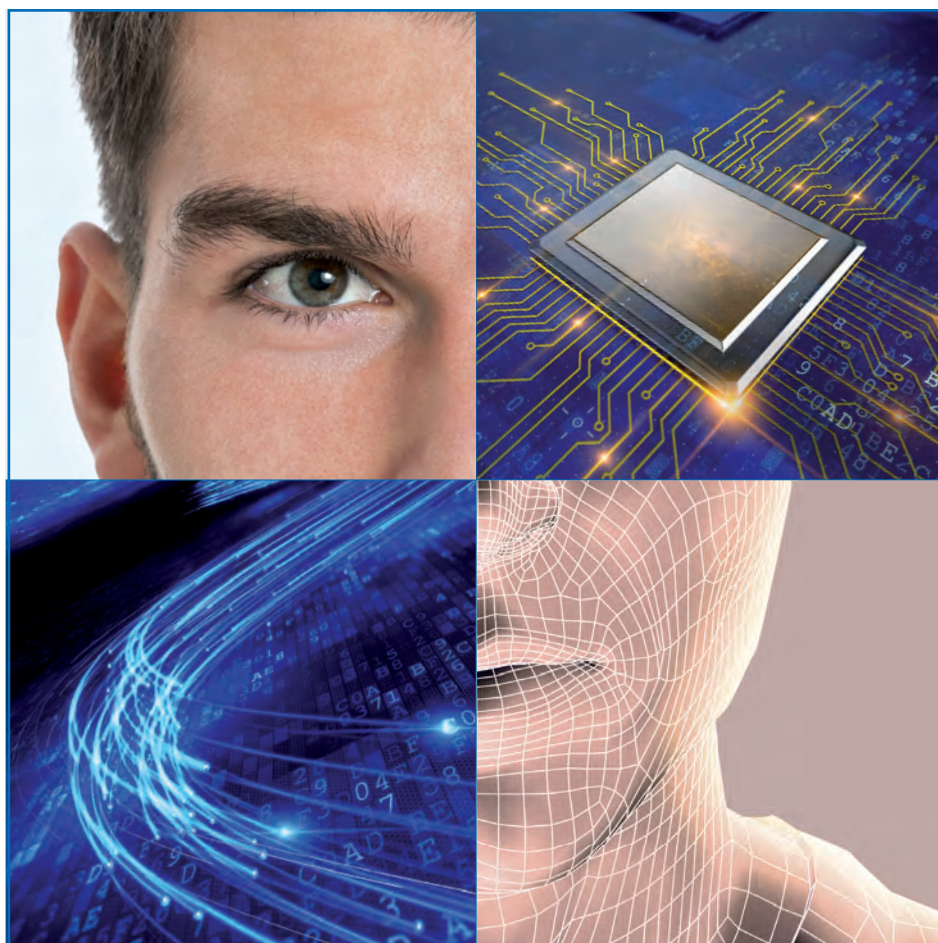


Studie

Die Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung

Innovationschancen nutzen,
Innovationshemmnisse abbauen





Impressum

Die Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung

Auftraggeber:

ZVEI e. V. / Initiiert aus dem Vorstandsarbeitskreis
Innovationspolitik

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und
Elektronikindustrie e. V.
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main
www.zvei.org

Mit freundlicher Unterstützung der Unternehmen
Infineon Technologies AG, Robert Bosch GmbH,
Sennheiser electronic GmbH & Co. KG, Siemens AG

Autorenteam:

Fraunhofer ISI: Dr. Rainer Frietsch, Dr. Bernd Beckert,
Dr. Stephanie Daimer, Dr. Christian Lerch, Dr. Niclas Meyer,
Dr. Peter Neuhäusler, Oliver Rothengatter
IW Consult: Dr. Karl Lichtblau, Manuel Fritsch,
Hanno Kempermann, Dr. Thorsten Lang,

Steuerkreis:

Dr. Norbert Lütke-Entrup, Dr. Sicco Lehmann-Brauns,
Siemens AG
Dr. Nathalie Martin-Hübner, Robert Bosch GmbH
Volker Bartels, Sennheiser electronic GmbH & Co. KG
Dr. Alfred Hoffmann, Infineon Technologies AG
sowie

Expertenteam des ZVEI e. V. unter

Leitung von Dr. Klaus Mittelbach:

Dr. Bernhard Diegner, Dr. Andreas Gontermann,
Dr. Christian Kellermann-Langhagen, Dr. Patricia Solaro
www.zvei.org

November 2016

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI
keine Haftung für den Inhalt. Alle Rechte, insbesondere
die zur Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung
sowie der Übersetzung, sind vorbehalten.

Ansprechpartner

Dr. Rainer Frietsch
Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Str. 48
76139 Karlsruhe
Telefon: 0721 6809-197
E-Mail: rainer.frietsch@isi.fraunhofer.de



INHALT

Executive Summary	4
1 Einleitung	8
2 Megatrend Digitalisierung	10
2.1 Chancen der Digitalisierung	10
2.2 Stand der Digitalisierung	13
2.3 Hemmnisse der Digitalisierung	21
2.4 Fokusthema: Digitale Schlüsseltechnologien	24
2.5 Fokusthema: Breitband	26
2.6 Ableitung der Fragestellungen für die Studie	29
3 Bedeutung der Elektroindustrie	30
3.1 Abgrenzung und Beiträge zum Geschäftsmodell Deutschland	30
3.2 Märkte, Marktführerschaft und Konkurrenzsituation	35
4 Die Elektroindustrie in der Wertschöpfungskette	37
4.1 Produktionsnetze – Elektroindustrie als Enabler	37
4.2 Die Elektroindustrie als Wissensimpulsgeber	42
4.3 Elektroindustrie ein wichtiger Partner	46
5 Enabler-Funktion der Elektroindustrie für die Digitalisierung	50
5.1 Digitale Aktivitäten in Kernmärkten der Elektroindustrie	50
5.1.1 Digitalisierungsstrategien	50
5.1.2 Digitale Produkte und Dienstleistungen	55
5.2 Schlüsseltechnologie-Patente und CIE	56
5.3 Fokusthema: Maschinell erzeugte Daten	59
6 Innovationspolitische Einordnung und Handlungsempfehlungen	62
7 Referenzen	79



EXECUTIVE SUMMARY

Die digitale Transformation ist ein unaufhaltbarer Megatrend, der Unternehmen, Branchen und ganze Volkswirtschaften grundlegend verändert. Aus Wertschöpfungsketten werden digitale Wertschöpfungsnetze. Branchen wandeln sich grundlegend, und es ist noch nicht ausgemacht, welche Akteure an welchen Standorten die mit der Digitalisierung verbundenen hohen Wertschöpfungspotenziale nutzen werden. Es besteht jedoch die Gefahr eines Digital Divide mit wenigen Großunternehmen auf der einen Seite, die durch eine intensive Nutzung der Digitalisierung gekennzeichnet sind. Auf der anderen Seite steht eine große Zahl an kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs) deutlich entfernt von digitalen Produkten, Prozessen oder Geschäftsmodellen.

Vor diesem Hintergrund werden in der hier vorgelegten Studie eine Standortbestimmung und ein Ausblick für die deutsche Elektroindustrie auf Basis einer repräsentativen Befragung der Mitgliedsunternehmen des ZVEI vorgenommen und Handlungsempfehlungen für die Branche sowie für die Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen formuliert.

Dabei wird deutlich, dass die Digitalisierung kein Selbstläufer ist und ein hohes disruptives Potenzial besitzt. Die mit der Digitalisierung verbundenen Chancen müssen daher bewusst ergriffen und strategisch angegangen werden. Dazu ist Gestaltungswille in den Unternehmen, in der Politik, in der Wissenschaft und in der Gesellschaft notwendig. Die Unternehmen werden die digitale Transformation nicht allein bewältigen können, sondern sind auf die Unterstützung insbesondere der Politik und der Gesellschaft angewiesen.

In der vorliegenden Studie wurden erstmals die Bedeutung der Elektroindustrie für die digitale Transformation und deren Umsetzungsstand wissenschaftlich untersucht. Basis waren neben Sekundärdatenanalysen drei repräsentative Befragungen mit mehr als 2.500 Befragten: erstens der Mitgliedsunternehmen des ZVEI, zweitens der Zulieferer und Kunden der Elektroindustrie – d. h. Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und industrienaher Dienstleistungen – im Rahmen des IW-Zukunftspanels sowie drittens Ergebnisse der Erhebung „Modernisierung der Produktion“ des Fraunhofer ISI.

Ergebnisse von Standortbestimmung und Ausblick

Die Digitalisierung ist in der Elektroindustrie als digitaler Leitbranche im Vergleich mit der deutschen Wirtschaft insgesamt sowohl in der Umsetzung als auch in der strategischen Ausrichtung weiter entwickelt. Als Anwender der Digitalisierung besitzt die Elektroindustrie im Digital Index einen doppelt so hohen Indexwert wie die Gesamtwirtschaft. Mit im Vergleich zu anderen Branchen hohen Nutzeranteilen bei digitalen Technologien und Geschäftsmodellen ist die Elektroindustrie einer der führenden Anwender im Verarbeitenden Gewerbe. So nutzen derzeit bereits 90 Prozent der Unternehmen Smart Processes, zwei Drittel nutzen Smart Products und die Hälfte Smart Services.

Gleichwohl steht auch die Elektroindustrie als Anbieter digitaler Produkte und Services erst am Anfang. Derzeit erwirtschaftet die Branche erst etwas mehr als 20 Prozent ihrer Umsätze mit digitalen oder digital veredelten Produkten oder Dienstleistungen. Dabei



stehen mit einem Umsatzanteil von 15 Prozent v. a. Smart Products im Mittelpunkt der digitalen Angebote der Unternehmen. Neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungsangebote, in denen besonders hohe Wertschöpfungspotenziale erwartet werden, stehen hingegen noch ganz am Anfang.

Die Elektroindustrie ist (nach dem Fahrzeugbau) die Branche mit den zweithöchsten FuE-Aufwendungen in Deutschland. Mit 15,5 Milliarden Euro stammte 2015 ein Viertel aller FuE-Aufwendungen der Industrie hierzulande aus der Elektroindustrie. Für die Digitalisierung der gesamten Wirtschaft sind es gerade die forschungsintensiven Teilbereiche wie bspw. Halbleiter, Sensoren oder Aktoren, mit denen die Elektroindustrie zur Weiterentwicklung des Standorts Deutschland beiträgt. Auch die Innovationsintensität der Branche ist überdurchschnittlich hoch: Gemessen am Umsatz liegen die Aufwendungen für Produkt- und Prozessinnovationen doppelt so hoch wie im Verarbeitenden Gewerbe und mehr als dreieinhalbfach so hoch wie in der Gesamtwirtschaft.

40 Prozent aller in Deutschland angemeldeten transnationalen Patente stammen aus der Elektroindustrie. In Schlüsseltechnologien wie digitalen Kommunikationstechnologien, Bildgebung, Mikro- und Nanoelektronik, Leistungselektronik und industriellen Anwendungen (Sensoren, Aktoren, Maschinensteuerungen) stammen deutlich mehr als die Hälfte der Patente deutscher Unternehmen aus der Elektroindustrie. Zu den sogenannten computerimplementierten Erfindungen (CIE) in Deutschland trägt die Elektroindustrie rund 60 Prozent bei.

Die Elektroindustrie besitzt eine zentrale Bedeutung für die Wertschöpfungsnetze in Deutschland und weltweit: Als Drehscheiben-Industrie und Enabler liefert sie mit 25 Milliarden Euro die höchsten Vorleistungen in andere Branchen (Vergleich Chemie (ohne Pharma): 17 Milliarden). Dadurch vernetzt sie global Märkte und trägt dazu bei, dass die Produkte der Zuliefererindustrien weltweit abgesetzt werden. In Kombination mit der hohen Innovationsintensität wird die Elektroindustrie damit zu einer der wichtigsten Quellen von Wissens- und Technologieimpulsen für die gesamte Wirtschaft. Ein Großteil der Innovationsleistung der Elektroindustrie kommt de facto anderen Branchen zugute – auch und gerade im Bereich der Digitalisierung. Weltweit gibt es keine andere Branche, deren Technologien so stark mit anderen Technologiefeldern vernetzt sind wie die Elektroindustrie.

Herausforderungen und Handlungsempfehlungen

Die künftige internationale Wettbewerbsfähigkeit der Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung wird in hohem Maße davon abhängen, dass die nachfolgend genannten Herausforderungen von Wirtschaft, Gesellschaft und Politik gemeinsam gemeistert werden. Die ersten drei ergeben sich direkt aus der Befragung der ZVEI-Mitgliedsunternehmen, die weiteren Themen aus den Ergebnissen dieser Studie.



EXECUTIVE SUMMARY

Die Studie zeigt Handlungsbedarf für Unternehmen, Politik und Wissenschaft in sieben Feldern auf:

1. Fachwissen bereitstellen

- Digitale Kompetenzen über die gesamte Bildungskette ausbauen
- Aufwertung der Digitalisierung in den Fachdidaktiken sowie in der Aus- und Fortbildung der Lehrer

2. Datensicherheit gewährleisten

- Datensicherheit fördern auf Basis von „Security by Design“-Ansätzen
- Aufbau von Plattformen zur IT-Sicherheit, um die Verbreitung von geeigneten Lösungen zu unterstützen
- Teilnahme an internationaler Standardisierung

3. Breitband flächendeckend leistungsfähig machen

- Kommunikationsinfrastrukturen auf die Qualitätsanforderungen der industriellen Anwendungsfelder ausrichten (Industrietauglichkeit: Latenz, Symmetrie, Stabilität etc.)
- Technologieneutraler Ausbau bei Festnetz und Mobilfunk
- Zusätzliche Investitionsprojekte fördern und als öffentlich-private Partnerschaften (PPP) aufbauen

4. Schlüsseltechnologien stärken

- Besonderer Handlungsbedarf besteht bei Netzkommunikation und Datenanalyse wie auch bei Mikroelektronik, Sensorik, Aktorik und Embedded Software
- Regelmäßiges Kompetenzmonitoring
- Ausbau von international ausgerichteten FuE-Forschungsschwerpunkten z. B. in den Bereichen Netzkommunikation und Datenanalyse

5. Wertschöpfungspotenziale weiter heben

- Entwicklung digitaler Angebote in der strategischen Unternehmensplanung ausbauen, v. a. bei neuen Geschäftsmodellen und Smart Services
- Datengetriebene Innovationen stärker unterstützen: Datennutzungsrechte klären, um Potenziale bei datenbasierten Dienstleistungen (z. B. Nutzung von Maschinendaten) zu heben; gleichzeitig Vermeidung innovationshemmender Regulierungen für datenbasierte Dienste
- Regulative Widersprüche bei Richtlinien wie der Funkanlagen-, der Fahrzeug-, der Maschinen- oder der Niederspannungsrichtlinie beseitigen
- Wertschöpfungsnetzwerke aufbauen und KMUs mitnehmen;
- Angemessene Erhöhung der FuE-Aufwendungen sowohl der Unternehmen als auch des Staates (s. Punkt 6)



6. Forschungs- und Innovationspolitik neu denken

- Breiteren Innovationsbegriff zugrunde legen, digitale Geschäftsmodellentwicklung bzw. Smart Services stärker berücksichtigen
- Engere Koordination zwischen Ressorts in Bezug auf Querschnitts- und Schlüsselthemen
- Förderinstrumentarium um steuerliche Förderung von forschenden Unternehmen ergänzen
- Kohärenz und Transparenz der staatlichen Förderung steigern und diese konsequent an der Hightech-Strategie ausrichten
- Digitale Schlüsseltechnologien mit kritischer Masse fördern, Aufbau von Exzellenzzentren fortführen sowie themenoffene Förderangebote stärken
- ZIM weiterentwickeln: marktnahe Innovationsaktivitäten stärker fördern, insbesondere die Netzwerkförderung von Großunternehmen und KMU
- Wissensnetzwerke stärken: Kompetenzzentren nach dem Vorbild der Industrie 4.0-Kompetenzzentren auch für andere Schlüsselmärkte ausbauen

7. Volkswirtschaftliche Indikatorik weiterentwickeln

- Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Indikatoren und Kennzahlen weiterentwickeln, damit sie auch im Zeitalter der Digitalisierung die Bedeutung der Branchen im Wirtschaftsgefüge adäquat widerspiegeln
- Investitionen weit fassen: über die „klassischen“ Ausrüstungsinvestitionen hinaus auch FuE-, Innovations- und Bildungsaufwendungen sowie Investitionen in nicht tangible Assets bzw. Wissens-/ Humankapital, Software und Prozesse etc. berücksichtigen („erweiterter Investitionsbegriff“)



1. EINLEITUNG

Kaum ein Thema wird derzeit in Politik und Wirtschaft mehr diskutiert als die Digitalisierung. Die Digitalisierung ist ein Querschnittsphänomen, das alle Branchen und Märkte von der Industrie bis zu Dienstleistungen betrifft und nicht selten völlig neue Geschäftsmodelle hervorbringt. Allerdings befindet sich die deutliche Mehrheit der deutschen Unternehmen noch in der Startphase: Mit der Umsetzung haben erst wenige Unternehmen begonnen.

Der globale Wettbewerb um die digitalen Märkte der Zukunft ist noch nicht entschieden. Die Unternehmen können im globalen Wettlauf um die Digitalisierung gleichwohl nur dann bestehen, wenn die Politik diesen mit den richtigen Maßnahmen flankiert. Aber auch die Unternehmen selbst stehen vor der Herausforderung, die Digitalisierung strategisch einzubinden und ihre Geschäftsmodelle weiterzuentwickeln.

In dieser Studie wird beleuchtet,

- wo die deutsche Wirtschaft bei der digitalen Transformation steht,
- welche Treiber wesentlichen Einfluss haben,
- welche Hemmnisse bremsen und
- welche Handlungsempfehlungen abzuleiten sind.

Als roter Faden dient dabei die Rolle der Elektroindustrie als Leitbranche der digitalen Transformation.

Der digitale Wandel, wie er derzeit weltweit in industrialisierten Ländern stattfindet, unterscheidet sich von Veränderungsprozessen früherer Dekaden deutlich. Neue Dienstleistungen und neue Geschäftsmodelle werden auf Basis von digital vernetzten Technologien entwickelt. Erzeugnisse der Elektroindustrie, von der Elektronik bis zur industriellen Software, spielen hier eine wesentliche Rolle als Enabler. Entsprechend dynamisch entwickeln sich die digitalen Leitmärkte der Elektroindustrie, die von Energie über Wohnen, Gesundheit und Mobilität bis hin zu Fabrik- und Prozessautomatisierung (Industrie 4.0) reichen.

Mit Blick auf die Elektroindustrie zeigt die Studie auf, wie wichtig diese Branche sowohl als Anbieter als auch Anwender für den Erfolg der digitalen Transformation Deutschlands ist. Die Ergebnisse zeigen, dass die Elektroindustrie vielfältige Impulse generiert und als Leitbranche der Digitalisierung betrachtet werden muss. Die Technologien der Elektroindustrie stecken in vielen Produkten anderer Branchen. So stammt jede dritte Innovation in der Industrie aus der Elektroindustrie – und in modernen Automobilen bauen sogar vier von fünf Innovationen auf diesen Technologien auf.¹

¹ Sebastian Schmidt: Infineon setzt auf Internet der Dinge, Börsen-Zeitung, 25.08.2015.



Um die Studie empirisch zu validieren, wurden Ergebnisse dreier groß angelegter Befragungen berücksichtigt:

- Erstens wurden die ZVEI-Mitgliedsunternehmen eigens für diese Studie befragt,
- zweitens wurden andere Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und industrienäher Dienstleistungen im Rahmen des IW-Zukunftspanels zu den hier adressierten Themen befragt,
- drittens wurden Ergebnisse der Erhebung „Modernisierung der Produktion“ des Fraunhofer ISI mit aufgenommen.

Die Digitalisierung stellt aber auch die ökonomische Forschung vor große Herausforderungen, denn es werden neue Faktoren relevant, die bisher nicht erfasst werden oder derzeit gar nicht erfassbar sind. Zwar werden klassische Indikatoren wie die Ausgaben für Forschung und Entwicklung, Patente oder auch Hochtechnologieexporte weiterhin wichtig bleiben, Technologien sind jedoch in Zukunft noch mehr als bisher zwar notwendige, aber keineswegs mehr hinreichende Voraussetzung. Neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungsinnovationen stammen nicht aus formalen Forschungs- und Entwicklungsprozessen in Forschungsabteilungen von Unternehmen, sondern werden kundenorientiert und teilweise auch gemeinsam mit dem Kunden vorangetrieben. Somit entsteht ein Erfassungsproblem, das mit klassischen Indikatoren alleine nicht behoben werden kann.

Es bedarf deshalb eines erweiterten Sets an Indikatoren, um das notwendige Umdenken in der Wirtschafts- und Innovationspolitik zu unterstützen.

Der hier vorliegende Bericht hat zum Ziel, die mit der Digitalisierung einhergehenden Veränderungen im industriellen Kontext darzustellen. Das Kapitel 2 beschäftigt sich mit dem Megatrend der Digitalisierung, führt die grundlegenden Definitionen ein, zeigt den Stand der digitalen Transformation der deutschen Wirtschaft und benennt wesentliche Hemmnisse. Kapitel 3 analysiert die Bedeutung der Elektroindustrie als wissensintensive, aber oft unterschätzte Branche, die wesentlich zum Erfolg des industriegeprägten „Geschäftsmodells Deutschland“ beiträgt. In Kapitel 4 wird diese Sichtweise erweitert und die Rolle der Elektroindustrie als Technologiegeber in den Wertschöpfungsnetzwerken betont. In dem anschließenden Kapitel 5 wird die Rolle der Elektroindustrie als Leit- und Schlüsselbranche der Digitalisierung analysiert und ihre Vorreiterrolle gezeigt. Abschließend werden aus diesen Befunden Handlungsempfehlungen sowohl für die Wirtschaft als auch für die politischen Entscheidungsträger abgeleitet.



2. MEGATREND DIGITALISIERUNG

Die Digitalisierung entfaltet große Chancen für die Unternehmen. 85 Prozent der Unternehmen in Deutschland halten die Digitalisierung für wichtig (BMW i 2016). Die digitale Transformation findet in umfassender Art und Weise statt – Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle erfahren einen radikalen Wandel. Gleichwohl stehen die meisten Unternehmen bei der digitalen Transformation noch in den Startlöchern. Deshalb müssen Hemmnisse überwunden werden, um die Chancen vollständig zur Entfaltung zu bringen. Hemmnisse wie fehlendes Fachwissen, mangelndes Vertrauen in die Datensicherheit oder eine unzulängliche Breitbandversorgung erschweren eine erfolgreiche Transformation.

2.1 Chancen der Digitalisierung

Die Digitalisierung verändert die Welt in rasantem Tempo. Sie durchdringt alle Lebenswelten. Unternehmen, Verbände, Wissenschaft und Politik beschäftigen sich immer stärker mit diesem Megatrend. Auch in der Medienwelt nimmt die Digitalisierung immer breiteren Raum ein. Die Meldungen in Onlinemedien dazu sind sprunghaft gestiegen. Im September 2016 wurden fünfmal so viele Artikel mit dem Begriff Digitalisierung gesucht wie noch im September 2011.

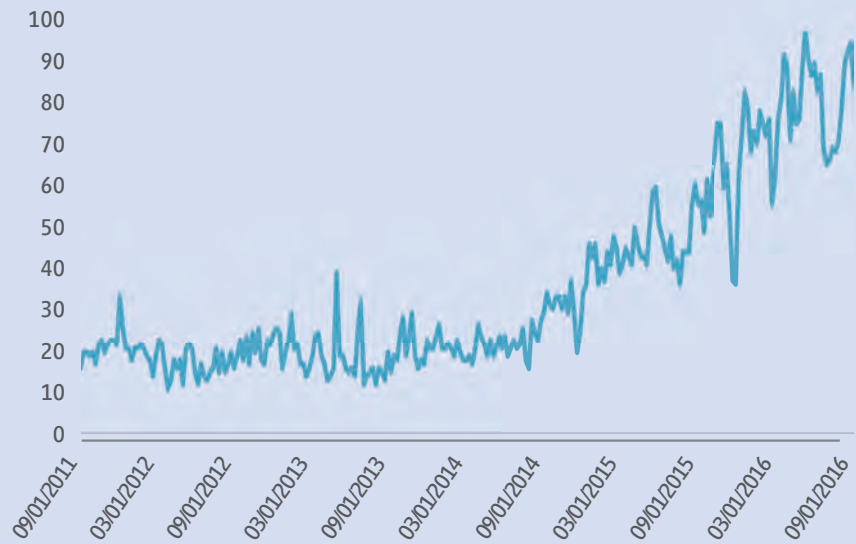
Über die Hälfte der Berichte über Themen wie Industrie 4.0 fallen positiv aus, nur vier Prozent haben einen negativen Tenor (Sonderauswertung der IW Consult via ubermetrics, 2016). Die Digitalisierung ist ein Zukunftsthema, das als Chance für den Industriestandort Deutschland begriffen wird. Das zeigen einschlägige Untersuchungen (u. a. ZEW 2016):

- 85 Prozent der Unternehmen in Deutschland halten die Digitalisierung für wichtig.
- Zwei Drittel der deutschen Industrieunternehmen wollen durch Industrie 4.0 ihre Effizienz und Umsätze erhöhen.
- Jedes vierte Unternehmen im Verarbeitenden Gewerbe investierte 2015 mehr als zehn Prozent des Umsatzes in Digitalisierungsprojekte.

