eine Vielzahl von Marken wie Apple oder Intel, die selbst keine Produktionskapazitäten haben – auch in der übrigen Industrie durchsetzen und damit zu einem umfassenden Umbruch führen könnte. Dagegen spreche, dass die Produkte in Branchen wie dem Kraftwagen- oder dem Maschinenbau deutlich komplexer und dadurch nur bedingt geeignet für eine solche Auftragsfertigung seien.

Maschinenbau

Gemäß den Einschätzungen der Teilnehmer der Ideenwerkstatt liegt die Wertschöpfung im deutschen Maschinenbau zu einem großen Teil im Bereich der softwarebasierten Prozesssteuerung. Mechanische Elemente kommen häufig aus kostengünstigen

Standorten wie China, im Bereich Getriebe ist insbesondere Japan führend. Würde es ein „neuer“ Wettbewerber schaffen, eine funktionierende und gegebenenfalls für externe Entwickler offene Software-Plattform für den Maschinenbau oder allgemein für die professionelle Prozesssteuerung zu kreieren – also eine Art „Android for Robotics“ – wäre ein großer Teil der Wertschöpfung im deutschen Maschinenbau ernsthaft bedroht.

Warum könnte es dazu kommen? Der Maschinenbau wird immer rechenintensiver und ist demnach zunehmend auf leistungsfähige Software- und Computersysteme angewiesen. Der Auswertung der im Rahmen der Digitalisierung generierten Daten kommt enorme Bedeutung zu, da sie die Grundlage bildet für die Steuerung zunehmend automatisierter Prozesse. Sobald allerdings die Betriebsdatensammlung, -speicherung und -auswertung nicht mehr originär in den Händen des Maschinenbaus liegt, schrumpft dessen Wertschöpfung. Wenn die Datenauswertung beispielsweise auf Plattformbasis möglich ist, hat der deutsche Maschinenbau keinen Wettbewerbsvorteil mehr gegenüber der ausländischen Konkurrenz.

Als Beispiel für einen Bereich, der in der Vergangenheit in ähnlicher Form von einer disruptiven Innovation betroffen war, wurde der Druckmaschinenbau (Einführung des Digitaldrucks) genannt. Deutsche Druckmaschinenhersteller haben um die Jahrtausendwende den frühzeitigen Anschluss an den Digitaldruck verpasst und dadurch erhebliche Wertschöpfungsverluste hinnehmen müssen. In der Folge zeigte sich die Wertschöpfungsentwicklung in der Teilbranche WZ 28.95 (Maschinen für die Papiererzeugung und -verarbeitung) seit 1996 stark rückläufig. Zwischen 1996 und 2000 hat die Wertschöpfung um etwa 16 % abgenommen. Zwischen 1996 und 2005 um rund 30 %. Zu beachten ist, dass der Effekt des Digitaldrucks auf die Wertschöpfung dieses Bereichs nur sehr grob ablesen lässt. Sondereffekte, Produktanpassungen und generell konjunkturelle Veränderungen tragen einen wesentlichen Teil zur Entwicklung der Wertschöpfung bei. Aus diesem Grund wird als grobe Annäherung ein Produktionsrückgang im Maschinenbau von 20 % in einem Ausgangsjahr als Szenariengrundlage herangezogen.¹⁷ Als Ausgangsjahr wird 2015 genutzt.

Pharmazeutische Industrie

Unternehmen der Pharmazeutischen Industrie in Deutschland sind sehr stark auf eine erfolgreiche Wirkstoffforschung angewiesen. In diesem Segment ergibt sich aufgrund hoher Forschungsausgaben ein Wettbewerbsvorteil gegenüber Mitbewerbern, insbesondere

¹⁷ Disruptive Innovationen wirken nicht nur in einem Jahr, sondern entfalten ihre Wirkung in der Regel über einen längeren Zeitraum. Für die Szenarienrechnung wird aus technischen Gründen die Annahme getroffen, dass ein Schock in einem Jahr eine zulässige Approximation an die Wirkung einer disruptiven Innovation ist.

aus Schwellenländern. Die zunehmende Bedeutung datengestützter Analysemethoden, auch in der Wirkstoffforschung, bietet in der Theorie ein Einfallstor für Konkurrenten, die eine radikal datenbasierte Wirkstoffforschung etablieren könnten. Bestehende Medikamente könnten systematisch in ihre Einzelteile zerlegt, Wirkstoffe isoliert und neu zusammengesetzt werden. Verpasst die deutsche pharmazeutische Industrie den Anschluss an die systematische Erfassung und Auswertung von Wirkstoff- und Gesundheitsdaten, kann es zu einem erheblichen Produktionsrückgang kommen.

Die Bestimmung der Größe des Rückgangs kann auf Basis einer Studie zur Bedeutung der Forschungs- und Entwicklungsausgaben in der pharmazeutischen Industrie vorgenommen werden (Nusser und Tischendorf 2005). In einer Szenarienrechnung wird in dieser Studie eine näherungsweise Verdopplung der Forschungs- und Entwicklungsausgaben mit einem Anstieg der Beschäftigung um 25 % in Zusammenhang gebracht.

Für das oben beschriebene Szenario wird, in Anlehnung an die Studie von Nusser und Tischendorf (2005), eine Halbierung der Ausgaben für Forschung und Entwicklung in der pharmazeutischen Industrie durch eine Verlagerung der Wirkstoffforschung an ausländische Konkurrenten angenommen. Zudem wird angenommen, dass die Veränderung der Beschäftigung der Veränderung der Produktion entspricht. Deshalb wird von einem Produktionsrückgang der pharmazeutischen Industrie von 20 % in einem Ausgangsjahr aus. Als Ausgangsjahr wird wiederum 2015 festgelegt.

4.3.2 Methodik der Szenarienrechnung

Für die Szenarienrechnung wird im Ausgangsjahr 2015 die Produktion in einer Branche entsprechend der Szenarienbeschreibungen reduziert. Annahmegemäß wird der Vorleistungsbezug anderer Branchen aus der betroffenen Branche komplett durch Vorleistungsimporte substituiert. Konsum, Investitionen und Exporte bleiben für alle Branchen mit Ausnahme der betroffenen Branche identisch mit den Werten des Basisszenarios. Änderungen der Verwendungskomponenten werden demnach ausschließlich von der betroffenen Branche getrieben. Die Importtätigkeit ist auf zwei Arten beeinflusst. Einerseits nehmen die Gesamtimporte aufgrund der Zunahme der Vorleistungsimporte deutlich zu. Andererseits nimmt die Importnachfrage durch den gesamtwirtschaftlichen Produktionsrückgang ab. Insgesamt ergibt sich eine Senkung des Bruttoinlandsprodukts gegenüber dem Basisszenario aus Rückgängen des Konsums, der Investitionen und der Exporte sowie aus einer Änderung der Importe.

Auf Basis der angepassten Werte von Exporten, Importen, Konsum und Investitionen wird eine gesamtwirtschaftliche und branchenspezifische Prognose bis 2030 für die Gesamtwirtschaft er-

stellt.¹⁸ Die Ableitung der Branchenprognosen aus der gesamtwirtschaftlichen Prognose erfolgt dabei auf Basis von Annahmen über die langfristige Wirkung des betrachteten exogenen Schocks. Das Ergebnis der Szenarienrechnungen wird dann mit der Basisprognose verglichen (Kapitel 3).

4.3.3 Ergebnisse der Szenarienrechnungen

Maschinenbau

Ein Produktionseinbruch im Maschinenbau um 20 % im Ausgangsjahr führt zu einem Rückgang des Bruttoinlandsprodukts von etwa 2 % im Ausgangsjahr. Dieser ist insbesondere auf eine geringere Exporttätigkeit (-2,7 %) und Investitionstätigkeit (-1,9 %) zurückzuführen. Aufgrund der eher geringen Bedeutung des Endkundengeschäfts im Maschinenbau wird der Konsum dadurch kaum beeinträchtigt. Die Einfuhr steigt einerseits aufgrund einer stärkeren Vorleistungsimpornachfrage deutlich. Allerdings wird dies mehr als kompensiert durch eine insgesamt gesunkene Importnachfrage durch den Produktionsrückgang. Im Ergebnis sind die Importe im Maschinenbau-Szenario im Ausgangsjahr etwa 0,2 % geringer als im Basisszenario. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die bedeutende Rolle des Maschinenbaus für Vorleistungsimporte. Der Produktionsrückgang führt zu einem substanziellen Einbruch der Vorleistungsimporte, der nur knapp durch die gestiegene Nachfrage nach Vorleistungsimporten aus dem Ausland aus anderen Branchen ausgeglichen werden kann. Auf Branchenebene sind durch den Produktionsrückgang im Maschinenbau insbesondere die Metall- und die Grundstoffindustrie betroffen. Beide spielen eine wichtige Rolle als Vorleistungslieferant für den Maschinenbau. Dementsprechend sinkt die Produktionsleistung in beiden Branchen deutlich.

Das Maschinenbau-Szenario bis 2030 ergibt eine durchschnittliche jährliche Reduktion des Bruttoinlandsprodukts um etwa 40 Mrd Euro gegenüber dem Basisszenario (Kapitel 3). Die Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts fiel zwischen 2015 und 2030 um knapp 0,1 Prozentpunkte jährlich geringer aus als im Basisszenario – das gesamtwirtschaftliche Wachstum in Deutschland würde aufgrund der schwächeren Entwicklung im Maschinenbau um fast 10 % gedrückt. Die Zahl der Erwerbstätigen wird durch den exogenen Schock dauerhaft um knapp 200 Tsd Personen niedriger liegen als im Basisszenario.

¹⁸ Eine disruptive Veränderung zeigt vermutlich auch in anderen Ländern Effekte. Allerdings wird aus Gründen der Übersichtlichkeit von Anpassungen der Produktions- und Vorleistungsstrukturen in anderen Ländern abgesehen, da der Mehrwert einer Quantifizierung für jedes einzelne Land nicht den dafür notwendigen Aufwand überwiegt.

Pharmazeutische Industrie

Verglichen mit dem Maschinenbau weist die Pharmazeutische Industrie eine vergleichsweise geringe Vernetzung mit anderen Branchen über Vorleistungsbeziehungen auf. Eine Reduktion der Produktion der Pharmazeutischen Industrie um 20 % im Jahr 2015 beeinträchtigt zunächst vor allem die unternehmensnahen Dienstleistungen, den Handel sowie die Bereiche Holz, Papier, Druck und Wasserversorgung, Abwasser und Abfall. Diese Bereiche weisen einen substanziellen Anteil an den inländischen Vorleistungen für die Pharmazeutische Industrie auf. Aufgrund der verglichen mit dem Maschinenbau geringen gesamtwirtschaftlichen Bedeutung der Pharmazeutischen Industrie fällt der Rückgang des Bruttoinlandsprodukts moderat aus. Im Ausgangsjahr schrumpft das Bruttoinlandsprodukt um etwa 1 %. Hierzu tragen im Wesentlichen eine schwächere Exporttätigkeit (-0,8 %) und ein geringerer Konsum (-0,1 %) bei. Ebenfalls dämpfend auf die Wirtschaftsleistung wirkt ein Anstieg der Importtätigkeit (+0,2 %). Anders als für den Maschinenbau nehmen die Vorleistungsimporte stärker zu als die verbleibende Importnachfrage.

Bis zum Jahr 2030 ergibt sich daraus eine jährliche Lücke des Bruttoinlandsprodukts zwischen Basis- und Pharma-Szenario von knapp 20 Mrd Euro. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts ist nur geringfügig niedriger als für das Basisszenario. Die Zahl der Erwerbstätigen wird durch den exogenen Schock dauerhaft um gut 60 Tsd Personen niedriger liegen als im Basisszenario.¹⁹

4.3.4 Zusammenfassung

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte, die anhand zweier Szenarien ermittelt wurden, sind für das erste Szenario (Maschinenbau) substanziell, für das zweite Szenario (Pharmazeutische Industrie) vergleichsweise moderat. Dies liegt an der stärkeren Einbindung des Maschinenbaus in heimische Wertschöpfungsprozesse und einer grundsätzlich größeren Bedeutung des Maschinenbaus für die Gesamtwirtschaft, während die Pharmazeutische Industrie eine geringere Anbindung an andere Branchen aufweist. Die Gefahr, die von disruptiven Innovationen auf die deutsche Industrie ausgeht, ist dennoch in beiden Szenarien sichtbar.

Die Ergebnisse der Szenarienrechnung deuten zudem an, dass die Unterstützung der Industrie zur Vermeidung negativer Szenarien durch Politik und Wirtschaft in der Breite notwendig ist. Wer-

¹⁹ Das Szenario berücksichtigt nur zum Teil die steigende Konsumnachfrage nach Gesundheitsprodukten aus dem Ausland. Aus diesem Grund liefert das beschriebene Szenario eine eher konservative Schätzung.

den mehrere Branchen von disruptiven Innovationen negativ beeinflusst, wird sich der gesamtwirtschaftliche Effekt potenzieren, insbesondere dann, wenn stark vernetzte Branchen betroffen sind.

4.4 Wie können Politik und Wirtschaft die Digitalisierung gestalten?

Die Auswertung der Literatur zeigt, dass die Digitalisierung über alle Wirtschaftsbereiche hinweg Potenziale zur Wertschöpfungssteigerung bietet. In der deutschen Industrie hat der digitale Wandel bereits begonnen, doch *smart factories* und horizontal integrierte Wertschöpfungsketten, die auch Kunden, Zulieferer und externe Wertschöpfungspartner miteinschließen, stehen noch am Anfang. Experten sind sich einig, dass sowohl die Politik als auch Wirtschaftsverbände und Unternehmen gefragt sind, die digitale Transformation aktiv mitzugestalten. Damit die deutsche Industrie ihre Spitzenposition im internationalen Wettbewerb sichern kann, so der Tenor zahlreicher Studien, sollte die **digitale Entwicklung zügig vorangetrieben** werden.

Über die dafür notwendigen Maßnahmen besteht in der Literatur weitgehende Einigkeit. BDI/Roland Berger (2015) fassen die zentralen Handlungsfelder mit den Schlagworten digitale Reife, gemeinsame Standards, leistungsfähige Infrastruktur und bundes- bzw. europaweite Koordination zusammen.

Was bedeutet das nun für die Unternehmen? Der digitale Wandel sollte von der **Unternehmensführung** aktiv koordiniert und begleitet werden, um die vielfältigen Chancen der Digitalisierung entlang horizontaler wie vertikaler Wertschöpfungsketten ausschöpfen zu können. Industrieunternehmen wird empfohlen, sich verstärkt mit dem Einfluss digitaler Technologien auf die eigenen Produkte und Prozesse auseinanderzusetzen und Strategien zu entwickeln, die sämtliche Teile des Unternehmens einbinden (BDI/Roland Berger 2015). Die Mitwirkung der Mitarbeiter ist auch deshalb von Bedeutung, weil sie die Akzeptanz in der Belegschaft für die mit der Digitalisierung einhergehenden, tiefgreifenden Veränderungen erhöht (BITKOM/Fraunhofer IAO 2014).

Um ihre digitale Reife zu erhöhen, sollten Unternehmen mehr in den Aufbau digitaler Kompetenzen und Know-how investieren. Dazu zählen **Investitionen** in branchenspezifische digitale Technologien ebenso wie Investitionen in deren Forschung und Entwicklung. Experten warnen, dass eine passive Haltung, die lediglich auf digitale Trends reagiert, nicht ausreicht, um international zu bestehen. Vielmehr verlangen die Spielregeln des digitalen Wettbewerbs nach unternehmerischem Mut, Prozesse umfassend zu vernetzen und in neue Geschäftsmodelle zu investieren. Als wichtiger Schritt gelten dabei **Kooperationen** und Allianzen, beispielsweise mit IT-Unternehmen oder Zulieferern (KPMG 2013).

Dessen scheint sich die Mehrheit der deutschen Industrieunternehmen durchaus bewusst zu sein: In einer Studie gaben über 80 % der befragten Industrieunternehmen an, dass vertiefte horizontale Kooperationen in fünf Jahren einen wichtigen Stellenwert haben werden (PwC 2014). Gleichzeitig müssen die Unternehmen jedoch darauf achten, dass sie im Zuge solcher Kooperationen nicht den direkten Kundenkontakt an ihre Partner verlieren.

Auch Politik und Verbände sind in der Pflicht. Von der Schaffung eines innovationsfreundlichen gesellschaftlichen Klimas über die Verbesserung der digitalen Infrastruktur durch Ausbau des Breitband-Netzes bis hin zur Erstellung zeitgemäßer **Richtlinien zu Datenschutz und Datensicherheit** benennt die Literatur eine Vielzahl an Handlungsoptionen. Der Schutz von Unternehmensdaten, Haftungsfragen, der Umgang mit personenbezogenen Daten sowie Handelsbeschränkungen müssen auf politischer Ebene entschieden und von Verbänden in Form von Leitfäden oder Musterverträgen konkretisiert werden (Forschungsunion/acatech 2013).

Verbände können zudem die Ausarbeitung verbindlicher Standards unterstützen, um die Kommunikation zwischen verschiedenen IKT-Anwendungen in der Industrie zu ermöglichen. Eine solche **Referenzarchitektur** bildet die technische Voraussetzung für umfassend vernetzte Produktionsprozesse. Hier gilt es, überholte, inkompatible Strukturen zugunsten moderner, einheitlicher Standards aufzugeben (BDI/Roland Berger 2015, Forschungsunion/acatech 2013). Das Rückgrat digitaler Standards und Anwendungen bilden sichere und leistungsfähige **Breitbandnetzwerke**. Sie müssen hohe Datenübertragungsraten bei hohen Datenmengen zur Verfügung stellen und echtzeitfähig sein (BITKOM/Fraunhofer IAO 2014).

Darüber hinaus wird eine stärkere Vernetzung und Förderung von Forschungsaktivitäten empfohlen. **Forschung und Entwicklung** sind von zentraler Bedeutung für die digitale Entwicklung, sowohl in ihren originären Branchen, als auch in ihren branchenübergreifenden Anwendungen. Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Unternehmen sollten ihre Zusammenarbeit intensivieren, um neue Produkte und Lösungen zu entwickeln. Die Aufgabe der Politik ist es dabei, Forschung und Entwicklung durch entsprechende Programme und Anreize gezielt zu fördern. Dazu zählt beispielsweise auch die Unterstützung von Start-ups. Technologische Förderprogramme sollten nach Möglichkeit branchenübergreifend angewandt werden. Nur so können neue Geschäftsmodelle auch jenseits der traditionellen Branchen- und Geschäftsbereichsgrenzen identifiziert und Wertschöpfungsketten umfassend vernetzt werden (Zukunftsrat 2015).

Auch im **Bildungsbereich** müssen Weichen gestellt werden, denn die Anforderungen an Mitarbeiter werden sich im Zuge der Digitali-

sierung massiv verändern. Arbeitnehmer müssen künftig digitalisierte Wertschöpfungsketten steuern und entsprechende digitale Anwendungen sicher beherrschen. Diesen digitalen Fähigkeiten wird bisher in Schulen und Bildungsprogrammen wenig Bedeutung beigemessen. Die Autoren zahlreicher Studien empfehlen darum eine bessere IT-Ausbildung in Schulen, aber auch im Bereich Erwachsenenbildung und firmeneigene Aus- und Weiterbildung (BCG 2015). So wird beispielsweise vorgeschlagen, Medienbildung als fachübergreifende Schlüsselkompetenz in Schulen zu vermitteln.

Ideenwerkstatt Box 5: Was können Politik, Verbände und Unternehmen aktiv tun?

Abschließend formulierten die Unternehmer und Verbandsvertreter Handlungsempfehlungen an Politik, Wirtschaft, und auch Gesellschaft, um den anstehenden digitalen Wandel möglichst erfolgreich gestalten zu können. Grundsätzlich waren die Teilnehmer sich darüber einig, dass Deutschland als rohstoffarmes Land fundamental auf Wissen, Forschung und Entwicklung angewiesen sei – eine Diagnose, die im Digitalzeitalter umso mehr zutreffe. Daraus ließen sich verschiedene Handlungsempfehlungen ableiten.