Viele Studien weisen auf die hohen Wertschöpfungseffekte hin:

- Analysten von Roland Berger (2015) sehen in der Digitalisierung bis 2025 ein Potenzial von insgesamt 1,25 Billionen Euro für die europäische Industrie.
- Eine Metastudie des Bundeswirtschaftsministeriums (Wischmann et al. 2015) schätzt den Effekt von Industrie 4.0 für Deutschland in den nächsten fünf Jahren auf ein zusätzliches Prozent des BIP pro Jahr.

Abb. 1: Aufmerksamkeit für Digitalisierung in den Onlinemedien



Quelle: Sonderauswertung der IW Consult via Google Trends (2016)

Die Werte geben das Suchinteresse relativ zum höchsten Punkt im Diagramm im festgelegten Zeitraum an. Der Wert 100 steht für die höchste Beliebtheit dieses Suchbegriffs. Der Wert 50 bedeutet, dass der Begriff halb so beliebt ist.

Digitalisierung ist aber kein Selbstläufer und hat ein hohes disruptives Potenzial. Damit einher geht die Gefahr, dass Deutschland den Anschluss bei der Digitalisierung international (weiter) verliert und auch die industriellen Kernmärkte wie der Fahrzeug- oder der Maschinenbau durch agilere Wettbewerber aus den USA und Asien unter starken Wettbewerbsdruck geraten.

Auch müssen die mit der Digitalisierung einhergehenden Chancen erst noch gehoben werden. Dazu ist in den Unternehmen, in der Politik, in der Wissenschaft und der Gesellschaft Gestaltungswille notwendig. Die Elektroindustrie hat dabei eine Schlüsselrolle – sie leistet entscheidende Beiträge durch die Ausrüstung aller Branchen mit digitalen Technologien.

Digitalisierung im Kontext der Elektroindustrie

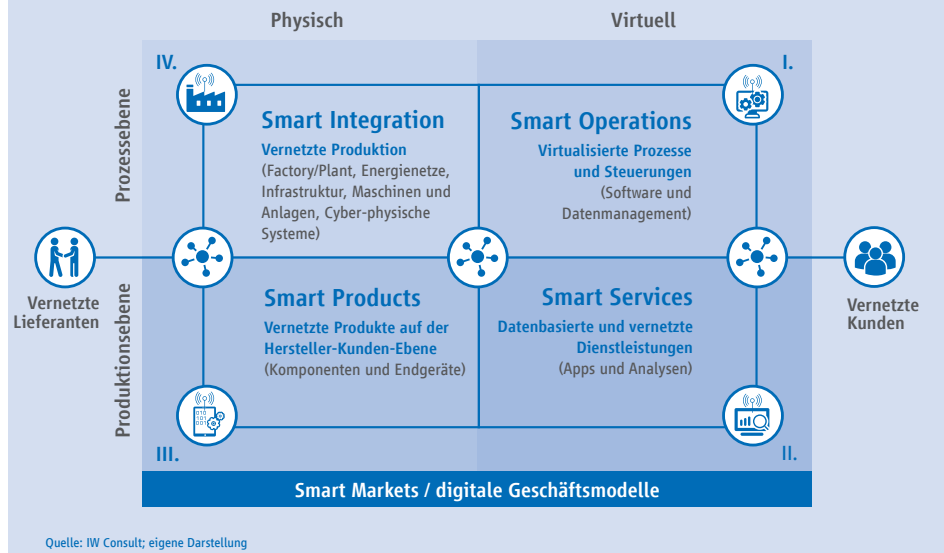
Bevor diese Schlüsselrolle der Elektroindustrie in den nächsten Kapiteln eingehend analysiert wird, soll zunächst erläutert werden, welches Konzept der Digitalisierung dieser Studie zugrunde liegt. Das ist notwendig, weil die Digitalisierung durch ihre begriffliche Weite eine Unschärfe hat.

Unter Digitalisierung wird die Sammlung, Verdichtung, Analyse, Weiterverarbeitung und Weitergabe von Daten verstanden, und im erweiterten Sinne auch die darauf basierende automatisierte Ableitung und Umsetzung von Entscheidungen (z. B. autonom agierende Maschinen im Wertschöpfungsnetzwerk). So sachlich richtig diese Definition ist, so wenig hilft sie bei der Abschätzung der ökonomischen Potenziale. Auch alle Versuche, die Digitalisierung als ein Branchenkonzept (etwa IKT-Branche plus Internetwirtschaft) zu verstehen, greifen zu kurz. Digitalisierung ist ein Querschnittsphänomen, das alle Unternehmen, Branchen, Märkte, Prozesse, Produkte und Technologien berührt.

Zwei wesentliche technische Entwicklungen treiben die Digitalisierung der Wirtschaft:

- Das ist erstens die Vernetzung von Menschen und Maschinen durch das Internet mittels alter und neuer Kommunikationstechnologien. Sie erlaubt neue Formen der Kommunikation, der Interaktion und der Arbeitsteilung. Die nahezu grenzenlose Vernetzung generiert eine Fülle von Daten, deren Auswertung und Nutzung zu neuen Geschäftsmodellen und Services mit hohem ökonomischem Potenzial führt. Der wichtigste Rohstoff dieser neuen Geschäftsmodelle sind Daten.

Abb. 2: Dimensionen der Digitalisierung



- Zweitens entstehen verbesserte Fähigkeiten, Prozesse mit Algorithmen zu beschreiben und zu simulieren und damit „digitale Zwillinge“ der physischen Welt zu schaffen. Neben der Vernetzung liegt in dieser Virtualisierung von Produkten und Prozessen das eigentliche disruptive Potenzial der Digitalisierung.

Die Zielrichtung ist klar: Wir sind auf dem Weg zu einer Datenökonomie, weil nahezu alles mit Datenmodellen beschrieben und in Echtzeit bereitgestellt werden kann. Diese technische Dimension der Digitalisierung lässt sich gut fassen, wenn zwischen der Produkt- und der Prozessebene einerseits sowie zwischen der physischen und der virtuellen Welt andererseits unterschieden wird (Abbildung 2). Daraus ergeben sich vier Felder:

Smart Integration: Dazu zählen z. B. in der Produktion Anlagen und Maschinen, die in datengestützten Cyber-Physischen Systemen gesteuert werden. Das ist eine Fortentwicklung der klassischen Automatisierungstechnik und Robotik, deren Möglichkeiten durch innerbetriebliche und betriebsübergreifende Vernetzungen deutlich erweitert werden. Am Ende werden selbst lernende und sich steuernde Prozesse in Echtzeit-Wertschöpfungsnetzen stehen. Gleiches gilt analog für andere industrielle Domänen, etwa die Gebäudetechnik oder die Energiewirtschaft.

Smart Products: Darunter sind physisch-materielle Produkte zu verstehen, die über Sensoren und Aktoren eine Beobachtung und Steuerung in der Nutzungsphase des Produkts beim Kunden zulassen. Hersteller und Verbraucher bleiben so über den gesamten Lebenszyklus verbunden. Industrienähe Dienstleistungen bekommen in digitalen Geschäftsmodellen eine ganz neue Dimension.

Smart Operations: Hier geht es um die Virtualisierung von physischen Prozessen – also um die Modellierung durch die zuvor genannten digitalen Schatten oder Zwillinge. Dadurch können Planungs- und Steuerungsprozesse optimiert werden, weil Simulationen und die Suche nach besseren Lösungen einfacher werden. Das gilt für die innerbetriebliche Ebene (Verbindung von Shop Floor und Office Floor) genauso wie für Interaktionen mit Zulieferern und Kunden. Dabei werden umfangreiche Datenerfassungssysteme, moderne Auswertungs- und Analysetechniken und Softwarelösungen eingesetzt. So können beispielsweise Entwicklungsingenieure sehr frühzeitig Schwächen und Entwicklungspotenziale in den Systemen erkennen. Mithilfe von Algorithmen lassen sich auch mögliche Ausfälle von Maschinen voraussagen. Logistiker können Routen ihrer Transportfahrzeuge auf Basis von Verkehrs- und Bedarfsdaten in Echtzeit steuern.

Smart Services: Smart Services sind umfassende, digital unterstützte Dienstleistungen zu Produkten oder Systemen über den ganzen Lebenszyklus, inklusive vorausschauender Wartung, Upgrades etc. Dazu gehört ein breites Dienstleistungsspektrum, das von Onlineshops, Apps, Softwarelösungen, Streaming-Diensten bis zu den oben erwähnten produktbezogenen After-Sales-Dienstleistungen reicht.

Diese vier Bausteine als solche gibt es in unterschiedlichen Ausprägungen schon recht lange. Neu an der Digitalisierung ist, dass sie über die gesamten Prozesse in den Unternehmen, zwischen Unternehmen und mit Kunden vernetzt sind – Wertschöpfungsketten werden zu Wertschöpfungsnetzwerken. Am Ende stehen digitale Geschäftsmodelle und die Entwicklung neuer datenbasierter Märkte. Auf diesen Märkten haben Plattformen eine besondere Bedeutung. Dort können Marktaktivitäten zu sehr niedrigen Transaktionskosten und mit hoher Skalierung durchgeführt werden. Ökonomisch betrachtet sind diese Plattformmärkte eines der konstituierenden Merkmale der Digitalisierung, die disruptive Effekte entfalten.

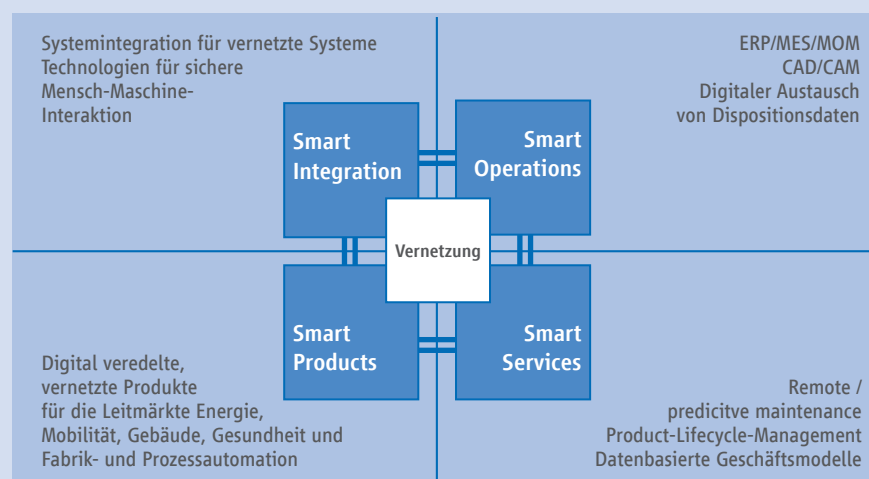
Wie wichtig die Elektroindustrie für die Digitalisierung ist, zeigt ein Blick auf das Produktprogramm der Branche. Viele dieser Angebote stellen eine grundlegende Voraussetzung dar, um überhaupt Produkte und Prozesse digitalisieren zu können. Abbildung 3 illustriert dies mit einigen Beispielen.

2.2 Stand der Digitalisierung

Die Analyse zeigt, dass die Digitalisierung für die Unternehmen der Elektroindustrie ein positiv besetztes Chancenthema ist. Wie sieht es aber mit dem Stand der Umsetzung der Digitalisierung in den Unternehmen aus? Mit dieser Frage beschäftigt sich dieses Kapitel. Dabei werden Befragungsergebnisse zum Digitalanteil im Produktprogramm der Unternehmen der Elektroindustrie, ein Industrie 4.0 Readiness Check der Unternehmen, der Digital Index der IW Consult und die Erhebung „Modernisierung der Produktion“ des Fraunhofer ISI, in der die Nutzung und Planung des Produzierenden Gewerbes von Industrie-4.0-ähnlichen Technologien beleuchtet wird, verwendet.

Für die vorliegende Studie wurden im Juni und Juli 2016 zwei empirische Erhebungen durchgeführt. Erstens haben im Rahmen eines Surveys 132 Mitgliedsunternehmen des ZVEI an einer Befragung teilgenommen. Davon haben 63 Unternehmen bis zu 499 Mitarbeiter und 69 Unternehmen 500 Mitarbeiter oder mehr. Zweitens nahmen im Rahmen des IW-Zukunftspanels 1.120 Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes (ohne Elektroindustrie) und der industrienahen Dienstleistungen an einer Befragung teil. 979 dieser Unternehmen beschäftigen maximal 499 Mitarbeiter, 141 Unternehmen 500 Mitarbeiter oder mehr. Die Befragungsergebnisse wurden umsatzgewichtet hochgerechnet – große Unternehmen werden damit angemessen berücksichtigt – und haben repräsentativen Charakter.

Abb. 3: Digitale Angebote der Elektroindustrie



Quelle: IW Consult; eigene Darstellung

Definitionen:

ERP = Enterprise-Resource-Planning; MES = Manufacturing Execution System; MOM = Manufacturing Operations Management; CAD = Computer-Aided Design; CAM = Computer-Aided Manufacturing

Tab. 1: Umsätze mit digitalen Produkten und Dienstleistungen

	Elektroindustrie		
	KMUs ²⁾	Große ³⁾	Gesamt
Smart Products ¹⁾	11,8	18,4	15,3
Smart Processes ¹⁾	1,2	1,1	1,1
Smart Integration ¹⁾	1,1	3,2	2,2
Smart Services ¹⁾	1,2	2,4	1,8
Digitale Angebote	15,3	25,1	20,4
Konventionelle Angebote	84,7	74,9	79,6

Umsatzanteile für 2016 in Prozent

¹⁾ Siehe Quadranten in Abbildung 2; ²⁾ Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten; ³⁾ Mehr als 500 Beschäftigte; umsatzgewichtete Ergebnisse

Der beste Maßstab zur Messung des Umsetzungsstands der Digitalisierung sind die Umsätze mit digitalen Produkten und Dienstleistungen. Da es dazu keine statistischen Daten gibt, wurden diese im Rahmen der Befragung der ZVEI-Unternehmen erhoben. Dabei lag die Definition zugrunde, wie sie im vorigen Kapitel eingeführt wurde.

Der Umsatzanteil mit digitalen Produkten und Dienstleistungen liegt erst bei 20,4 Prozent. Den mit Abstand größten Bereich machen die Smart Products mit 15,3 Prozent aus. Die anderen drei Bereiche, die auf Systemintegration, Prozesse und Dienstleistungen fokussieren, tragen lediglich 5,1 Prozent zum Gesamtumsatz bei. Die Elektroindustrie ist also in ihrem Kernbereich – dem Verkauf von Produkten – weiter fortgeschritten. Die Nutzung der sich aus der Digitalisierung ergebenden Potenziale für die Prozessoptimierung und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle steht dagegen noch ganz am Anfang.

Auch sind deutliche Unterschiede zwischen Unternehmensgrößenklassen zu beobachten. Während in kleinen Unternehmen erst insgesamt 15,3 Prozent des Umsatzes mit digitalen Produkten und Dienstleistungen erzielt werden, liegt der Anteil bei großen Unternehmen bereits bei 25,1 Prozent. Auch hier zeigt sich ein Vorsprung der Großunternehmen.

Um die vollständigen Digitalisierungspotenziale erschließen zu können, ist eine hohe digitale Reife im gesamten Unternehmen notwendig. Darunter fallen zunehmend auch im B2B-Bereich Onlineaktivitäten wie

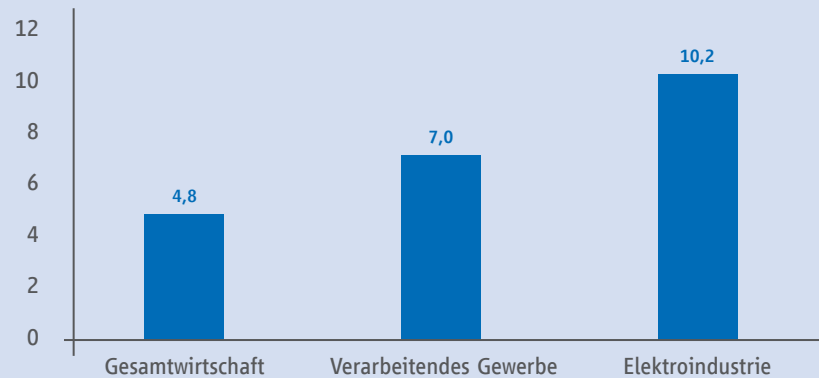
das Betreiben von Webshops oder Social Media. Eine Onlinepräsenz, auf der digitale Begriffe zu finden sind, ist ein erstes Maß für den Umgang mit digitalen Themen im Unternehmen.

Die Onlineaktivitäten, die Modernität der eingesetzten Webtechnologien und die Vernetzung im Web können mit dem Digital Index der IW Consult gemessen werden (s. IHK Köln/Stadt Köln, Startup Region Köln, 2016). Basis der Analyse sind alle rund 2,8 Millionen Onlineauftritte deutscher Unternehmen. Dies kommt einer Vollerhebung gleich. In acht Clustern wie Social Media, Mobile, Digital Topics oder Traffic werden rund 10.000 Merkmale bewertet. Die schiere Datenmenge ermöglicht Analysen in höchster Granularität. Diese Informationen gehen in einen Index ein, der für jedes Unternehmen in Deutschland definiert ist. Der Index wird von 0 Punkten (nicht digitalisiert) bis 100 Punkten (vollständig digitalisiert) skaliert.

Abbildung 4 zeigt den Hauptbefund: Die deutsche Wirtschaft steht bei der Digitalisierung vielfach noch am Anfang. Mit einem durchschnittlichen Punktwert von 4,8 sind deutsche Unternehmen heute noch schwach digitalisiert. Die Elektroindustrie als digitale Querschnittsbranche liegt mit einem Indexwert von durchschnittlich 10,2 Punkten auf einem mehr als doppelt so hohen Niveau. Im Vergleich zum Verarbeitenden Gewerbe liegt der Vorsprung bei über drei Punkten. Gleichwohl steht auch die Elektroindustrie noch am Anfang.

Abb. 4: Digital Index nach Branchen

1. Halbjahr, 2016; Branchenmittelwerte in Punkten auf einer Skala von 0 bis 100



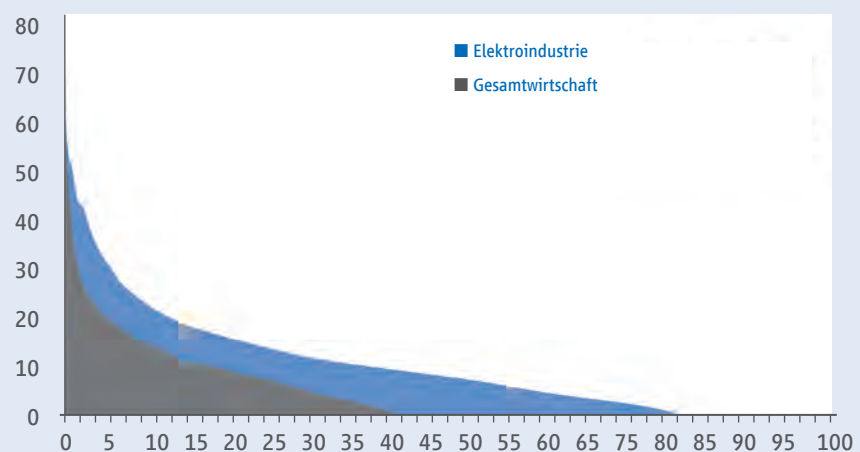
Quelle: IW Consult, beDirect, DATAlovers (2016)

Der Vorsprung der Elektroindustrie zeigt sich auch in der Verteilung (Abbildung 5): Fünf Prozent dieser Unternehmen erreichen einen Indexwert von mindestens 33 Punkten und zählen damit zu den Pionieren der Digitalisierung. Gesamtwirtschaftlich erreichen nur 1,4 Prozent aller Unternehmen diesen Schwellenwert. Lediglich rund 20 Prozent der Unternehmen in der Elektroindustrie besitzen einen digitalen Reifegrad von null Punkten. Das sind deutlich weniger als in der gesamten Wirtschaft (57 Prozent). Insbesondere die Unternehmen mit null Punkten haben Handlungsbedarf.

Abbildung 6 zeigt, wo diese 20 Prozent vornehmlich zu suchen sind. Während die Unternehmen mit weniger als 250 Mitarbeitern einen Indexwert von 9,9 Punkten erreichen, liegen die großen Unternehmen mit 5.000 Mitarbeitern und mehr bereits bei 38,9 Punkten. Je größer ein Unternehmen ist, desto mehr investiert es in sein „digitales Gesicht“. Dadurch werden diese Unternehmen automatisch auch digital wahrgenommen. Kleine Unternehmen müssen hier aufholen, um von den Möglichkeiten der Digitalisierung umfassend profitieren zu können, auch wenn sie ebenfalls schon deutlich weiter sind als die kleinen Unternehmen aus anderen Branchen.

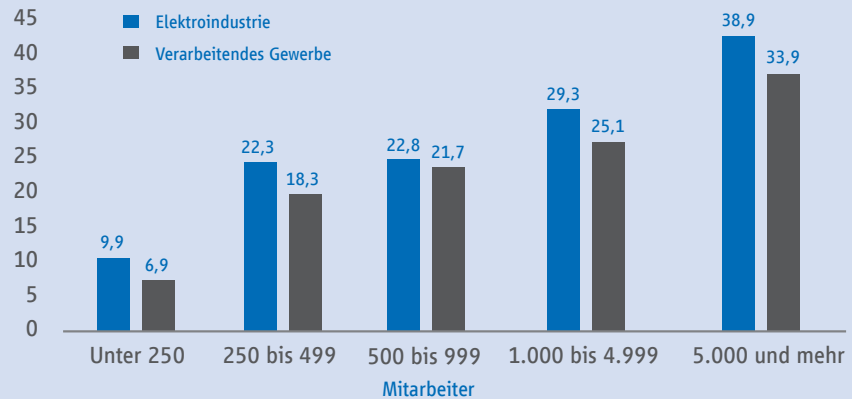
Abb. 5: Verteilung des Digital Index

1. Halbjahr, 2016; Punkte auf einer Skala von 0 bis 100



Quelle: IW Consult, beDirect, DATAlovers (2016)

Abb. 6: Digital Index – Elektroindustrie nach Größenklassen,
1. Halbjahr, 2016; Größenklassenmittelwerte in Punkten auf einer Skala von 0 bis 100



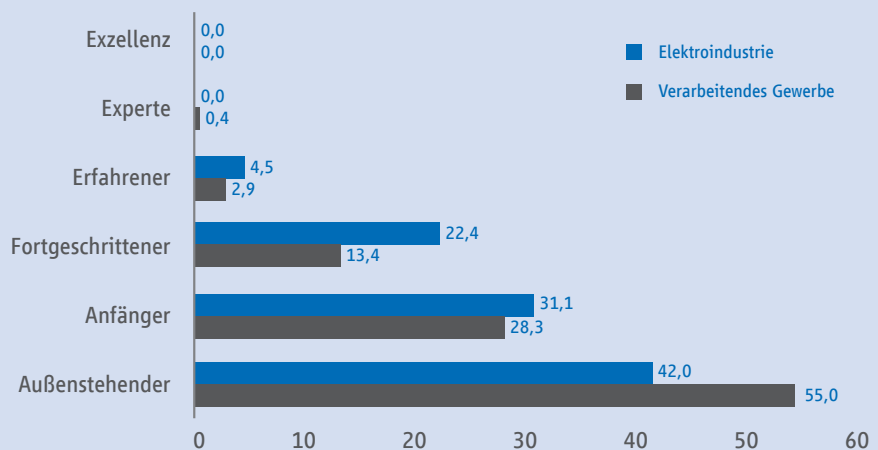
Quelle: IW Consult, beDirect, DATAlovers (2016)

Neben dem Digital Index lässt sich der Digitalisierungsgrad von Unternehmen auch über einen Industrie 4.0 Readiness Check bewerten. Dabei wird die Reife bei Industrie-4.0-Aktivitäten ermittelt. Der Check, den die IW Consult in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) e. V. an der RWTH Aachen entwickelt hat, gibt Unternehmen die Möglichkeit, ihren derzeitigen Entwicklungsstand zu erfahren und mit anderen Unternehmen zu vergleichen. Er zeigt, dass die große Mehrheit der Unternehmen bei der Implementierung von Industrie 4.0 ebenfalls noch am Anfang steht.