Die **Infrastruktur** müsse an die neuen Anforderungen angepasst werden. Dazu gehörten Aspekte wie der Netzausbau ebenso wie die gesetzlichen Rahmenbedingungen etwa beim Datenschutz. Ein zentraler Aspekt sei die Standardisierung von Schnittstellen-Technologien innerhalb Deutschlands sowie auf europäischer Ebene. Gelingt dies nicht, seien heimische Unternehmen auf Quasi-Standards angewiesen, die beispielsweise große Internetunternehmen aus den Vereinigten Staaten setzen. Die Anpassung müsse dabei sehr schnell erfolgen – denn auch der digitale Wandel setze sich mit enormer Geschwindigkeit fort. Die Politik sei aufgrund von Gesetzgebungsprozessen nicht immer in der Lage, ebenso schnell zu reagieren – eine Beschleunigung im Vergleich zur heutigen Praxis sei jedoch wünschenswert und sei möglich.

An die Politik sowie an die Gesellschaft insgesamt richtet sich der Appell, ein **investitions- und innovationsfreundliches Umfeld** zu schaffen. So sei ein Ausbau der Innovationsförderung sinnvoll, um eine breitere Basis an Finanzierungsmöglichkeiten zu schaffen. Ein konkreter Umsetzungsvorschlag war die Etablierung von Gründerstipendien – eine sehr kostengünstige Möglichkeit, die viel bewirken könne. Eher an die Gesellschaft gerichtet war der Wunsch, eine Gründerkultur zu etablieren und zu leben, die ein mögliches Scheitern toleriert und damit den Grundstein für eine weitere, dann unter Umständen erfolgreiche, Gründung zu legen. Zudem sollten Politik und Gesellschaft weniger die möglichen Gefahren von neuen Technologien betonen, sondern stärker ihre möglichen Vorteile in den Blick nehmen und damit eine breite Akzeptanz für Innovation zu schaffen.

Sowohl Politik als auch die Unternehmen wurden aufgefordert, **digitale Bildung** sowohl in Schule und Ausbildung als auch für Ältere durch Weiterbildungsmaßnahmen zu stärken. Digitale Kompetenzen würden zunehmend an Bedeutung gewinnen und in Zukunft in vielen Berufen eine wesentliche Anforderung darstellen.

Die deutsche Industrie könne den digitalen Wandel erfolgreich meistern, wenn Forschung, etablierte Industrieunternehmen und Start-ups mit ihren jeweils spezifischen Kompetenzen zusammenarbeiteten. Der Erfolg einer solchen **staatlich unterstützten Netzwerkbildung** zeige sich etwa in China. In einem durch die Politik initiierten und unterstützten Netzwerk zwischen

Forschung und Industrie gelinge es etwa dem chinesischen Maschinenbau in einem relativ geschützten Umfeld, seine Innovationsaktivitäten voranzutreiben. Initiativen wie die Plattform Industrie 4.0 und die Branchendialoge des BMWi seien hier bereits ein richtiger und wichtiger Startpunkt und sollten ausgebaut werden und an Präsenz insbesondere im deutschen Mittelstand gewinnen. Erschwert würden solche Initiativen dadurch, dass Kompetenzen im Bereich Digitalisierung auf verschiedene Institutionen verteilt sind. Ein Ansprechpartner, der die Initiativen für den kompletten Bereich Digitalisierung bündelt, wäre hier wünschenswert. Gleichzeitig wurde jedoch auch eingewendet, dass die Politik zwar aktiv unterstützen müsse, jedoch nicht überfrachtet werden könne.

Neben der Politik sahen die Teilnehmer vor allem die Verbände in der Pflicht, das **Bewusstsein für den digitalen Wandel in der breiten Masse der Unternehmen zu stärken**, da gerade im Mittelstand dieses Bewusstsein noch fehle. Die Kommunikation erfolgreicher Strategien zum Umgang mit dem digitalen Wandel, die Etablierung von Fördermaßnahmen für Innovationsvorhaben oder der Ausbau von bestehenden Netzwerken seien hierbei erfolgversprechende Ansatzpunkte.

5 Identifikation von Zukunftsfeldern und Leitmärkten für die deutsche Industrie

Das vorherige Kapitel hat aufgezeigt, dass Megatrends, wie etwa die Digitalisierung, das Potenzial besitzen, die Industrielandschaft in Deutschland wesentlich zu verändern. Ob und vor allem in welchem Ausmaß die deutschen Industrieunternehmen die Chancen der Digitalisierung nutzen können, sei es durch evolutionäre Entwicklungen oder radikale Veränderungen, lässt sich nicht seriös prognostizieren. Aus diesem Grund zeigt die Prognose in Kapitel 3 lediglich einen möglichen Entwicklungspfad der deutschen Industrie, der von disruptiven Ereignissen abstrahiert und auf Basis von ex-post-Daten das wahrscheinlichste Szenario abbildet.

Die Prognose basiert auf der Annahme, dass sich die deutsche Industrie auch künftig im Umfeld von grundsätzlich förderlichen wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen entwickeln kann. Diese Rahmenbedingungen sind jedoch gestaltbar: Werden die richtigen Maßnahmen ergriffen, könnte die deutsche Industrie eine höhere Wachstumsdynamik an den Tag legen. Verschlechtern sich hingegen die Rahmenbedingungen, schrumpft auch das Wachstumspotenzial der deutschen Industrie. Daher ist die Identifizierung von Handlungsfeldern und den damit verbundenen Maßnahmen von zentraler Bedeutung. Das folgende Kapitel erarbeitet hierzu die Grundlagen: Anhand von Patent- und Handelsdaten für eine Vielzahl von Technologiebereichen werden Stärken und Schwächen der deutschen Industrie ermittelt und bewertet. Die Analyse dient der Ableitung von Empfehlungen, in welchen Technologiebereichen Kompetenzen ausgebaut werden sollen, welche globalen Wachstumsbereiche wie Gesundheit oder Mobilität besonders im Fokus stehen sollten und welche Branchen als Zugpferde für die deutsche Industrie fungieren können. Die Analyse lässt Rückschlüsse darüber zu, welche Maßnahmen Politik, Wirtschaft und Gewerkschaften in die Wege leiten können, um die Wettbewerbsfähigkeit zu stabilisieren und weiter auszubauen.

5.1 Identifikation von Zukunftsfeldern

Zukunftsfelder sind Technologiebereiche, in denen eine ausgeprägte Innovationsaktivität zu verzeichnen ist, in denen Unternehmen der deutschen Industrie präsent sind und für die künftig voraussichtlich eine hohe Nachfrage besteht. Die Abgrenzung der Technologiebereiche orientiert sich an der vom Fraunhofer Institut

für System- und Innovationsforschung (ISI) für die World Intellectual Property Organisation (Wipo) erarbeiteten Klassifikation von Technologiefeldern.²⁰

Zunächst wird analysiert, welche Entwicklungen im technologischen Bereich in der jüngeren Vergangenheit zu beobachten waren. Auf dieser Grundlage wird die künftige Entwicklung in den Technologiebereichen abgeschätzt. Dieser Analyseschritt wird anhand von Patentdaten des Europäischen Patentamtes (EPO Worldwide Patent Statistical Database, PATSTAT) durchgeführt.²¹ Die Aussagekraft und die Grenzen von Indikatoren auf Basis dieser Datenbank sind in Box 3 beschrieben.

In einem zweiten Schritt wird anhand von Handelsdaten auf Ebene der Technologiebereiche eine Abschätzung der zukünftigen Nachfrage nach Technologien gegeben. Während Patentdaten lediglich eine Erwartung an den marktseitigen Erfolg einer Technologie wiedergeben, können Handelsdaten zusätzlich den marktseitigen Erfolg von Technologien in der Vergangenheit beleuchten und Aussagen über die zukünftige Nachfrageentwicklung ermöglichen.

Abschließend werden die gesammelten Informationen zu Ausmaß und Entwicklung der Patent- und Handelstätigkeit nach Technologiebereichen aus deutscher Sicht bewertet und strukturiert. Daraus ergibt sich ein Zukunftsfeldindex je Technologiebereich. Diese Indizes zeigen auf, welche Technologiebereiche mit hoher Wahrscheinlichkeit Zukunftsfelder für die deutsche Industrie sind.

5.1.1 Identifizierung von technologischen Trends auf Basis von Patentdaten

Technologische Veränderungen sind weit weniger zufallsgetrieben als vielfach angenommen. Ideen, Erfindungen und erste Prototypen können viele Jahrzehnte vor der Diffusion dieser Technologien in das Wirtschaftsgeschehen und den Alltag liegen. So entstand bereits im Jahr 1969 das Arpanet, ein Vorläufer des heutigen Internets. Die Diskussion der Möglichkeiten eines weltweiten Computernetzes kann auf viele Jahrzehnte wissenschaftlicher Diskussion zurückblicken. Die National Science Foundation (USA) beschloss im Jahr 1990, das Internet für kommerzielle Zwecke nutzbar zu machen – und seitdem hat das Internet seine Rolle als ein wesentlicher Treiber des digitalen Wandels kontinuierlich ausgebaut. Technologische Entwicklungen, wie etwa das Internet of Things, eine der zentralen Voraussetzungen für Industrie 4.0, bleiben trotz

²⁰ Die Grundlage der Klassifikation bilden über 640 IPC-Technologieklassen („International Patent Classification“). Diese IPC-Technologieklassen werden bei der Anmeldung von Patenten zu deren Kategorisierung benutzt. Die Fraunhofer-Klassifikation ordnet jede dieser 640 IPC-Technologieklassen jeweils einem von insgesamt 35 Technologiefeldern zu. Auf Basis dieser Technologiefelder weisen wir 35 Technologien aus (vgl. etwa Tabelle 9).
Schmoch, U. (2008): Concept of a Technology Classification for Country Comparisons, Final Report to the World Intellectual Property Organisation (Wipo), Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research.

²¹ Um die internationale Vergleichbarkeit der Patentdaten zu gewährleisten, wird die Patentvergabe auf Basis der international gültigen Vorgaben des Patent Cooperation Treaty (PCT) analysiert.

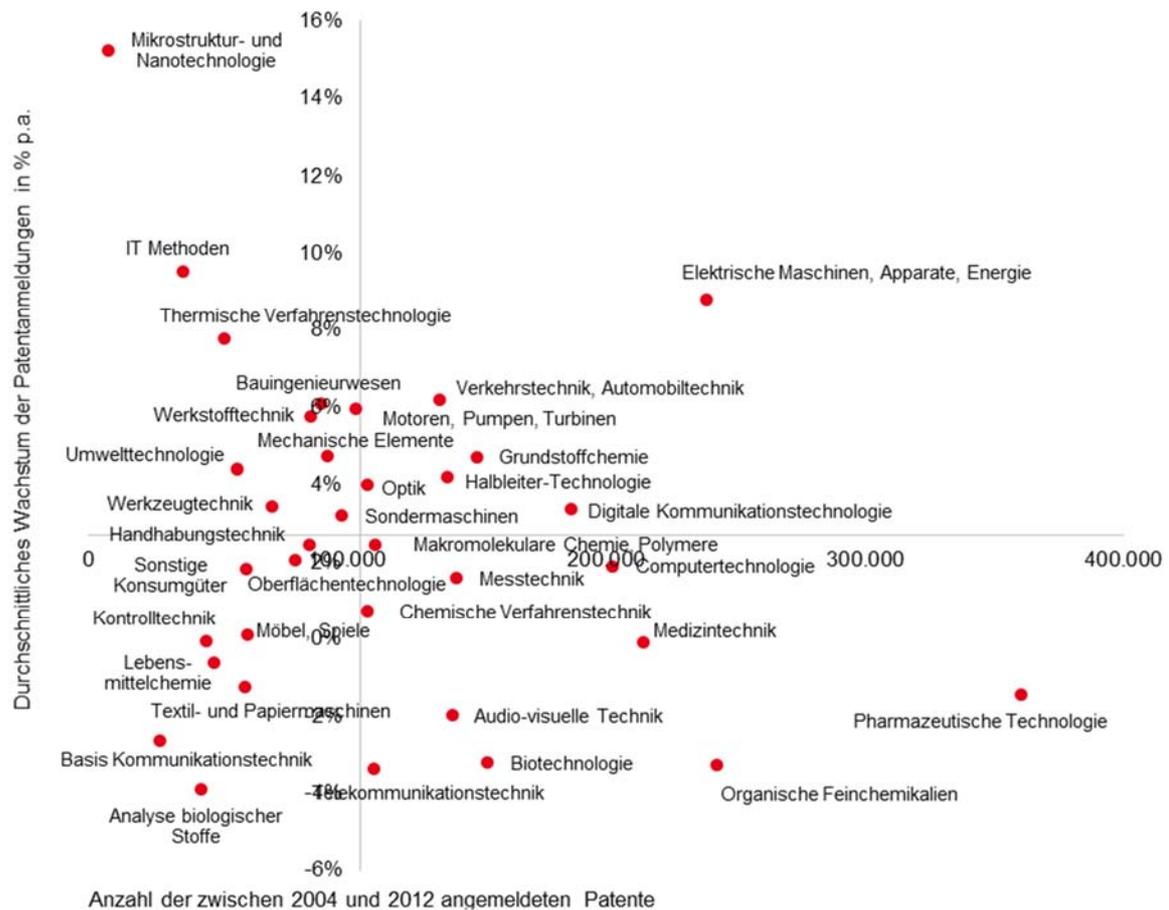
der inzwischen über 25-jährigen Geschichte des Internets hoch aktuell. Ein weiteres Beispiel ist die aktuell sehr stark diskutierte Elektromobilität, welche ebenfalls auf eine lange Geschichte zurückblicken kann. Der Elektrokarren von Robert Anderson stammt bereits aus den 1830er Jahren. Die lange Geschichte vieler technologischer Entwicklungen zeigt allerdings auch, dass die Beschäftigung mit technologischen Entwicklungen kaum etwas über den technologischen Reifegrad aussagt. Zwischen Forschungsanstrengungen und der Entfaltung ökonomischer Effekte durch diese Anstrengungen können viele Jahrzehnte liegen.

Ein geeigneter Indikator für die Abschätzung der künftigen ökonomischen Relevanz von Technologieentwicklungen sind Patente: Patente sind gewerbliche Schutzrechte. Der Anmelder eines Patents ist somit von einer möglichen gewerblichen Nutzung einer Erfindung innerhalb eines begrenzten Zeitraums überzeugt. Andernfalls ist die Anmeldung eines Patentes nicht sinnvoll, da ein Patent lediglich ein temporär befristetes Schutzrecht darstellt. Dies ist für die Erkenntnisziele dieser Studie eine wesentliche Voraussetzung. Anders als zum Beispiel bei der Diskussion technologischer Möglichkeiten in der wissenschaftlichen Literatur wird somit bei Patenten grundsätzlich eine Aussage über die ökonomische Relevanz technologischer Entwicklungen getroffen.

Nicht zuletzt sind Patente ein Indikator für die Ausgaben für Forschung und Entwicklung eines Unternehmens oder einer Branche in bestimmten Technologiebereichen. Patente können somit auch als Indikatoren für die Investition in bestimmte Technologiebereiche verstanden werden. Die Investitionsbereitschaft unterstreicht die Erwartung einer gewerblichen Nutzung.

Die Erwartung der gewerblichen Nutzung (zumindest aus Sicht des Patentierenden) von Wissen und Technologien wird für 35 zentrale Technologiebereiche analysiert. In der folgenden Abbildung wird die Anzahl der Patente von 2004 bis 2012 und das durchschnittliche Wachstum der Jahre 2004 bis 2012 gegenübergestellt. Die X-Achse und die Y-Achse schneiden sich bei den jeweiligen Mittelwerten. Als Ergebnis ergeben sich vier Quadranten.

Abbildung 24: Anzahl der global angemeldeten PCT-Patente und Patentdynamik zwischen 2004 und 2012



Quelle: Europäisches Patentamt; Berechnungen Prognos 2015.

Der linke untere Quadrant umfasst Technologiebereiche, die sich durch eine unterdurchschnittliche Anzahl von Patenten und eine unterdurchschnittliche Wachstumsdynamik auszeichnen. Hierzu zählen Bereiche wie zum Beispiel die Basis-Kommunikationstechnik oder Analyse biologischer Stoffe. Hier kann von einer unterdurchschnittlichen gewerblichen Nutzung von Wissen und Technologie aus diesen Bereichen ausgegangen werden.

Der rechte untere Quadrant umfasst Technologiebereiche, die sich durch eine überdurchschnittliche Anzahl von Patenten, gleichzeitig jedoch durch eine unterdurchschnittliche Wachstumsdynamik auszeichnen. Hierzu zählen die Pharmazeutische Technologie oder die Medizintechnik. Diese Bereiche vereinen mit am meisten Patente aller Technologiebereiche. Die Erwartung an die gewerbliche Nutzung ist hier vergleichsweise hoch.

Der linke obere Quadrant umfasst Technologiebereiche, in denen zwar vergleichsweise wenig Patente angemeldet wurden, jedoch eine starke prozentuale Zunahme der Patentdynamik stattgefunden hat.

den hat. Hierzu zählen Bereiche, wie zum Beispiel die Mikrostruktur- und Nanotechnologie oder IT-Methoden für Managementaufgaben.

Schließlich umfasst der rechte obere Quadrant Technologiebereiche, in denen sowohl die Anzahl der Patente als auch die Zunahme der Patentanmeldungen überdurchschnittlich hoch war. Die Erwartungen an die gewerbliche Nutzung sind hier am höchsten von allen Quadranten. Der Technologiebereich Elektrische Maschinen, Apparate, Energie ist der Bereich, der die höchsten Erwartungen auf sich vereint.

Box 3: Aussagekraft und Grenzen des Indikators Patente

Patente sind ein leistungsstarker Indikator für die Messung von Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten von Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Gleichwohl sind Patente kein streng repräsentatives Abbild der Forschungs- und Entwicklungstätigkeit von Unternehmen. Möglichkeiten für Verzerrungen ergeben sich aus der Tatsache, dass die Gründe, die für oder gegen eine Patentierung sprechen, sehr vielfältig sein können. Gründe für eine Patentierung können neben der gewerblichen Nutzung in der eigenen Produktion unter anderem sein: die Generierung von Lizenzeinnahmen, die Blockierung von Wettbewerbern oder die Vermeidung einer Blockierung durch Wettbewerber, Imageverbesserungen oder die Verbesserung der Attraktivität des Unternehmens für Kapitalgeber. Gegen eine Patentierung können unter anderem folgende Gründe sprechen: die Kosten der Anmeldung, Erteilung und Aufrechterhaltung des Patentschutzes, die mögliche Schaffung eines Nachahmungsrisikos wie auch die Schwierigkeit des Nachweises von Patentverletzungen.²²

Eine besondere Rechtslage besteht im Softwarebereich. Software, für sich genommen, ist ohne Zweifel technisch und würde daher der entsprechenden Anforderung an ein Patent eigentlich genügen. Dennoch ist gemäß des Europäischen Patentübereinkommens (EPÜ) ein Computerprogramm an sich keine patentfähige Erfindung (Art. 52 (2) c) und (3) EPÜ). Software, die eine geschäftsbezogene und keine technische Aufgabe löst, ist nicht patentierbar. Im Industriebereich dürfte es sich vor allem um technische Probleme handeln, so dass der Patentschutz meist erteilt werden kann. Natürlich nur dann, wenn die restlichen Anforderungen an die Patenterteilung erfüllt werden. Diese sind: Die Erfindung muss technischen Charakter haben, neu sein und einen erfinderischen technischen Beitrag zu dem Wissen leisten, das am Tag der erstmaligen Einreichung der Patentanmeldung (Prioritätstag) verfügbar ist.²³

²² Vgl. Luk, T. (2005): Management-Wettbewerb-Patentstrategien in F&E-intensiven Unternehmen, Wissenschaftsmanagement 4/2005.

²³ Vgl. Europäisches Patentamt München (2013): Patente für Software? Rechtsgrundlagen und Praxis im Europäischen Patentamt (Verfügbar unter: [http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/A0BE115260B5FF71C125746D004C51A5/\\$File/patents_for_software_de.pdf](http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/A0BE115260B5FF71C125746D004C51A5/$File/patents_for_software_de.pdf), Abruf am 2. Oktober 2015).

5.1.2 Globale und deutsche Patenttätigkeit sowie technologischer Reifegrad in Technologiebereichen

Der vorhergehende Abschnitt gibt einen groben Überblick über die Patenttätigkeit und -dynamik auf Technologieebene. Eine detaillierte Analyse dieser Daten und eine Verknüpfung mit Handelsdaten ermöglicht es, festzustellen, welche Technologiebereiche besonders zukunftsorientiert sind und wie präsent Deutschland in diesen Technologiebereichen ist.

Viele der Technologiebereiche, in denen in den vergangenen Jahren eine besonders dynamische globale Patenttätigkeit zu beobachten war, fallen in die Kategorie „Digitale Technologien“. Zu den Spitzenreitern gehören etwa IT Methoden, Digitale Kommunikationstechnologie, Computertechnologie und Halbleitertechnologie. Diese Bereiche weisen in der Folge der hohen Patentdynamik auch einen vergleichsweise jungen Reifegrad auf – das heißt, dass der Zeitpunkt, zu dem 50 % der zwischen 1978 und 2012 insgesamt erfassten Patente erteilt wurden, noch relativ kurze Zeit zurückliegt. Deutschlands Anteil an der Forschung in diesen Technologiebereichen ist – gemessen am Anteil des Landes an den angemeldeten Patenten – meist gering (Tabelle 9).

Deutschland weist hingegen in anderen Technologiebereichen, die durch eine hohe Patentdynamik gekennzeichnet sind, eine starke Präsenz auf. Dies trifft beispielsweise auf die Bereiche Elektrische Maschinen, Apparate, Energie sowie die Verkehrs- und Automobiltechnik zu. In beiden Technologiebereichen liegt der Anteil Deutschlands an den globalen Patenten bei etwa 15 %. Auch die Thermische Verfahrenstechnik liegt hinsichtlich der Patentdynamik in der Spitzengruppe und weist mit 14 % einen hohen deutschen Anteil auf.

Tabelle 9: Patenttätigkeit, geordnet nach 35 Technologiebereichen

Technologiebereich	Globales Wachstum 2004-2012		Globaler Reifegrad*		Global erteilte Patente		Anteil Deutschlands	
	in % p.a.	(Rang)	MM-JJJJ	(Rang)	2012	(Rang)	in %	(Rang)
Mikrostruktur- und Nanotechnologie.....	14%	(1)	12-2007	(1)	1.344	(35)	6%	(30)
IT Methoden.....	9%	(2)	12-2005	(3)	6.157	(30)	3%	(35)
Elektrische Maschinen, Apparate, Energie..	8%	(3)	01-2006	(2)	41.003	(1)	15%	(7)
Thermische Verfahrenstechnologie.....	7%	(4)	08-2005	(6)	7.818	(26)	14%	(12)
Bauingenieurwesen.....	6%	(5)	10-2004	(12)	13.367	(17)	9%	(21)
Verkehrstechnik, Automobiltechnik.....	6%	(6)	06-2005	(7)	19.514	(8)	22%	(4)
Werkstofftechnik.....	5%	(7)	04-2004	(17)	13.116	(19)	13%	(17)
Motoren, Pumpen, Turbinen.....	5%	(8)	12-2004	(9)	15.090	(14)	24%	(1)
Grundstoffchemie.....	5%	(9)	04-2003	(29)	19.689	(7)	12%	(18)
Mechanische Elemente.....	5%	(10)	11-2004	(11)	12.640	(20)	23%	(2)
Umweltechnologie.....	4%	(11)	06-2004	(16)	7.973	(25)	11%	(19)
Halbleiter-Technologie.....	4%	(12)	11-2005	(4)	19.184	(9)	8%	(24)
Optik.....	4%	(13)	09-2004	(13)	15.928	(13)	6%	(29)
Werkzeugtechnik.....	3%	(14)	11-2003	(22)	9.219	(24)	23%	(3)
Sondermaschinen.....	3%	(15)	07-2003	(26)	13.325	(18)	15%	(6)
Digitale Kommunikationstechnologie.....	3%	(16)	10-2005	(5)	25.725	(4)	5%	(34)
Handhabungstechnik.....	2%	(17)	03-2004	(18)	10.709	(22)	14%	(14)
Makromolekulare Chemie, Polymere.....	2%	(18)	01-2003	(30)	14.971	(15)	14%	(11)
Sonstige Konsumgüter.....	2%	(19)	12-2004	(9)	7.683	(27)	13%	(16)
Oberflächentechnologie.....	2%	(20)	07-2004	(15)	10.811	(21)	14%	(9)
Messtechnik.....	1%	(21)	02-2004	(19)	17.910	(10)	15%	(5)
Computertechnologie.....	1%	(22)	05-2005	(8)	25.568	(5)	5%	(32)
Chemische Verfahrenstechnik.....	0%	(23)	05-2003	(28)	14.100	(16)	14%	(10)
Möbel, Spiele.....	0%	(24)	09-2004	(13)	7.112	(28)	8%	(27)
Kontrolltechnik.....	0%	(25)	10-2003	(24)	5.105	(32)	14%	(15)
Medizintechnik.....	0%	(26)	02-2004	(19)	25.985	(3)	11%	(20)
Lebensmittelchemie.....	-1%	(27)	08-2003	(25)	5.772	(31)	9%	(23)
Textil- und Papiermaschinen.....	-2%	(28)	07-2002	(32)	6.771	(29)	15%	(8)
Pharmazeutische Technologie.....	-2%	(29)	06-2002	(33)	35.976	(2)	8%	(25)
Audio-visuelle Technik.....	-2%	(30)	01-2004	(21)	16.020	(12)	5%	(31)
Basis Kommunikationstechnik.....	-3%	(31)	06-2003	(27)	2.959	(34)	9%	(22)
Organische Feinchemikalien.....	-3%	(32)	04-2002	(34)	25.380	(6)	14%	(13)
Biotechnologie.....	-3%	(33)	08-2001	(35)	16.549	(11)	7%	(28)
Telekommunikationstechnik.....	-4%	(34)	11-2003	(22)	10.350	(23)	5%	(33)
Analyse biologischer Stoffe.....	-4%	(35)	09-2002	(31)	4.403	(33)	8%	(26)

*Reifegrad: Zeitpunkt, zu dem 50 % der zwischen 1978 und 2012 insgesamt erfassten Patente angemeldet wurden
Quelle: Europäisches Patentamt; Berechnungen Prognos 2015.

Auf Grundlage einer Konkordanztafel lässt sich darstellen, in welchen Industriebranchen die Patente aus den Technologiebereichen Anwendungen finden (Box 4). So spiegelt sich die starke Position Deutschlands in den Technologiebereichen Verkehrstechnik, Automobiltechnik und Motoren, Pumpen, Maschinen in den Branchen Kraftwagenbau und Maschinenbau wider. Auch die Elektroin-

dustrie ist vergleichsweise stark aufgestellt. Rund 70 % der Patente aus diesem Technologiebereich, in dem Deutschland sehr präsent ist, werden in der Elektroindustrie verwendet (Tabelle 10).

Tabelle 10: Übersicht über die Relevanz von Patenten für Industriebranchen am Beispiel fünf ausgewählter Technologiebereiche, global angemeldete PCT-Patente im Jahr 2012

Computertechnologie	
DV-Geräte, Elektronik, Optik	54 %
Chemie	13 %
Metall	10 %
Papier und Druck	5 %
Übrige Branchen	18 %
Digitale Kommunikationstechnologie	
DV-Geräte, Elektronik, Optik	53 %
Metall	30 %
Chemie	13 %
Glas und Keramik	4 %
Verkehrstechnik, Automobiltechnik	
Kraftwagenbau	26 %
Sonstiger Fahrzeugbau	22 %
Maschinenbau	14 %
Elektrische Ausrüstungen	12 %
Übrige Branchen	25 %
Motoren, Pumpen, Maschinen	
Maschinenbau	71 %
Kraftwagenbau	8 %
Elektrische Ausrüstungen	6 %
Metall	5 %
Übrige Branchen	11 %
Elektrische Maschinen, Apparate, Energie	
Elektrische Ausrüstungen	74 %
DV-Geräte, Elektronik, Optik	11 %
Metall	6 %
Maschinenbau	5 %
Übrige Branchen	4 %

Quelle: Europäisches Patentamt; Berechnungen Prognos 2015.

Box 4: Konkordanz zwischen Technologiebereichen und der Industrieklassifikation

Um die Verbindung zwischen den IPC-Technologieklassen und Technologiebereichen mit den Industriebranchen und den darunter liegenden Gütergruppen analysieren und darstellen zu können, verwenden wir eine Konkordanztabelle, die von Lybbert und Zolas (2012) für die World Intellectual Property Organisation (Wipo) erarbeitet wurde.²⁴ Die Forscher nutzten dabei Textanalyseprogramme und die automatische Extraktion von Schlüsselwörtern (keyword extraction) für eine prozentuale Zuordnung von IPC-Technologieklassen auf Gütergruppen oder Industriebranchen, bzw. für die Zuordnung von Gütergruppen und Industriebranchen auf IPC-Technologieklassen. Im Ergebnis lässt sich jede der über 640 IPC-Technologieklassen (und damit jeder der 35 Technologiebereiche) einer oder mehrerer Gütergruppen zuordnen (und damit den Industriebranchen). Im Gegenzug ist auch möglich, die Technologiezugehörigkeit der Gütergruppen (und damit der Industriebranchen) darzustellen, wobei eine Gütergruppe anteilig mehreren Technologien zugeordnet werden kann.

5.1.3 Globale Nachfrage in den Technologiebereichen

Eine ausgeprägte und sich dynamisch entwickelnde Patenttätigkeit in einem Technologiebereich ist nur ein Indiz für eine relevante technologische Entwicklung. Zusätzlich ist der marktseitige Erfolg von Technologien bzw. der Forschung und Entwicklung in den einzelnen Technologien mit zu berücksichtigen. Im Unterschied zu Patentdaten, die den gewerblichen Nutzen aus Sicht des Patentierenden darstellen, liefern Handelsdaten präzisere Aussagen über die tatsächliche Nachfrage nach Technologien. Im Folgenden wird auf Basis von Daten der UN Comtrade Datenbank dargestellt, welche Technologien im Jahr 2013 auf dem Weltmarkt stark nachgefragt wurden oder zwischen 1995 und 2013 einen deutlichen Zuwachs der globalen Nachfrage zu verzeichnen hatten.²⁵

Das global höchste Handelsvolumen und zugleich die höchste Ausfuhrdynamik entfallen auf Güter, die dem Bereich Computertechnologie zugerechnet werden können. Deutschland konnte vom Boom in diesem Bereich nur bedingt profitieren, der deutsche Weltmarktanteil ging in diesem Technologiebereich zwischen 1995 und 2013 spürbar zurück (Tabelle 11).²⁶ Im Bereich Verkehrs- und Automobiltechnik, dem Technologiebereich mit dem zweitgrößten

²⁴Lybbert, T. / Zolas, N. (2012): Getting patents and economic data to speak to each other: An 'algorithmic links with probabilities' approach for joint analyses of patenting and economic activity, U.S. Census Bureau Center for Economic Studies Paper No. CES-WP 12-16.

²⁵ Die Auswertung nach Handelsdaten ist für 34 der insgesamt 35 Technologiebereiche möglich. Für den Technologiebereich Analyse biologischer Stoffe liegen keine Handelsdaten vor. Dieser Bereich wird im Folgenden nicht dargestellt und auch nicht als potenzielles Zukunftsfeld der deutschen Industrie berücksichtigt.

²⁶ Für die Analyse der Patentdaten wurde das Startjahr 2012 gewählt, um eine möglichst zukunftsgerichtete Perspektive zu erhalten. In der Regel sind wenige Jahre nötig, bis ein Patent tatsächlich zur Marktreife gelangt. Ein früherer Startzeitpunkt würde Patente einbeziehen, die unter Umständen in Zukunft keine Relevanz mehr haben. Ein wesentlich späterer Startzeitpunkt würde möglicherweise relevante Patente für die Zukunft ausschließen. Für Handelsdaten ist ein früherer Startzeitpunkt sinnvoll, um kurzfristigen, möglicherweise konjunkturell getriebenen Entwicklungen keine große Bedeutung beimessen zu können. Der Endpunkt ergibt sich jeweils aus der Datenverfügbarkeit.

Ausfuhrvolumen, konnte die deutsche Industrie hingegen seinen hohen Weltmarktanteil sogar ausbauen.

Die deutsche Industrie zeigt zudem im Jahr 2013 eine hohe Präsenz bei Gesundheitstechnologien, für die sich die globale Nachfrage sehr dynamisch entwickelt hat. Hierzu zählen Medizintechnik, Biotechnologie und Pharmazeutische Technologien.

Tabelle 11: Handel, geordnet nach den 34 Technologiebereichen

Technologiebereich	Handelsvolumen global 2013		Wachstum 1995-2013		Deutscher Weltmarktanteil			
	Mrd USD	(Rang)	in % p.a.	(Rang)	1995	(Rang)	2013	(Rang)
Computertechnologie.....	1.580	(1)	11%	(1)	17%	(3)	8%	(24)
Verkehrstechnik, Automobiltechnik.....	1.568	(2)	6%	(22)	16%	(8)	17%	(1)
Lebensmittelchemie.....	899	(3)	7%	(19)	8%	(31)	7%	(25)
Grundstoffchemie.....	896	(4)	8%	(6)	9%	(29)	5%	(33)
Sonstige Konsumgüter.....	806	(5)	7%	(21)	10%	(28)	8%	(23)
Werkstofftechnik.....	761	(6)	9%	(4)	10%	(26)	6%	(30)
Elektrische Maschinen, Apparate, Energie...	570	(7)	7%	(17)	16%	(5)	13%	(12)
Textil- und Papiermaschinen.....	560	(8)	4%	(33)	14%	(14)	10%	(20)
Organische Feinchemikalien.....	505	(9)	9%	(5)	14%	(12)	12%	(14)
Sondermaschinen.....	495	(10)	6%	(23)	13%	(19)	12%	(15)
Werkzeugtechnik.....	491	(11)	5%	(29)	14%	(13)	12%	(13)
Motoren, Pumpen, Turbinen.....	450	(12)	7%	(13)	16%	(9)	16%	(3)
Audio-visuelle Technik.....	296	(13)	4%	(32)	7%	(32)	5%	(31)
Bauingenieurswesen.....	296	(14)	7%	(16)	13%	(18)	10%	(19)
Chemische Verfahrenstechnik.....	291	(15)	8%	(8)	13%	(16)	8%	(22)
Medizintechnik.....	277	(16)	8%	(10)	12%	(20)	14%	(9)
Mechanische Elemente.....	273	(17)	8%	(9)	18%	(2)	15%	(4)
Möbel, Spiele.....	272	(18)	7%	(18)	11%	(23)	9%	(21)
Handhabungstechnik.....	261	(19)	6%	(26)	17%	(4)	15%	(7)
Makromolekulare Chemie, Polymere.....	249	(20)	7%	(14)	15%	(10)	11%	(18)
Optik.....	237	(21)	7%	(12)	10%	(25)	5%	(32)
Kontrolltechnik.....	228	(22)	6%	(27)	16%	(6)	17%	(2)
Messtechnik.....	224	(23)	6%	(24)	12%	(21)	14%	(10)
Oberflächentechnologie.....	207	(24)	7%	(15)	14%	(15)	11%	(17)
Thermische Verfahrenstechnologie.....	178	(25)	6%	(25)	13%	(17)	11%	(16)
Telekommunikationstechnik.....	154	(26)	4%	(31)	10%	(27)	6%	(27)
Biotechnologie.....	135	(27)	11%	(3)	12%	(22)	15%	(5)
Pharmazeutische Technologie.....	126	(28)	11%	(2)	15%	(11)	15%	(6)
Umwelttechnologie.....	82	(29)	8%	(7)	16%	(7)	15%	(8)
Basis Kommunikationstechnik.....	54	(30)	4%	(30)	7%	(33)	6%	(28)
Digitale Kommunikationstechnologie.....	48	(31)	5%	(28)	11%	(24)	5%	(34)
Halbleiter-Technologie.....	43	(32)	7%	(20)	7%	(34)	7%	(26)
IT Methoden.....	17	(33)	1%	(34)	8%	(30)	6%	(29)
Mikrostruktur- und Nanotechnologie.....	2	(34)	7%	(11)	22%	(1)	13%	(11)

Quelle: Prognos Welthandelsmodell; Prognos 2015.

5.1.4 Identifikation von möglichen Zukunftsfeldern

Die Auswertungen der beiden vorhergehenden Abschnitte liefern für jeden Technologiebereich eine Vielzahl an Informationen über Patent- und Handelstätigkeit. Diese können dazu genutzt werden, Zukunftsfelder für die deutsche Industrie abzuleiten. Aufgrund der Datenmenge ist dazu ein systematisches Vorgehen notwendig. Zukunftsfelder der deutschen Industrie sind gemäß der eingangs skizzierten Definition solche Technologiebereiche, die sich durch eine hohe Innovationstätigkeit und -dynamik, ein hohes globales Nachfragevolumen und -wachstum sowie eine nennenswerte Präsenz deutscher Unternehmen auszeichnen. Diese Kriterien werden für jeden Technologiebereich auf Grundlage von verschiedenen Kenngrößen gemessen (Tabelle 12).²⁷

Tabelle 12: Kriterien und zugehörige Kenngrößen bei der Identifikation von Zukunftsfeldern

Innovationstätigkeit
- Zahl der Patentanmeldungen
- Wachstumsrate der Patentanmeldungen
Nachfrage
- Globales Nachfragevolumen (Ausfuhrvolumen)
- Wachstum der Nachfrage (der globalen Ausfuhr)
Präsenz der deutschen Industrie
- Anteil Deutschlands an den Patentanmeldungen
- Anteil Deutschlands an der globalen Ausfuhr

Prognos 2015.

Die Informationen der einzelnen Kenngrößen nach Technologiebereichen werden mit Hilfe eines Index miteinander verknüpft. Dieser Index kann als Maß dafür genutzt werden, ob eine Technologie eine hohe Wahrscheinlichkeit aufweist, ein Zukunftsfeld der deutschen Industrie zu sein. Für die Indexbildung werden zunächst die Kenngrößen auf den Wertebereich von 0 bis 10 normiert.²⁸ Das Verhältnis und damit die Rangfolge zwischen den Technologien

²⁷ Neben den in Tabelle 11 aufgeführten sechs Kriterien wurde die Verwendung weiterer Kennziffern geprüft, etwa die Berücksichtigung des Reifegrads von Technologien oder des Beitrags der deutschen Unternehmen zum globalen Wachstum bei den Patentanmeldungen oder der Ausfuhr. Diese Kenngrößen wurden jedoch nicht in die Analyse aufgenommen, da sie eine enge Korrelation zur Entwicklung von bereits berücksichtigten Kriterien aufweisen. So weisen in aller Regel solche Technologien einen jungen Reifegrad auf, die durch eine hohe Wachstumsrate bei den Patentanmeldungen charakterisiert sind: Die Berücksichtigung zusätzlicher Kriterien würde das Ergebnis bei der Bewertung von Technologien als mögliche Zukunftsfelder nicht verändern, ginge aber zu Lasten der Übersichtlichkeit.