Basis ist eine komplexe empirische Erhebung, in der die Unternehmen zu den vier bereits eingeführten Dimensionen Smart Products, Smart Operations, Smart Services sowie Smart Integration Aussagen treffen müssen. Darüber hinaus werden noch die beiden Dimensionen Strategie und Mitarbeiter berücksichtigt. Die Unternehmen werden auf Basis von Selbstangaben auf einer Skala von null (Außenstehender) bis fünf (Exzellenz) hinsichtlich ihres digitalen Reifegrads eingeordnet. Gleichzeitig erhalten sie Handlungsempfehlungen, wie sie die jeweils nächste Stufe erreichen können. Dieser Selbst-Check ist erreichbar unter <http://www.industrie40-readiness.de>.

Abb. 7: Industrie 4.0 Readiness Check

Anteile in Prozent / Anzahlgewichtete Ergebnisse



Quelle: IW Consult, FIR (2015); IW-Zukunftspanel, 26. Befragungswelle, Industrie 4.0 Readiness Check (2016)

Mehr als die Hälfte der Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes sehen sich noch als Außenstehende bei Industrie 4.0, knapp ein Drittel als Anfänger. Insgesamt beschäftigen sich erst rund 15 Prozent der Unternehmen bereits intensiver mit Industrie 4.0. Die Elektroindustrie ist auch hier schon einen Schritt weiter als das Verarbeitende Gewerbe insgesamt, hier bezeichnet sich ein deutlich größerer Teil als fortgeschritten.

Die repräsentative Befragung „Modernisierung der Produktion“ wird alle drei Jahre regelmäßig vom Fraunhofer ISI durchgeführt und beleuchtet Fragen zur Wertschöpfung und Innovation in der Produktion. Die hier analysierte Erhebungswelle fand im Jahr 2015 statt und umfasst die Angaben von insgesamt 1.282 zufällig ausgewählten Betrieben. Sie bietet dabei ein repräsentatives Abbild des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland hinsichtlich Größenklassen, Branchenstruktur und regionaler Verteilung.

Um diese Ergebnisse zu konkretisieren, wurde der aktuelle Verbreitungsgrad von Industrie-4.0-affinen Technologien im Verarbeitenden Gewerbe analysiert. Es wurden insgesamt acht digitale Technologien erfasst, die als Voraussetzung für die Anwendung und das Angebot einer digital vernetzten Produktion im Sinne der Industrie 4.0 dienen und die bereits heute in den Betrieben Anwendung finden können (vgl. ausführlich Tabelle 2).

Konkret wurden die teilnehmenden Betriebe der Erhebung befragt, ob sie entsprechende Technologien bereits einsetzen oder bis 2018 einzusetzen gedenken bzw. in welchem Umfang sie diese bereits einsetzen. In Kombination mit der Betriebs- und Produktionsstruktur sowie sektoralen Klassifikation können mit diesen Daten strukturelle Zusammenhänge für die Verbreitung der acht Technologien identifiziert werden.

In Abbildung 8 ist der Anteil der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes dargestellt, die digitale Technologien entweder bereits

Tab. 2: Digitale Technologien für den Einsatz in der Produktion

Digitale Technologien für die Produktion aus Anwenderperspektive		
1	IT-gestützte Produktionsplanung: Einsatz von Softwaresystemen zur Produktionsplanung und -steuerung (z. B. ERP-System)	Digitale Managementsysteme
2	IT-System für Product-Lifecycle-Management: Product-Lifecycle-Managementsysteme (PLM) oder ggf. auch Produkt-Prozessdaten-Management	
3	Mobiler/drahtloser Zugang zu Arbeitsanweisungen: Einsatz von digitalen Lösungen zum Bereitstellen und Nutzen von Zeichnungen, Arbeitsplänen oder Arbeitsanweisungen direkt am Arbeitsplatz des Werkers (z. B. Tablets, Smartphones)	Drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation
4	Mobile/drahtlose Programmierung von Maschinen: Einsatz von mobilen/drahtlosen Geräten zur Programmierung und Bedienung von Anlagen und Maschinen (z. B. Tablets)	
5	Echtzeitnahes Produktionsleitsystem: Einsatz von echtzeitnahen Produktionsleitsystemen (z. B. Systeme mit zentraler Maschinen-/Prozessdatenerfassung, MES)	Cyber-Physical-Systems-nahe Prozesse
6	IT-System für Supply-Chain-Management: digitaler Datenaustausch mit Zulieferern bzw. Kunden (Supply-Chain-Managementsysteme)	
7	IT-gestützte Steuerung der internen Logistik: Einsatz von Techniken zur Automatisierung und Steuerung der internen Logistik (z. B. Lagerverwaltungssysteme, RFID)	
8	Sichere Mensch-Maschine-Kooperation: Anwendung von Technologien für eine sichere Mensch-Maschine-Kooperation (z. B. kooperative Roboter, „zaunfreie“ Stationen etc.)	Mensch-Maschine-Kooperation

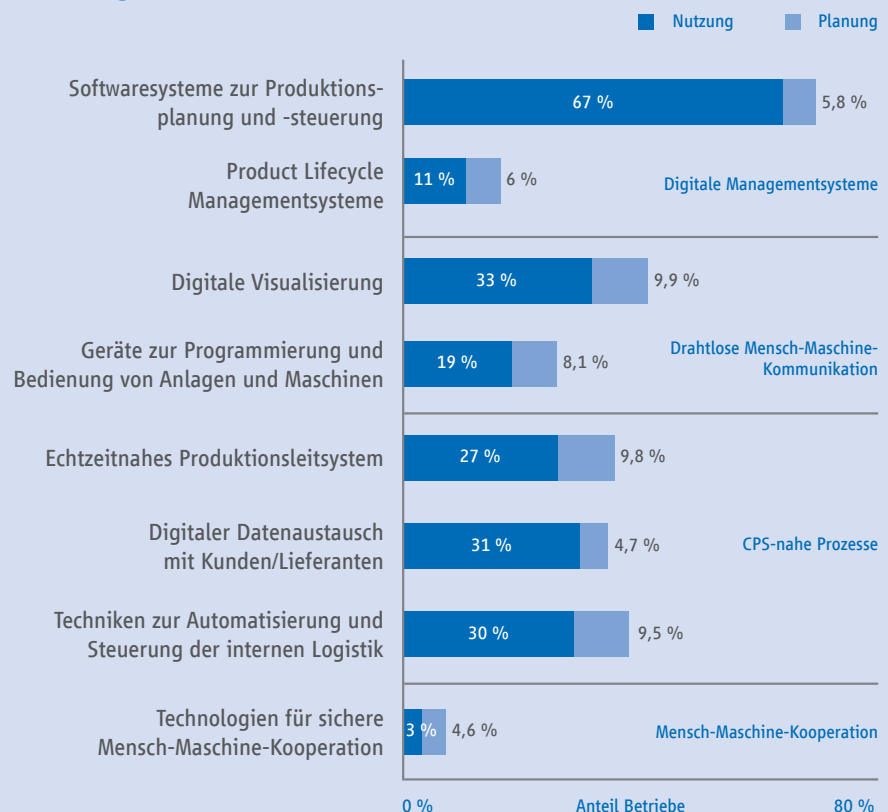
Quelle: Fraunhofer ISI; eigene Darstellung

einsetzen oder bis 2018 einsetzen wollen. Dabei zeigt sich, dass die jeweiligen Techniken bisher stark unterschiedlich Verbreitung gefunden haben. So werden Softwaresysteme zur Produktionsplanung und -steuerung bereits in zwei von drei Betrieben eingesetzt. Die CPS-nahen Prozesse weisen Nutzeranteile zwischen 27 und 31 Prozent auf, die digitale Visualisierung kommt auf 33 Prozent. Alle anderen Techniken weisen lediglich Anteile von deutlich unter 20 Prozent auf. Bei einem Blick auf den geplanten Einsatz bis 2018 lässt sich außerdem erkennen, dass nicht von einer beschleunigenden Verbreitung bzw. einem überproportionalen Anstieg des Nutzeranteils in den nächsten Jahren ausgegangen werden kann. So geben über alle Technologien hinweg lediglich fünf bis zehn Prozent der Betriebe an, in den nächsten drei Jahren die entsprechende digitale Technologie in ihren Produktionsprozessen einsetzen zu wollen. Von einer Digitalisierung in der Breite der industriellen Produktion kann demnach derzeit nicht gesprochen werden.

Noch ernüchternder wird das Ergebnis, wenn man die Nutzungsintensitäten der Technologien in den einzelnen Betrieben betrachtet (vgl. Abbildung 9). Lediglich beim Softwaresystem zur Produktionsplanung und -steuerung geben 62 Prozent der nutzenden Betriebe an, dass diese Technologie auch in hohem Maße in ihrer Produktion eingesetzt wird. Bei allen anderen Technologien liegt die Nutzungsintensität im Schnitt deutlich darunter. Hier geben etwa zwischen 50 und 80 Prozent der Betriebe an, dass die jeweilige Technologie nur in geringem oder in mittlerem Maße zum Einsatz kommt.

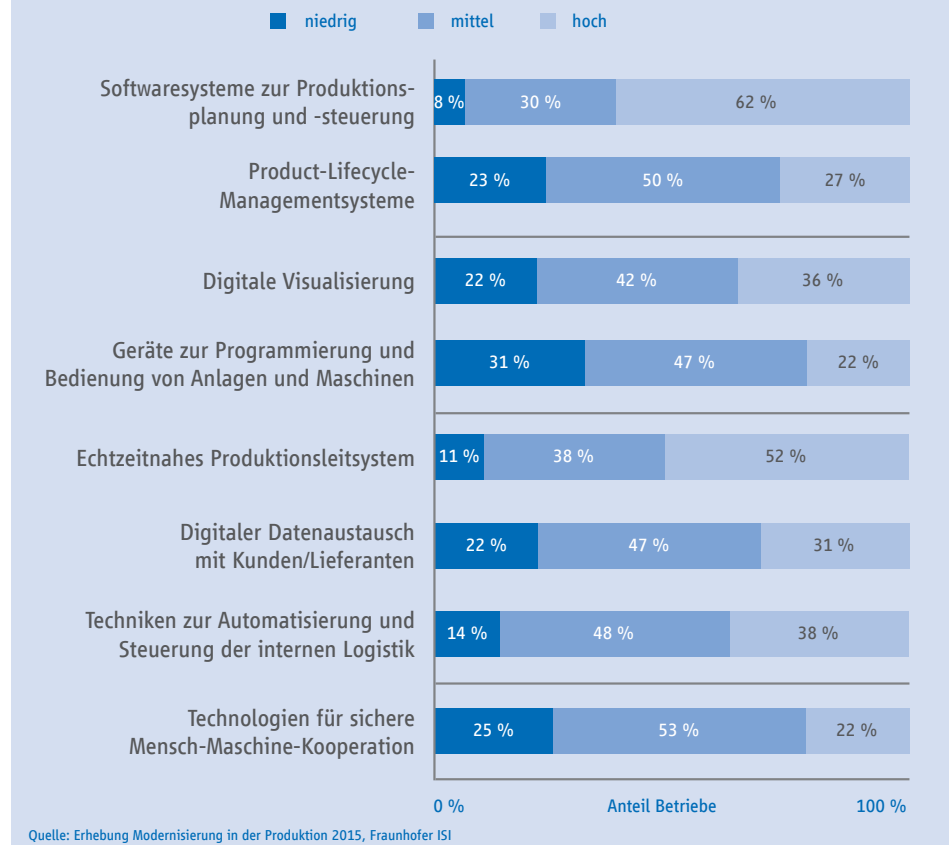
Bei einer kombinierten Betrachtung der Verbreitung und der Nutzungsintensitäten der digitalen Technologien lässt sich resümieren, dass lediglich Bruchteile an Betrieben im Verarbeitenden Gewerbe digitale Technologien in relevantem Maße einsetzen. Die überwiegende Mehrheit derjenigen Betriebe, bei denen diese Technologien zum Einsatz kommen, nutzen diese derzeit lediglich in geringem bis mittlerem Umfang.

Abb. 8: Anwendung und geplante Anwendung digitaler Technologien im Verarbeitenden Gewerbe



Quelle: Erhebung Modernisierung in der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

Abb. 9: Nutzungsintensität der digitalen Technologien im Verarbeitenden Gewerbe



Entsprechend bleibt ein sehr großes Potenzial hinsichtlich der weiteren Verbreitung und der Intensivierung digitaler Technologien in der Produktion.

Der geringe Entwicklungsstand der digital vernetzten Produktion wird noch offensichtlicher, wenn die Summe der digitalen Technologien, die in einem Betrieb zum Einsatz kommen, herangezogen wird. Fast ein Viertel aller Betriebe (23 Prozent) des Verarbeitenden Gewerbes setzt demnach gar keine der acht digitalen Technologien ein. Weitere 38 Prozent setzen lediglich eine oder zwei der Technologien ein, 27 Prozent der Betriebe immerhin drei oder vier der digitalen Technologien. Lediglich zwölf Prozent aller Industriebetriebe setzen mehr als fünf Technologien in ihrer Produktion gleichzeitig ein.

Insbesondere zeigt sich dabei auch, dass die Betriebsgröße einen entscheidenden Zusammenhang zur Anzahl der eingesetzten Technologien aufweist. So wenden

kleine Betriebe mit bis zu 49 Beschäftigten am häufigsten gar keine oder nur eine oder zwei der Technologien an. Betriebe mit 50 bis zu 249 Beschäftigten setzen am ehesten drei oder vier der digitalen Technologien ein, während große Betriebe mit mehr als 250 Beschäftigten ihre höchsten Anteile bei der Gruppe von fünf oder mehr eingesetzten Technologien erreichen. Große Betriebe scheinen also insgesamt einen deutlichen Vorsprung auf dem Weg in die digital vernetzte Produktion gegenüber mittleren oder gar kleinen Betrieben zu haben.

Durch diesen Größenzusammenhang kommt es beim Anteil der Beschäftigten zu einer leichten Verschiebung zugunsten der oberen Stufen. Bezieht man die Beschäftigtenzahlen der Betriebe in den jeweiligen Stufen mit ein, so sind noch zwölf Prozent aller Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe in Betrieben tätig, die keinerlei digitale Technologien einsetzen. 30 bzw. 35 Prozent aller Beschäftigten sind in den beiden mittleren Stufen zu finden, während dann

immerhin 23 Prozent aller Beschäftigten des Verarbeitenden Gewerbes in Betrieben arbeiten, die sich in der höchsten Stufe befinden.

stoffindustrie, eingesetzt. Digitale Managementsysteme oder drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikationstechniken kommen hingegen insbesondere im Maschi-

Abb. 10: Verbreitung digitaler Technologien nach Branchen

Die Top-3-Branchen mit dem höchsten Verbreitungsgrad sind jeweils markiert		Nahrungs- und Getränkeindustrie	Chemieindustrie	Gummi-, Kunststoff- und Keramikindustrie	Metallindustrie	Elektroindustrie	Maschinenbau	Fahrzeugbau	Sonstige Branchen
Digitale Managementsysteme	Softwaresystem zu Produktionsplanung und -steuerung	43 %	65 %	74 %	67 %	83 %	75 %	72 %	57 %
	Product-Lifecycle-Managementsysteme	6 %	10 %	14 %	8 %	16 %	16 %	20 %	6 %
Drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation	Geräte zur Programmierung und Bedienung von Anlagen und Maschinen	15 %	15 %	21 %	20 %	13 %	23 %	25 %	19 %
	Digitale Visualisierung	12 %	21 %	31 %	35 %	50 %	43 %	30 %	27 %
CPS-nahe Prozesse	Echtzeitnahes Produktionsleitsystem	21 %	34 %	38 %	31 %	22 %	19 %	26 %	30 %
	Digitaler Datenaustausch mit Kunden/Lieferanten	15 %	26 %	43 %	34 %	32 %	32 %	59 %	24 %
	Techniken zur Automatisierung und Steuerung der internen Logistik	22 %	33 %	32 %	27 %	39 %	29 %	40 %	29 %
Mensch-Maschine-Kooperation	Technologien für sichere Mensch-Maschine-Kooperation	0 %	1 %	5 %	3 %	2 %	3 %	11 %	4 %

Quelle: Fraunhofer ISI; eigene Darstellung

Neben diesem Größeneffekt ist auch die Branche für die Verbreitung digitaler Technologien von Relevanz. Abbildung 10 zeigt eine Übersicht der acht untersuchten Technologien und Technologiefelder nach Branchen. Die Top-3-Branchen, also die drei Branchen, die bei einer Technologie den höchsten Verbreitungsgrad aufweisen, sind in der Darstellung entsprechend markiert. Auch bei dieser Darstellungsweise lassen sich Muster erkennen. So werden die CPS-nahen Prozesse tendenziell stärker in Prozessindustrien, wie bspw. der Chemiebranche oder der Gummi- und Kunst-

maschinenbau und der Elektroindustrie zur Anwendung. Der Fahrzeugbau ist wiederum in allen Technologiefeldern relativ breit aufgestellt. Insbesondere beim Blick auf die Elektroindustrie wird aber sehr deutlich, dass diese auch in der Digitalisierungsanwendung eine Führungsrolle übernimmt. Die Elektroindustrie weist überdurchschnittlich hohe Verbreitungsgrade auf und zählt damit zu den führenden Anwendermärkten hinsichtlich Digitalisierung im deutschen Verarbeitenden Gewerbe.

Fazit: Die Digitalisierung steht in Deutschland noch so weit am Anfang, dass viele Unternehmen noch nicht einmal eine eigene Internetpräsenz pflegen. Insbesondere kleine Unternehmen haben hier noch Nachholbedarf.

Etwa vier Fünftel der Industrieunternehmen stehen bei der Einführung von Industrie-4.0-Aktivitäten noch am Anfang. Größere Unternehmen sind dabei deutlich weiter als die KMUs. Insgesamt gibt es nur wenige Pioniere. Dieser doch ernüchternde Befund bestätigt die Befragungsergebnisse zu den relativ geringen Umsatzanteilen mit digitalen Produkten und Dienstleistungen. Ein wesentlicher Grund liegt darin, dass die Digitalisierung eine Frage der Vernetzung mit anderen Unternehmen ist. Einzelne Unternehmen können nur begrenzt Fortschritte erzielen, wenn die Partner in der Lieferkette oder die Kunden nicht mitziehen, maßgebliche Infrastrukturen nicht gegeben oder rechtliche Voraussetzungen nicht geregelt sind. Die Mehrheit der Industriebetriebe befindet sich noch in einer Phase von „Industrie 3.0“:

- Digitale Technologien kommen insgesamt nur zögerlich zum Einsatz. Dies gilt sowohl für die grundsätzliche Verbreitung als auch für die Nutzungsintensität der Technologien in Betrieben. Von einer digital vernetzten Produktion kann folglich in weiten Teilen des Verarbeitenden Gewerbes nicht gesprochen werden.
- Der Entwicklungsstand der Betriebe hinsichtlich einer digital vernetzten Produktion ist stark von deren Betriebs- und Produktionscharakteristika abhängig. Sowohl die Betriebsgröße als auch die Branche determiniert maßgeblich den Einsatz digitaler Technologien.
- Derzeit scheint ein prioritärer Fokus beim Einsatz auf Industrie-4.0-Lösungen zur Hebung von Automatisierungspotenzialen im Rahmen von Großserienproduktionen zu liegen. Lösungen für eine höhere Flexibilität, Wandlungsfähigkeit oder für die Datennutzung scheinen derzeit noch Potenzial zu besitzen.
- Es existiert eine Kluft zwischen großen Unternehmen und kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs). Dabei besteht die Gefahr, dass sich zwei unterschiedliche Produktionswelten entwickeln. Auf der einen Seite Großunternehmen mit sehr hohem Digitalisierungsgrad und Bedarf

an High-End-Lösungen. Auf der anderen Seite KMUs mit eher traditioneller Fertigung und dem Bedarf an kostengünstigen, individuellen Digitalisierungslösungen.

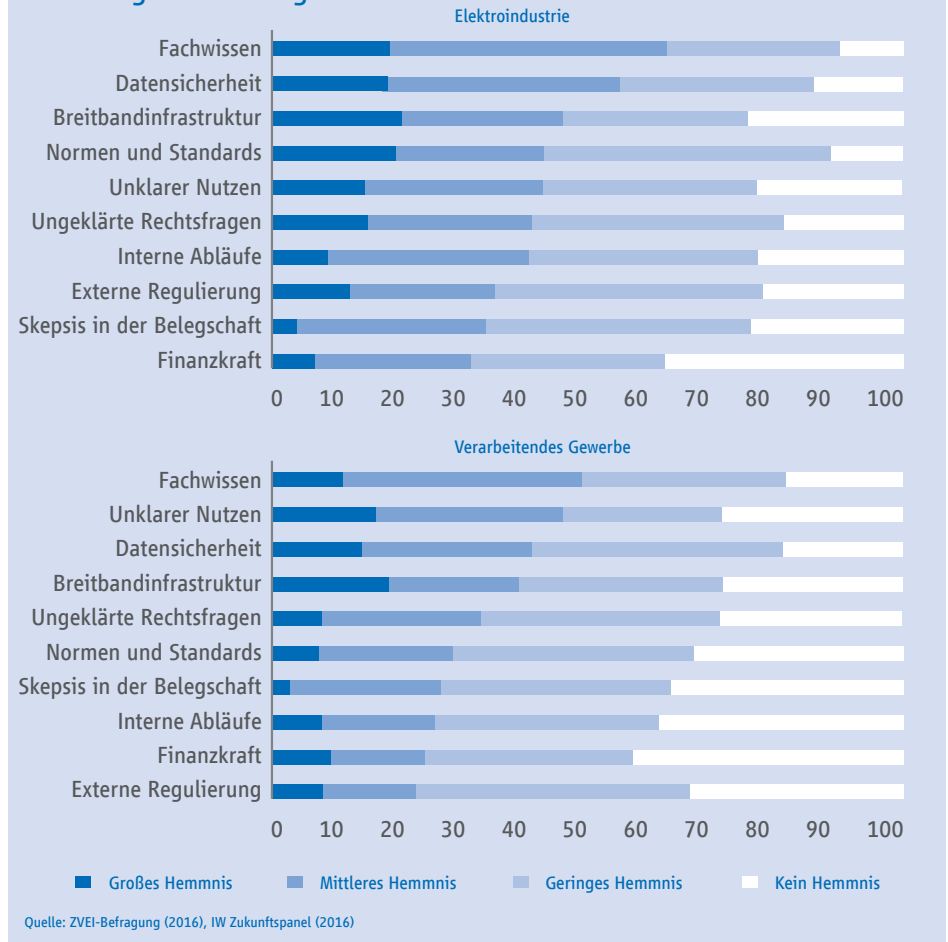
Gleichwohl gilt im Vergleich der Digitalisierungsreifegrade der Branchen untereinander, dass die Elektroindustrie nicht nur als Anbieter-, sondern auch als Anwenderbranche für die fortschreitende Digitalisierung hohe Relevanz besitzt. Mit vergleichsweise hohen Nutzeranteilen bei digitalen Technologien kann die Elektroindustrie also durchaus als eine der führenden Anwendermärkte im Verarbeitenden Gewerbe bezeichnet werden. Sie muss in Zukunft die Entfaltung der Potenziale forcieren, ist dabei aber in ihrer Enabler-Rolle auf die Partner in den Wertschöpfungsnetzen angewiesen.

2.3 Hemmnisse der Digitalisierung

Warum ist die Wirtschaft bei der digitalen Transformation nicht schon weiter, obwohl die Unternehmen ganz klar die Chancen in den Vordergrund stellen? Diese Frage stellt sich vor dem Hintergrund der hohen Potenziale, die der Digitalisierung zugemessen werden. Darauf ergeben sich aus den Analysen drei Antwortansätze:

- Selbst bei optimalen Rahmenbedingungen und Aufgeschlossenheit der Unternehmen braucht es Zeit, bis die entsprechenden Technologien, Prozesse, Produkte und Geschäftsmodelle implementiert sind.
- Digitalisierungspotenziale entfalten im Netzwerk besonders starke Effekte. Deshalb sind nicht nur die eigenen Aktivitäten wichtig, sondern auch, dass eine kritische Masse von anderen Unternehmen entsteht, mit denen Vernetzungspotenziale bestehen. Unternehmen müssen motiviert sein, Pilotprojekte zu starten, um das Signal auszusenden, dass sich die digitale Transformation lohnt.
- Es gibt zusätzliche Hindernisse, die die Digitalisierung auf der individuellen Unternehmensebene, aber auch den Aufbau von integrierten Wertschöpfungsnetzen bremsen. Neben unzureichenden Rahmenbedingungen zählen dazu auch fehlendes Fachwissen, Unsicherheiten oder kulturelle Aspekte.