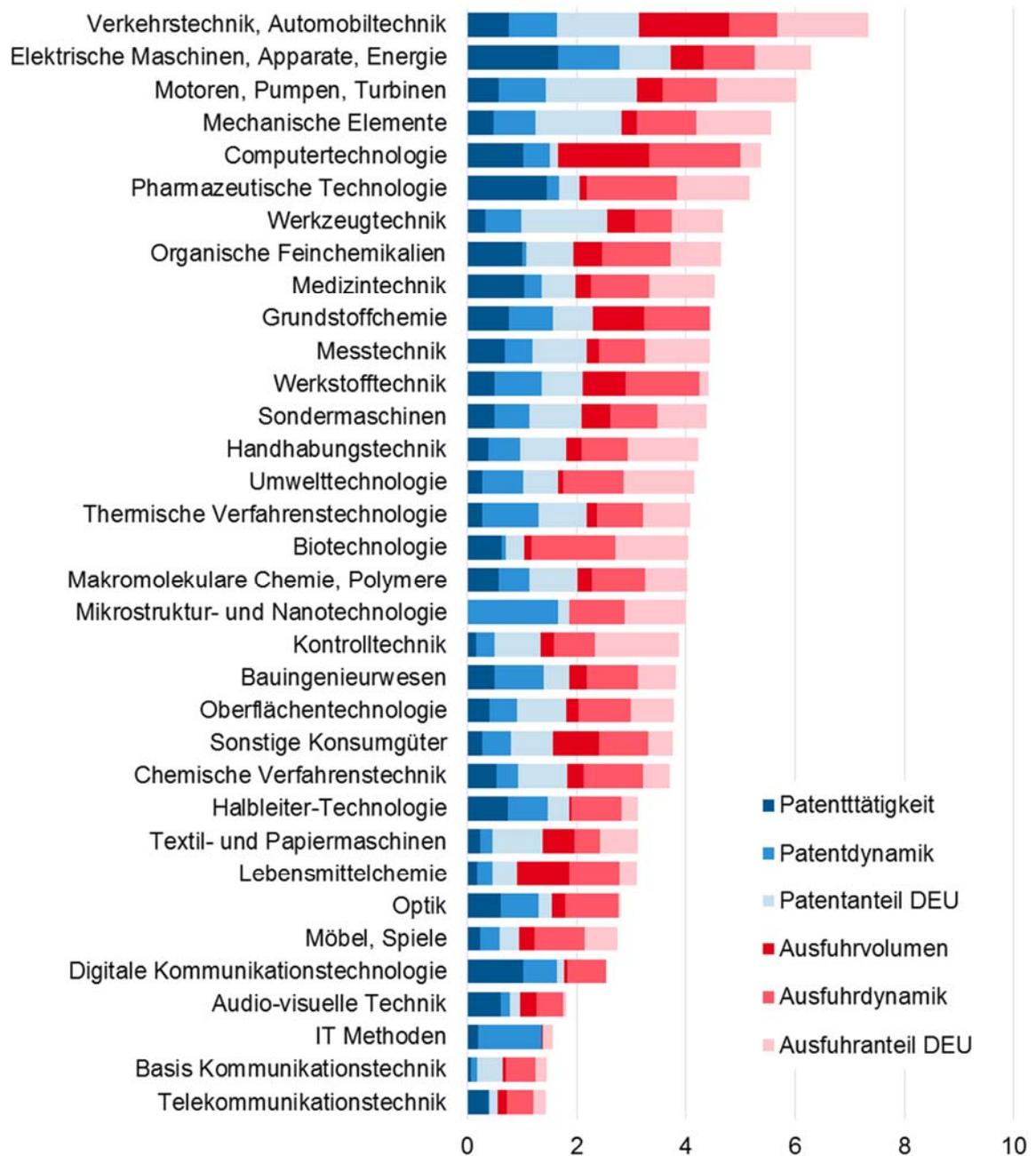
²⁸ Die Normierung erfolgt anhand der Formel $x_{i,neu} = \frac{x_i - \min_{k \in K}(x_k)}{\max_{k \in K}(x_k) - \min_{k \in K}(x_k)} * 10$, wobei x_i den Wert des Indikators für eine Kenngröße i darstellt und K die Gruppe der Kenngrößen einschließt. Zu beachten ist, dass der Wertebereich voll ausgeschöpft wird. Die Technologie mit dem höchsten Wert bezogen auf eine Kenngröße erhält den Wert 10. Der Wert 0 wird der Technologie mit dem geringsten Wert zugewiesen. Die Werte der verbleibenden Technologien ergeben sich relativ zum Minimum und Maximum bezogen auf die jeweilige Kenngröße.

innerhalb einer Kenngröße bleiben damit gewahrt. Die Werte sind nun jedoch zwischen den Kenngrößen vergleich- und kombinierbar. Die normierten Werte der Kenngrößen können nun durch die Bildung des arithmetischen Mittels zu einem Gesamtindex (Zukunftsfeldindex) zusammengefasst werden (Abbildung 25). Dieser zeigt, welche Technologien im Durchschnitt über alle Kenngrößen hinweg das größte Potenzial besitzen, ein Zukunftsfeld für die deutsche Industrie zu sein.²⁹

An der Spitze stehen mit der Verkehrs- und Automobiltechnik sowie dem Technologiebereich Elektrische Maschinen, Apparate, Energie zwei Bereiche, die in allen sechs Kategorien vergleichsweise hohe Werte aufweisen. Sie kombinieren eine ausgeprägte globale Patenttätigkeit und -dynamik, ein hohes globales Exportvolumen und -wachstum mit beträchtlichen deutschen Weltmarktanteilen. In den Bereichen Motoren, Pumpen, Turbinen sowie Mechanische Elemente auf den Rängen drei und vier sind zwar die globale Patenttätigkeit und das Exportvolumen geringer, sie weisen aber in beiden Kategorien eine hohe Dynamik und sehr hohe deutsche Anteile auf.

²⁹ Verschiedene Gewichtungsvarianten führen im Wesentlichen zu einem vergleichbaren Ergebnis. Einzelne Technologiebereiche mit Extrempositionen einzelner Kenngrößen verändern sich dabei am Stärksten. Für die Gesamtergebnisse hat dies nur einen geringen Einfluss.

Abbildung 25: Zukunftsfeldindex, geordnet nach dem jeweiligen Indexwert



Zusammensetzung des Werts nach Kenngrößen angegeben. Prognos 2015.

Die auf der Indexbildung basierende Rangliste liefert einen ersten belastbaren Hinweis, inwiefern Technologien als mögliche Zukunftsfelder der deutschen Industrie klassifiziert werden können. Gleichwohl ist es aufgrund der Nutzung identischer Gewichtungsfaktoren für alle verwendeten Kenngrößen möglich, dass sich Technologien in der Spitzengruppe wiederfinden, die bezüglich einzelner Kenngrößen sehr schlecht abschneiden. So weist etwa die Computertechnologie einen sehr hohen Indexwert auf. Vor allem der sehr niedrige deutsche Anteil an den Patenten und der

niedrige deutsche Ausfuhranteil stellen jedoch die Bedeutung dieser Technologie als mögliches deutsches Zukunftsfeld in Frage. In einem weiteren Schritt wird daher der Index um eine Clusteranalyse ergänzt.

Als Grundlage für die Clusteranalyse werden die gleichen Kenngrößen genutzt, die auch im oben gebildeten Index Berücksichtigung finden. Im Rahmen der Clusteranalyse wird versucht, Gruppen (Cluster) von Technologien zu finden. An ein Cluster werden zwei Anforderungen gestellt:

- Erstens sollen sich die Technologien eines Clusters möglichst wenig von den anderen Technologien dieses Clusters (hinsichtlich aller Kenngrößen) unterscheiden. Innerhalb eines Clusters sollen die Technologien also möglichst ähnlich sein.
- Zweitens sollen sich die Technologien eines Clusters von den Technologien anderer Cluster (hinsichtlich aller Kenngrößen) möglichst stark unterscheiden. Die einzelnen Cluster sollen sich also möglichst gut voneinander unterscheiden lassen.

Zwei extreme Clusterlösungen sind theoretisch denkbar:

1. Einerseits ist es denkbar, dass jede Technologie als einzelnes Cluster betrachtet wird. Hierdurch wird zwar die erste Anforderung bestens erfüllt, da überhaupt kein Unterschied zwischen einer Technologie und sich selbst möglich ist. Die zweite Anforderung wird allerdings bei dieser Lösung ausgesprochen schlecht erfüllt. Auch wenn Technologien sich sehr ähnlich sind, werden diese trotzdem verschiedenen Clustern zugeordnet.
2. Andererseits ist es denkbar, dass alle Technologien zu einem einzigen Cluster zusammengefasst werden. Nun wird die zweite Anforderung zwar gut erfüllt, dafür aber die erste Anforderung ausgesprochen schlecht.

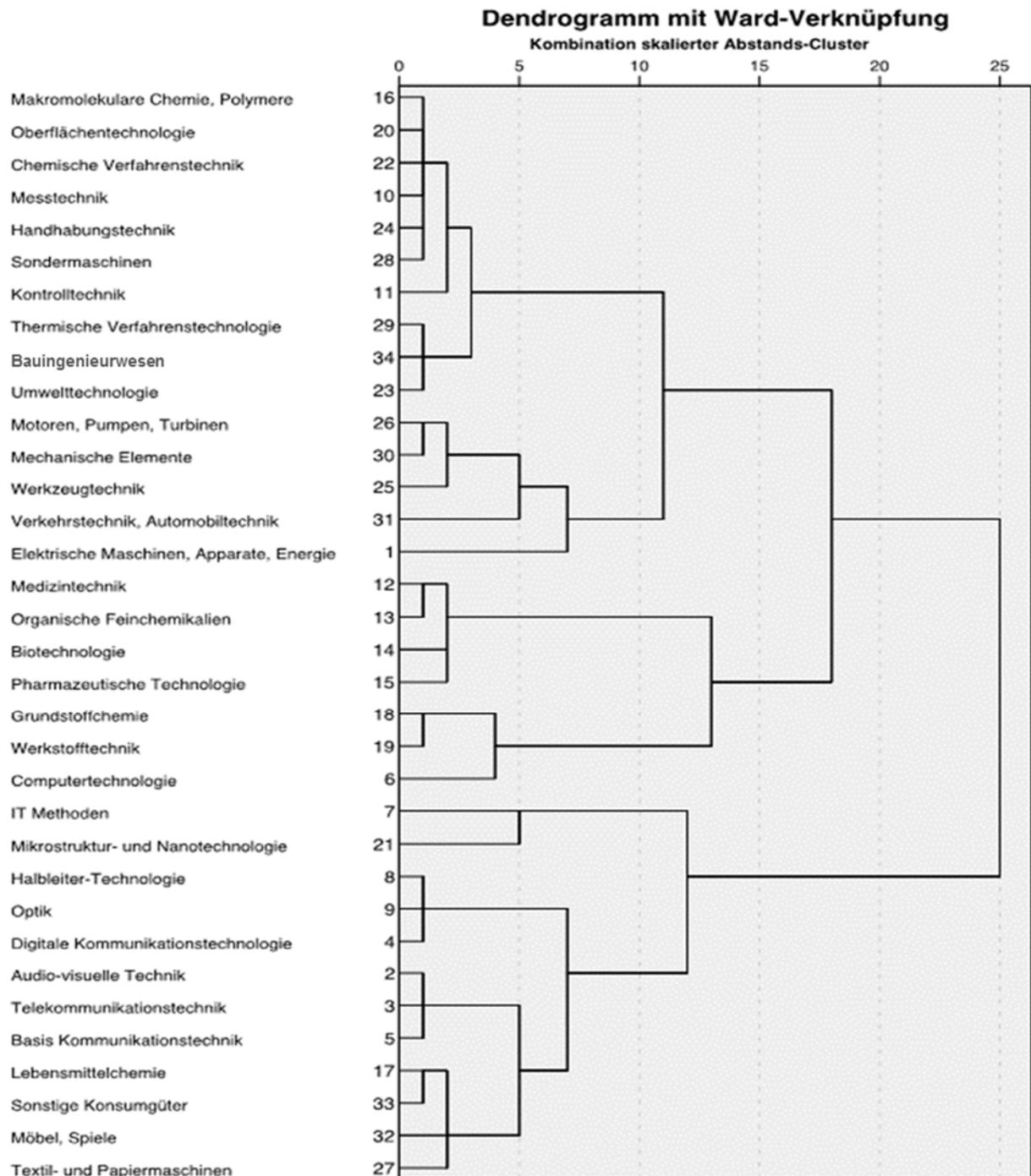
Zwischen diesen beiden extremen Clusterlösungen sind viele Lösungen denkbar. Diese unterschiedlichen Lösungen werden in einem Dendrogramm (Dendro = Baum) dargestellt. In einer Baumstruktur wird nun die Zerlegung der Lösung 1 (nur ein Cluster) in immer kleinere Cluster dargestellt bis alle Cluster aus nur noch einer Technologie bestehen (Lösung 2).

Auf dieser Basis lässt sich im Abwägen zwischen den beiden Anforderungen eine optimale Lösung finden (Abbildung 26). Technologien mit sehr ähnlichen Indexwerten für die einzelnen Kenngrößen lassen sich bereits auf einer niedrigen Ebene zusammenfassen. So sind etwa die sechs im Dendrogramm oben stehenden

Technologien (Makromolekulare Chemie, Oberflächentechnologie, Chemische Verfahrenstechnik, Messtechnik, Handhabungstechnik, Sondermaschinen) alle dadurch charakterisiert, dass sie eine mittlere Patenttätigkeit und -dynamik, eine moderates, aber dynamisches Ausfuhrvolumen und eine vergleichsweise starke Präsenz deutscher Unternehmen aufweisen.

Andere Technologien, deren Kenngrößen sich nur teilweise ähneln, bilden erst auf einer höheren Ebene eine Gruppe. So ist den beiden Technologien IT-Methoden sowie Mikrostruktur und Nanotechnologie gemein, dass sie eine sehr geringe, aber sich dynamisch entwickelnde Patenttätigkeit und ein sehr geringes globales Ausfuhrvolumen aufweisen. Gleichwohl unterscheiden sie sich hinsichtlich Ausfuhrdynamik sowie der Präsenz der deutschen Unternehmen.

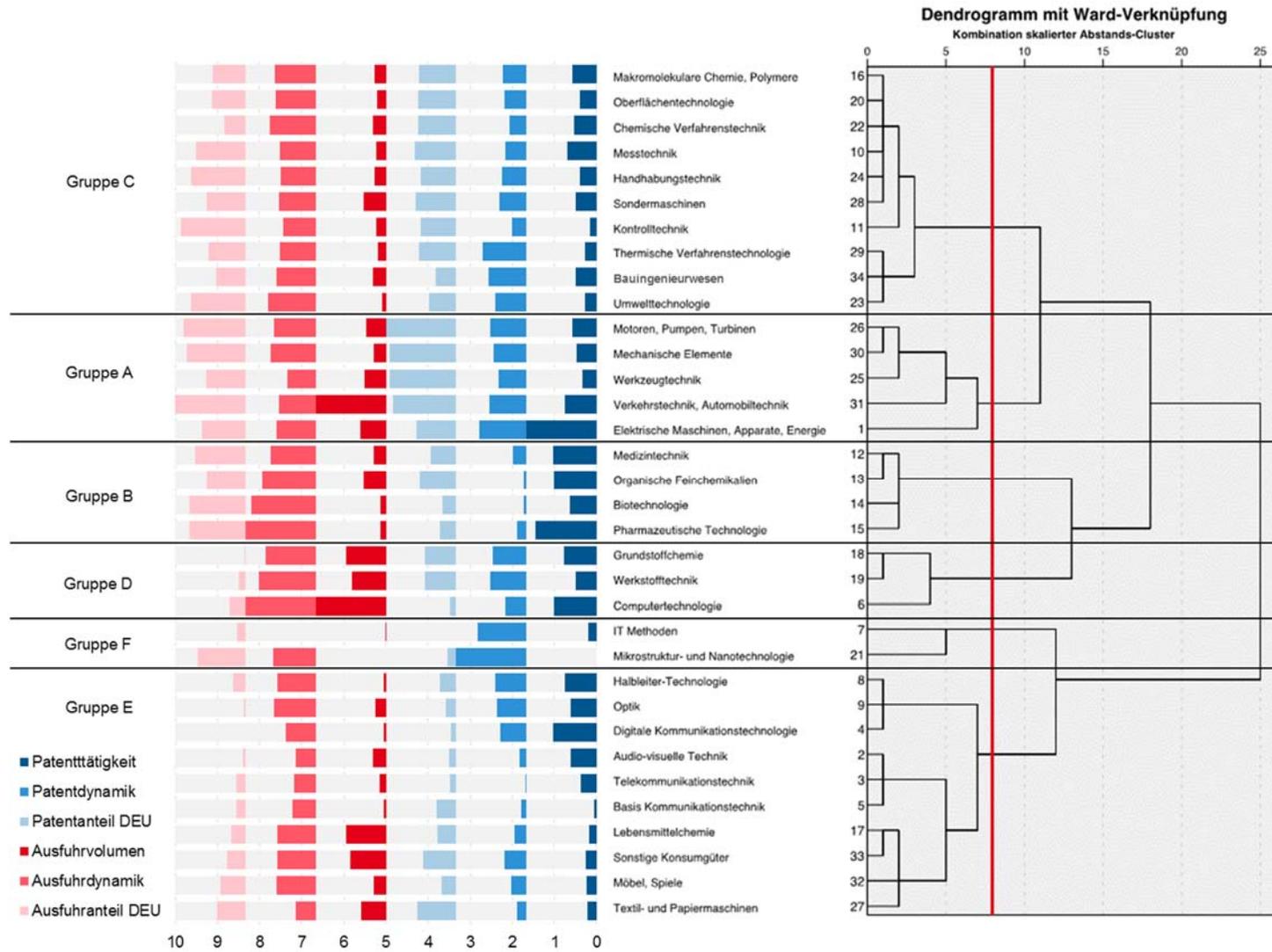
Abbildung 26: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Clusteranalyse



Prognos 2015.

In einem nächsten Schritt werden die Erkenntnisse der Clusteranalyse mit den Resultaten der Indexbildung verknüpft. Im Ergebnis wird deutlich, durch welche Charakteristika sich die anhand der Clusteranalyse gebildeten Gruppen auszeichnen – und damit, welche Technologien als potenzielle Zukunftsfelder identifiziert werden können (Abbildung 27).

Abbildung 27: Verknüpfung von Zukunftsfeldindex und Clusteranalyse



Prognos 2015.

Auf der siebten Dendrogramm-Ebene (erste Ebene: Jede Technologie ist ein Cluster) lassen sich die Technologien zu sechs Gruppen zusammenfassen. Die so gebildeten Gruppen können folgendermaßen charakterisiert werden.

A. Potenzielle Zukunftsfelder ersten Grades

Die fünf Technologien der Gruppe A lassen sich als potenzielle Zukunftsfelder ersten Grades charakterisieren. Dazu gehören (in absteigender Reihenfolge gemäß des Indexwerts):

- Verkehrs- und Automobiltechnik
- Elektrische Maschinen, Apparate, Energie
- Motoren, Pumpen, Turbinen
- Mechanische Elemente
- Werkzeugtechnik

Alle fünf Technologien haben hohe Indexwerte und weisen – bei unterschiedlich starker Ausprägung – eine hohe Patenttätigkeit und -dynamik, ein hohes Ausfuhrvolumen und -wachstum aus. Zudem ist der Anteil der deutschen Unternehmen sowohl an der Patenttätigkeit als auch am globalen Ausfuhrvolumen sehr hoch. In diesen Technologiefeldern, die sich alle der Kategorie „Maschinentechnologien“ zuordnen lassen, sind die **Chancen der deutschen Industrie sehr hoch** einzuschätzen.

B. Potenzielle Zukunftsfelder zweiten Grades

Vier weitere Technologien der Gruppe B bilden potenzielle Zukunftsfelder zweiten Grades. Dazu gehören:

- Pharmazeutische Technologie
- Organische Feinchemikalien
- Medizintechnik
- Biotechnologie

Sie zeichnen sich durch eine seit längerer Zeit sehr hohe Patenttätigkeit aus, die Patentdynamik – also die jährliche Zuwachsrate – ist dabei gering. Das globale Ausfuhrvolumen ist im Vergleich zu den übrigen Technologien mittelgroß bis gering, weist jedoch sehr hohe Zuwachsraten auf. Die Präsenz der deutschen Unternehmen ist hinsichtlich der Patenttätigkeit hoch und bei der Ausfuhr sehr hoch. In diesen Technologiefeldern, die sich grob dem Themenspektrum „Gesundheit“ zuordnen lassen, sind die **Chancen der deutschen Industrie hoch** einzuschätzen.