Abb. 11: Hemmnisse der Digitalisierung, Umsatzgewichtete Ergebnisse



Welche Hemmnisse die Digitalisierung besonders bremsen, wurde in dieser Studie eigens ermittelt. Dazu werden die Ergebnisse des ZVEI-Surveys und der Erhebung im Rahmen des IW-Zukunftspanels gemeinsam ausgewertet. Die Unternehmen haben dazu zehn Aspekte auf einer Vierer-Skala von „großes“ bis „kein“ Hemmnis bewertet.

Vier Befunde stechen hervor:

- Besonders hinderlich in der Elektroindustrie mit Quoten bis fast 50 Prozent oder darüber sind fehlendes Fachwissen und eine unzureichende Datensicherheit. Auch die mangelhafte Breitbandinfrastruktur hemmt die Unternehmen überdurchschnittlich stark.
- Die Geschäftsmodelle der deutschen Unternehmen leben sehr stark von der hohen Qualifikation ihrer Mitarbeiter, die kontinuierlich weiterentwickelt werden muss. Durch die Digitalisierung werden die bisherigen bildungspolitischen Anforderungen noch wichtiger. Dazu gehört

seit vielen Jahren unverändert die Stärkung der MINT-Fächer in Bildungssystemen. Daneben ist es von besonderer Bedeutung, fächerübergreifende Kompetenzen zu entwickeln, beispielsweise durch die Verbindung von Hardware- und Softwarekompetenzen in den Curricula oder die zielgerichtete Kombination von Haupt- und Nebenfächern in der universitären Ausbildung. Es geht also einerseits um zusätzliche Absolvierende in den MINT-Fächern, aber auch um den Aufbau neuer Studien- und Ausbildungsgänge an der Schnittstelle zwischen digitalen und klassischen Technologien. Nur so kann einem Fachkräftemangel vorgebeugt werden. Ohne gut ausgebildete und hinreichend viele Ingenieure und Techniker kann eine digitale Transformation nicht gelingen, weil sie durch diese technische Dimension definiert ist (IW Köln 2016).

- Bei allen Hemmnissen fällt die Beurteilung der Unternehmen der Elektroindustrie skeptischer aus als in den anderen

Tab. 3: Bewertung der TOP-3-Hemmnisse in der Elektroindustrie nach Unternehmensgröße

Unternehmensgröße	
Große	KMUs
TOP 3	
Fachwissen	Fachwissen
Datensicherheit	Datensicherheit
Normen und Standards	Nutzen unklar

Anteile in der Antwortkategorie „großes oder mittleres“ Hemmnis auf einer Vierer-Skala, Umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

Branchen. Das gilt insbesondere bei Fachwissen. Dort ist der Anteil der Unternehmen, die fehlendes Fachwissen als großes oder mittleres Hemmnis bewerten, um fast 15 Prozentpunkte höher als in den anderen Branchen.

Dafür gibt es zwei Erklärungen. Erstens sind die Unternehmen der Elektroindustrie bei der Digitalisierung weiter als der Durchschnitt der anderen Branchen und können aufgrund dieser Erfahrungen die Situation besser einschätzen. Zweitens ist die Elektroindustrie als starke Enabler-Branche für Digitalisierung besonders auf gute Rahmenbedingungen angewiesen und legt deshalb bei der Bewertung die Messlatte besonders hoch.

- Ermutigend ist, dass offenbar die eigenen Belegschaften dem Thema Digitalisierung offen gegenüberstehen. Die Mitarbeiter sind offenbar nicht das entscheidende Hemmnis. Die anderen Aspekte der neuen Qualifikationen und Kompetenzen sind wichtiger, um die Bremsen auf dem Weg zur digitalen Wirtschaft zu lösen.

Die Hemmnisse werden auch je nach Unternehmensgröße unterschiedlich bewertet. Unternehmen mit bis zu 500 Mitarbeitern bewerten die Faktoren „unzureichende Breitbandausstattung“ und „fehlende Finanzkraft für die Durchführung von Investitionen“ überdurchschnittlich kritisch. Aus Sicht der großen Unternehmen stehen bei diesem Vergleich die Aspekte Normen und Standards sowie interne Bürokratien als Hemmnisse im Vordergrund. Sollen die Handlungskonzepte adressatengerecht sein, müssen also bei spezifischen Maßnahmen für KMUs die Breitbandinfrastruktur und die mangelnde Finanzkraft, für die größeren Unternehmen hingegen fehlende Normen und Standards besonders in den Blick genommen werden.

Neben den genannten Hemmnissen schätzen die Elektroindustriunternehmen auch die technologischen Kompetenzen Deutschlands in den Bereichen Netzkommunikation, Mikroelektronik, Security und Safety sowie Datenanalyse als relativ schwach ein. Die vier genannten Kompetenzen werden in Zukunft wesentlich darüber bestimmen, ob

Tab. 4: Bewertung digitaler Kompetenzen in Deutschland

Unternehmensgröße			
	KMUs ¹⁾	Große ²⁾	Gesamt
Netzkommunikation	-20,0	0,0	-9,2
Mikroelektronik	5,6	1,6	3,4
Security and Safety	9,1	20,6	15,3
Datenanalyse	-13,7	-25,4	-20,2

Saldobetrachtung aus „gut“ und „schlecht“

¹⁾ Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten; ²⁾ Mehr als 500 Beschäftigte; umsatzgewichtete Ergebnisse

Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

Neun Prozent der KMUs bewerten die Kompetenzen im Bereich Netzkommunikation gut, 62 Prozent mittel und 29 Prozent schlecht. Der Saldo aus gut und schlecht beträgt -20 Punkte.

Deutschland weiterhin seine starke Wettbewerbsposition auf den Weltmärkten aufrecht erhalten kann (siehe folgendes Kapitel 2.4).

Fazit: Fehlendes Fachwissen, mangelnde Datensicherheit und unklarer Nutzen der Digitalisierung gehören zu den drei wesentlichen Hemmnissen, die erklären, warum die Digitalisierung noch nicht weiter fortgeschritten ist. Ein tieferer Blick zeigt, dass bei den größeren Unternehmen fehlende Normen und Standards und bei den KMUs die fehlende Finanzkraft als weitere Probleme hinzukommen. Richtet man den Blick auf die Hemmnisse, die besonders stark belasten, nennt jedes fünfte Unternehmen eine unzulängliche Breitbandinfrastruktur. Insgesamt deutet das auf ein sehr breites Spektrum an Hemmnissen hin, die sich nach Unternehmenstypen unterscheiden. Deutschland muss außerdem bei den digitalen Kompetenzen Anschluss finden, um auch in Zukunft wettbewerbsfähige Strukturen aufrechterhalten zu können. Differenzierte und adressatengerechte Handlungskonzepte sind deshalb notwendig.

2.4 Fokusthema: Digitale Schlüsseltechnologien

Obwohl im digitalen Zeitalter neue, datenbasierte Dienstleistungen und innovative Geschäftsmodelle immer wichtiger werden, bleiben Technologien wesentliche Faktoren der Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit. Technologien sind also nach wie vor eine notwendige, wenngleich künftig nicht mehr hinreichende Bedingung für den Erfolg in der digitalen Welt. Für die Elektroindustrie sind es vor allem zwei Schlüsseltechnologien, deren Beherrschung als Grundlage für die künftige Innovationskraft der Branche angesehen werden, die aber derzeit in Deutschland noch zu wenig entwickelt sind und die deshalb gezielter gefördert werden sollten. Hierbei handelt es sich um Technologien der Netzkommunikation und um Technologien für die Datenanalyse.

Dies ist das Ergebnis der Befragung der ZVEI-Mitgliedsunternehmen auf die Frage: „Wie ist Deutschland Ihrer Meinung nach bei folgenden Schlüsseltechnologien aufgestellt?“ Folgende Technologien sollten bewertet werden:

- Netzkommunikation,
- Mikroelektronik,

- Security, Privacy und Safety und
- Datenanalyse.

Die Befragten konnten mit „gut“ (Kompetenzen sind vorhanden), „mittel“ (Kompetenzen sind nicht überall vorhanden) oder „schlecht“ (Kompetenzen sind nicht vorhanden) antworten.

Die Zusammenstellung der Technologien basiert auf dem „Whitepaper FuE-Themen“ der Plattform Industrie 4.0 (Plattform Industrie 4.0 2015). In diesem Whitepaper werden die aus Sicht der Industrie vorrangigen FuE-Themen für die Realisierung der Vision Industrie 4.0 vorgestellt. Jedes FuE-Thema wird dabei inhaltlich konkretisiert und es werden die jeweiligen Voraussetzungen und Barrieren für ihre Verwirklichung aufgezeigt.

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Befragung der ZVEI-Mitglieder zum Thema „Schlüsseltechnologien für die deutsche Elektrobranche“.

Relativ gute Technologiekompetenzen bzw. eine ausreichende FuE-Förderung sehen die ZVEI-Mitgliedsunternehmen in den Bereichen Mikroelektronik und bei den Technologien für Safety und Security. Dies belegen die hervorgehobenen Prozentwerte bei der Bewertung „gut“ (22,1 und 24 Prozent).

Eine negativere Bewertung hinsichtlich Kompetenzen und Förderaktivitäten nehmen die befragten ZVEI-Unternehmen bei den Technologien Netzkommunikation (nur 9,6 Prozent „gut“) und Datenanalyse (nur 6,3 Prozent „gut“) vor. Dies bedeutet, dass die befragten Unternehmen befürchten, in diesen beiden Bereichen im internationalen Wettbewerb zurückzufallen und entsprechende Wachstumschancen nicht wahrnehmen zu können, weil das entsprechende Know-how nicht verfügbar ist.

Aufgrund des besonderen Handlungsbedarfs in diesen Feldern werden „Netzkommunikation“ und „Datenanalyse“ im Folgenden näher beschrieben.

Unter Netzkommunikation versteht man eine Reihe von Technologien und Protokollen (Nahfeld-Technologien, WLAN, 5G, Festnetzverbindungen via DSL, VDSL, Software Defined Networks usw.), die die Vernetzung von Maschinen, Werkstücken und Systemen

Tab. 5: Position Deutschlands in den Schlüsseltechnologien der Elektroindustrie

Technologien	Bewertung	In Prozent
Netzkommunikation	Gut	9,6
	Mittel	61,8
	Schlecht	28,6
	Gesamt	100,0
Mikroelektronik	Gut	22,1
	Mittel	61,1
	Schlecht	16,8
	Gesamt	100,0
Security und Safety	Gut	24,0
	Mittel	61,6
	Schlecht	14,4
	Gesamt	100,0
Datenanalyse	Gut	6,3
	Mittel	72,8
	Schlecht	20,9
	Gesamt	100,0

Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

ermöglichen. Die Netzkommunikation ist damit eine Basistechnologie für die Funktionsfähigkeit von Industrie 4.0. Schnelle und verlässliche Netze vom Shopfloor bis zum Zulieferer sowie zu den Kunden über öffentliche Netze sind notwendig, um den Kommunikationsfluss und den automatisierten Datenaustausch zu gewährleisten. Die konkrete Situation bei der Breitbandversorgung wird in einem speziellen Fokusthema näher beleuchtet (siehe Kapitel 2.5).

Neben dieser Infrastrukturdimension besitzt der Bereich der Netzkommunikation aber auch eine dezidierte Technikdimension, die von neuen Funktechnologien über adaptive Antennensysteme und Nahfeldtechnologien bis zu Verfahren der Interferenzunterdrückung und der Entwicklung von Softwarestandards für die Virtualisierung von Netzwerkressourcen reichen (vgl. Plattform Industrie 4.0 2015, S. 32–36 und Plattform Industrie 4.0 2016). Hier ist neben der Unternehmens-FuE auch die öffentliche

Forschung gefragt, um die entsprechenden Technologien erst noch (weiter) zu entwickeln, denn hier sind keineswegs schon alle Grundlagen und anwendungsnahen Fragestellungen hinreichend beforscht.

Unter Datenanalyse versteht man Methoden zur Verarbeitung und Kombination von unterschiedlich strukturierten Daten aus verschiedenen Quellen. Sie umfassen eine Vielzahl grundlegender Techniken aus der Statistik, dem maschinellen Lernen und dem Data Mining (vgl. Plattform Industrie 4.0 2015, S. 40–43). Ziel der Datenanalyse ist es, datenbasierte Zusammenhänge zu erkennen und zu bewerten sowie Prognosen zu erstellen, z. B., wann eine Maschine ausfallen wird, wenn ihre aktuelle Auslastung anhält. Darüber hinaus können komplexe Systeme der Datenanalyse Handlungsempfehlungen ableiten bzw. die Aufmerksamkeit des Wartungspersonals z. B. in Produktionsstraßen auf bestimmte Problembe- reiche lenken. Grundlage der Datenanalyse

sind Reihen- und Massendaten aus unterschiedlichen Quellen, wie z. B. Sensordaten, Maschinendaten, Verschleißdaten, Daten zum Werkstück, GPS-Daten oder auch Temperatur- und Wetterdaten. Die Bewertung der ZVEI-Mitglieder zeigt, dass im Bereich der Datenanalyse Nachholbedarf besteht und Maßnahmen zu Erhöhung der Expertise notwendig sind, um die vorhandenen Daten künftig innovativer zu nutzen und wertsteigernd einzusetzen.

Neben den softwaretechnischen Themen finden sich in diesem Entwicklungsfeld auch Fragen des Zugriffs und der Nutzung von Daten: Hat beispielsweise ein Maschinenbetreiber das Recht auf Einsicht in alle beim Betrieb anfallenden Daten? Welche haftungstechnischen Konsequenzen können sich daraus ergeben (vgl. Plattform Industrie 4.0 2015, S. 41)? Hier zeigt sich eine thematische Schnittstelle zum Fokusthema „Maschinell erzeugte Daten“ (Kapitel 5.3), in dem innovative datenbasierte Geschäftsmodelle vorgestellt werden und in dem die Frage nach dem Regulierungsbedarf von Maschinendaten beantwortet wird.

2.5 Fokusthema: Breitband

Leistungsfähige Internet-Verbindungen sind die Grundlage für erfolgreiche Digitalisierungsprojekte in allen Branchen. Für die Elektroindustrie ist das Thema Breitband allerdings von besonderer Bedeutung, weil ihre Produkte und Dienstleistungen eine enge IT-Kopplung aufweisen und damit einen ähnlichen Querschnittscharakter haben wie die IT selbst: Sie sind „Enabler“ für innovative Angebote und effizientere Produktionsverfahren. Dabei ist zu beachten, dass die Internetverbindungen, auf die es hierbei ankommt, höhere Anforderungen erfüllen müssen als Anwendungen im Office-Bereich oder bei der privaten Internetnutzung. „Industriefähigkeit“ lautet das Schlagwort, mit dem die Branche diese Anforderungen beschreibt: Gefordert sind schnelle, symmetrische und stabile Internetverbindungen. Darüber hinaus sollen diese Verbindungen eine garantierte und möglichst geringe Latenzzeit aufweisen, d. h. es sollen keine, bzw. nur minimale Verzögerungen zwischen Anforderung und Ausführung auftreten („Echtzeitfähigkeit“, vgl. Plattform Industrie 4.0, 2016 sowie BMWi und Bündnis „Zukunft der Industrie“,

2016). Unmittelbar einsichtig wird dies z. B. im Bereich der intelligenten Steuerung von Stromnetzen (Smart Grids). Hier müssen Informationen über Laständerungen im Millisekundenbereich verfügbar sein, damit entsprechend schnell weitere, verteilte Stromquellen zugeschaltet werden können. Aber auch in der Produktion, der Verkehrssteuerung oder in der Telemedizin gibt es immer mehr Anwendungen, die nur realisiert werden können, wenn die Internetverbindung die entsprechenden Qualitätsanforderungen (quality of service) erfüllt.

In diesem Fokusthema werden zunächst die Ergebnisse der ZVEI-Befragung zum Thema Breitband analysiert, dann wird die generelle Bedeutung der Breitbandvernetzung für die Digitalisierung der Branche beschrieben und anschließend wird anhand von zwei Beispielen dargestellt, welche innovativen Anwendungen durch industriefähige Internetverbindungen ermöglicht werden bzw. welche Konsequenzen fehlende Highspeed-Anbindungen haben können.

Auswertung der ZVEI-Befragung zum Thema Breitband

Für fast die Hälfte aller Unternehmen der Elektroindustrie sind fehlende Breitbandanbindungen nach wie vor ein großes Digitalisierungshemmnis. Dies ist das Ergebnis der Befragung der ZVEI-Mitgliedsunternehmen vom Frühjahr 2016. Bei der Befragung wurde nicht zwischen industriefähigen und einfachen Breitbandverbindungen unterschieden. Dies bedeutet, dass in dieser Zahl auch jene Unternehmen enthalten sind, die Probleme mit einfachen Breitbandverbindungen haben. Die nicht ausreichende oder gar fehlende Breitbandanbindung ist mit knapp 50 Prozent das Digitalisierungshemmnis Nummer drei, nach „Fehlendem Fachwissen“ (57 Prozent) und „Mangelnder Datensicherheit“ (52 Prozent). Das Breitbandthema rangiert damit noch vor den Hemmnissen „Unklarer Nutzen“, „Fehlende Normen und Standards“ und „Externe Regulierung“.

Betrachtet man die Zahlen der Befragung genauer und unterscheidet zwischen großen und kleinen Unternehmen der Branche (nach Anzahl der Mitarbeitenden), dann zeigt sich der erwartete Befund, dass es für große Unternehmen einfacher als für kleine ist, die entsprechenden Internetanbindun-

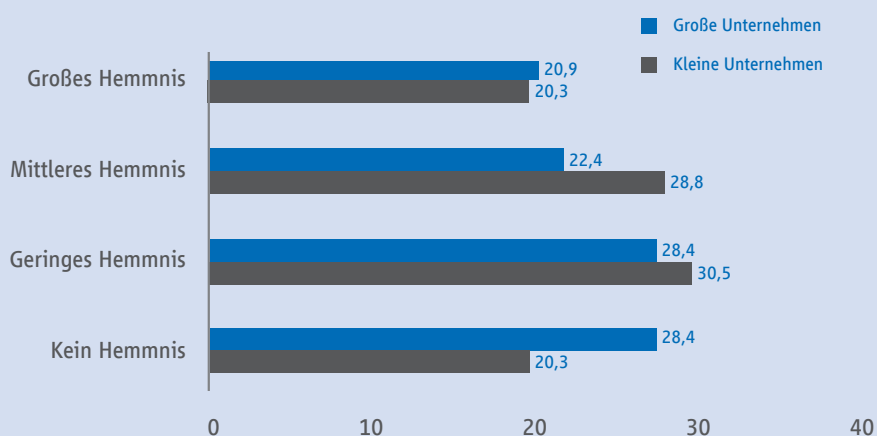
gen zu bekommen (siehe Abbildung 12). Dass größere Unternehmen hier weniger Probleme sehen, hängt sicher auch damit zusammen, dass diese eher als kleinere Unternehmen bereit sind, erhöhte Preise für Standleitungen zu bezahlen, wo reguläre Internetanschlüsse nicht angeboten werden.

Allerdings liegen die Zahlen nahe beieinander: 56,8 Prozent der großen Unternehmen sehen hier kein oder nur ein geringes Hindernis gegenüber 50,8 Prozent der kleinen Unternehmen (addierte Werte von geringem und keinem Hemmnis). An diesem Befund spiegelt sich die Tatsache, dass Unternehmen aller Größenklassen auch Standorte im ländlichen Raum haben und deswegen ein hohes Interesse an einer Breitbandverfügbarkeit in der Fläche haben.

reicher Konstruktionsdaten (CAD) über das flüssige Arbeiten mit dem elektronischen Warenwirtschaftssystem (ERP), der (Fern-) Wartung von Maschinen, der Datensicherung und dem ständigen Abgleich von Produktionsdaten an verschiedenen Standorten, dem Austausch von Produktionsdaten mit industriellen Kunden und dem Onlinevertrieb bis hin zur Personalrekrutierung, bei der künftigen Führungskräften Onlinezugriff auf das Firmennetz vom Homeoffice aus ermöglicht werden soll.

Die Vernetzungsanforderung erstreckt sich heute auf beinahe alle Branchen. Sogar in der Baubranche werden leistungsstarke Internetverbindungen wegen datenintensiver Planungsaktualisierungen immer wichtiger. Bauunternehmen, die nicht über die entsprechenden Leitungen verfügen,

Abb. 12: Unzulängliche Breitbandinfrastruktur als Hemmnis der Digitalisierung in der Elektroindustrie (Angaben in Prozent)



Quelle: ZVEI-Befragung 2016

Die unzulängliche Breitbandinfrastruktur als „großes“ Hemmnis für die Digitalisierung ihrer eigenen Unternehmensprozesse empfinden sowohl die kleinen als auch die großen Unternehmen (20,3 bzw. 20,9 Prozent). Diese Werte zeigen, wie sehr das Breitbandthema derzeit allen Unternehmen der Branche auf den Nägeln brennt.

Bedeutung der Breitbandvernetzung

Tatsächlich sind entsprechende Internetverbindungen inzwischen in fast allen Funktionsbereichen der Unternehmen die Basis für ihre Leistungs- und Zukunftsfähigkeit. Ihr Einsatz reicht vom Austausch umfang-

können sich an komplexen Großprojekten inzwischen nicht mehr beteiligen.

Entsprechendes gilt für die Elektroindustrie. Allerdings verschärft sich die Situation für die Unternehmen dieser Branche aus zwei Gründen: Zum einen sind ihre Anforderungen an die Servicequalität der Internetverbindungen und insbesondere an die Echtzeitfähigkeit höher, weil sie in zeitkritische Produktions- und Steuerungsprozesse eingebunden sind (Industriefähigkeit). Und zum anderen besitzen ihre Produkte einen hohen IT-Anteil, d. h. ihr Einsatz beim Kunden erfordert seinerseits eine Anbindung an

das Internet, um den vollen Funktionsumfang realisieren zu können. Ihre Produkte bilden die Basis für weitere Innovationen in Anwendungsmärkten (Querschnittscharakter).

Beispiele

Wie wichtig Bandbreite, Stabilität und Echtzeitfähigkeit für Innovationen im industriellen Umfeld sind, zeigt das von Siemens, der Telekom, der TU München sowie weiteren europäischen Konsortialpartnern durchgeführte Projekt Virtuwind, bei dem die Steuerung von Windparks verbessert werden soll (www.virtuwind.eu). Windpark-Besitzer sind zwar meist die Energieunternehmen wie z. B. EON. Betrieben werden die Anlagen allerdings von Unternehmen der Elektroindustrie, wie z. B. Siemens. Dabei müssen Maschinen und Komponenten unterschiedlicher Hersteller integriert und koordiniert werden (Rotorturbinen, Internet-of-Things-Komponenten, Netzwerk-Router). Um einen Windpark effizient und dynamisch steuern zu können, müssen alle Beteiligten auf die Sensorikdaten, die Aktuatoren oder auch Netzwerkgeräte zugreifen können. Dazu sind die einzelnen Windräder und Komponenten mit dem Kontrollzentrum über das lokale Kontrollnetz verbunden. Das Kontrollzentrum ist wiederum über das Internet mit den Firmennetzen verbunden, d. h. die beteiligten Firmen können per Fernwartung auf ihre Geräte und die Daten im Windpark zugreifen (vgl. Oelkers 2016).

Die Kontrollnetzstrukturen ermöglichen z. B. die automatische Ausrichtung der Rotorblätter je nach Windverhältnissen, Stromnachfrage oder Zustand der Turbinen. Hierfür müssen die entsprechenden Wetterdaten verarbeitet werden, die Nachfragedaten des Energieversorgers berücksichtigt sowie die Maschinendaten aus der Rotorturbine ausgelesen und an das Kontrollzentrum übermittelt werden. Durch die intelligente Vernetzung der Komponenten ist es weiterhin möglich, Software-Updates für die Geräte der verschiedenen Anbieter automatisch aufzuspielen.

Diese innovativen Anwendungen erfordern eine intelligente Steuerungssoftware, die im Virtuwind-Projekt entwickelt wird. Sie benötigen aber auch über alle Netzbereiche hinweg garantierte Bandbreiten und geringe Latenzen. Innerhalb des lokalen Netzes des

Windparks kann dies vom Betreiber bzw. Integrator durch eigene Netzinfrastrukturen gewährleistet werden. Allerdings läuft die Kommunikation zwischen dem Kontrollzentrum und den Firmenzentralen der beteiligten Unternehmen ab einem bestimmten Punkt über das öffentliche Internet. Dies bedeutet, dass die millisekundengenau abgestimmten Prozesse innerhalb des Windparks nur dann funktionieren, wenn die externen Internetprovider die erforderliche Bandbreite stabil zur Verfügung stellen sowie geringe Latenzzeiten garantieren können. Erst die „Industriefähigkeit“ der Internetverbindungen ermöglicht es den beteiligten Unternehmen im Projekt, ihre Geschäftsmodelle zu realisieren.