C. Potenzielle Zukunftsfelder dritten Grades

Die Gruppe C umfasst insgesamt zehn Technologien. Sie bilden das stabile Mittelfeld unter den Technologien. Dazu gehören:

- Messtechnik
- Sondermaschinen
- Handhabungstechnik
- Umwelttechnologie
- Thermische Verfahrenstechnik
- Makromolekulare Chemie, Polymere
- Kontrolltechnik
- Bauingenieurwesen
- Oberflächentechnologie
- Chemische Verfahrenstechnik

Sie zeichnen sich durch eine mittlere Patenttätigkeit und -dynamik aus. Das globale Ausfuhrvolumen ist meist eher gering, entwickelt sich aber dynamisch. Sowohl bei den Patentanmeldungen als auch bei der Ausfuhr haben Unternehmen aus Deutschland nennenswerte Marktanteile. Auch viele dieser Technologien dürften ***gute Chancen für Unternehmen in Deutschland*** bergen.

D. Wachstumsfelder mit geringer deutscher Beteiligung

Gruppe D setzt sich aus drei Technologien zusammen. Dazu gehören:

- Computertechnologie
- Grundstoffchemie
- Werkstofftechnik

Die Gruppe ist zum einen durch eine hohe Patenttätigkeit und -dynamik und ein hohes Ausfuhrvolumen und -wachstum gekennzeichnet. Deutsche Unternehmen sind in diesen Technologien kaum präsent. Sie spielen zwar bei der Grundstoffchemie und der Werkstofftechnik hinsichtlich der Forschung noch eine gewisse Rolle, die (hohe) globale Nachfrage wird jedoch in allen drei Technologien von anderen Volkswirtschaften bedient.

E. Unteres Mittelfeld

Die Technologien, die in die Gruppe E fallen, lassen sich weiter in drei Subgruppen unterteilen. Die erste Subgruppe weist zwar eine hohe Patenttätigkeit und -dynamik aus, das globale Ausfuhrvolumen ist jedoch sehr gering. Deutsche Unternehmen sind hier kaum präsent:

- Halbleiter-Technologie
- Optik
- Digitale Kommunikationstechnologie

Die Technologien der zweiten Subgruppe weisen in fast allen Kenngrößen niedrige Werte auf. Dazu gehören:

- Audio-visuelle Technik

- Telekommunikationstechnik
- Basis-Kommunikationstechnik

Die Technologien der dritten Subgruppe sind durch ein vergleichsweise hohes Ausfuhrvolumen und -wachstum gekennzeichnet. Obwohl hier deutsche Unternehmen durchaus präsent sind, gehören sie nicht zu den potenziellen Zukunftsfeldern: Sie sind relativ forschungsarm, haben also eine eher geringe Patenttätigkeit und Patentdynamik – dürften also eher einfachere, arbeitsintensivere Produktgruppen umfassen:

- Sonstige Konsumgüter
- Textil- und Papiermaschinen
- Lebensmittelchemie
- Möbel, Spiele

F. Ausfuhrschwache Technologien

Die zwei Technologien der Gruppe F haben eine sehr geringe Patenttätigkeit und ein sehr geringes Ausfuhrvolumen:

- IT-Methoden
- Mikrostruktur- und Nanotechnologie

5.2 Identifikation von Leitmärkten für die deutsche Industrie

Im folgenden Abschnitt werden künftige Leitmärkte für die deutsche Industrie identifiziert. Ein Leitmarkt für die deutsche Industrie ist dabei ein globaler Wachstumsbereich, der als (nicht geografisch gefasster) Absatzmarkt für die deutsche Industrie in Zukunft von hoher Bedeutung ist.

Das Vorgehen ist dabei wie folgt: Zunächst werden mittels einer Literaturrecherche zum Thema **globale Wachstumsbereiche** identifiziert und eingegrenzt.

Im Anschluss wird analysiert, welche (der im Abschnitt 5.1 beschriebenen) **Technologien** für diese globalen Wachstumsbereiche relevant sind. Der Hintergrund: Technologien mit einer hohen Relevanz für globale Wachstumsbereiche dürften von der voraussichtlichen Dynamik in diesen Bereichen profitieren.

In einem nächsten Schritt wird dargestellt, inwiefern diese Technologien zu den (ebenfalls in Abschnitt 5.1 identifizierten) **Zukunftsfeldern der deutschen Industrie** gehören – in denen also eine ausgeprägte Innovationsaktivität zu verzeichnen ist, in denen Unternehmen der deutschen Industrie präsent sind und für die künftig voraussichtlich eine hohe Nachfrage besteht.

Diese Erkenntnisse werden zum Schluss zusammengeführt: Als **Leitmarkt für die deutsche Industrie** werden jene globalen Wachstumsbereiche klassifiziert, für die solche Technologiefelder hohe Relevanz besitzen, in denen die deutsche Industrie gut aufgestellt ist (also Zukunftsfelder der deutschen Industrie sind).

5.2.1 Globale Wachstumsbereiche

Aus der Literatur lassen sich zwölf globale Wachstumsbereiche ableiten (Tabelle 13). Dies sind Themenfelder, die beispielsweise aufgrund demografischer Entwicklungen oder Klimaveränderungen in Zukunft global von hoher Bedeutung sein werden.³⁰

³⁰ Die Literaturrecherche wurde dabei anhand von Schlüsselbegriffen wie (globaler) Leitmarkt (der Zukunft), Zukunftsmarkt, Handlungsfeld (der Zukunft), Markt mit Wachstumspotenzial sowie Megatrends, jeweils für den Wirtschaftsstandort Deutschland und die Industrie in Deutschland vorgenommen. Eine präzise Abgrenzung von globalen Wachstumsbereichen ist nicht durchführbar. Dementsprechend ist an manchen Stellen eine weitere Aufteilung eines globalen Wachstumsbereichs oder die Zusammenführung zweier Wachstumsbereiche denkbar. Die berücksichtigten Studien finden sich in Box 5. Die in Box 5 aufgeführten Studien stellen lediglich eine Auswahl der gesichteten Studien dar. Die Sichtung weiterer Studien brachte keine weiterführenden Erkenntnisse.

Tabelle 13: Globale Wachstumsbereiche

Globaler Wachstumsbereich
<i>Produktionstechnik</i>
<i>Digitales Datenmanagement</i>
<i>Digitale Gesellschaft</i>
<i>Energie- und Ressourceneffizienz</i>
<i>Mobilität und Logistik</i>
<i>Klimaschutz und Umwelt</i>
<i>Gesundheit</i>
<i>Neue Werkstoffe</i>
<i>Urbanisierung</i>
<i>Ernährung</i>
<i>Bildung und Wissenschaft</i>
<i>Sicherheit</i>

Prognos 2015.

Im Folgenden wird knapp für jeden Bereich dargelegt, warum es sich um einen globalen Wachstumsbereich handelt und wodurch er sich im Wesentlichen auszeichnet.

Produktionstechnik: Die zunehmende Bedeutung vernetzter Produktionssysteme (Industrie 4.0) oder Fertigungsmethoden (Additive Fertigung, 3-D-Druck) bieten völlig neue Möglichkeiten der Produktion. Eine Individualisierung und Flexibilisierung der Produktion, die Verknüpfung einzelner Wertschöpfungsstufen, die Kopplung von Produktion und zugehörigen Dienstleistungen sind wesentliche Merkmale zukünftiger Produktionsprozesse. Die zunehmende Verschmelzung der physikalischen und der virtuellen Welt in Form von cyber-physischen Systemen führt zu einer verstärkten Automatisierung der einzelnen Fertigungsstufen sowohl innerhalb eines Unternehmens als auch zwischen Unternehmen.

Digitales Datenmanagement: Dieses Themenfeld hat Querschnittscharakter. Kommunikations- und Informationstechnologien und -systeme, die geeignet sind, die Umsetzung digitaler Prozesse und die Sammlung, Speicherung, Verwaltung, Auswertung und Weitergabe großer Datenbestände erlaubt, sind für nahezu alle weiteren hier aufgeführten Wachstumsbereiche von Bedeutung³¹. Anwendungsbeispiele sind unter anderem in der Verkehrsleittechnik, Mobilität und Energieverbrauchssteuerung zu finden. Eng damit verknüpft ist die Frage, wem die erhobenen Daten gehören und wer damit einen wesentlichen Teil der Wertschöpfungskette kontrolliert (Urheberrecht). Grundvoraussetzung für eine digitale Gesellschaft und Industrie sind ausreichend belastbare und sichere Kommunikationsnetze sowie die Flexibilität, verschiedene

³¹ Zur zentralen Rolle des Datenmanagements für die zukünftige Industrielandschaft siehe auch Kapitel 4.

Technologien einfach und schnell zu verbinden. Beispielsweise wird ein flächendeckendes Hochleistungsnetz global von zentraler Bedeutung sein. Technologien müssen zudem in Zukunft einen Schnittstellencharakter aufweisen. Isolierte Systeme werden erheblich an Bedeutung verlieren.

Digitale Gesellschaft: Konsumentenprofile werden sich in Zukunft deutlich verändern. Kunden erwarten zunehmend individualisierte Produkt- und Dienstleistungsangebote. Die zunehmende Vergleichbarkeit von Produkten und Dienstleistungen über Grenzen hinweg wird wichtiger. Entsprechende Visualisierungs- und Kommunikationstechnologie ist dafür erforderlich. Familienstrukturen verändern sich beispielsweise durch neue Modelle der Vereinbarkeit von Familie und Beruf. Digitale Technik ermöglicht ein flexibles Präsenzmanagement von Angestellten.

Energie- und Ressourceneffizienz: Der internationale Wettbewerb um Rohstoffe und Ressourcen wird weiter zunehmen. Energieeffiziente und ressourcenschonende Produktionsprozesse und -technologien werden zunehmend global nachgefragt werden. Der Einsatz erneuerbarer Energien und die dafür notwendigen Technologien, innovative Energiespeicherkonzepte, intelligente und dezentrale Stromnetze oder eine nachhaltige Wasserwirtschaft sind Beispiele für Bereiche, die Effizienzinnovationen erlauben.

Mobilität und Logistik: Der Klimawandel, demografische Veränderungen sowie eine stärkere Vernetzung internationaler Wertschöpfungsketten werden die Anforderungen an Mobilitäts- und Logistikkonzepte in Zukunft erheblich verändern. Die Urbanisierung verlangt nach einer belastbaren und flexiblen Verkehrsinfrastruktur. Dies kann beispielsweise durch eine optimierte Verkehrssteuerung auf Basis der Auswertung von Fahrzeugdaten oder einen weiteren Ausbau von Mobilitätskonzepten wie etwa Carsharing geschehen. Ein wesentlicher Teil des CO₂-Ausstoßes wird durch Mobilität verursacht. Alternative Antriebstechnologien (insbesondere Elektromobilität) mit der zugehörigen Ladeinfrastruktur und Effizienzsteigerungen in bestehenden Antriebssystemen, beispielsweise durch Leichtbau oder durch eine weitere Verbesserung des Verbrennungsmotors bieten Möglichkeiten, nachhaltige Mobilität zu gewährleisten. Im Bereich Logistik werden Technologien für einen zuverlässigen und schnellen Transport wichtig sein. Die Automatisierung von Fahrzeugen wie etwa von Zügen oder die Schienenelektrifizierung sind hierbei von Bedeutung.

Klimaschutz und Umwelt: Klima- und Umweltschutz werden aufgrund der negativen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Folgen der Klimaerwärmung und daraus entstehender regionaler oder globaler Vereinbarungen weltweit weiter an Bedeutung gewinnen. Technologien für die weitreichende Nutzung von erneuerbaren Energien, der industrielle Einsatz nachwachsender Rohstoffe in

der Produktion, eine nachhaltige Agrarproduktion und die damit in Verbindung stehenden technologischen Voraussetzungen sind kennzeichnend für diesen globalen Wachstumsbereich.

Box 5: Verwendete Literatur für die Auswahl globaler Wachstumsbereiche

- BDI (2011): Deutschland 2030: Zukunftsperspektiven der Wertschöpfung
- BDI (2013): Die Gesundheitswirtschaft – ein stabiler Wachstumsfaktor für Deutschlands Zukunft, Strategisches Programm des BDI-Ausschusses für Gesundheitswirtschaft
- BMBF (2006): Die Hightech Strategie für Deutschland
- BMBF (2008): Roadmap Umwelttechnologien 2020, State-of-the-Art Report
- BMBF (2014): Die neue Hightech-Strategie: Innovationen für Deutschland
- BMWi (2012): Technologie- und Innovationspolitik: Neue Initiativen für ein technologiefreundliches Deutschland
- BMWi (2015c): Bestandsaufnahme Leichtbau in Deutschland
- DIHK (2009): "Jenseits der Krise - Substanz und Zukunft des Industriestandortes Deutschlands" aus Sicht der Industrieunternehmen, 2009
- EFI (2015): Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands
- Hans-Böckler-Stiftung (2012): Industriepolitik und Unternehmensstrategie: Strategische Unternehmenspolitik im Kontext der Debatte um Industriepolitik in Deutschland am Beispiel des globalen Technologiekonzerns Siemens
- UBA (2007): Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen
- UBA (2008): Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten
- Wirtschaftsbericht Ruhr (2012): Leitmärkte und Beschäftigungsstrukturen
- ZVEI (2010): Elektromobilität: Industrieübergreifender Ansatz zum Aufbau eines Leitmarkts

Gesundheit: Die Lebenserwartung der Bevölkerung steigt weltweit weiter an – nicht nur in den entwickelten Volkswirtschaften, sondern insbesondere auch in den Schwellenländern wie etwa China. Gleichzeitig besteht der Wunsch nach einem möglichst selbstbestimmten Leben und Teilhabe am beruflichen und gesellschaftlichen Leben im Alter. Die Nachfrage nach Gesundheitsprodukten und -dienstleistungen wird dadurch erheblich zunehmen. Ähnlich der industriellen Produktion geht der Trend im Gesundheitsbereich in Richtung Individualisierung, unter anderem durch die Erfassung und Auswertung personenbezogener Gesundheitsdaten, die individuelle und effektive Therapie- oder Präventionsansätze erlauben. Technologische Entwicklungen im Bereich der Medizintechnik für den flexiblen und individuellen Einsatz werden zunehmend gefragt sein. Innovative Konzepte und Technologien für eine bedarfsgerechte und qualitativ hochwertige Pflege bergen erhebliches Potenzial für eine Entlastung des Gesundheitssystems. Dies wird insbesondere in Industrieländern mit einer alternden Gesellschaft wichtiger werden.

Neue Werkstoffe: Diesem globalen Wachstumsbereich kommt eine wesentliche Querschnittsfunktion zu. Produktions- und Produktanforderungen, die sich aus der Notwendigkeit des Klimaschutzes und der Ressourceneffizienz ergeben, verlangen nach

innovativen Grund- und Werkstoffen, die beispielsweise nachhaltig, energiesparend oder vielfältig einsetzbar sind. Ein Beispiel ist die Nutzung organischer Materialien für den energiesparenden Einsatz in Leuchtmitteln (OLEDs). Der Bedeutungsgewinn additiver Produktionsverfahren führt zu einer steigenden Nachfrage nach Ausgangsstoffen für die Produktion. Kostengünstige und flexibel nutzbare Materialien werden hierbei besonders gefragt sein.

Urbanisierung: Die Verteilung der Bevölkerung zwischen Stadt und Land wird sich weiter zugunsten der Stadt verschieben. Dies bringt eine verstärkte Nachfrage nach Wohnraum mit sich, stellt hohe Anforderungen an Abfallentsorgung, die Versorgung mit Trinkwasser, Abwasseraufbereitung und Energieversorgung, die mit bisherigen Technologien und Konzepten insbesondere auf globaler Ebene wohl nicht zu erfüllen sind. Eine energie- und ressourcenschonende Bauweise und intelligente, datengesteuerte Versorgungslösungen sind Beispiele für Bereiche, in denen technologische Entwicklungen auf eine hohe Nachfrage treffen werden.

Ernährung: Das globale Bevölkerungswachstum führt zu einer Verknappung der zur Verfügung stehenden Ressourcen für die Nahrungsmittelproduktion. Zum einen müssen immer mehr Menschen versorgt werden, zum anderen werden Flächen für Nahrungsmittelproduktion zunehmend als Lebensraum des Menschen benötigt. Vor diesem Hintergrund sind technologische Entwicklungen zur Effizienzsteigerung der Lebensmittelproduktion oder für den Anbau beispielsweise in Städten (vertical farming) notwendig. Lebensmittel werden zunehmend unter Gesundheitsaspekten ausgewählt. Das „Designen“ von Lebensmitteln nach bestimmten Anforderungen wird an Bedeutung gewinnen. Die Bereiche Pharmakologie, Chemie und Medizin werden deshalb stärker mit der Nahrungsmittelindustrie vernetzt.

Bildung und Wissenschaft: Insbesondere in ressourcenarmen Industrieländern, aber auch in Entwicklungs- und Schwellenländern kommt dem Faktor Humankapital und der Innovationskraft eine tragende Rolle für die zukünftige wirtschaftliche Entwicklung zu. Dementsprechend liegt in der Aus- und Weiterbildung der Erwerbsbevölkerung sowie in der Schaffung eines attraktiven Umfelds für Wissenschaft und Forschung ein Schlüssel zu einem nachhaltigen Wirtschaftswachstum. Die Digitalisierung von Bildung und Wissenschaft werden dabei eine zentrale Säule für individualisiertes und flexibles Lernen sein. Beispiele hierfür sind sogenannte MOOCs (massive open online courses), die über Stadt-, Region- und auch Landesgrenzen hinweg besucht werden können. Insbesondere die grundsätzlich nicht beschränkte Teilnehmerzahl und die Nutzung digitaler Lehrmethoden macht diese Form der Bildung attraktiv und kostengünstig. Im Bereich der Wissenschaft kommt dem digitalen Zugang und der Nutzung verfügbarer Informationen zentrale Bedeutung bei (digitale Informationsinfrastrukturen).

Sicherheit: Auch dem Wachstumsbereich Sicherheit kommt eine Querschnittsbedeutung zu. Komplexe Energiesysteme funktionieren nur, wenn Versorgungssicherheit gewährleistet ist. Verkehrsleitsysteme müssen störungsfrei funktionieren und vor Eingriffen geschützt werden. Generell sind Informations- und Kommunikationsnetzwerke auf ein hohes Maß an digitaler Sicherheit angewiesen. Hierbei spielt beispielsweise der Schutz persönlicher Daten eine wesentliche Rolle. Umso drängender wird die Nachfrage nach technologischen Entwicklungen und Produkten in diesem Themenfeld global sein.

5.2.2 Zuweisung von Technologien zu globalen Wachstumsbereichen

Die Identifikation von Leitmärkten für die deutsche Industrie wird anhand der in Abschnitt 5.1.4 analysierten Technologien und Zukunftsfelder vorgenommen. Dabei werden jedem globalen Wachstumsbereich die wichtigsten Technologien (aus der Gruppe der insgesamt 34 Technologien) zugeordnet. Diese Zuordnung ist nicht immer problemlos möglich. Zum einen ist die Abgrenzung der globalen Wachstumsbereiche nicht trennscharf möglich. So wird beispielsweise eine technologische Entwicklung im Bereich der Elektromobilität auch das Themenfeld Energie- und Ressourceneffizienz positiv beeinflussen. Zum anderen ist für eine Reihe von Technologien nicht klar, welche globalen Wachstumsbereiche primär beeinflusst werden. Während für die Technologie Medizintechnik die Verbindung zum Wachstumsbereich Gesundheit eindeutig ist, herrscht in dieser Hinsicht zum Beispiel für die Technologien Motoren, Pumpen und Turbinen, Werkzeugtechnik oder Computertechnologie weniger Klarheit.

Das Problem eines unklaren Zusammenhangs zwischen manchen Technologien und den globalen Wachstumsbereichen lässt sich zum Teil auf Basis der sehr detaillierten Konkordanztabellen der World Intellectual Property Organisation (Wipo) lösen (siehe Box 4). Dafür werden die den 34 Technologien zugrundeliegenden Daten zu über 640 Technologieklassen ausgewertet. Diese bieten teilweise sehr präzise Beschreibungen der Art der Patentaktivität. Beispielsweise lassen sich verschiedene Technologieklassen des Technologiefelds Sondermaschinen dem Wachstumsbereich Ernährung zuordnen. Bei diesen Technologieklassen handelt es sich unter anderem um Ernte- und Düngemaschinen sowie Patente im Bereich des Pflanzenanbaus. Ähnlich dazu lassen sich für eine Vielzahl von Technologieklassen, die direkt den im vorherigen Abschnitt dargestellten Technologien zugeordnet sind, mit globalen Wachstumsbereichen verbinden. Damit lassen sich Verbindungen zwischen Technologien und globalen Wachstumsbereichen besser identifizieren.

Dennoch ist für eine Reihe von Technologieklassen kein direkter Zusammenhang zu globalen Wachstumsbereichen ersichtlich. Zum Teil liegt dies an schwierig zu interpretierenden technischen

Fachtermini. Zum Teil gibt es keine Verbindung zwischen Technologieklassen und den hier ausgewählten globalen Wachstumsbereichen. Dies betrifft beispielsweise die Technologien Messtechnik, Grundstoffchemie oder Handhabungstechnik. Im Ergebnis werden daher nur solche Technologien (bzw. die ihnen zugrundeliegenden Technologieklassen) berücksichtigt, die auf belastbarer Grundlage einem oder mehreren globalen Wachstumsbereichen zugeordnet werden können.

Insgesamt lassen sich 32 der 34 Technologien mindestens einem globalen Wachstumsbereich zuordnen. Manche Technologien wie beispielsweise Computertechnologie, Digitale Kommunikation oder Kontrolltechnik sind für verschiedene Wachstumsbereiche relevant. Diese Technologien haben damit einen Querschnittscharakter. Jedem globalen Wachstumsbereich wurden maximal sechs Technologien zugewiesen (Tabelle 14).

Die in der Tabelle angegebene Gruppeneinteilung (Gruppe A bis E) bezieht sich auf die Klassifikation der Technologien als Zukunftsfelder für die deutsche Industrie aus dem vorhergehenden Abschnitt (Abbildung 27). Auf Basis dieser Gruppeneinteilung lassen sich **vier globale Wachstumsbereiche identifizieren**, die mit hoher Wahrscheinlichkeit einen Leitmarkt für die deutsche Industrie darstellen. Das sind jene globalen Wachstumsbereiche, denen vorwiegend Technologien zugeordnet sind, in denen die deutsche Industrie gut aufgestellt ist (Zukunftsfelder der deutschen Industrie). In den vier Wachstumsbereichen **Energie- und Ressourceneffizienz, Mobilität und Logistik, Klimaschutz und Umwelt** sowie **Gesundheit** werden in Zukunft Technologien gefragt sein, die maßgeblich von der deutschen Industrie geprägt sind.

Beispielsweise sind im Themenfeld Gesundheit die Technologien Medizintechnik, Organische Feinchemikalien, Biotechnologie, Handhabungstechnik, Chemische Verfahrenstechnik und Pharmazeutische Technologie besonders relevant. Die deutsche Industrie hat in diesen Technologien – das hat die Analyse in Abschnitt 5.1.4 gezeigt – sehr gute bis gute Chancen für die Zukunft (Gruppe B oder Gruppe C).

In den Bereichen Produktionstechnik, Neue Werkstoffe, Urbanisierung, Sicherheit und Ernährung sind Technologien gefragt, in denen die deutsche Industrie höchstens gute Zukunftsperspektiven hat. Diese globalen Wachstumsbereiche sind demnach weniger relevant für die deutsche Industrie, ein gewisses Potenzial besteht jedoch. In den globalen Wachstumsbereichen Digitales Datenmanagement, Digitale Gesellschaft, sowie Bildung und Wissenschaft ist die deutsche Industrie vergleichsweise schlecht aufgestellt. In den relevanten Technologien (insbesondere Kommunikations- und Computertechnologien) spielt die deutsche Industrie im internationalen Kontext lediglich eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 14: Zuweisung der Technologien zu globalen Wachstumsbereichen

Globaler Wachstumsbereich	Relevante Technologien					
Energie- und Ressourceneffizienz	Elektrische Maschinen, Apparate, Energie (Gruppe A)	Grundstoffchemie (Gruppe D)	Oberflächentechnologie (Gruppe C)	Chemische Verfahrenstechnik (Gruppe C)	Motoren, Pumpen, Turbinen (Gruppe A)	Mechanische Elemente (Gruppe A)
Mobilität und Logistik	Kontrolltechnik (Gruppe C)	Verkehrstechnik, Automobiltechnik (Gruppe A)	Bauingenieurwesen (Gruppe C)			
Klimaschutz und Umwelt	Chemische Verfahrenstechnik (Gruppe C)	Umwelttechnologie (Gruppe C)	Werkzeugtechnik (Gruppe A)	Motoren, Pumpen, Turbinen (Gruppe A)		
Gesundheit	Medizintechnik (Gruppe B)	Organische Feinchemikalien (Gruppe B)	Biotechnologie (Gruppe B)	Handhabungstechnik (Gruppe C)	Chemische Verfahrenstechnik (Gruppe C)	Pharmazeutische Technologie (Gruppe B)
Produktionstechnik	Telekommunikationstechnik (Gruppe E)	Computertechnologie (Gruppe D)	Messtechnik (Gruppe C)	Kontrolltechnik (Gruppe C)	Handhabungstechnik (Gruppe C)	
Neue Werkstoffe	Optik (Gruppe E)	Messtechnik (Gruppe C)	Makromolekulare Chemie, Polymere (Gruppe C)	Werkstofftechnik (Gruppe D)	Oberflächentechnologie (Gruppe C)	Mikrostruktur- und Nanotechnologie (Gruppe F)
Urbanisierung	Thermische Verfahrenstechnologie (Gruppe C)	Möbel, Spiele (Gruppe E)	Bauingenieurwesen (Gruppe C)			
Ernährung	Lebensmittelchemie (Gruppe E)	Grundstoffchemie (Gruppe D)	Sondermaschinen (Gruppe C)	Pharmazeutische Technologie (Gruppe B)		
Sicherheit	Telekommunikationstechnik (Gruppe E)	Kontrolltechnik (Gruppe C)	Sondermaschinen (Gruppe C)			
Digitales Datenmanagement	Telekommunikationstechnik (Gruppe E)	Computertechnologie (Gruppe D)	IT Methoden (Gruppe F)	Optik (Gruppe E)	Digitale Kommunikationstechnologie (Gruppe E)	Halbleiter-Technologie (Gruppe E)
Digitale Gesellschaft	Telekommunikationstechnik (Gruppe E)	Kontrolltechnik (Gruppe C)	Basis Kommunikationstechnik (Gruppe E)	Digitale Kommunikationstechnologie (Gruppe E)		
Bildung und Wissenschaft	Audio-visuelle Technik (Gruppe E)	Optik (Gruppe E)	Kontrolltechnik (Gruppe C)			

Den globalen Wachstumsbereichen in der ersten Spalte sind relevante Zukunftsfelder zugeordnet. Ein relevantes Zukunftsfeld für einen globalen Wachstumsbereich liegt vor, wenn auf subjektiver Basis den Zukunftsfeldern zugrundeliegenden Patent-Technologieklassen dem globalen Wachstumsbereich zugeordnet werden können. Ebenfalls aufgeführt ist die Gruppeneinteilung der Zukunftsfelder gemäß Abbildung 27. In Zukunftsfeldern der Gruppe A weist die deutsche Industrie das größte Potenzial auf, in Zukunftsfeldern der Gruppe F das geringste Potenzial. Die grau schattierten globalen Wachstumsbereiche sind Leitmärkte der deutschen Industrie. Prognos 2015.

Zu beachten ist, dass einige Technologien und Wachstumsbereiche einen Querschnittscharakter aufweisen. Aufgrund der zunehmenden Digitalisierung kommt dem globalen Wachstumsbereich Digitales Datenmanagement und den zugehörigen Technologien zukünftig eine erhebliche Bedeutung für fast alle Wachstumsbereiche zu. Dies könnte sich perspektivisch für die deutsche Industrie – da die deutschen Anbieter auf dem Gebiet der digitalen Technologien eher schwach aufgestellt sind – hinsichtlich der Zukunftsfähigkeit ihrer eigentlichen Leitmärkte negativ auswirken. Beispielsweise stellt das Themenfeld Mobilität und Logistik gemäß der durchgeführten Bewertung einen Leitmarkt der deutschen Industrie dar. Allerdings ist zu beachten, dass Technologien zur Sammlung, Speicherung und Auswertung großer Datenmengen aus Fahrzeugen vermutlich zunehmend an Bedeutung gewinnen werden. Kommunikation zwischen verschiedenen Bauteilen innerhalb des Fahrzeugs (beispielsweise Sensoren zur Umgebungserfassung und dem Bremssystem) sowie zwischen Fahrzeug und zentralen Steuerungssystemen (wie etwa Verkehrsleitsystemen) werden zentrale Elemente des Fahrzeugbaus sein. Ohne entsprechende Datenmanagement- und Kommunikationssysteme und Innovationen in den entsprechenden Technologien besteht für die deutsche Automobilindustrie im Extremfall die Gefahr, zur „verlängerten Werkbank“ internationaler Datenmanagement- und Kommunikationstechnologieunternehmen degradiert zu werden. Ähnliche Szenarien sind für eine Reihe von Branchen der deutschen Industrie denkbar (ein entsprechendes Szenario ist für den Maschinenbau und die Pharmazeutische Industrie in Abschnitt 4.3 beschrieben).

5.2.3 Leitmärkte der deutschen Industrie aus Branchensicht

Vier globale Wachstumsbereiche konnten als Leitmärkte für die deutsche Industrie identifiziert werden. Während der vorherige Abschnitt sich auf Ebene der Technologien und Technologieklassen bewegt hat, soll im Folgenden dargelegt werden, welche Branchen besonders eng mit den Leitmärkten der deutschen Industrie verbunden sind. Dazu werden die 34 Technologien den Branchen der deutschen Industrie zugeordnet. Die Patentdatenbank erlaubt Aussagen darüber, in welchen Branchen ein Patent Anwendung findet. Daraus lassen sich für jede Technologie Branchenanteile berechnen und damit die Bedeutung einer Technologie für eine Branche ableiten. Dadurch können Branchen direkt mit den vier Leitmärkten der deutschen Industrie in Verbindung gebracht werden.

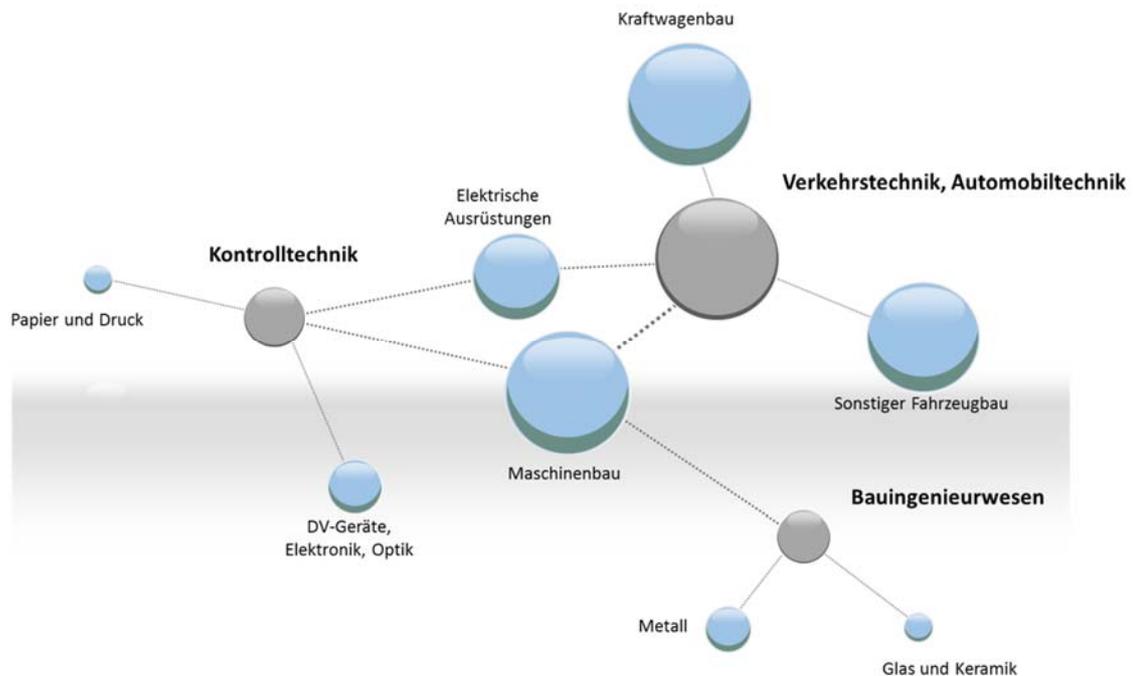
Die folgenden Netzwerkabbildungen (Abbildung 28 bis Abbildung 31) können wie folgt interpretiert werden. Die berücksichtigten Technologien ergeben sich direkt aus den Ergebnissen der Zuordnung von Technologien zu potenziellen Leitmärkten (Tabelle 14). Entwicklungen in diesen Technologien stehen demnach in einem engen Zusammenhang mit dem jeweiligen Leitmarkt. Die Größe der Kugeln der Technologien ergibt sich aus dem Handelsvolumen Deutschlands in einer der Technologien. Damit soll die Bedeutung

einer Technologie aus Sicht der deutschen Industrie veranschaulicht werden. Die berücksichtigten Branchen ergeben sich durch eine Zuweisung der Patente zu den Branchen und zeigen näherungsweise, welcher Anteil von Patenten in einer bestimmten Technologie in einer bestimmten Branche Verwendung findet (siehe Box 4 für Details zu dieser Zuweisung). Nur Branchen, auf die ein nennenswerter Anteil der Patente aus einer Technologie entfällt, wurden berücksichtigt (Patentanteil > 8 %). Die Größe der Branchen-Kugeln ergibt sich aus dem Patentanteil. Je größer, desto enger die Verflechtung zwischen Technologien und Branche. Insgesamt kann damit die Bedeutung eines Leitmarkts für eine Branche veranschaulicht werden.

Mobilität und Logistik

Vor allem die Branchen Fahrzeugbau, Maschinenbau und Elektrische Anlagen könnten von einer starken Nachfrage nach Produkten für den Leitmarkt Mobilität und Logistik profitieren. In diesen Branchen findet der Großteil der Patente aus jenen Technologien Verwendung, die für den Leitmarkt relevant sind (Abbildung 28).³² Auf Ebene der Technologien kommt dem Bereich Verkehrstechnik, Automobiltechnik überragende Bedeutung zu. Dementsprechend fällt die Bedeutung der Branchen, die lediglich mit den Technologiefeldern Kontrolltechnik und Bauingenieurwesen verbunden sind, vergleichsweise gering aus (Papier und Druck, DV-Geräte, Elektronik, Optik, Metall, Glas und Keramik).

Abbildung 28: Relevante Technologien (Zukunftsfelder) und damit verbundene Branchen für den Leitmarkt **Mobilität und Logistik**



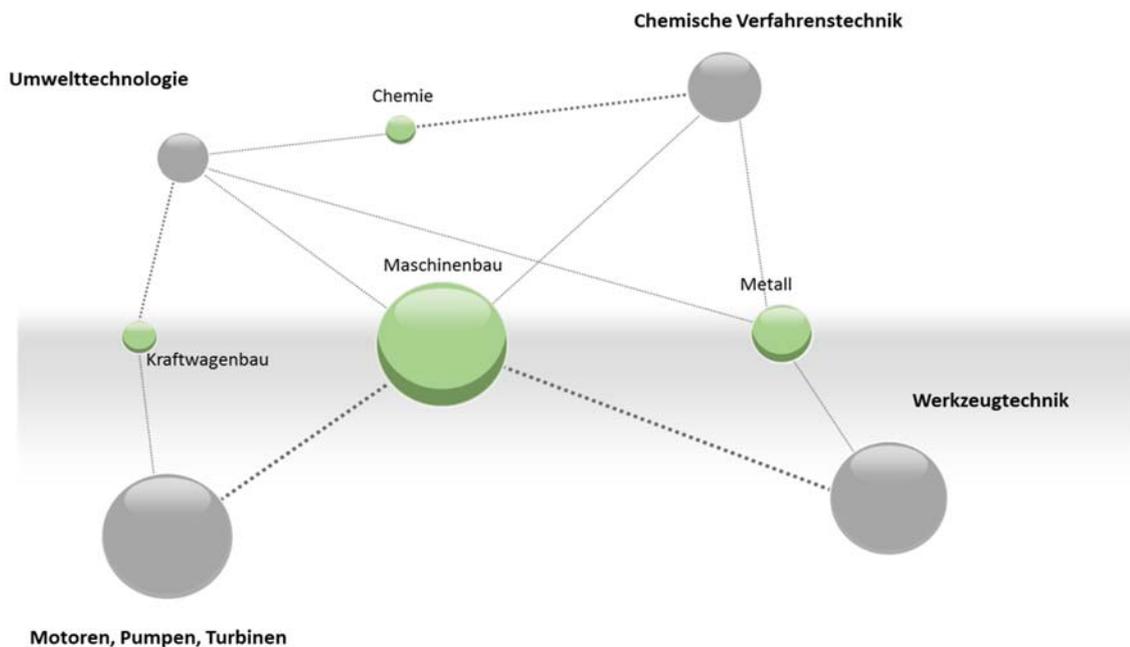
Lesehilfe: Die grauen Kugeln bilden Technologien ab, die für den Leitmarkt Mobilität und Logistik besonders relevant sind. Die Größe der grauen Kugeln ergibt sich aus der Größe des deutschen Handelsvolumens in dieser Technologie. Die blauen Kugeln bilden jene Branchen ab, für die die Technologien eine hohe Relevanz besitzen. Die Größe der blauen Kugeln ergibt sich aus der Bedeutung von Patenten aus den jeweiligen Technologiefeldern für die verbundenen Branchen. Bei Verbindungen einer Branche zu mehreren Branchen wurde ein gewichteter Anteil berechnet. Prognos 2015.

³² Während die Branchenanteile der Patenttätigkeit nach Technologien aus den Patentdaten abgeleitet werden können, kann auf Basis der Patent- und Handelsdaten keine Aussage darüber getroffen werden, welchen Technologien eine höhere Bedeutung für einen Leitmarkt beikommt. Beispielsweise ist davon auszugehen, dass die Technologie Verkehrstechnik und Automobiltechnik für den Leitmarkt Mobilität und Logistik wichtiger ist als die Technologie Bauingenieurwesen. Näherungsweise wurden deshalb Handelsanteile für die Darstellung der Bedeutung der Technologien herangezogen. Dies kann maximal näherungsweise den realen Verhältnissen entsprechen und dient vor allem der Veranschaulichung der Ergebnisse. Die Relationen der Kugelgrößen entsprechen zudem nicht den Originalwerten. Je Leitmarkt wurde eine maximale Kugelgröße für Technologien und Branchen definiert und die weiteren Größen daran angepasst. Zudem wurde eine Stauchung der Daten durch Quadrierung mit $\frac{1}{2}$ vorgenommen. Die Kugelgrößen sind deshalb nur innerhalb, aber nicht zwischen den Abbildungen vergleichbar.

Klimaschutz und Umwelt

Insbesondere vier Branchen (der Maschinenbau, Chemie, Metall und Kraftwagenbau) könnten von einer Zunahme der Wachstumsdynamik im Leitmarkt Klimaschutz und Umwelt profitieren (Abbildung 29). Für diese Branchen besitzen dabei vier Technologien eine hohe Wichtigkeit. Die größte Bedeutung kommt dabei den Technologien Motoren, Pumpen, Turbinen sowie der Werkzeugtechnik zu. Aufgrund der Verflechtung mit allen vier hier relevanten Technologien hat der Maschinenbau das größte Potenzial, von einer anziehenden Nachfrage aus dem Leitmarkt Klimaschutz und Umwelt zu profitieren.