Das Smart-Grid-Beispiel steht stellvertretend für dezentrale Installationen, die industriefähige Internetverbindungen benötigen, um sich mit anderen Unternehmen oder Kunden zu vernetzen. Im Zeitalter von Industrie 4.0 werden solche Vernetzungen immer wichtiger, denn ein Großteil der innovativen Unternehmen hat seinen Sitz nicht in den Zentren, sondern in eher ländlich geprägten Gebieten.

Dabei ist in Deutschland selbst die Vernetzung innerstädtischer Installationen noch nicht so problemlos möglich, wie dies in anderen Ländern der Fall ist. So berichtet z. B. die Sparte Sicherheitssysteme eines großen Elektronikkonzerns über Probleme, Gebäude in einer ostdeutschen Großstadt über herkömmliche Breitbandanschlüsse zu verbinden. Da diese dort nicht verfügbar sind, muss das Unternehmen hochpreisige, dedizierte Leitungen bei einem Netzbetreiber mieten, um seine Sicherheitsdienste dort anbieten zu können. Der Service basiert auf der Auswertung von Videoübertragungen, die über das Internet an eine zentrale Leitstelle übertragen werden. Von dieser Leitstelle werden dann wiederum entsprechende Aktionen vor Ort ausgelöst (Feuerwehr, Sicherheitsdienst, Polizei usw.).

Auch im Bereich der vernetzten Produktion (Industrie 4.0) sind industrietaugliche Breitbandanschlüsse von zentraler Bedeutung. Dies betrifft sowohl das Festnetz als auch den Mobilfunk (4G und 5G, WLAN, usw.) sowie die Kombination dieser Netze. Ähnlich wie die innovativen Anwendungen bei der Steuerung von Windparks sind die

neuen Ansätze zur intelligenten Vernetzung der Produktion darauf angewiesen, dass leistungsstarke, stabile und echtzeitfähige Netzverbindungen verfügbar sind.

Ein Beispiel aus dem Industrie-4.0-Kontext ist der Einsatz von Virtual Reality bei der Produktentwicklung. Da FuE-Ausgaben in Unternehmen einen erheblichen Kostenblock darstellen, sucht die Industrie hier intensiv nach Einsparpotenzialen. Zudem haben sich die Innovationszyklen in der Industrie immer weiter reduziert, was eine schnellere Prototypenentwicklung notwendig macht. Die Produktentwicklung unter Nutzung von Virtual Reality bietet aber noch zwei weitere Vorteile: Zum einen lassen sich bei der virtuellen Produktentwicklung Verbesserungsvorschläge aus der Produktion nahtlos in das Engineering einbeziehen. Zum anderen wird die Produktentwicklung mit Virtual Reality ortsunabhängig, so dass auch mit verteilten und externen Entwicklerteams gearbeitet werden kann. Und obwohl es sich bei dieser Anwendung noch nicht um eine direkte und damit erfolgsentscheidende Produktionssteuerung handelt, sind auch hier hohe Bandbreiten und garantierte Latenzen entscheidend. Soll in der virtuellen Produktentwicklung ein realistisches Bild mit stimmigen Texturen übertragen werden, kommen schnell Hunderte Megabyte zusammen. Da zudem zu erwarten ist, dass die zugehörige Hardware immer kleiner wird, muss ein zunehmender Anteil an Informationen aus der Cloud bezogen werden, was die Anforderungen an die Bandbreite weiter erhöht. Geringe Latenzen sind im Bereich der VR-Anwendungen zwar nicht sicherheitsrelevant, wie es etwa bei medizinischen Anwendungen oder beim autonomen Fahren der Fall ist. Eine spürbare Verzögerung beim Wechsel der Blickrichtung aber führt bei den Nutzern zu Irritationen und senkt damit die Akzeptanz dieser Anwendungen massiv (vgl. van Baal et al. 2016, S. 67).

2.6 Ableitung der Fragestellungen für die Studie

Die bisherige Analyse hat drei grundlegende Befunde zutage treten lassen:

- Die Digitalisierung hat einen Querschnittscharakter und verändert umfassend Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle.
- Die Unternehmen sehen in der Digitalisierung mehr Chancen als Risiken.

- Die digitale Transformation steht noch am Anfang. Zahlreiche und qualitativ unterschiedliche Hindernisse müssen bewältigt werden, damit sich die Chancen der Digitalisierung vollständig entfalten können.

In den nächsten Kapiteln wird herausgearbeitet, warum die Elektroindustrie eine unverzichtbare Rolle für das Gelingen der digitalen Transformation in Deutschland spielt. Die Analysen zeigen, dass die Elektroindustrie traditionell eine wichtige Rolle als Anwender und Anbieter wichtiger Technologien und industrieller Lösungen spielt und diese Funktionen durch die Digitalisierung verstärkt werden.

- Die Elektroindustrie ist eine starke Branche. Schon immer trägt sie unabhängig von der Digitalisierung durch ihre Produkt- und Prozessinnovationen entscheidend zum Erfolg des Geschäftsmodells Deutschland mit seinen Säulen Industrie- und Wissensorientierung, Internationalisierung und Vernetzung bei.
- Die Elektroindustrie ist gleichzeitig als Lieferant und Anbieter von Vorprodukten ein wichtiger Partner in den industriellen Wertschöpfungsnetzwerken. In dieser Anbieterrolle versorgt sie andere Branchen implizit auch mit Wissen und Technologien.
- Die Digitalisierung hat die Bedeutung der Elektroindustrie noch erhöht. Sie hat noch stärker als bisher eine Doppelrolle als Anwender und Anbieter. Sie ist selbst Motor bei der Entwicklung digitaler Lösungen und wendet diese Technologien in der eigenen Branche an.
- Die Elektroindustrie liefert aber auch Komponenten und Lösungen, die für die digitale Transformation der anderen Branchen unabdingbar sind. In dieser Anbieterrolle wird die Elektroindustrie zum wichtigen Enabler der Digitalisierung für die gesamte deutsche Wirtschaft.

Diese vier Aspekte werden in den folgenden Kapiteln detailliert ausgeführt. Darin eingebettet ist eine Diskussion, die unter anderem herausarbeitet, dass die aktuelle wirtschaftswissenschaftliche Indikatorik aufgrund der Entwicklungen im Bereich Digitalisierung zunehmend nicht mehr das Richtige misst. Deshalb werden Vorschläge für eine erweiterte Indikatorik unterbreitet, die eine bessere Wahrnehmung der Verschöbungen zur Folge hätte.



3. BEDEUTUNG DER ELEKTROINDUSTRIE

Das Ziel dieses Kapitels ist es, die Bedeutung der Elektroindustrie in Deutschland für die Gesamtwirtschaft zu analysieren. Dabei zeigt sich die wichtige Rolle der Elektroindustrie als Enabler-Branche. Sie ist überdurchschnittlich wissensintensiv und ein wesentlicher Teil der erfolgreichen deutschen Industrie. Von dieser Analyse ausgehend wird später in Kapitel 5 gezeigt, dass die Bedeutung der Elektroindustrie durch die Digitalisierung noch deutlich zunehmen wird.

Die Elektroindustrie ist eine wesentliche Säule des Geschäftsmodells Deutschlands, das für den weltweiten Erfolg der deutschen Wirtschaft steht. Die traditionelle Branchenabgrenzung erweist sich als nicht sachgemäß und führt dazu, dass ihre Bedeutung unterschätzt wird. Auch wird dadurch nicht klar erkannt, welche hohen Beiträge die Elektroindustrie zur Einkommensentstehung, zur Innovationskraft oder zur Globalisierung der deutschen Wirtschaft leistet. Durch ihre hohe Wettbewerbsfähigkeit trägt sie maßgeblich zum Wohlstand in Deutschland bei.

3.1 Abgrenzung und Beiträge zum Geschäftsmodell Deutschland

Die Elektroindustrie kann unterschiedlich präzise definiert werden. In der Abgrenzung der internationalen Statistik wird die Elektroindustrie oft auf die Betriebe der Wirtschaftszweige 26 – „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und

optischen Erzeugnissen“ – und 27 – „Herstellung von elektrischen Ausrüstungen“ – reduziert. Diese Klassifikation entspricht jedoch nicht einer präzisen Beschreibung der Branche (Gontermann und Giehl 2012). Für eine vollständige Betrachtung der deutschen Elektroindustrie als Gesamtbranche muss vielmehr eine differenziertere Betrachtung der Wirtschaftszweige gewählt werden.

Diese detaillierte Abgrenzung berücksichtigt bei der Definition der Elektroindustrie auch die Betriebe, die elektronische Vorleistungsgüter für die eindeutige Verwendung in anderen Abteilungen der Klassifikation der Wirtschaftszweige oder andere zur Elektroindustrie zugehörige Güter erstellen. Zu nennen sind hier etwa

- die Herstellung elektrischer und elektronischer Ausrüstungen für Kraftwagen,
- die Herstellung elektrisch betriebener Züge oder
- die Wartung und Reparatur elektrischer Waren, Ausrüstungen und Geräte.

Nicht berücksichtigt werden dagegen Betriebe der Wirtschaftszweige 26 und 27, die aus dem Produktspektrum der Elektroindustrie herausfallen. Hierzu zählen etwa

- Uhren,
- magnetische und optische Datenträger sowie
- nicht elektrische Haushaltsgeräte.

Betrachtet man die Elektroindustrie wie oben definiert als Gesamtbranche, liegt ihr



Tab. 6: Zusammensetzung der Elektroindustrie nach Abgrenzung des ZVEI

WZ 2008 Code	WZ 2008 Bezeichnung	Einbeziehung in Prozent
18.20	Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	100
23.43	H. v. Isolatoren und Isolierteilen aus Keramik	100
26.10	H. v. elektronischen Bauelementen und Leiterplatten	100
26.20	H. v. Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten	100
26.30	H. v. Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik	100
26.40	H. v. Geräten der Unterhaltungselektronik	100
26.51	H. v. Mess-, Kontroll-, Navigations- u. ä. Instrumenten und Vorrichtungen	100
26.60	H. v. Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten	100
26.70	H. v. optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten	25
27.10	H. v. Elektromotoren, Generatoren, Transformatoren	100
27.20	H. v. Batterien und Akkumulatoren	100
27.30	H. v. Kabeln und elektrischem Installationsmaterial	100
27.40	H. v. elektrischen Lampen und Leuchten	100
27.51	H. v. elektrischen Haushaltsgeräten	100
27.90	H. v. sonstigen elektrischen Ausrüstungen und Geräten a. n. g.	100
28.21	H. v. Öfen und Brennern	90
28.24	H. v. handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb	100
29.31	Herstellung elektrischer und elektronischer Ausrüstungsgegenstände für Kraftwagen	100
30.20	Schienefahrzeugbau	90
32.50	H. v. medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien	20
33.13	Reparatur von elektronischen und optischen Geräten	100
33.14	Reparatur von elektrischen Ausrüstungen	100
33.20	Installation von Maschinen und Ausrüstungen a. n. g.	75

Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

Anteil am Bruttoinlandsprodukt bei rund drei Prozent (ZVEI 2016). Das ist höher als auf Basis der klassischen Definition der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, in der die Elektroindustrie nur durch die Branchen 26 und 27 definiert ist. Der Beitrag der Branche zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung ist seit zehn Jahren (mit Ausnahme der Krise 2009) nahezu konstant. Anders als in vielen anderen Ländern trägt die Elektroindustrie in Deutschland damit stabil zur Wertschöpfung bei.

Beiträge zum Geschäftsmodell Deutschland

Deutschland zählt weltweit zu den erfolgreichsten Volkswirtschaften. Dies liegt an der hohen Industrieorientierung sowie an den überdurchschnittlich globalisierten und wissensintensiven Unternehmen. Diese Eigenschaften sind unter der Marke „Geschäftsmodell Deutschland“ weltweit zum Erfolgsmodell geworden. Die Elektroindustrie ist eine wesentliche Säule dieses Systems. Sie

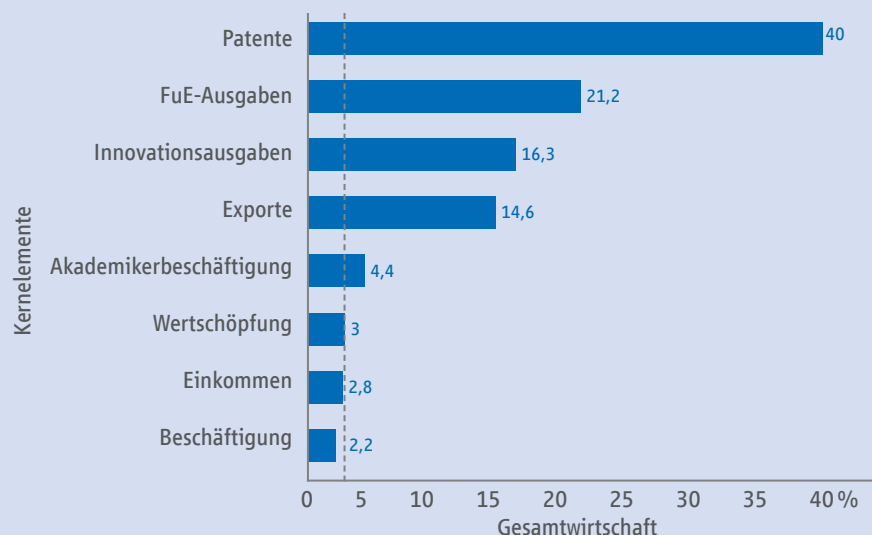
- ist im höchsten Maße globalisiert; der Anteil an den gesamtwirtschaftlichen Exporten ist mehr als viermal so hoch wie an der Produktion;
- erwirtschaftet überdurchschnittlich hohe Einkommen für ihre Beschäftigten; rund 55.500 Euro gegenüber durchschnittlich nur rund 46.900 Euro im Verarbeitenden Gewerbe;
- investiert deutlich mehr in Forschung und Entwicklung (rund neun Prozent vom

Umsatz gegenüber 3,7 Prozent durchschnittlich im Verarbeitenden Gewerbe) sowie Innovationen als andere (13,2 Prozent vom Umsatz versus 4,4 Prozent);

- beschäftigt einen überdurchschnittlich hohen Anteil von Akademikern (21,6 Prozent aller Beschäftigten; Durchschnitt 12,9 Prozent im Verarbeitenden Gewerbe) und spezialisierten Fachkräften und
- leistet durch ihre Patentaktivitäten in der Erfinderphase wertvolle Beiträge für das gesamte Innovationssystem; allein 40 Prozent aller transnationalen Patentanmeldungen deutscher Unternehmen pro Jahr stammen aus der Elektroindustrie

Die nachstehende Abbildung 13 zeigt für ausgewählte Indikatoren die Anteile der Elektroindustrie an den gesamtdeutschen Werten. Rund drei Prozent der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung erwirtschaftet die Elektroindustrie. Die Anteile bei Indikatoren, die die Beiträge zu Internationalisierung oder Wissensgenerierung messen, sind deutlich höher. Die Elektroindustrie trägt deshalb in weit überdurchschnittlichem Ausmaß zu den beiden entscheidenden Erfolgsfaktoren (Globalisierung und Wissen) der deutschen Wirtschaft bei. Zur Illustration: Der Anteil der Elektroindustrie an allen Innovationsausgaben in Deutschland (16,3 Prozent) beträgt mehr als das Fünffache des Beitrags zur gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung. Das beweist die weit überdurchschnittliche Innovationsintensität der Branche.

Abb. 13: Beiträge der Elektroindustrie zu Kernelementen des Geschäftsmodells Deutschland; Daten für 2015



Quelle: Destatis (2016), Stifterverband (2016), ZEW (2015), ZVEI (2016), Fraunhofer (2016)

Die senkrechte Linie dient zur Illustration der Bedeutung der Elektroindustrie in Deutschland relativ zum Anteil der Branche an der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung. Die Elektroindustrie steht für drei Prozent der Wertschöpfung, aber z. B. für 40 Prozent der Patentanmeldungen in Deutschland.

Beiträge zur Wissensgenerierung unterschätzt

Die Beiträge der Elektroindustrie zu den Aufwendungen für Forschung und Entwicklung oder Innovationen werden unterschätzt, wenn man die Analyse auf die üblichen Quellen (ZEW 2015; Stifterverband 2016) stützt, die die Branche regelmäßig nur anhand der beiden Wirtschaftszweige 26 – „Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“ – und 27 – „Herstellung von elektrischen Ausrüstungen“ – definiert. Auf Basis dieser Abgrenzung werden der Elektroindustrie 2015 knapp elf Milliarden Euro FuE-Aufwendungen² zugerechnet, tatsächlich sind es nach Berechnungen des ZVEI aber 15,5 Milliarden Euro. Ähnlich sind die Relationen bei den Innovationsaufwendungen³: 17,6 Milliarden Euro auf Basis der verkürzten Abgrenzung zu 23,6 Milliarden Euro nach ZVEI-Rechnung (ZVEI 2016). Mit einer Innovationsquote (Aufwendungen in Prozent des Umsatzes) von gut 13 Prozent erreicht die Elektroindustrie unter allen Branchen in Deutschland einen Spitzenwert. Auch bei FuE-Intensität steht die Elektroindustrie mit 8,7 Prozent (2015 nach ZVEI-Berechnungen) im Branchenvergleich mit an der Spitze.

Aufgrund der Heterogenität der Elektroindustrie liefert der Durchschnitt jedoch nur eine Teilinformation, während wichtige Facetten hier unberücksichtigt bleiben. Es gibt innerhalb der Elektroindustrie sehr forschungsintensive Teilbereiche wie beispielsweise Halbleiter, Sensoren oder Aktoren, wo hohe Anteile des Umsatzes in

Forschung und Entwicklung investiert werden – und in Deutschland anteilig mehr als in den meisten anderen Ländern. Diese Technologien gehören nach der allgemein üblichen Definition (Gehrke et al. 2014; Grupp et al. 2000; Legler, Frietsch 2007) zur Spitzentechnologie. Gleichzeitig gibt es aber auch Teilbereiche, die hohe Umsatzzahlen bei zwar absolut gesehen immer noch hohen Aufwendungen, aber entsprechend niedrigen Anteilen aufweisen. Hierzu gehören beispielsweise Haushaltsgeräte oder auch Kabel und Steckverbindungen. Im internationalen Vergleich sind aber auch diese Teilbereiche der Elektroindustrie in Deutschland forschungsintensiver als in den meisten anderen Ländern.

Für die Digitalisierung der gesamten Wirtschaft sind es gerade die forschungsintensiven Teilbereiche, mit denen die Elektroindustrie zur Weiterentwicklung des Standorts Deutschland beiträgt. Die Durchschnittsbetrachtung der FuE-Intensität über alle Fachbereiche der Branche hinweg verkennt diese Anstrengungen.

Die Bedeutung weltweit

Die deutsche Elektroindustrie ist der international viertgrößte Lieferant von elektrotechnischen und elektronischen Produkten. Lediglich die Elektroindustrie in China, Hongkong und den USA exportierte mehr. Die Weltexportanteile Deutschlands reduzierten sich dabei seit 2010 leicht von 7,3 auf 6,9 Prozent. Andere etablierte Industrieländer wie die USA, Frankreich oder Großbritannien haben im selben Zeitraum ebenfalls Weltmarktanteile verloren.

Tab. 7: Länderanteile an den Welt-Elektroexporten

	2010	2011	2012	2013	2014
Deutschland	7,3	7,6	7,0	6,9	6,9
China	23,6	24,6	26,5	26,8	27,9
Hongkong	8,4	8,1	8,9	9,2	9,4
USA	8,9	8,8	8,8	8,6	8,6
Frankreich	2,2	2,3	2,1	2,0	1,9
Großbritannien	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6
Japan	6,3	5,9	5,7	4,7	4,5
Südkorea	5,1	5,0	5,0	5,3	5,4

Quellen: ZVEI (2016), eigene Berechnungen IW Consult

² Planwerte für 2015; externe FuE-Aufwendungen wie 2014.

³ Innovationsausgaben beziehen sich auf die Aufwendungen für laufende, abgeschlossene und abgebrochene Projekte, die die Entwicklung und Einführung von Produkt- oder Prozessinnovationen zum Ziel haben. Dazu zählen interne und externe FuE sowie innovationsbezogene Ausgaben für Sachanlagen und immaterielle Wirtschaftsgüter, Weiterbildung, Marketing, Konzeption, Konstruktion, Design sowie Produktions- und Vertriebsvorbereitung.

Die Produktion der deutschen Elektroindustrie ist dabei deutlich wertschöpfungsintensiver als die anderer Länder. In Deutschland liegt die Wertschöpfungsquote bei 43 Prozent des Produktionswerts. China erzielt lediglich rund 15 Prozent. Auch andere internationale Wettbewerber wie Japan (37 Prozent), Frankreich (25 Prozent) oder Südkorea (23 Prozent) haben eine geringere Fertigungstiefe als die deutsche Elektroindustrie.

Innovationsorientierung im internationalen Vergleich

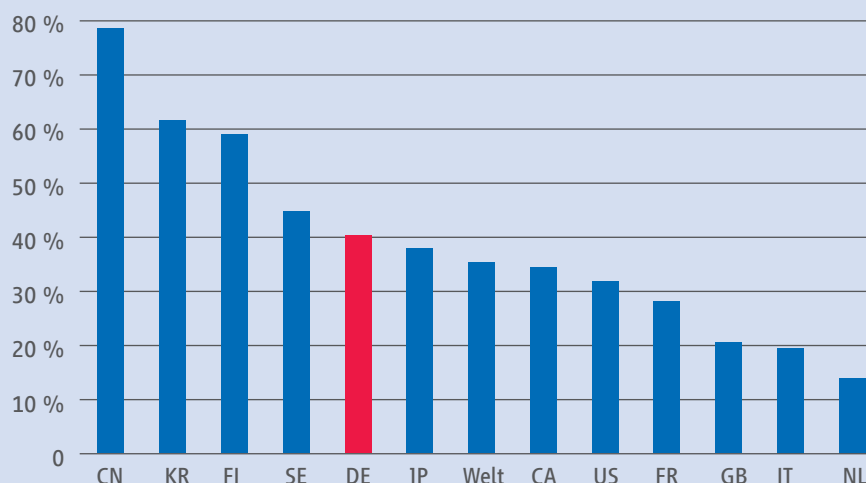
Noch wichtiger als die Stellung in den Exportmärkten ist die technologische Wettbewerbsfähigkeit der Elektroindustrie. Zur Messung dieses Aspekts bieten sich Patente an. Zwar wird nicht alles, was erfunden wird, auch patentiert. Aber da die Relationen von patentierten und nicht patentierten Erfindungen über lange Zeit hinweg stabil sind (Frietsch 2006; Frietsch et al. 2014b; Griliches 1981; Griliches 1995), eignen sie sich als Indikator – also als Stellvertreter – für den technologischen Output und die technologische Leistungsfähigkeit. Es hat sich außerdem gezeigt, dass Patente für die Sicherung von Exportmärkten von besonderer Bedeutung sind (Blind 2006; Blind, Jungmittag 2006; Frietsch et al. 2014a, IW Consult 2015) und damit auch unmittelbaren Einfluss auf den ökonomischen Erfolg haben. Wenn also eine starke Position bei

Patenten besteht, dann resultiert daraus auch eine starke Marktposition im Ausland.

Um die Vergleichbarkeit der technologischen Leistungsfähigkeit herzustellen und die Heimvorteile großer Länder in ihren jeweiligen Inlandsmärkten auszublenden, werden an dieser Stelle sogenannte Transnationale Patente (Frietsch, Schmoch 2010) verwendet. Da die Unternehmen der Elektroindustrie in Deutschland häufiger als die Elektroindustrie anderer Länder gezielt Patente in Schlüsselmärkten – wie bspw. den USA – direkt anmeldet, unterschätzen wir die Leistungsfähigkeit der Elektroindustrie mit dieser Vorgehensweise allerdings. Hinzu kommt, dass mit Zunahme der Digitalisierung und der digitalen Geschäftsmodelle vermehrt Innovationen auf nicht patentierbaren Kompetenzen und Ideen beruhen, sodass auch hierdurch Patente zwar nicht irrelevant, aber zur Abbildung des Innovationsoutputs immer weniger geeignet erscheinen. Dies zeigt sich auch in der relativ geringeren Bedeutung der FuE-Aufwendungen in Relation zu den gesamten Innovationsaufwendungen. FuE ist für den Innovationserfolg nicht mehr allein entscheidend, sondern es kommen weitere Faktoren hinzu.

Die Elektroindustrie ist seit über hundert Jahren eine der innovativsten Branchen überhaupt. Mittlerweile werden die Neue-

Abbildung 14: Anteile der Elektroindustrie an allen transnationalen* Patenten der jeweiligen Länder (2011–2013)



* Verwendet werden Patentfamilien mit mindesten einer EPA- oder PCT-Anmeldung der Prioritätsjahre 2011–2013; es werden nur Patentanmelder mit Informationen zum Wirtschaftszweig verwendet.

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

Tab. 8: Leitmärkte der Elektroindustrie

	Anteil der Unternehmen mit Produkten oder Dienstleistungen in diesem Markt Anteile in Prozent¹⁾	Durchschnittlicher Umsatzanteil der Unternehmen in diesem Markt Anteile in Prozent¹⁾
Energie	68,9	18,7
Gebäude	67,2	24,4
Mobilität	65,8	16,0
Fabrik- und Prozessautomatisierung	65,8	18,6
Gesundheit	41,6	4,3
Andere Märkte	61,6	18,1

¹⁾ Die Angaben in der rechten Spalte addieren sich auf 100 Prozent. Die Angaben in der linken Spalte addieren sich auf mehr als 100 Prozent, da hier Mehrfachantworten möglich waren.

Umsatzgewichtete Ergebnisse

Quelle: ZVEI (2016)

rungen jedoch nicht mehr nur in der Branche selbst, sondern auch in zahlreichen anderen Branchen umgesetzt. Daher ist sie für Innovationen in anderen Branchen mit entscheidend. Es zeigt sich insbesondere darin, dass originäre Technologien der Elektroindustrie (bspw. Elektrotechnik oder Mikroelektronik) von Unternehmen anderer Branchen erfunden und patentiert werden.

Die Patentanalysen zeigen (Abbildung 14), dass im internationalen Vergleich der Beitrag der Elektroindustrie zu allen Patenten höher ist als in den meisten anderen Ländern. In Deutschland stammen 40 von 100 Patenten aus der Elektroindustrie. Das ist mehr als in Japan oder den USA oder auch beispielsweise in Frankreich und Großbritannien. Lediglich die auf Konsumelektronik und Mobiltelefone ausgerichteten Volkswirtschaften zeigen noch höhere Beiträge der Elektroindustrie zu deren internationaler Wettbewerbsfähigkeit. Der Anteil ist dabei über die Zeit angestiegen von 37 Prozent zu Beginn des Jahrtausends bis zu seinem Höchststand von 42 Prozent im Jahr 2012 und hat sich nun bei einem Wert von ca. 40 Prozent eingependelt.

Fazit: Die deutsche Elektroindustrie ist eine wissensintensive Branche. Die Innovations-, FuE- oder Patentintensitäten sind überdurchschnittlich hoch und erreichen im Branchenvergleich Spitzenwerte. Die Bedeutung der Elektroindustrie wird in der öffentlichen Wahrnehmung unterschätzt. Das liegt auch daran, dass die Branche in der (amtlichen) Statistik nicht als einheit-

licher Block dargestellt wird, sondern regelmäßig auf mehrere Positionen verteilt ist. Entsprechend wird ihr eigentliches quantitatives Gewicht nur unzureichend ausgewiesen.

3.2 Märkte, Marktführerschaft und Konkurrenzsituation

Die Elektroindustrie ist in allen fünf Leitmärkten (Energie, Gebäude, Mobilität, Fabrik- und Prozessautomatisierung, Gesundheit) mit einem breiten Produktportfolio tätig. Über vier Fünftel der Umsätze der Elektroindustrie werden dort erwirtschaftet. Das ist ein Volumen von 146 Milliarden Euro in den Fokusbereichen der Digitalisierung.

Rund zwei Drittel der Unternehmen bieten Produkte oder Dienstleistungen in den vier Märkten Energie, Gebäude, Mobilität sowie Fabrik- und Prozessautomatisierung an, mehr als 40 Prozent engagieren sich im Gesundheitsmarkt. Die höchsten Umsatzanteile werden von den Unternehmen der Elektroindustrie in den Bereichen Gebäude, Energie und Industrie 4.0 (Fabrik- und Prozessautomatisierung) erwirtschaftet (Tabelle 8).

Marktführerschaft und Konkurrenz

Auch die starke Marktposition der Elektroindustrie spiegelt sich in den Befragungsergebnissen wider. Während nur 33,5 Prozent der Unternehmen in anderen Branchen angeben, (in einem Bereich) Marktführer zu sein, liegt der Anteil in der Elektroindustrie bei 54,6 Prozent. Dieser signifikante Unterschied speist sich insbesondere aus

Tab. 9: Marktführerschaft

Anteile in Prozent	Elektroindustrie			Andere Branchen ¹⁾		
	KMUs ²⁾	Große ³⁾	Gesamt	KMUs	Große	Gesamt
Ja	44,6	63,5	54,6	14,6	55,3	33,5
Nein	55,4	36,5	45,4	85,4	44,7	66,5

¹⁾ Industrie und industriennahe Dienstleistungen aus dem IW-Zukunftspanel; ²⁾ Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten;
³⁾ Mehr als 500 Beschäftigte; umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: ZVEI-Befragung (2016), IW-Zukunftspanel (2016)

der starken Stellung der KMUs Hier liegen 30 Prozentpunkte zwischen der Elektroindustrie und anderen Branchen.

Trotz der stark ausgeprägten Marktführerschaft ist das Wettbewerbsumfeld sehr kompetitiv. Über 80 Prozent der Unternehmen müssen sich gegen Konkurrenz derselben Branche aus In- und Ausland behaupten. Aber auch andere Branchen treten zunehmend als Wettbewerber auf den Markt. Rund die Hälfte der Unternehmen konkurriert mit Unternehmen aus anderen Branchen aus dem In- und Ausland. Dabei müssen insbesondere die großen Unternehmen international über Branchengrenzen hinweg wettbewerbsfähig sein. Trends wie die Hybridisierung von Geschäftsmodellen – also

der Weg vom klassischen Produzenten hin zum Lösungsanbieter – und die Digitalisierung lösen Branchengrenzen auf und machen Konkurrenzsituationen durchlässiger. Auch andere Studien zeigen, dass die Elektroindustrie schon heute in höherem Maße hybride Geschäftsmodelle anbietet als das Verarbeitende Gewerbe insgesamt (vbw 2015).

Der hohe Anteil ausländischer Konkurrenten deutet auf die globale Verflechtung der Elektroindustrie hin. Diese Vernetzung wird in den nächsten Kapiteln intensiv analysiert.

Tab. 10: Konkurrenzsituation

Anteile in Prozent	Elektroindustrie		
	KMUs ¹⁾	Große ²⁾	Gesamt
Unternehmen der Elektroindustrie im Inland	82,9	81,6	82,3
Unternehmen der Elektroindustrie im Ausland	82,5	87,9	85,3
Unternehmen anderer Branchen im Inland	43,9	54,7	49,6
Unternehmen anderer Branchen im Ausland	42,0	58,5	50,7

¹⁾ Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten; ²⁾ Mehr als 500 Beschäftigte; umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: ZVEI-Befragung (2016)



4. DIE ELEKTROINDUSTRIE IN DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE

Die Elektroindustrie vernetzt in hohem Maße Branchen. Dieses Kapitel analysiert die Einbindung der Elektroindustrie in Produktions- und Wissensnetze.

- **Produktionsnetze:** Die Elektroindustrie verkauft an andere wichtige Branchen mehr Vorleistungen, als sie von dort bezieht. Sie hat in den Produktionsnetzen die Rolle des Nettolieferanten von Komponenten und Vorprodukten und ist deshalb wichtig für die Wettbewerbsfähigkeit vieler anderer Branchen. Die hohe Bedeutung der Elektroindustrie innerhalb der Wertschöpfungsnetze wird anhand von Input-Output-Tabellen⁴ (IOT) gezeigt (Kapitel 4.1).
- **Wissensnetze:** Die Elektroindustrie liefert nicht nur Vorprodukte an andere Branchen, sondern auch Wissen, das implizit in diesen Lieferungen steckt. Dieser Aspekt wird in Kapitel 4.2 analysiert. Es wird herausgearbeitet, dass in diesen Wissensnetzen die Elektroindustrie ein wichtiger Impulsgeber ist und ein Wissenstransfer an andere stattfindet. Die Bedeutung der Elektroindustrie als Partner in den Wissensnetzen wird anschließend durch Befragungsergebnisse und Patentverflechtungen vertiefend dargestellt (Kapitel 4.3).

Diese beiden wichtigen Enabler-Funktionen zeichnen traditionell die Elektroindustrie unabhängig von der Digitalisierung aus. Diese hohe Bedeutung für andere Branchen soll in diesem Abschnitt herausgearbeitet werden. Die Ausführungen in dem nachfolgenden Kapitel 5 zeigen, dass die Bedeutung der Elektroindustrie in den Produktions- und Wissensnetzen im Rahmen der digitalen Transformation der gesamten Wirtschaft noch wichtiger wird.

4.1 Produktionsnetze – Elektroindustrie als Enabler

Die Rolle der Elektroindustrie in den Produktionsnetzen wird anhand des Vorleistungsaustauschs und der Bewertung wichtiger Technologiefelder untersucht. Neben der amtlichen Statistik werden auch Befragungsergebnisse verwendet, die miteinander kombiniert werden.

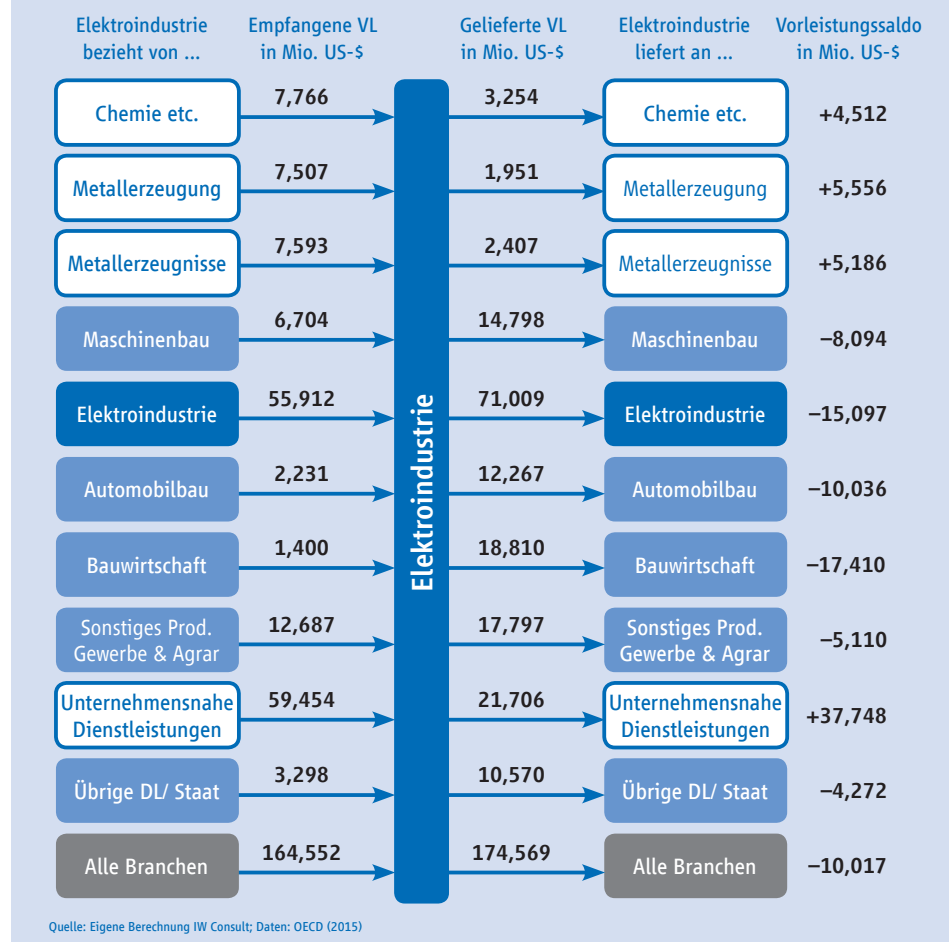
Vorleistungsverflechtungen

Die deutsche Elektroindustrie⁵ verkauft mehr Vorleistungen an andere Branchen, als sie von dort bezieht. Sie ist Netto-Vorleistungslieferant und schon deshalb ein wichtiger Partner für andere Branchen in den Wertschöpfungsnetzen. Im Jahr 2011 betrug dieser Nettoüberschuss rund

⁴ Hier kann erstens die IOT des Statistischen Bundesamts herangezogen werden (Statistisches Bundesamt 2016). Der aktuellste Berichtsstand der mit der WZ-Klassifikation 2008 und den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen kompatiblen IOT ist das Jahr 2012. Die Abgrenzung erfolgt auf Produktebene (CPA). Zweitens können die Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables verwendet werden (OECD 2015). Die ICIO zeigen weltweite Verflechtungen zwischen Ländern und Branchen auf. Die Abgrenzung erfolgt auf Branchenebene nach der Internationalen Systematik der Wirtschaftszweige (ISIC Rev. 3).

⁵ Die Elektroindustrie kann im Rahmen dieser Analyse nur auf Basis der Zweisteller-Definition (26 und 27) der WZ 2008 definiert werden.

Abb. 15: Produktionsnetzwerk Elektroindustrie im In- und Ausland



Weltweit liefert die Branche Metallerzeugung mehr Vorleistungen an die deutsche Elektroindustrie, als sie von der Elektroindustrie in Deutschland erhält; der Saldo beträgt rund 5,6 Mrd. US-Dollar. Der Automobilbau bezieht mehr Vorleistungen von der Elektroindustrie, als er dorthin liefert. Der Saldo beträgt rund zehn Mrd. US-Dollar. Der positive Saldo der deutschen Elektroindustrie bezüglich empfangener und gelieferter Vorleistungen kommt durch die internationalen Ströme zustande. Der Saldo besagt, dass die deutsche Elektroindustrie an die weltweiten Unternehmen der eigenen Branche mehr liefert, als sie von dort erhält.

zehn Milliarden Euro⁶. Betrachtet wird hier das internationale Produktionsnetz der deutschen Elektroindustrie. Auf der Beschaffungsseite werden Vorleistungsimporte und bei der Absatzseite Vorleistungsexporte berücksichtigt. Abbildung 15 zeigt die Struktur dieses Produktionsnetzes. Auf der linken Seite stehen die Vorleistungen, die die Elektroindustrie bei anderen Branchen und in der eigenen einkauft, auf der rechten Seite stehen entsprechend die Lieferungen oder Verkäufe. In der letzten Spalte ist der Saldo ausgewiesen. Ein positiver Wert bedeutet, dass die Elektroindustrie dort mehr einkauft, als sie dorthin verkauft. Aus der Sicht der liefernden Branchen ist die Elektroindustrie, netto betrachtet, ein Absatzmarkt. Negative Werte bedeuten entsprechend, dass die Elektroindustrie mehr Vorleistungen liefert, als sie von dort bezieht.

Drei Merkmale kennzeichnen das Produktionsnetz der Elektroindustrie:

- Die Elektroindustrie bezieht von den typischen vorgelagerten rohstoffnahen Industrien wie der Metallindustrie und der Chemie (einschließlich Gummi-, Kunststoff- sowie der Pharmaindustrie) deutlich mehr Vorleistungen, als sie dorthin liefert. Das ist nicht überraschend, weil das in den Wertschöpfungsnetzen die Aufgabe dieser industriellen Vorleister ist.
- Das gleiche Muster findet sich beim Leistungsaustausch mit den unternehmensnahen Dienstleistungen (u. a. Bewachungs-, Ingenieur- und FuE-Dienstleistungen, Beratungen, Werbeagenturen). Die Bedeutung dieser Branche für die Industrie ist in den letzten Jahren stark gestiegen. Die Gründe liegen im Outsourcing und der stärkeren Tertiärisierung von Industrieproduktion durch den Einkauf

⁶ Die Berechnung beruht auf den aktuell verfügbaren Daten der OECD aus dem Jahr 2015 für 2011. Neuere Daten gibt es nicht. Die Verflechtungsstrukturen sind aber über die Zeit betrachtet konstant. Es kommt nur auf die Vorzeichen und auf die Größenordnungen an. Diese Informationen liefern die vorliegenden Input-Output-Tabellen zuverlässig.

und die Integration von Dienstleistungen. Dieser Trend gilt auch für die Elektroindustrie.

- Völlig anders ist das Austauschmuster mit Branchen, die eher für Endverwertermärkte produzieren. Dazu gehören insbesondere die Autoindustrie, der Maschinenbau und die Bauwirtschaft. Für diese Branchen hat die Elektroindustrie eine besonders ausgeprägte Lieferrolle.

Inländisches Produktionsnetz

Ein Blick auf die Produktionsnetze im Inland zeigt ähnliche Ergebnisse. Die Elektroindustrie ist, netto betrachtet, Kunde bei den typischen industriellen Vorleistungsbranchen (Chemie und Metalle) und den industrienahen Dienstleistern. Sie ist Nettolieferant für endproduktnahe Branchen, wie Maschinenbau, Auto oder die Bauwirtschaft.

Die Elektroindustrie kauft, insgesamt betrachtet, im Inland mehr Vorleistungen bei anderen, als sie dorthin liefert. Sie gehört damit zu den sogenannten Drehscheiben-Industrien (IW Consult 2013). Diese sind durch zwei Merkmale gekennzeichnet:

- Sie sind Nettokäufer inländischer Vorleistungen,
- sie besitzen eine überdurchschnittliche Exportorientierung.

Diese Drehscheiben-Industrien sind aus zwei Gründen besonders wichtig:

- Erstens öffnen sie indirekt den anderen eher inlanderorientierten Branchen die Weltmärkte, weil sie deren Produkte als integrierte Vorleistungen „mitexportieren“,
- zweitens sind sie im Durchschnitt (gemessen an FuE- und Innovationsintensitäten) deutlich wissensintensiver als andere Branchen und tragen im besonderen Maße zur Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie bei. Das gilt insbesondere für die Automobilindustrie, den Maschinenbau, die Chemie- und Pharmaindustrie sowie die Elektroindustrie (IW Consult 2013).

Innerhalb dieser Drehscheiben-Industrien hat die Elektroindustrie eine Besonderheit, die ihre Rolle als Vernetzer verdeutlicht. Sie liefert für 25,1 Milliarden Euro Vorleistungen an andere inländische Branchen. Das sind 16,4 Prozent des eigenen Produktionswerts. Keine andere Drehscheiben-Industrie erreicht ähnlich hohe Werte (Tabelle 11).

Es kommt ein weiterer Aspekt hinzu. Die Elektroindustrie ist zugleich wichtiger Lieferant von Investitionsgütern in Deutschland. 7,9 Prozent ihres Produktionswerts entfallen auf inländische Investitionsgüterlieferungen (ohne Bauten). Hier wird die Elektroindustrie nur von wenigen Branchen (u. a. Sonstiger Fahrzeugbau und Maschinenbau) in der Bedeutung als Ausrüster übertroffen.

Tab. 11: Vorleistungen der Drehscheiben-Industrien¹⁾ an andere Branchen (2012)

Bereiche	Anteil am Produktionswert in Prozent	Mio. Euro
Elektroindustrie	16,4	25.148
Ernährungsindustrie	10,7	18.897
Chemie (ohne Pharma)	10,2	17.483
Maschinenbau	6,5	14.495
Automobil	2,3	7.243
Sonstiger Fahrzeugbau	11,9	4.043
Pharmaindustrie	5,7	1.983
Möbelindustrie	4,1	1.929
Textil, Bekleidung, Leder	6,8	1.474

¹⁾ Überdurchschnittlich exportstarke Branchen, die gleichzeitig im Inland Nettokäufer von Vorleistungen bei anderen Branchen sind
Quellen: Eigene Berechnung; IW Consult (2013), Daten: Statistisches Bundesamt (2016)

Validierung durch Unternehmensbefragung

Für diese Studie sind Unternehmen aus den Bereichen Industrie und industriennahe Dienstleistungen (ohne Elektroindustrie) im Rahmen des IW-Zukunftspanels (IW Consult 2016) zu ihren Geschäftsverbindungen mit der Elektroindustrie und der Bedeutung für ihr Geschäft befragt worden. Damit liegen aktuelle Ergebnisse vor, die auch qualitative Betrachtungen erlauben.

Nach diesen hochgerechneten Befragungsergebnissen entfallen bei den Unternehmen aus diesen Branchen 3,4 Prozent

gewinnt. Dieser Befund gilt auch für die letzten Jahre.

Insgesamt zeigt sich eine hohe Übereinstimmung von Mikrodaten (Befragungen) und Makrodaten (IOT), die als Qualitätsausweis für die Erhebung bewertet werden kann.

Noch deutlicher wird die quantitative Bedeutung der Elektroindustrie, wenn man nicht alle Unternehmen betrachtet, sondern nur die, die tatsächlich dort einkaufen – also Teil der Wertschöpfungskette sind. Diese Unternehmen beziehen 17 Prozent (Tabelle 12) ihrer Beschaffungen von der

Tab. 12: Rolle der Elektroindustrie in Wertschöpfungsketten für andere Branchen

	Befragungsergebnisse IW-Zukunftspanel		Nachrichtlich: IOT
	Alle Unternehmen ¹⁾	Unternehmen der WSK Elektro ²⁾	Alle ¹⁾
Anteil Einkäufe von der Elektroindustrie an allen Einkäufen ³⁾ in Prozent	3,4	17,0	2,2
Anteil Verkäufe an die Elektroindustrie am Umsatz ⁴⁾ in Prozent	1,4	12,6	1,1

¹⁾ Unternehmen aus den Bereichen Industrie und industriennahe Dienstleistungen ohne Elektroindustrie; ²⁾ Unternehmen aus anderen Branchen, die in der Elektroindustrie einkaufen oder dorthin verkaufen; ³⁾ Bei Befragung wurde nur auf das Kernprodukt abgehoben; ⁴⁾ In den Input-Output-Tabellen (IOT) werden nur Vorleistungen abgebildet, keine Investitionsgüter

Umsatzgewichtet hochgerechnete Ergebnisse

Quellen: Eigene Berechnung; Daten: IW Consult (2016), Statistisches Bundesamt (2016)

aller Einkäufe⁷ auf Elektronik und elektronische Komponenten – also die Produkte und Dienstleistungen der Elektroindustrie. Berechnet man diesen Anteil für die in die Befragung einbezogenen Branchen auf der Basis der deutschen Input-Output-Tabelle für das Jahr 2012, ergibt sich ein Anteil von 2,2 Prozent (Tabelle 12). Der Befragungswert liegt aus zwei Gründen höher:

- Erstens unterscheiden die Unternehmen in der Befragung nicht zwischen Vorleistungen und Investitionen – in der IOT werden lediglich Vorleistungen betrachtet. Von der Gesamtproduktion der Elektroindustrie werden 9,1 Prozent aller Güter (bzw. des Warenwerts der Güter) im Inland als Investitionsgüter verwendet – diese müssen also den 2,2 Prozent hinzugerechnet werden.
- Zweitens sind die Befragungsdaten vier Jahre aktueller – die IOT-Zahlen haben eine große zeitliche Verzögerung und sind aktuell nur für 2012 verfügbar. Die Analyse zeigt gleichwohl, dass die Elektroindustrie sukzessive an Bedeutung

Elektroindustrie. Wenn Unternehmen also Vorleistungen von der Elektroindustrie benötigen, betrifft das erhebliche Anteile ihrer Beschaffungsvolumen. Das lässt auf intensive Zuliefererbeziehungen schließen.

Es hat sich bereits gezeigt, dass die Elektroindustrie unter den Drehscheiben-Industrien der wichtigste Vorleistungslieferant außerhalb der jeweils eigenen Branche ist. Die Verkäufe an die Elektroindustrie machen in der Befragung 1,4 Prozent des Umsatzes aus. In der IOT sind es 1,1 Prozent. Die Gründe hierfür gelten analog zu oben. Wiederum sind die Anteile der an der „Wertschöpfungskette Elektro“ beteiligten Unternehmen mit 12,6 Prozent deutlich höher als im Durchschnitt (1,4 Prozent).

Der Vorteil der Befragung liegt nicht nur darin, dass die Daten aktueller sind, sondern auch in einem tieferen Detaillierungsgrad ausgewertet werden können. Die Beschaffungsanteile der forschenden, innovativen und international tätigen Unternehmen

⁷ Um die Antwort zu erleichtern, wurden die Unternehmen gebeten, diese Frage aus der Sicht ihres Hauptprodukts zu beantworten.

der Elektroindustrie sind besonders hoch und übersteigen den Durchschnittswert von 3,4 Prozent deutlich:

- Kontinuierlich forschende Unternehmen: 4,8 Prozent Umsatzanteil,
- Innovatoren: 4,7 Prozent Umsatzanteil,
- Unternehmen mit Auslandsgeschäft: 4,8 Prozent Umsatzanteil.

Gerade Unternehmen mit diesen Merkmalen sind für den Erfolg des Geschäftsmodells Deutschland besonders wichtig. Sie sind in weit überdurchschnittlichem Ausmaß Kunden der Elektroindustrie.