Abbildung 29: Relevante Technologien (Zukunftsfelder) und damit verbundene Branchen für den Leitmarkt **Klimaschutz und Umwelt**

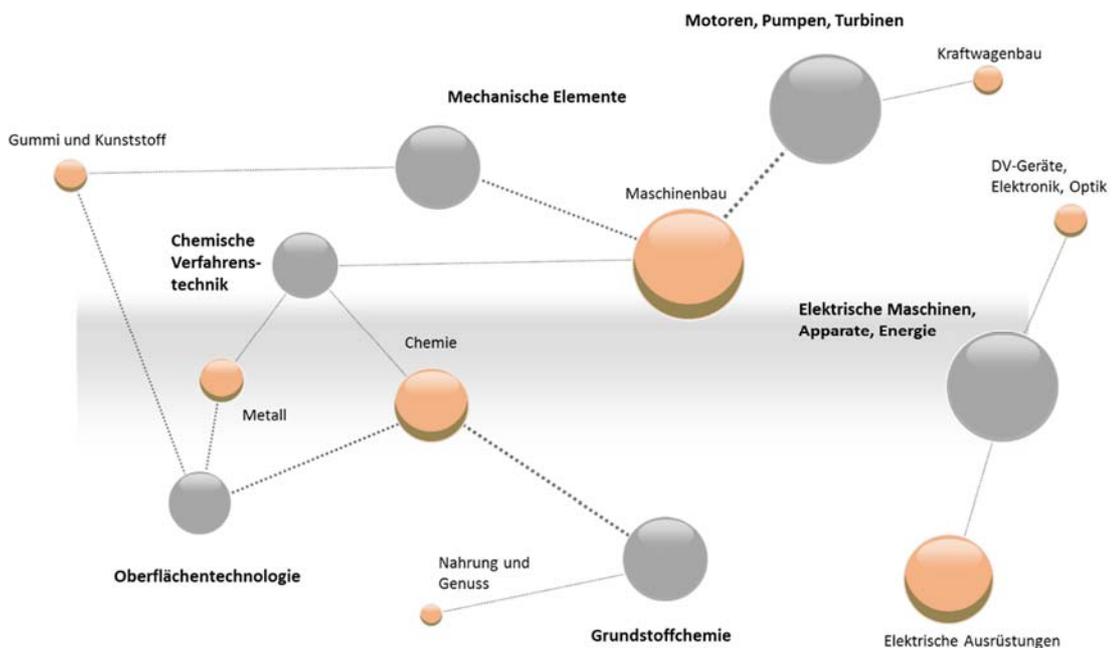


Siehe Anmerkungen zu Abbildung 28 und Fußnote 32. Prognos 2015.

Energie- und Ressourceneffizienz

Zwischen den Leitmärkten Klimaschutz und Umwelt sowie Energie- und Ressourceneffizienz gibt es Überschneidungen. Hier wie dort sind die Technologien Chemische Verfahrenstechnik und Motoren, Pumpen, Turbinen vertreten. Neben den zugehörigen Branchen Maschinenbau, Metall, Kraftwagenbau und Chemie weisen verschiedene weitere Branchen einen Bezug zu diesem Leitmarkt auf. Dazu zählen die Branchen Gummi und Kunststoff, DV-Geräte, Elektronik, Optik, Elektrische Ausrüstungen sowie Nahrung und Genuss (Abbildung 30). In der Gesamtschau bestehen wohl für die Branchen Maschinenbau, Elektrische Ausrüstungen und Chemie das größte Potenzial von der Dynamik in diesem Leitmarkt profitieren zu können.

Abbildung 30: Relevante Technologien (Zukunftsfelder) und damit verbundene Branchen für den Leitmarkt **Energie- und Ressourceneffizienz**

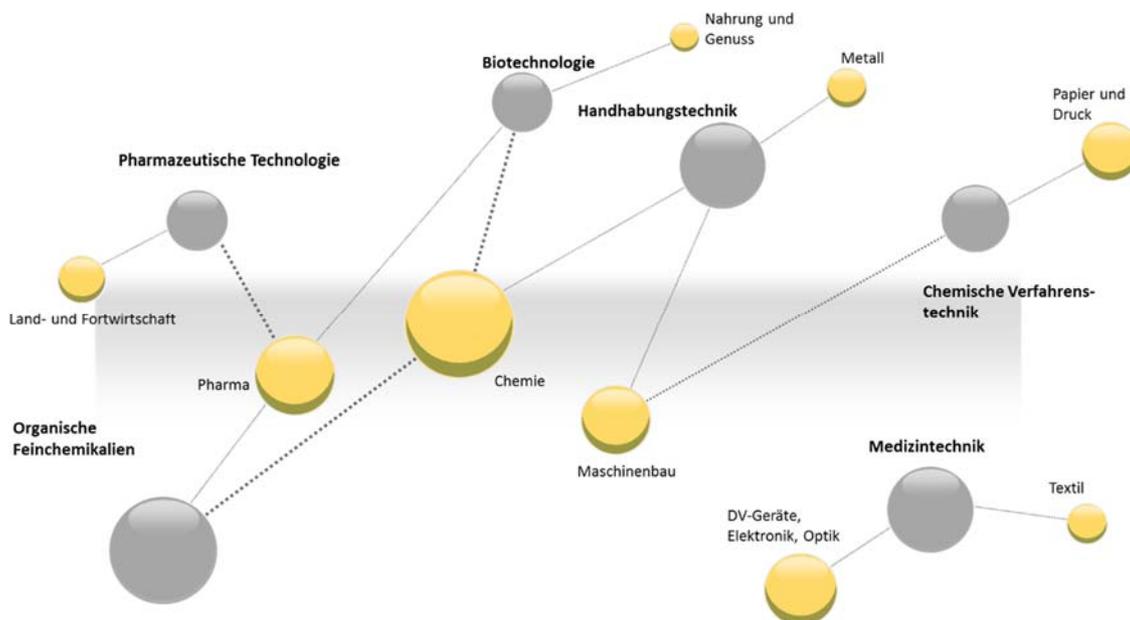


Siehe Anmerkungen zu Abbildung 28 und Fußnote 32. Prognos 2015.

Gesundheit

Insbesondere die Branchen Chemie und Pharma können von einem internationalen Boom im Leitmarkt Gesundheit profitieren. Beide Branchen sind eng verwoben mit zahlreichen Technologien, die dem Leitmarkt Gesundheit zugeordnet werden können (Abbildung 31). Darüber hinaus besitzt der Leitmarkt Gesundheit auch für weitere Branchen (wie etwa Maschinenbau, Textil, DV-Geräte, Elektronik, Optik, Metall, Land- und Forstwirtschaft sowie Papier und Druck) eine gewisse Relevanz.

Abbildung 31: Relevante Technologien (Zukunftsfelder) und damit verbundene Branchen für den Leitmarkt **Gesundheit**



Siehe Anmerkungen zu Abbildung 28 und Fußnote 32. Prognos 2015.

Neben den hier genannten Branchen können weitere Branchen ebenfalls, allerdings in einem geringeren Ausmaß von einem Nachfrageboom in diesen Leitmärkten profitieren. Für die weiteren in Tabelle 14 genannten globalen Wachstumsbereiche lässt sich ebenfalls die Bedeutung für einzelne Branchen näherungsweise bestimmen. Allerdings ist in diesen Wachstumsbereichen davon auszugehen, dass die deutsche Industrie weniger stark von einem Anstieg der Nachfrage profitieren wird, da Deutschland in den dort relevanten Technologien eher schwach vertreten ist.

5.3 Zwischenfazit zu Zukunftsfeldern und Leitmärkten für die deutsche Industrie

Die deutsche Industrie ist insbesondere in Technologien, die der Gruppe der Maschinentechnologien (Verkehrs- und Automobiltechnik, Elektrische Maschinen, Apparate, Energie, Motoren, Pumpen, Turbinen, Mechanische Elemente und Werkzeugtechnik) zuzuordnen sind, sehr gut aufgestellt. In diesen **Zukunftsfeldern der deutschen Industrie** treffen eine rege globale Patenttätigkeit mit einem ausgeprägten deutschen Anteil sowie ein hohes Ausfuhrvolumen und -wachstum mit signifikanter deutscher Beteiligung aufeinander. Auch in den Technologien Pharmazeutische Technologie, Organische Feinchemikalien, Medizintechnik und Biotechnologie hat die deutsche Industrie sehr gute Voraussetzungen, eine zentrale Rolle zu spielen. Diese Technologien sind mit hoher Wahrscheinlichkeit Zukunftsfelder der deutschen Industrie. In verschiedenen weiteren Technologien, die sich durch eine moderate Patent- und Handelstätigkeit auszeichnen, ist die deutsche Industrie ebenfalls stark vertreten. Allerdings ist hier aufgrund der lediglich durchschnittlichen globalen Bedeutung die Klassifizierung der Technologien als Zukunftsfeld der deutschen Industrie zumindest fraglich. In einer Reihe weiterer Technologien sind entweder die globale Patent- oder Handelstätigkeit oder die Bedeutung der deutschen Industrie sehr gering. Diese Bereiche sind deshalb nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit Zukunftsfelder der deutschen Industrie.

Die identifizierten Zukunftsfelder der deutschen Industrie bestimmen, welche globalen Wachstumsbereiche besonders zukunfts-trächtige **Leitmärkte für die deutsche Industrie** darstellen. Insbesondere in den Leitmärkten Energie- und Ressourceneffizienz, Mobilität und Logistik, Klimaschutz und Umwelt sowie Gesundheit hat die deutsche Industrie das Potenzial, eine Führungsrolle einzunehmen. Die globalen Wachstumsbereiche Produktionstechnik, Neue Werkstoffe, Urbanisierung, Ernährung sowie Sicherheit können für die deutsche Industrie ebenfalls von Bedeutung sein. Allerdings werden diese Wachstumsbereiche zum Teil von Technologien getrieben, in denen Deutschland kaum präsent ist. Die globalen Wachstumsbereiche Digitales Datenmanagement, Digitale Gesellschaft sowie Bildung und Wissenschaft spielen dagegen für die deutsche Industrie aus heutiger Sicht keine wesentliche Rolle.

Auf Branchenebene kann vor allem der Maschinenbau von einem Nachfrageboom in den Leitmärkten der deutschen Industrie profitieren. Technologien, die für die Leitmärkte der deutschen Industrie von Bedeutung sind, finden vorzugsweise im Maschinenbau Anwendung. Im Bereich Mobilität und Logistik ist neben dem Maschinenbau der Fahrzeugbau von zentraler Bedeutung. Die Metallindustrie, die Elektroindustrie, die Chemische Industrie sowie die Pharmazeutische Industrie stehen ebenfalls mit mindestens einem

Leitmarkt in enger Verbindung. Für weitere Branchen ergeben sich ebenfalls Absatzpotenziale, allerdings sind diese weniger stark ausgeprägt.

Einschränkend ist zu sagen, dass manche Technologien und Wachstumsbereiche einen Querschnittscharakter aufweisen. Insbesondere dem globalen Wachstumsbereich Digitales Datenmanagement wird in Zukunft wesentliche Bedeutung in verschiedenen Bereichen wie Gesundheit, Mobilität und Logistik oder Sicherheit zukommen. Da die deutsche Industrie in den Technologien, die für den Wachstumsbereich Digitales Datenmanagement relevant sind, schwach aufgestellt ist, besteht ein generelles Risiko für die deutsche Industrie, in ihren Leitmärkten von internationalen Wettbewerbern abgehängt zu werden.

6 Handlungsbedarfe und Handlungsoptionen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen

Die deutsche Wirtschaft profitierte in den letzten Jahren von einer im internationalen Vergleich starken Industrie. Insbesondere der Kraftwagen- und der Maschinenbau, die beide eine enge Beziehung zu aufstrebenden und dynamisch wachsenden Schwellenländern aufweisen, waren wesentliche Stützen der Wirtschaftsentwicklung. Auch in Zukunft wird der Anteil des Verarbeitenden Gewerbes an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung auf hohem Niveau bleiben. Der Handel insbesondere mit aufstrebenden Schwellenländern wird bis 2030 weiter zunehmen und stabilisierend wirken. Die steigende Wettbewerbsintensität durch neue Wettbewerber aus Entwicklungs- und Schwellenländern sowie steigende Preise für Rohstoffe und Energie und der Rückgang des Arbeitskräftepotenzials stellen zwar Herausforderungen für die wirtschaftliche Entwicklung der deutschen Industrie dar. Durch Investitionen in produktivitätssteigernde Prozesse und Technologien und eine Verbesserung der Humankapitalbasis stehen die Chancen jedoch gut, dass die Industrie ihre Wettbewerbsfähigkeit auch künftig sichern kann.

Die deutsche Industrie wird dabei insbesondere von einer steigenden Bedeutung der globalen Wachstumsbereiche Mobilität und Logistik, Umwelt und Klima, Energie- und Ressourceneffizienz sowie Gesundheit profitieren. Für diese **Leitmärkte der deutschen Industrie** spielen solche Technologien eine herausragende Rolle, in denen die deutsche Industrie heute sehr gut aufgestellt ist. Hierzu zählen insbesondere Maschinentechnologien und Gesundheitstechnologien. Davon profitieren auch jene Industriebranchen, die eng mit diesen Technologien verwoben sind, wie der Maschinenbau, die Chemische Industrie oder der Fahrzeugbau.

Allerdings stellen die skizzierten trendmäßigen Entwicklungen nur ein wahrscheinliches Szenario dar, dem eine Reihe von Annahmen zugrunde liegt. Anpassungen der Wirtschaft, der Politik und der Gewerkschaften an globale Megatrends sind notwendig, um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie in der Breite zu sichern und zu stärken. Den Prognosen liegt die grundsätzliche Annahme zugrunde, dass diese Anpassungen im Großen und Ganzen erfolgreich umgesetzt werden. Vor diesem Hintergrund ist es von entscheidender Bedeutung, zu identifizieren, welche Handlungsfelder für die Akteure der deutschen Industrie (Wirtschaft, Politik, Gewerkschaften) bestehen und welche Handlungsoptionen sich daraus ergeben.

Im Folgenden werden auf Grundlage der Ergebnisse dieser Studie die wichtigsten Handlungsfelder benannt und die daraus folgenden Handlungsmöglichkeiten für die Akteure der deutschen Industrie

dargestellt. Ebenfalls berücksichtigt werden die Ergebnisse verschiedener Branchendialoge.³³ In diesen Dialogen haben Politik, Wirtschaft und Gewerkschaften die in Zukunft wichtigsten Probleme für die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der jeweiligen Branche benannt und teilweise Lösungsmöglichkeiten skizziert.

Zugang zu globalen Wachstumsmärkten

Auch in Zukunft wird die deutsche Industrie stark in internationale Wertschöpfungsketten eingebunden sein. Die Handelsverflechtungen der deutschen Industrie mit Schwellenländern, insbesondere mit China, werden enger. Zwar verlieren Industrieländer als Handelspartner etwas an Bedeutung. Dennoch bleiben die Vereinigten Staaten und die Europäische Union sowohl als Absatzmärkte als auch als Vorleistungslieferanten wichtig für die deutsche Industrie.

Vor diesem Hintergrund ist für die Industrie die Implementierung von Freihandelsabkommen, wie etwa des Transatlantischen Freihandels- und Investitionsabkommens mit den Vereinigten Staaten (TTIP) grundsätzlich ein wichtiger Schlüssel zur Stärkung der Handelsbeziehungen. Angesichts der bereits erfolgten Umsetzung des Transpazifischen Freihandelsabkommens (TPP) besteht das Risiko, dass sich die Vereinigten Staaten wirtschaftlich stärker an den pazifischen Raum binden. Auch mit asiatischen Ländern würden umfassende Handelsabkommen die Absatzmöglichkeiten für die deutsche Industrie substantiell verbessern. Ergänzend ist eine politische Begleitung (Wirtschaftsdelegationen, Informationszentren vor Ort) der deutschen Industrie in Schwellenländer hilfreich, um Handelsbeziehungen zu etablieren oder zu stärken.

Die wesentliche Grundlage für den Markterfolg der meisten deutschen Industrieunternehmen wird auch künftig der Europäische Binnenmarkt sein. Vor diesem Hintergrund muss künftig ein Hauptaugenmerk der deutschen Politik darauf gerichtet sein, einer möglichen Schwächung der Strukturen der Europäischen Union aufgrund der derzeit zahlreichen Widerstände und Krisen (Euro-Krise, Flüchtlingskrise, Erstarken populistischer Kräfte, drohender „Brexit“) entschieden entgegenzutreten.

Insbesondere mittelständische Unternehmen haben oftmals Schwierigkeiten, sich in Wachstumsmärkten zu etablieren. Zwar existieren verschiedene Exportförderungsinitiativen, diese sind aber häufig nicht bekannt. Eine stärkere Sichtbarmachung dieser Initiativen im Mittelstand etwa durch Netzwerkbildung oder Informationsveranstaltungen durch Unternehmensverbände oder Ge-

³³ Branchendialoge sind ein Instrument der Politik, gemeinsam mit den Sozialpartnern der Industrie Herausforderungen einzelner Branchen zu skizzieren und daraus Handlungsoptionen abzuleiten. Im Rahmen dieses Berichts wurden die Ergebnisse der Branchendialoge Maschinen- und Anlagenbau, Grundstoffe, Chemische Industrie, Elektrotechnik- und Elektronikindustrie sowie Fahrzeugindustrie.

werkschaften kann hier Abhilfe schaffen. Zudem können einheitliche Regelungen der Exportförderung auf internationaler Ebene dazu beitragen, regulatorisch getriebene Ungleichgewichte im Außenhandel (etwa mittels Exportsubventionierung) zu beseitigen.

- Freihandel ausbauen
- Exportförderung für den Mittelstand sichtbar machen
- International einheitliche Regelungen der Exportförderung

Kompetenz der Arbeitnehmer in digitalen Technologien

Die Digitalisierung führt auf verschiedenen Ebenen wie etwa bei Beschäftigten zu neuen Anforderungen. Ein grundlegendes Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen der Digitalisierung sind von zentraler Bedeutung, um den digitalen Wandel zu meistern. Für die Erwerbstätigen werden beispielsweise Programmierkenntnisse zunehmend wichtiger. Aufgaben in der Produktion werden automatisierter und vernetzter und verändern die Aufgabenstruktur vieler Berufe. Kontroll- und Qualitätssicherung im Rahmen dieser vernetzten Prozesse sowie die Bedienung digitaler Instrumente werden an Bedeutung gewinnen. Fundierte Kenntnisse im softwarebasierten digitalen Datenmanagement werden in Zukunft in allen Industriebranchen stark nachgefragt sein.

Kompetenz in digitalen Technologien kann nur durch entsprechende Aus- und Weiterbildungskonzepte erlangt oder verbessert werden. Eine zentrale Rolle von Mathematik, Naturwissenschaft, Informatik und Technik (MINT) in Schule und Studium sind dafür eine Grundvoraussetzung. Möglich sind beispielsweise eine bessere finanzielle Ausstattung von Schulen mit diesem Fokus oder eine finanzielle Unterstützung für Unternehmen mit Ausbildungsleistungen im MINT-Bereich. Verbände und Unternehmen können sich stärker über Initiativen wie einem Tag der offenen Tür in Industrieunternehmen, der Vermittlung von Praktikumsplätzen für Schüler/innen oder eine stärkere Sichtbarmachung der Anforderungen an Arbeitnehmer in der Industrie in (Hoch)schulen einbringen. Die Gestaltung attraktiver Arbeitsplätze in der Industrie über eine weitere Flexibilisierung der Arbeitszeit für Eltern, ergonomische Arbeitsplätze oder interne Weiterbildungsmaßnahmen auch für Ältere können ebenfalls das Potenzial qualifizierter Arbeitskräfte für die Industrie verbessern. Verbände und Gewerkschaften können hier über eine Sichtbarmachung von best-practice Beispielen in Unternehmen einen Beitrag leisten.