Bewertung von Technologiefeldern

Bei der Bewertung von Wertschöpfungsnetzwerken geht es nicht nur um quantitative Anteile, sondern auch um Qualität und Relevanz. Diese Dimension wurde ebenfalls von Unternehmen der Industrie und industrienahen Dienstleistungen (ohne Elektroindustrie) im Rahmen des IW-Zukunftspanels beantwortet. Durch Zuordnung der Felder

mit Blick auf die Nähe zum Technologieportfolio der Elektroindustrie kann deren Relevanz indirekt gemessen werden.

Die befragten Unternehmen haben die Bewertung unabhängig davon abgegeben, ob sie das Technologiefeld selbst bearbeiten oder die darauf basierenden Produkte oder Dienstleistungen bei Dritten zukaufen. Es zeigt sich eine hohe Bedeutung derjenigen Technologien, die der Elektroindustrie zuzuordnen sind. An den ersten beiden Stellen stehen dabei die Computertechnik und Datenverarbeitung sowie elektrische Maschinen und Anlagen. Andere Technologien wie die Medizintechnik sind dagegen eher Spezialanwendungen, die nicht in der Breite eingesetzt werden. Damit sind große Teile der Elektroindustrie als Querschnittstechnologie zu sehen, die Impulse in breite Teile der Industrie und industrienahen Dienstleistungen gibt.

Weiterhin hat sich in der Befragung gezeigt, dass Produkte in den relevanten Technolo-

Abb. 16: Relevanz verschiedener Technologiefelder für die eigene unternehmerische Tätigkeit, umsatzgewichtete Ergebnisse

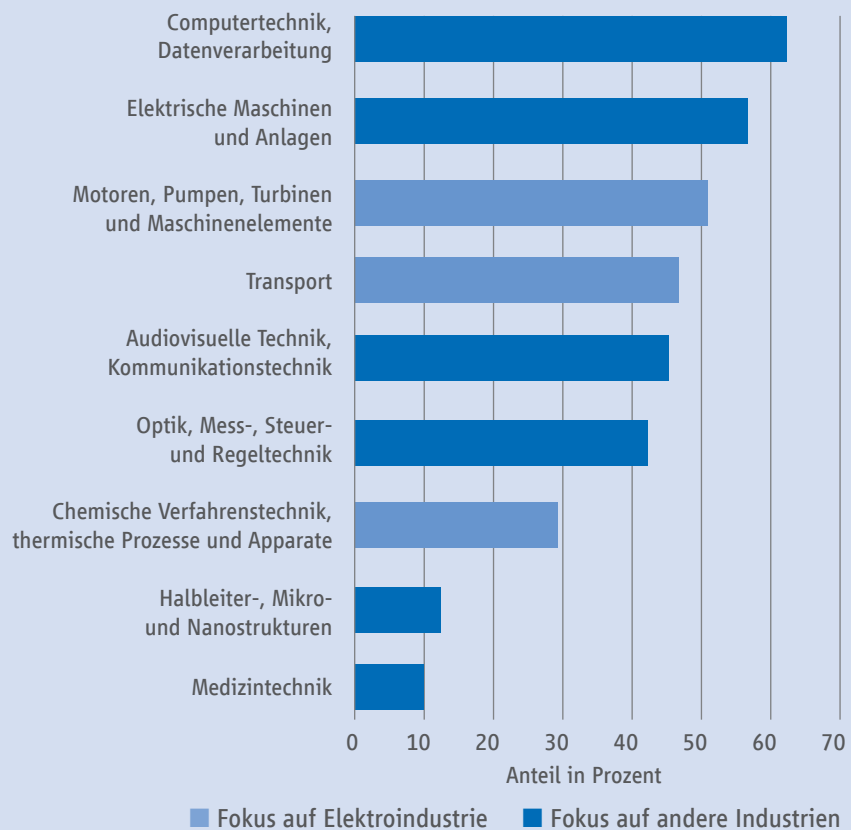
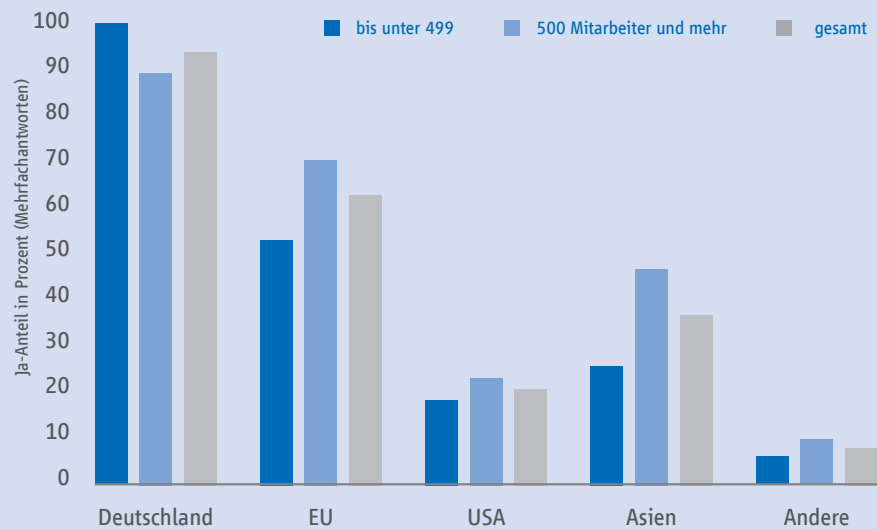


Abb. 17: Herkunft der für das Hauptprodukt benötigten Elektronikbauteile/-komponenten



Umsatzgewichtete Ergebnisse auf Basis von Unternehmensangaben aus den Bereichen Industrie und industrienähe Dienstleistungen (ohne Elektroindustrie)

Quelle: IW-Zukunftspanel (2016)

giefeldern häufig zugekauft werden. Dazu benötigen die Unternehmen eine Angebotsstruktur, die ihnen diesen Zukauf ermöglicht. Die Unternehmen finden in Deutschland ein entsprechendes Angebot vor. Gefragt, wo sie für ihr Hauptprodukt die benötigten Elektronikbauteile/-komponenten einkaufen, geben über 90 Prozent der Unternehmen Deutschland als hauptsächliches Herkunftsland an. Die Unternehmen ab 500 Beschäftigten kaufen etwas häufiger im Ausland ein.

Fazit: Die deutsche Elektroindustrie vernetzt andere Branchen in hohem Maße. Sie fungiert als wichtige Zuliefererindustrie, insbesondere für exportstarke Branchen des Endkundengeschäfts (u. a. Automobil, Maschinenbau, Chemie). Im Inland gehört die Branche zu den Drehscheiben-Industrien, die Wertschöpfungsnetze organisieren und die Vorleistungen der rohstoffnahen Industrien und der Dienstleistungen indirekt exportieren. Keine andere Branche liefert innerhalb der Gruppe dieser Drehscheiben mehr Vorleistungen an andere Branchen im Inland als die Elektroindustrie. Bestärkt wird diese wichtige Rolle in den Wertschöpfungsnetzen noch durch die hohe Relevanz der Technologien, die aus der

Elektroindustrie kommen. Auch aufgrund dieser Stärke kaufen die Unternehmen aus den anderen Branchen ihre elektronischen Bauteile und Komponenten überwiegend im Inland ein.

4.2 Die Elektroindustrie als Wissensimpulsgeber

Neben der Vernetzung über Vorleistungen und Produkte sind auch Wissensnetze von entscheidender Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen. In diesem Abschnitt wird deshalb die Rolle der Elektroindustrie in den Wissensnetzen untersucht. Dabei wird der Blick auf drei Indikatoren gerichtet: Forschung und Entwicklung (FuE), Innovationen und Patente.

Forschung und Entwicklung

Bei der Bewertung von Wissensnetzen soll bestimmt werden, wie viel Wissen (hier gemessen an FuE-Aufwendungen) eine Branche an eine andere liefert. Grundlage dafür sind die in Kapitel 4.1 dargestellten Produktionsnetze. Sie zeigen die Vorleistungsverflechtungen unter Einschluss von Importen und Exporten. Bei den Wissensnetzen werden die Vorleistungslieferungen einer Branche an eine andere mit der FuE-

Intensität der liefernden Branche bewertet⁸. Es wird also unterstellt, dass in jeder Lieferung einer Branche im Durchschnitt so viel Forschung und Entwicklung steckt, wie es der FuE-Intensität der Branche insgesamt entspricht (Durchschnittsannahme).

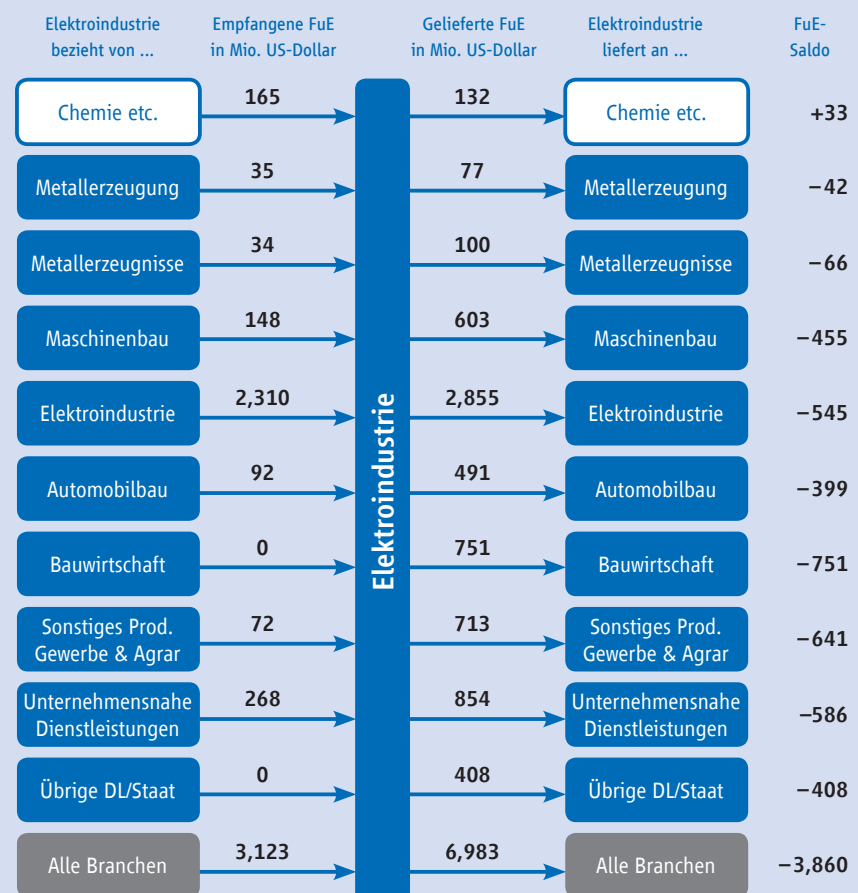
Methode zur Bewertung der Wissensnetze: Liefert Branche A an Branche B Vorleistungen im Wert von 100 und hat Branche A eine FuE-Intensität (FuE-Aufwendungen in Prozent der Umsätze) von fünf Prozent, wird unterstellt, dass diese Branche Wissen in Form von FuE-Leistungen im Wert von fünf Euro an Branche B liefert. Wissens- oder Technologiegeber sind die Branchen, die über die Produktionsverflechtungen mehr FuE-Leistungen liefern, als sie von ande-

ren beziehen. Die Basis für die Berechnung sind die ICIO-Daten (IOT) und die von der OECD bereitgestellten FuE-Aufwendungen nach Branchen und Ländern. Berücksichtigt werden nur die internen FuE-Aufwendungen der Unternehmen. Für Deutschland sind die Daten identisch mit denen des Stifterverbands, enthalten aber die dort ausgewiesenen externen FuE-Aufwendungen (Zukäufe von FuE-Leistungen) nicht. Die Daten sind von 2011; neuere sind derzeit nicht verfügbar. Siehe vertiefend IW Consult (2016).

Die Ergebnisse zeigt Abbildung 18, die strukturgleich wie Abbildung 15 zu den Produktionsnetzen aufgebaut ist:

- Die deutsche Elektroindustrie ist Technologiegeber. In den Lieferungen an ihre

Abb. 18: Internationales FuE-Netzwerk der deutschen Elektroindustrie 2011



Quelle: Eigene Berechnungen IW Consult; Daten: OECD (2015; 2016)

In den Lieferungen des Maschinenbaus an die Elektroindustrie (Inland plus Vorleistungsimporte) stecken FuE-Aufwendungen in Höhe von 148 Millionen US-Dollar. In den Lieferungen der Elektroindustrie an den Maschinenbau im In- und Ausland stecken FuE-Aufwendungen in Höhe von 603 Millionen US-Dollar. Die Elektroindustrie ist damit Technologiegeber für den Maschinenbau; das zeigt der negative Saldo von -455 Millionen US-Dollar.

⁸ Datenquelle ist die ICIO (OECD 2015) für das aktuellste Berichtsjahr 2011. Die FuE-Intensitäten stammen ebenfalls von der OECD (OECD, 2016). Betrachtet werden nur diejenigen Länder, für die Daten zur Produktionsverflechtung und FuE-Intensität vorliegen. Dies sind insgesamt 43 Länder, die 80 Prozent der weltweiten Vorleistungen und 94 Prozent der weltweiten FuE-Aufwendungen abdecken. Die Branchen müssen zum Teil aggregiert werden, da nur für die Aggregate die relevanten Informationen vorliegen.

Kunden steckt mehr Forschung und Entwicklung als in den Lieferungen, die sie von anderen Branchen bezieht.

- Dieses Muster gilt für alle Branchen mit Ausnahme der Chemie (einschließlich Gummi-, Kunststoff- sowie Pharmaindustrie). Das gilt insbesondere auch gegenüber der exportstarken und international erfolgreichen Automobilindustrie und dem Maschinenbau. Die Geberrolle ist bei Forschung und Entwicklung (also in dem Wissensnetz) deutlich stärker ausgeprägt als im Produktionsnetz (siehe 4.1). Das wird deutlich durch einen Vergleich der Anzahl der Branchengruppen, mit denen die Elektroindustrie einen Lieferantenüberschuss hat. In den Produktionsnetzen sind es fünf von neun Branchengruppen (Abbildung 15); bei den Wissensnetzen hingegen sind es acht von neun (Abbildung 18). Auch eine andere Kennziffer verdeutlicht diesen Unterschied. Der ermittelte FuE-Überschuss der deutschen Elektroindustrie in Höhe von 3.860 Millionen US-Dollar (Abbildung 18) macht 0,43 Prozent aller FuE-Ausgaben der einbezogenen Länder aus. Im Produktions-

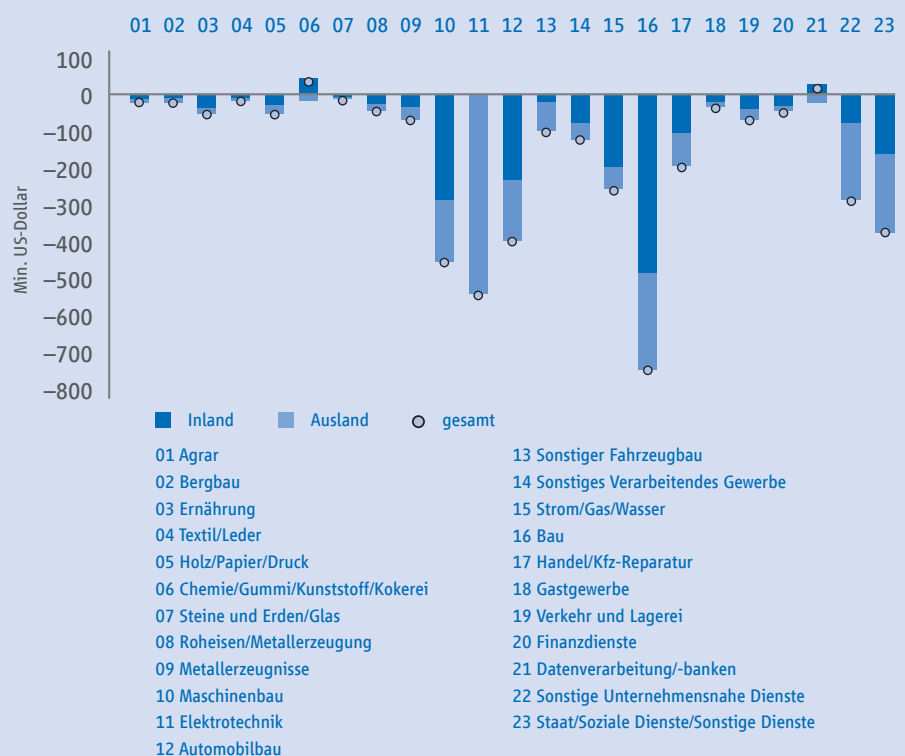
netz ist der entsprechende Anteil (Vorleistungsüberschuss der Elektroindustrie in Prozent aller Vorleistungslieferungen der einbezogenen Länder) nur 0,02 Prozent.

- Auch liefert die Elektroindustrie über die Vorleistungsexporte mehr Wissen an die Elektroindustrie im Ausland, als sie von dort über Vorleistungsimporte aus dieser Branche bezieht (Saldo 545 Millionen US-Dollar).

Die Abbildung 19 zeigt diesen Grundbefund nochmals im Detail in einer stärker aufgespaltenen Branchenstruktur. Mit Ausnahme der Bereiche Chemie und Datenverarbeitung ist die Elektroindustrie gegenüber allen Branchen, netto betrachtet, Technologiegeber. Das erlaubt folgende Interpretation: Durch den Leistungsaustausch mit der Elektroindustrie werden die Produkte und Dienstleistungen der anderen Branchen wissensintensiver.

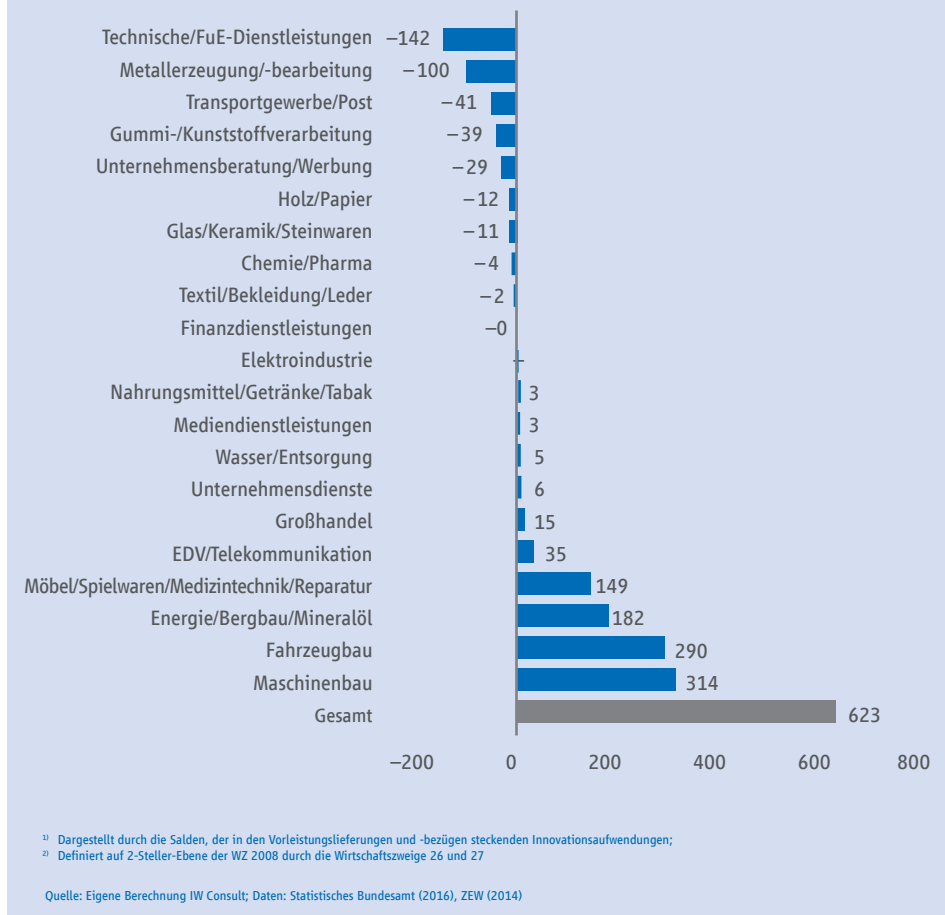
Bei einem internationalen Vergleich zwischen Ländern und Ländergruppen fallen die Befunde durchaus unterschiedlich aus. In den USA, Frankreich oder der gesamten

Abb. 19: FuE-Saldo durch den Leistungsaustausch der deutschen Elektroindustrie



Quelle: Sonderauswertung der IW Consult via Google Trends (2016)

Abb. 20: Innovationsnetzwerk¹⁾ der deutschen Elektroindustrie²⁾ 2012



Die Elektroindustrie liefert, integriert in ihre Vorleistungsverkäufe an den Maschinenbau, 314 Mio. Euro mehr Innovationsaufwendungen, als die Branche beim Maschinenbau selbst einkauft. Die Elektroindustrie ist deshalb Innovationsgeber für den Maschinenbau.

Gruppe der etablierten Industrieländer sind ähnliche Muster zu erkennen wie in Deutschland. Die Elektroindustrie dort ist ebenfalls Technologiegeber. In aufholenden Industrieländern, insbesondere in Mittel- und Osteuropa oder in China, ist die Situation umgekehrt. Dort profitiert die Elektroindustrie von den „Wissenslieferungen“ der anderen Branchen, die dort Technologiegeber sind (siehe ausführlich IW Consult 2016).

Innovationen

Ähnlich wie auf Basis der FuE-Aufwendungen lassen sich Wissensnetze auch mit Innovationen beschreiben. Dabei werden die Vorleistungslieferungen der einzelnen Branchen mit deren Innovationsintensität (Innovationsaufwendungen zu Umsatz) bewertet. Das ist sogar der bessere Maßstab, weil Innovationen die Tätigkeiten rund um Entwicklungen neuer oder die Verbes-

serung bestehender Produkte oder Prozesse breiter erfassen, als es die FuE-Aktivitäten können. Die Ergebnisse in Kapitel 3.1 zeigen, dass die Elektroindustrie eine innovationsstarke Branche ist und mit einem Anteil von 16,3 Prozent an den gesamten Innovationsaufwendungen in Deutschland an der Spitze steht. Es gibt aber Einschränkungen hinsichtlich der Datenverfügbarkeit. Indikatoren zum Innovationsgeschehen gibt es im Rahmen des Europäischen Innovationspanels nur für ausgewählte Länder und nicht für alle Branchen. Deshalb wird die Analyse auf Deutschland beschränkt. Basis sind die Erhebungen des Mannheimer Innovationspanels für die dort einbezogenen Branchen⁹ (ZEW 2014).

Auch bei dieser Analyse bildet das Produktionsnetz die Grundlage. Abgebildet werden inländische Vorleistungsverflechtungen des Jahres 2012 auf Basis der Input-Output-

⁹ Grundlage ist das Mannheimer Innovationspanel (MIP) für das entsprechende Berichtsjahr 2012, für das die entsprechenden Daten der deutschen IOT vorliegen. Nicht einbezogen in die ZEW-Erhebung sind der Agrarsektor, der Einzelhandel, das Gastgewerbe, die öffentlichen Dienstleistungen, die Grundstücks- und Wohnungswirtschaft und die Bauwirtschaft.

Tabellen. Die Vorlieferungen einer Branche an eine andere werden mit der Innovationsintensität der liefernden Branche gewichtet. Nicht berücksichtigt werden können Vorleistungsimporte und -exporte, weil es keine Daten zu Innovationsaufwendungen für alle relevanten Länder gibt.

Die Ergebnisse für die deutsche Elektroindustrie zeigen:

- Die Elektroindustrie ist, insgesamt betrachtet, Technologiegeber. Sie lieferte, integriert in Vorleistungen, 2012 für 622 Millionen Euro mehr Innovationsaufwendungen, als sie von anderen Branchen durch Einkäufe erhalten hat.¹⁰
- Besonders ausgeprägt sind diese Impulse im Leistungsaustausch mit dem Maschinen- und dem Fahrzeugbau.

Technologieimpulse erhält die Elektroindustrie aus den Bereichen der rohstoffnahen industriellen Vorleister und von unternehmensnahen Dienstleistern. Dazu zählen insbesondere die Bereiche FuE-Dienstleistungen, Metallerzeugung und -bearbeitung, Transportwesen, Gummi- und Kunststoffindustrie sowie die Branchen Unternehmensberatung und Werbung.

Fazit: Die Elektroindustrie ist auch, gemessen an den Innovationsaktivitäten, ein wichtiger Enabler für andere Branchen, insbesondere für den Maschinen- und Fahrzeugbau.

4.3 Elektroindustrie ein wichtiger Partner

Abschließend soll zur Verdeutlichung der Bedeutung der Elektroindustrie in den Wertschöpfungsnetzen auf drei Aspekte hingewiesen werden. Die Elektroindustrie

- liefert komplexe Produkte und Technologien mit hoher Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit,
- hat eine zentrale Rolle in der weltweiten Vernetzung von Technologien,
- ist wichtiger Kooperationspartner und wird in Zukunft noch bedeutender werden.

Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit

Die Elektroindustrie liefert weltweit überdurchschnittlich komplexe Produkte. Das

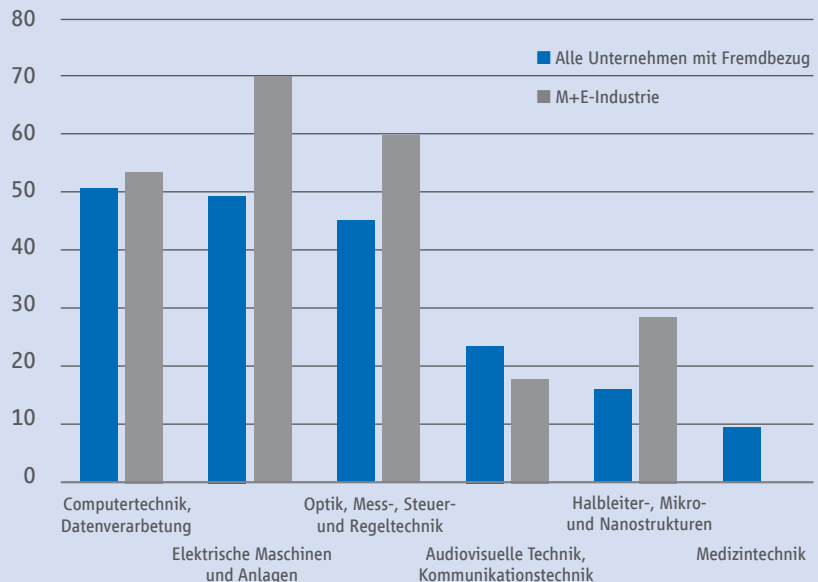
zeigt die Auswertung des „Economic Complexity Index (ECI)“ (siehe Kasten), der auf Basis von Außenhandelsdaten berechnet wird. Der ECI hat einen Mittelwert von null. Der durchschnittliche Indexwert aller der Elektroindustrie zuzuordnenden Produkte liegt bei eins. Über 80 Prozent aller Produkte haben einen überdurchschnittlichen Komplexitätsgrad – also einen ECI größer null.

Ein Produkt gilt als komplex, wenn viel Wissen zur seiner Erstellung nötig ist. Die Komplexität wird dabei indirekt durch relative Alleinstellungen auf den Exportmärkten gemessen. Ein Produkt gilt daneben als komplex, wenn nur wenige Volkswirtschaften dieses Produkt exportieren – also dieses Produkt nur von wenigen Volkswirtschaften angeboten wird. Um sicherzugehen, dass diese geringe Verfügbarkeit wirklich auf einer hohen Komplexität des Produkts basiert (und nicht etwa auf einem seltenen natürlichen Vorkommen wie das von Diamanten oder Öl), werden die Ergebnisse mit der Diversität der exportierenden Länder des Produkts gewichtet. Je diversifizierter das Produktportfolio der exportierenden Länder und je seltener das exportierte Gut verfügbar ist, desto komplexer ist es. Computertomografen können nur von wenigen Ländern angeboten werden (z. B. von Deutschland, Japan oder den USA). Weil diese Länder aber viele solcher Güter im Portfolio haben, sind Computertomografen ein komplexes Produkt. Eine hohe Komplexität wirkt sich positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens aus. Komplexe Produkte sind nur schwer nachzuahmen und häufig mit technologischen Alleinstellungsmerkmalen verbunden. Der Umgang mit einer hohen Produktkomplexität muss beherrscht werden. Dies fällt weniger wissensintensiven Unternehmen oftmals schwer.

Auch die Befragungsergebnisse im Rahmen des IW-Zukunftspanels zeigen, dass wissensintensive Unternehmen aus den Bereichen Industrie und industrienahen Dienstleistungen in der Regel komplexe Produkte bei der Elektroindustrie kaufen. Knapp ein Viertel schätzt den Komplexitätsgrad sehr hoch ein, weitere 54 Prozent zumindest

¹⁰ Diese Funktion als Technologiegeber durch ihre Innovationstätigkeit haben neben der Elektroindustrie noch die Bereiche Metallbearbeitung und -erzeugung, Chemie/Pharma, EDV/Telekommunikation, Transportgewerbe/Post, Technische/FuE-Dienstleistungen und Unternehmensberatungen/Werbung.

Abb. 21: Hohe Bedeutung der Technologien (Auswahl mit Fokus auf Elektroindustrie) für die eigene Wettbewerbsfähigkeit



Bewertung der Unternehmen aus dem Bereich Industrie (ohne Elektroindustrie) und industrielle Dienstleistungen (IW-Zukunftspanel), die Komponenten zugekauft haben, die diesen Technologiefeldern zugeordnet werden können.

Umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: IW-Zukunftspanel (2016)

als mittel bis hoch. Dies zeigt nochmals die Bedeutung der Elektroindustrie als Wissensimpulsgeber. Durch die Lieferung komplexer Komponenten versetzt sie andere Branchen in die Lage, den Komplexitätsgrad ihrer Produkte und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern.

Auch aufgrund des Komplexitätsgrads ist die Elektroindustrie als Innovator und Lieferant von Querschnittstechnologien bedeutend für andere Unternehmen in Deutschland. Dazu zählen Computertechnik und Datenverarbeitung, elektrische Maschinen und Anlagen, audiovisuelle Technik/Kommunikationstechnik, Optik-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik und die Medizintechnik (siehe Kapitel 4 und Abbildung 16). Für Kunden der Elektroindustrie haben diese Querschnittstechnologien eine hohe Bedeutung. Das gilt insbesondere für die Kunden aus dem Bereich der Metall- und Elektroindustrie. Das zeigen die Befragungsergebnisse im IW-Zukunftspanel (IW Consult 2016),

wobei nur Unternehmen in der Auswertung berücksichtigt sind, die Komponenten aus diesen Technologiefeldern zukaufen. Insgesamt werden den Technologiefeldern „Computertechnik und Datenverarbeitung“, „Elektrische Maschinen und Anlagen“ sowie „Optik-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik“ die höchsten Relevanzbewertungen zugeschrieben (siehe Abbildung 21).

Zentrale Rolle in der weltweiten Vernetzung

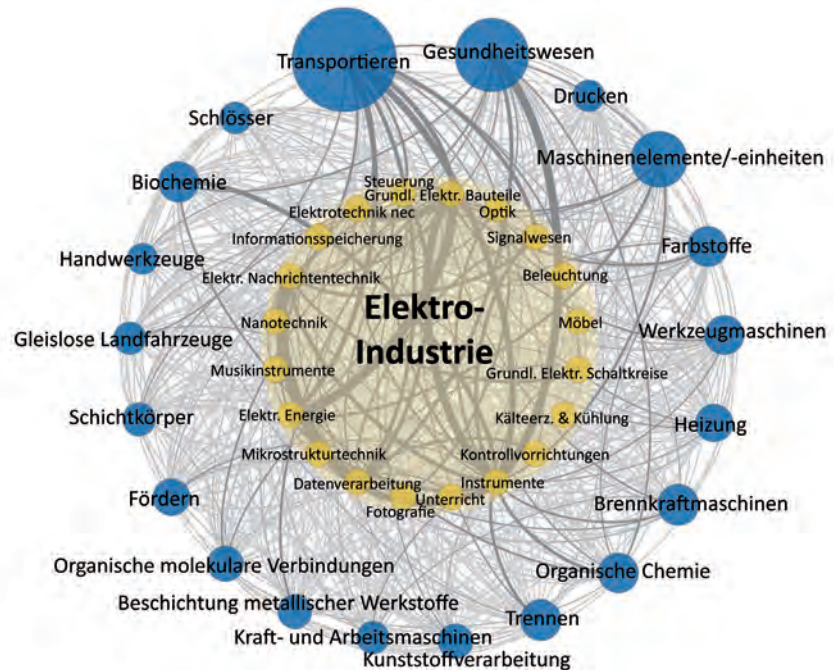
Die Elektroindustrie im Zentrum deutscher Patentaktivitäten vernetzt Branchen und Technologiefelder. Das zeigen auch internationale Patentanalysen¹¹. Dabei werden Mehrfachzuordnung von Patenten zu verschiedenen Patentklassen genutzt. Entsprechende Analysen (siehe ausführlich IW Consult 2016)¹² für den Zeitraum 1995 bis 2014 zeigen, dass die der Elektroindustrie zuordenbaren Technologiefelder überdurchschnittlich oft und sehr intensiv mit anderen Technologiefeldern ver-

¹¹ Um die Patentverflechtungen zu analysieren, werden Mehrfachzuordnungen oder Mehrfachanmeldungen von Patenten bezüglich Patentklassen, Erfinder und Nationalitäten genutzt. Mittels Mapping-Tabellen können diese dann einzelnen Technologiefeldern oder Branchen zugeordnet werden. Grundlage ist die Patentdatenbank des Europäischen Patentamts. Die Grundgesamtheit bilden neben Europäischen Patenten auch alle Patente, die nach dem PCT-Verfahren angemeldet wurden („EP/WO Patente“).

¹² Studienergebnisse (IW Consult 2015, 2016) zeigen, dass die über Patente messbaren weltweiten Vernetzungen zwischen Ländern, Technologiefeldern und Branchen zunehmen. Die Elektroindustrie spielt dabei eine wichtige Rolle, weil dort überdurchschnittlich viele Patente angemeldet werden, die auch für Anwendungen in anderen Bereichen relevant sind. Neben der Elektroindustrie erreichen nur noch die Patente der Chemie- und Pharmaindustrie eine ähnliche Breitenwirkung. Die Studien zeigen als zweiten wesentlichen Trend, dass internationale Erfinderteams (Patente mit Erfindern aus mehreren Ländern) an Bedeutung gewinnen. Besonders dynamisch wachsen diese Wissensnetze zwischen den USA und China.

Abb. 22: Top 20 verknüpfte Technologien mit der deutschen Elektroindustrie

Die gelben Knoten innen visualisieren die der Elektroindustrie zugeordneten Patente, die blauen Knoten außen die Anzahl der Patente aus den Top-20-Patentklassen außerhalb der Elektroindustrie mit Verbindung zur Elektroindustrie (Patente, die sowohl einer Patentklasse außerhalb der Elektroindustrie als auch einer Patentklasse innerhalb der Elektroindustrie zugeordnet werden, nach Anzahl der koklassifizierten Patente). Die Kanten (Linien) verdeutlichen die Anzahl der koklassifizierten Patente zwischen den einzelnen Patentklassen.

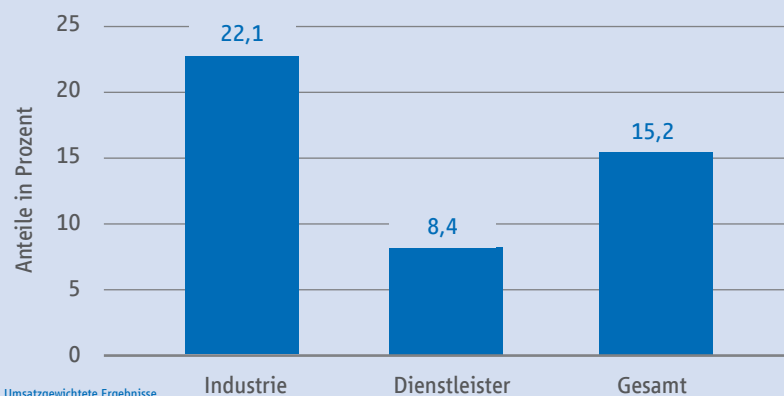


Quelle: Economica (2016)

knüpft sind. Hier laufen die Fäden aus den unterschiedlichen Technologiefeldern und Branchen häufig zusammen. Ausgeprägte Wissensnetzwerke mit dem Kern Elektroindustrie gibt es mit den Technologiefeldern Transportieren, Gesundheitswesen und Maschinenelemente/-einheiten (Abbildung 22).

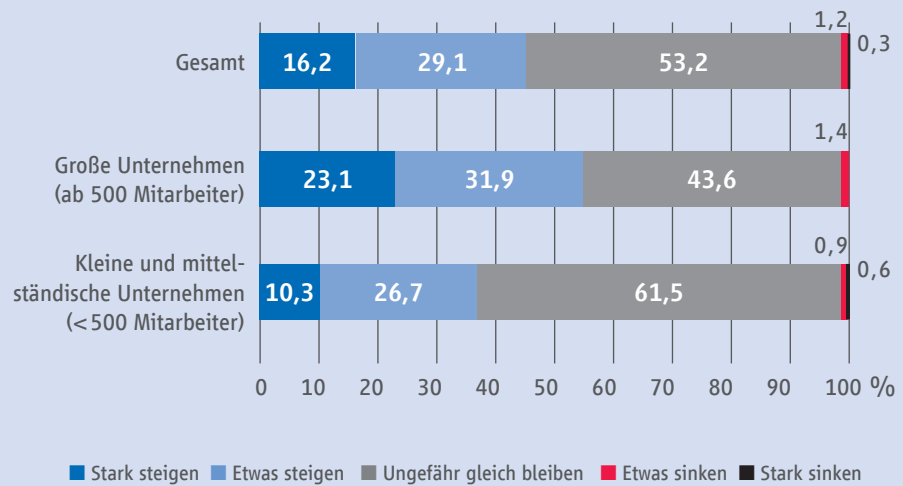
Diese Verflechtungsanalyse lässt sich auch auf die internationale Ebene übertragen. Dabei zeigt sich, dass die Elektroindustrie über Patentverflechtungen weltweit intensiv mit anderen Branchen verbunden ist und die Kernbranche dieser Wissensnetze bildet. Besonders intensiv sind die Verbindungen zu anderen Branchen der Metall- und Elektroindustrie und dem Bereich Chemie und Pharma (IW Consult 2015; 2016).

Abb. 23: Kooperation mit Unternehmen der Elektroindustrie bei FuE oder Innovation



Umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: IW-Zukunftspanel (2016)

Abb. 24: Bedeutung der Elektroindustrie in fünf Jahren



Umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: IW-Zukunftspanel (2016)

Fazit: Die Elektroindustrie erhöht die Wettbewerbsfähigkeit ihres Netzwerks durch die Entwicklung komplexer Produkte und fungiert mit Blick auf Patente als ein wichtiger Enabler.

dass die Elektroindustrie in fünf Jahren an Bedeutung verlieren wird. Vielmehr ist fast die Hälfte der Unternehmen davon überzeugt, dass die Elektroindustrie weiter an Bedeutung zunimmt.

Kooperationspartner mit zunehmender Bedeutung

Die Bedeutung der Elektroindustrie als Partner in den Wissensnetzen zeigt sich auch in der Unternehmensbefragung im Rahmen des IW-Zukunftspanels. Mehr als ein Fünftel aller Industrieunternehmen gibt hier an, mit Unternehmen der Elektroindustrie bei FuE- oder Innovationsprozessen zu kooperieren. Damit dürfte ein Großteil derjenigen Unternehmen, die tatsächliche Forschung und Innovation betreiben, mit Partnern aus der Elektroindustrie zusammenarbeiten. Von den kooperierenden Industrieunternehmen geben 18 Prozent an, in hohem Maße von dieser Kooperation zu profitieren. Weitere knapp 45 Prozent profitieren in mittlerem Maße.

Fazit: Die Analysen zeigen, dass die deutsche Elektroindustrie in ein vielfältiges Spektrum hineinwirkt und im Zentrum deutscher Patentaktivitäten steht. Ebenso wird die entscheidende Rolle der Elektroindustrie als konkreter Innovationsimpulsgeber für andere Unternehmen deutlich. Fast jedes vierte Unternehmen aus dem industriellen Sektor kooperiert mit Unternehmen aus der Elektroindustrie bei Innovations- und Forschungstätigkeiten.

Die Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes wissen um die wichtige Rolle der Elektroindustrie für ihre Wettbewerbsfähigkeit. Fast kein Unternehmen gibt an,



5. ENABLER-FUNKTION DER ELEKTROINDUSTRIE FÜR DIE DIGITALISIERUNG

Die Analyse im vorigen Kapitel hat gezeigt, dass der Elektroindustrie unabhängig von der Digitalisierung traditionell eine wichtige Rolle in den Produktions- und Wissensnetzen zukommt. Aufbauend auf diesem Fundament wird in diesem Abschnitt dargelegt, dass die Elektroindustrie diese Enabler-Funktion in besonderer Weise für die Digitalisierung der gesamten Wirtschaft hat und ausübt. Diese Treiberrolle zeigt sich darin, dass einerseits die Strategien bei den Unternehmen der Elektroindustrie bereits heute stärker auf die Digitalisierung ausgerichtet sind und andererseits die Branche für die Digitalisierung wichtige Schlüsseltechnologien bereitstellt.

5.1 Digitale Aktivitäten in Kernmärkten der Elektroindustrie

5.1.1 Digitalisierungsstrategien

Die Formulierung einer Digitalisierungsstrategie ist ein starkes Indiz dafür, wie ernst die digitale Transformation für die Wettbewerbsfähigkeit des eigenen Unternehmens bewertet wird und wie tiefgreifend die Transformation Einzug in das jeweilige Unternehmen erhalten soll.

Die empirische Erhebung verdeutlicht die hohe Bedeutung der Digitalisierung, zeigt aber gleichzeitig die Notwendigkeit weiterer Anstrengungen:

- Ein Drittel der Elektroindustrie richtet ihre Strategie im hohen Maße auf die digitale Transformation aus. Weitere gut zwei Fünftel tun dies zumindest im mittleren Ausmaß. Für nur eine kleine Gruppe von rund vier Prozent der Unternehmen spielt die Digitalisierung in der Strategie keine Rolle.
- In den größeren Unternehmen (mehr als 500 Beschäftigte) ist die Digitalisierung für die strategische Ausrichtung deutlich wichtiger. 45 Prozent messen ihr eine hohe und weitere 45 Prozent immerhin eine mittlere Bedeutung zu. Es gibt mit- hin kaum große Unternehmen, die ihre Strategie nicht auf die Digitalisierung ausrichten.
- Die Strategie ist in der Elektroindustrie deutlich stärker auf die Digitalisierung ausgerichtet als in anderen Bereichen der Wirtschaft (Industrie und industrie- nahe Dienstleister in Abgrenzung des IW-Zukunftspanels). Im Durchschnitt richten dort nur 21 Prozent der Unternehmen ihre Strategie im hohen Maße auf die Digitalisierung aus. Das sind rund zwölf Prozentpunkte weniger als in der Elektroindustrie. Besonders ausgeprägt sind die Unterschiede (22 Prozentpunkte) bei größeren Unternehmen.



Tab. 13: Ausrichtung der Unternehmensstrategie auf digitale Transformation

Anteile in Prozent	Elektroindustrie			Andere Branchen ¹⁾		
	KMU ²⁾	Große ³⁾	Gesamt	KMU	Große	Gesamt
In hohem Maße	19,7	44,9	33,1	20,5	22,2	21,3
In mittlerem Maße	37,7	44,9	41,5	33,5	44,5	38,6
In geringem Maße	36,1	8,7	21,5	34,1	30,5	32,4
Gar nicht	6,6	1,4	3,8	12,0	2,8	7,7
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Industrie und industrienähe Dienstleistungen aus dem IW-Zukunftspanel; ²⁾ Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten;

³⁾ Mehr als 500 Beschäftigte; umsatzgewichtete Ergebnisse

Quelle: ZVEI-Befragung (2016), IW-Zukunftspanel (2016)

Es bestehen in der Elektroindustrie nicht nur Unterschiede zwischen den Unternehmensgrößen, sondern auch zwischen den Produktprogrammen. Die Unternehmen der Elektroindustrie wurden in der ZVEI-Befragung gebeten, ihr Kernprodukt danach zu klassifizieren, ob es sich (eher) um eine Commodity oder (eher) um ein komplexes Produkt mit Alleinstellungsmerkmalen handelt. Etwa 40 Prozent der Unternehmen bieten ein als Commodity charakterisiertes Kernprodukt an, 60 Prozent ein komplexes Produkt. Die Unternehmen mit einem (eher) komplexen Produktportfolio richten ihre Strategie stärker auf die Digitalisierung aus als die Vergleichsgruppe mit einem eher einfacheren Produktportfolio (Tabelle 14).

Dieser Befund gilt unabhängig von der Unternehmensgröße.

Sowohl Unternehmen mit einem komplexen Produktprogramm als auch Marktführer richten ihre Unternehmensstrategie deutlich stärker auf die digitale Transformation aus als die jeweiligen Gegengruppen.

Fazit: Die Digitalisierung spielt bei fast drei Vierteln der Unternehmen der Elektroindustrie eine wesentliche Rolle. Das ist deutlich mehr als im Durchschnitt der anderen Branchen. Drei Treiber wurden identifiziert: große Unternehmen, Unternehmen mit einem eher komplexen Produktprogramm und Unternehmen, die sich als Marktführer

Tab. 14: Ausrichtung der Unternehmensstrategie auf die digitale Transformation nach der Komplexität des Produktprogramms und Marktführerschaft

Anteile in Prozent	Komplexität des Produktprogramms ¹⁾		Marktführerschaft ¹⁾	
	Hoch	Niedrig	Ja	Nein
In hohem Maße	43,6	14,3	44,4	22,2
In mittlerem Maße	38,5	54,8	39,7	46,3
In geringem Maße	16,7	23,8	12,7	25,9
Gar nicht	1,3	7,1	3,2	5,6
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Einordnungen auf Basis der Selbsteinschätzungen der Unternehmen, umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

sehen. Umgekehrt muss aber auch festgehalten werden, dass etwa zwei Fünftel der kleineren Unternehmen der Elektroindustrie die Digitalisierung für strategisch noch nicht für bedeutsam halten. Es ist aber offen, ob sich diese Unternehmen eher als Verweigerer oder eher als Nachzügler einstufen. Hier sind Politik und Verbände mit Aufklärungsarbeit und Hilfsangeboten gefordert.

Auswirkung der Digitalisierung auf die Wettbewerbsfähigkeit

Die Unternehmen der Elektroindustrie sehen in der Digitalisierung deutlich mehr Chancen als Risiken. Drei Viertel der Unternehmen erwarten in den nächsten fünf Jahren eine Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit durch die Digitalisierung (Abbildung 26). Weniger als fünf Prozent der Branche bewerten die Auswirkungen negativ. Das ist ein sehr klarer Befund dafür, dass die Digitalisierung für die Elektroindustrie mehrheitlich Chancen bietet.

Diese positive Einstellung ist in der Elektroindustrie deutlich stärker ausgeprägt als in den untersuchten anderen Branchen (Tabelle 15). Knapp 60 Prozent der Unternehmen außerhalb der Elektroindustrie bewerten im Rahmen des IW-Zukunftspanel die Wirkungen der Digitalisierung auf ihre Wettbewerbsfähigkeit als sehr positiv oder positiv – und damit fast 13 Prozentpunkte weniger als in der Elektroindustrie. Überdurchschnittlich stark ausgeprägt sind die Unterschiede in der Gruppe der größeren Unternehmen.

Ein tieferer Blick in die Elektroindustrie zeigt deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Segmenten (Abbildung 25). Optimistischer sind

- große Unternehmen,
- Unternehmen mit einem eher komplexen Produktprogramm und
- Marktführer.

Tab. 15: Auswirkung der Digitalisierung auf die Wettbewerbsfähigkeit in fünf Jahren

Anteile in Prozent	Elektroindustrie			Andere Branchen ¹⁾		
	KMUs ²⁾	Große ³⁾	Gesamt	KMUs	Große	Gesamt
(Sehr) positiv	59,0	84,1	72,3	51,2	69,1	59,5
Neutral	32,8	14,5	23,1	46,3	28,0	37,9
(Sehr) negativ	8,2	1,4	4,6	2,5	2,8	2,7
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Industrie und industriennahe Dienstleistungen aus dem IW-Zukunftspanel; ²⁾ Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten;

³⁾ Mehr als 500 Beschäftigte; umsatzgewichtete Ergebnisse

Quelle: ZVEI-Befragung (2016), IW-Zukunftspanel (2016)

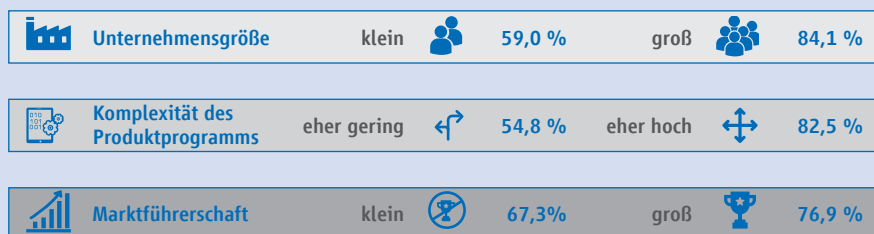
Fazit: Die