- MINT-Fächer finanziell stärker fördern
- Finanzielle Unterstützung von Ausbildungsleistungen

- Aus- und Weiterbildung in MINT-Themen attraktiver gestalten

Bewusstsein für Chancen und Risiken des digitalen Wandels

Die Digitalisierung bietet in manchen Geschäftsbereichen neuen Wettbewerbern die Chance auf einen schnellen und erfolgreichen Markteintritt, wenn Potenziale der Digitalisierung effizient genutzt werden. Digitale Plattformen, die sich zwischen Produzent und Kunde setzen, sind in verschiedenen Industriebereichen ein relevantes Risiko für bestehende Geschäftsmodelle. Eine zu langsame Reaktion der Unternehmen auf solche Trends kann existenzbedrohend sein.

Das generelle Bewusstsein für die Chancen und Risiken des digitalen Wandels erhöhen könnte etwa ein verbesserter Wissensaustausch zwischen etablierten Unternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen sowie Start-Ups. Dieser fällt derzeit noch wenig effizient aus. Nicht immer werden Innovationspotenziale aus Forschungseinrichtungen schnell in Geschäftsmodelle transportiert. Institutionelle Rahmenbedingungen wie die „Plattform Industrie 4.0“, auf der sich Unternehmen, Gewerkschaften, Verbände, Wissenschaft und Politik über die Gestaltung und Auswirkungen von Industrie 4.0 austauschen können, müssen gestärkt werden. Auf diese Weise können die Kompetenzen und Handlungsoptionen verschiedener Akteure erfolgreich gebündelt werden.

Daraus ergibt sich zunächst ein Auftrag an die Unternehmen: Um im Unternehmen ein Bewusstsein für Chancen und Risiken des digitalen Wandels zu schaffen, muss eine Auseinandersetzung mit den möglichen Folgen der Digitalisierung für das eigene Unternehmen ausgehend von der Unternehmensführung erfolgen. Vor allem im Mittelstand besteht hierbei noch Nachholbedarf, da oftmals bestehende Geschäftsmodelle evolutionär weiterentwickelt und relevante Entwicklungen im Bereich der digitalen Technologien nicht erkannt werden. Eine stärker auf mittelständische Unternehmen zugeschnittene Informationspolitik durch Verbände, Politik und Gewerkschaften etwa durch die Darstellung von best-practice Beispielen kann unterstützen. Auch eine stärkere Vernetzung von Wirtschaft, Forschungseinrichtungen und Universitäten kann zu einer schnelleren Etablierung technologischer Innovationen in der Wirtschaft beitragen. Bestehende Netzwerke müssen durch Politik und Verbände sichtbar gemacht und effizienter genutzt werden.

- Auf den Mittelstand zugeschnittene Informationspolitik
- Sensibilisierung der Unternehmensführung für Digitalisierung

Angemessene Datenschutz- und Datensicherheitsrichtlinien

Die Digitalisierung eröffnet völlig neue Möglichkeiten der Nutzung von Daten. Insbesondere die strukturierte Erfassung und Auswertung von personenbezogenen Daten, was bereits heute begrenzt zu beobachten ist, wird zur Basis verschiedenster Geschäftsmodelle. Kompetenzen im Bereich Digitales Datenmanagement und den zugehörigen Technologien werden eine Schlüsselrolle für die zukünftige industrielle Produktion einnehmen. Die Früherkennung von Krankheiten durch systematische Auswertung von personenbezogenen Gesundheitsdaten ist nur ein Beispiel für solche Geschäftsmodelle. Unternehmen sind zudem für Entwicklung digitaler Prozesse wie etwa die Fernwartung von Maschinen auf hohe Sicherheitsstandards für den Datentransfer angewiesen. Aufgrund der internationalen Verflechtung sind diese Standards nicht nur auf nationaler, sondern auch auf internationaler Ebene wichtig.

Die bis vor kurzem noch gültige Europäische Datenschutzrichtlinie stammte aus dem Jahr 1995 und wurde mehrheitlich als veraltet angesehen. Die Ende 2015 beschlossene Europäische Datenschutz-Grundverordnung sichert den Bürgern vergleichsweise umfassende Hoheitsrechte über Ihre Daten. Kritiker monieren allerdings, dass die neue Verordnung Geschäftsmodelle, die auf „big data“ beruhen, (zu) stark einschränkt und damit außereuropäischen Konkurrenten in diesem Feld einen Wettbewerbsvorteil verschafft. Hier ist die Politik gefordert, durch eine ausbalancierte nationale Umsetzung der Verordnung eine übermäßige Einschränkung der Wettbewerbsfähigkeit zu verhindern, ohne die digitale Souveränität des Einzelnen zu gefährden. Verbände können durch eine fundierte Informationspolitik Unternehmen unterstützen, die datenbasierte Geschäftsmodelle einsetzen.

Einheitliche Sicherheitsstandards auf internationaler Ebene können Industrieunternehmen die Umsetzung digitaler Prozesse erleichtern. Das Bewusstsein der Unternehmen für die Risiken digitaler Geschäfts- und Produktionsprozesse muss geschärft werden. Anforderungen an die IT-Landschaft insbesondere von kleinen und mittelständischen Unternehmen müssen klar definiert sein und den Unternehmen vermittelt werden. Hier können Verbände und Gewerkschaften über Informationsveranstaltungen und Netzwerkbildung zwischen Unternehmen einen wesentlichen Beitrag leisten. Die Politik sollte sich auf internationaler Ebene für einheitliche Sicherheitsstandards für den Datentransfer einsetzen.

- Internationale Standards bei Datenschutz und -sicherheit
- Schnelle Umsetzung dieser Standards auf nationaler Ebene, um Referenz zu schaffen
- Definition der Anforderungen an zukunftsfähige IT-Landschaft auf Unternehmensebene

Zukunftsfähige Infrastruktur

Neben angemessenen Sicherheitsstandards ist für einen reibungslosen Datenaustausch ein leistungsstarkes Breitbandnetz von hoher Relevanz. Vor allem mittelständische Unternehmen in ländlichen Gebieten sehen hier Nachholbedarf. Ohne ein solches Netz ist die Umsetzung digitaler Standards und Anwendungen nicht effektiv möglich.

Die Vernetzung von Produktionsprozessen, oftmals über Unternehmensgrenzen hinweg, verlangt nach einer gemeinsamen Referenzarchitektur im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien. Auch hier ist eine Lösung auf Europäischer Ebene nationalen Lösungen vorzuziehen. Europäische Schnittstellenstandards hätten das Potenzial, auch auf globaler Ebene Standards zu setzen.

Zudem ist die Industrie trotz einer rückläufigen Energieintensität auf eine stabile und sichere Energieversorgung angewiesen. Die wirtschaftliche tragfähige Umsetzung der Energiewende ist insbesondere für energieintensive Industriebranchen von zentraler Bedeutung. Nicht zuletzt ist für die Industrie ein gut ausgebautes und modernes Straßen- und Schienennetz auch in Zukunft wichtig. Die zunehmende Vorleistungsverflechtung der Industrie führt zu einem verstärkten Transportaufkommen, das zu einem wesentlichen Teil durch Straßen- und Schienentransport bedient wird.

Die Politik sollte den Breitbandausbau mit hoher Priorität vorantreiben und sich auf Europäischer Ebene für eine gemeinsame Referenzarchitektur für die digitale Kommunikation einsetzen. Die Akteure der deutschen Industrie können sich an dieser Stelle über konkrete Vorschläge zur Gestaltung einer solchen Referenzarchitektur einbringen. Energieversorgungs- und Verteilernetze müssen ausgebaut und modernisiert werden. Die deutsche Industrie besitzt im Bereich der Energie- und Ressourceneffizienz sehr gute Zukunftsperspektiven. Zudem wird von Seiten der Industrieunternehmen und -verbände mitunter eine steuerliche Förderung von energieeffizienten Technologien gefordert. Kosten und Nutzen einer solchen Maßnahme sind zu diskutieren. Schließlich muss die Politik in ein modernes und gut ausgebautes Straßen- und Schienennetz investieren, das als Standortfaktor insbesondere für vorleistungsintensive Branchen eine zentrale Rolle spielt.

- Breitbandausbau vorantreiben
- Referenzarchitektur für digitale Kommunikation auf Europäischer Ebene
- Wirtschaftlich tragfähige Energieversorgung sichern
- Straßen- und Schienennetz modernisieren

Innovationsfreundliches Umfeld

Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie speist sich zu einem wesentlichen Teil aus einer ausgeprägten Forschungs- und Entwicklungsaktivität. Vor allem kleinere Unternehmen sowie Start-Ups haben allerdings oftmals Schwierigkeiten, Innovationen zu finanzieren, da sie keine kontinuierliche Forschungs- und Entwicklungsstrategie verfolgen. Oftmals fehlen Kenntnisse über bestehende Fördermöglichkeiten. Ausgründungen aus Universitäten und generell der Wissensaustausch zwischen Wirtschaft und Hochschulen und Forschungseinrichtungen sind ausbaufähig. Die deutsche Industrie ist sehr stark von einzelnen innovativen Branchen wie dem Maschinenbau oder dem Kraftwagenbau abhängig. Während diese Branchen auch weiterhin unterstützt werden sollten, ist eine Innovationsförderung in der Breite sinnvoll, um eine zu starke Abhängigkeit der deutschen Industrie von einzelnen Branchen und damit ein ausgeprägtes Klumpenrisiko zu vermeiden.

Grundsätzlich ist in der deutschen Gesellschaft eine gewisse Skepsis gegenüber technologischem Fortschritt und daraus folgenden Veränderungen zu beobachten, beispielsweise im Bereich der Digitalisierung. Dies bremst etwa die heimische Gründerkultur in Deutschland und ist Ausdruck eines nur bedingt innovationsfreundlichen Umfelds. Gerade weil ein Kulturwandel hin zu einer prinzipiell höheren Aufgeschlossenheit gegenüber technologischen Neuerungen oder einer größeren Gründer- und damit Risikobereitschaft nur sehr langsam gelingen kann, ist das Ziel eines grundsätzlich innovationsfreundlichen gesellschaftlichen Klimas als wichtiges Handlungsfeld zu benennen.

Der Ausbau der Innovationsförderung und insbesondere die unbürokratische Vermittlung bestehender Fördermöglichkeiten für Innovationen können substantiell zu einer Verbesserung des Innovationsumfelds beitragen. Hier sind vor allem Verbände und Gewerkschaften gefordert, ihren Mitgliedern Fördermaßnahmen nahezu bringen und sie beispielsweise bei Beantragung von Fördergeldern zu unterstützen. Die Politik kann helfen, indem finanzielle Mittel möglichst unbürokratisch zur Verfügung gestellt werden. Die Etablierung von Gründerstipendien ist ein möglicher Weg, Innovationsaktivitäten von kleinen, jungen Unternehmen kostengünstig zu fördern. Auch die Verbesserung des Zugangs von jungen Unternehmen zu Wagniskapital stellt einen möglichen Ansatz zur Innovationsförderung dar. Grundsätzlich sollte Innovationsförderung unabhängig vom Technologiefeld stattfinden. Dennoch sollte die Politik darauf achten, eine möglichst in der Breite wirksame Förderlandschaft zu etablieren. Zu überlegen ist, aufgrund der zentralen Bedeutung digitaler Technologien Innovationen in diesem Bereich stärker zu unterstützen.

Politik und Verbände sollen sich für ein gründungsfreundlicheres Umfeld einsetzen. Eine Reformierung des Insolvenzrechts in einer

Form, dass ein zweiter Versuch nach einer gescheiterten Gründung wahrscheinlicher wird, oder eine stärkere Einbindung von Gründern in Gründungs- und Forschungsnetzwerke sind an dieser Stelle sinnvolle Instrumente.

- Finanzielle Förderung von Innovationsleistungen, insbesondere bei kleinen und jungen Unternehmen
- Etablierung einer Gründerkultur in Deutschland
- Etablierung von Netzwerken für Gründer

Fachkräfte sichern

Der demografische Wandel führt, getrieben durch geringe Geburtenraten und damit eine zunehmende Alterung der Gesellschaft, in Deutschland zu einem deutlichen Rückgang des Arbeitskräftepotenzials. Gleichzeitig besteht auch weiterhin eine hohe Nachfrage der Industrieunternehmen in Deutschland nach gut ausgebildeten Fachkräften. Teilweise ist die Vereinbarkeit von Familie und Beruf nur schwierig möglich. Dies verhindert eine stärkere Arbeitsmarktpartizipation insbesondere von Frauen. Auch die Integration bestimmter Gruppen wie Menschen mit Behinderung oder nicht deutsch sprechender Fachkräfte läuft teilweise noch nicht reibungslos.

Maßnahmen zur gezielten Qualifizierung dieser Personengruppen durch Politik und Wirtschaft kann hier brachliegendes Arbeitskräftepotenzial erschlossen werden. Programme wie „Start in den Beruf“ durch die Sozialpartner der Chemischen Industrie zur Qualifizierung nicht ausbildungsreifer Jugendlicher sollten ausgebaut werden. Die duale Ausbildung sollte als Möglichkeit des Berufseinstiegs gegenüber dem Studium gestärkt werden. Eine weitere Flexibilisierung der Arbeitszeit, die Fortführung des flächendeckenden Ausbaus der Kinderbetreuung oder die Nutzung die stärkere Nutzung von Lebensarbeitszeitkonten können ebenfalls einen wesentlichen Beitrag zur Fachkräftesicherung leisten.

- Integration in den Arbeitsmarkt erleichtern
- Arbeitszeit flexibilisieren
- Vereinbarkeit von Familie und Beruf weiter verbessern

Die deutsche Industrie kann auch künftig erfolgreich sein

Die deutsche Industrie ist in vielen zentralen Punkten gut für die Zukunft vorbereitet. Sie ist international wettbewerbsfähig und stützt sich auf eine hohe Innovationskraft. Insbesondere in verschiedenen Maschinentechnologien sowie in Gesundheitstechno-

logien sind deutsche Industrieunternehmen im internationalen Vergleich gut aufgestellt. Dadurch verfügt die deutsche Industrie über eine gute Basis, um von der künftig voraussichtlich global hohen Nachfragedynamik in den Leitmärkten Mobilität und Logistik, Umwelt und Klima, Energie- und Ressourceneffizienz sowie Gesundheit zu profitieren. Ein Schwachpunkt ist die geringe Forschungs- und Entwicklungsaktivität im Bereich digitaler Technologien. Diese weisen einen Querschnittscharakter auf und werden zukünftig in vielen industriellen Geschäftsmodellen eine zentrale Rolle spielen. Wirtschaft, Politik und Gewerkschaften sind vor diesem Hintergrund aufgefordert, das Bewusstsein insbesondere für die Chancen und Risiken des digitalen Wandels aber auch für die Auswirkungen weiterer Megatrends wie dem demografischen Wandel für die deutsche Industrie weiter zu schärfen – und daraus die richtigen Schlussfolgerungen zu ziehen.

Literatur

- BCG (2015): Industry 4.0 – The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, Boston Consulting Group.
- BDI (2011): Deutschland 2030 – Zukunftsperspektiven der Wertschöpfung, Bundesverband der Deutschen Industrie.
- BDI (2013): Die Gesundheitswirtschaft – ein stabiler Wachstumsfaktor für Deutschlands Zukunft, Strategisches Programm des BDI-Ausschusses für Gesundheitswirtschaft, Bundesverband der Deutschen Industrie.
- BDI / Roland Berger (2015): Die digitale Transformation der Wirtschaft, Bundesverband der Deutschen Industrie und Roland Berger Strategy Consultants.
- Berenberg / HWWI (2015): Digitalökonomie – Strategie 2030. Berenberg und Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut.
- BITKOM / Fraunhofer IAO (2014): Industrie 4.0 - Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien und Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation.
- BMBF (2006): Die Hightech Strategie für Deutschland, Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BMBF (2008): Roadmap Umwelttechnologien 2020, State-of-the-Art Report, Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BMBF (2014): Die neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland, Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- BMWi (2012): Technologie- und Innovationspolitik – Neue Initiativen für ein technologiefreundliches Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.
- BMWi (2014): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- BMWi (2015a): BMWi-Monitoring-Report Digitale Wirtschaft 2015. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- BMWi (2015b): Industrie 4.0 – Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland, Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- BMWi (2015c): Bestandsaufnahme Leichtbau in Deutschland, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
- Christensen, C. M. et al. (2015): What is disruptive innovation?, Harvard Business Review, Dezember 2015.

- Commerzbank (2015): Management im Wandel – Digitaler, effizienter, flexibler!, Commerzbank.
- DIHK (2009): "Jenseits der Krise - Substanz und Zukunft des Industriestandortes Deutschlands" aus Sicht der Industrieunternehmen 2009, Deutscher Industrie- und Handelskammertag.
- EFI (2015): Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands, Expertenkommission Forschung und Innovation.
- Europäisches Patentamt München (2013): Patente für Software? Rechtsgrundlagen und Praxis im Europäischen Patentamt.
- Falck, O. et al. (2015): Industrie 4.0 – Erwartungen und absehbare Effekte, ifo Schnelldienst 10/2015.
- Forschungsunion / acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Forschungsunion und Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- Fraunhofer IAO (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation.
- Hans-Böckler-Stiftung (2012): Industriepolitik und Unternehmensstrategie – Strategische Unternehmenspolitik im Kontext der Debatte um Industriepolitik in Deutschland am Beispiel des globalen Technologiekonzerns Siemens, Hans-Böckler-Stiftung.
- IAB (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft, IAB Forschungsbericht 8/2015, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit.
- IW / vbw (2015): Hybride Geschäftsmodelle – als Lösungsanbieter zum Erfolg, eine Studie von IW Consult für die vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft.
- KPMG (2013): Survival of the Smartest – Welche Unternehmen überleben die digitale Revolution? KPMG AG.
- Luk, T. (2005): Management-Wettbewerb-Patentstrategien in F&E-intensiven Unternehmen, Wissenschaftsmanagement 4/2005.
- Lybbert, T. / Zolas, N. (2012): Getting patents and economic data to speak to each other: An 'algorithmic links with probabilities' approach for joint analyses of patenting and economic activity, U.S. Census Bureau Center for Economic Studies Paper No. CES-WP 12-16.
- McKinsey (2015): Industry 4.0 – How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector, McKinsey Digital.
- Münchener Kreis (2014): Digitalisierung – Achillesferse der deutschen Wirtschaft?, Zukunftsstudie 2014 des Münchener Kreises.

Nusser, M. / Tischendorf, A. (2005): Innovative Pharmaindustrie als Chance für den Wirtschaftsstandort Deutschland, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung und A.T. Kearney.

Prognos (2015): Prognos Weltreport 2015.

Prognos / Management Engineers (2012): Die Industrie – Der Treiber des Erfolgs. Und was die Zukunft von uns erwartet.

Prognos / vbw (2015a): Arbeitslandschaft 2040, eine Prognos-Studie für die vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft.

Prognos / vbw (2015b): Digitalisierung als Rahmenbedingung für Wachstum – Update, eine Prognos-Studie für die vbw – Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft.

PwC (2014): Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution, PricewaterhouseCoopers.

Schmoch, U. (2008): Concept of a Technology Classification for Country Comparisons, Final Report to the World Intellectual Property Organisation (Wipo), Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research.

UBA (2007): Umweltpolitische Innovations- und Wachstumsmärkte aus Sicht der Unternehmen, Umweltbundesamt.

UBA (2008): Innovationsdynamik und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in grünen Zukunftsmärkten, Umweltbundesamt.

Wieselhuber / Fraunhofer IPA (2015): Geschäftsmodell-Innovation durch Industrie 4.0 – Chancen und Risiken für den Maschinen- und Anlagenbau, Dr. Wieselhuber & Partner GmbH und Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung.

Wirtschaftsbericht Ruhr (2012): Leitmärkte und Beschäftigungsstrukturen.

Zukunftsrat (2015): Bayerns Zukunftstechnologien – Analyse und Handlungsempfehlungen, Zukunftsrat der Bayerischen Wirtschaft.

ZVEI (2010): Elektromobilität – Industrieübergreifender Ansatz zum Aufbau eines Leitmarkts, Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie.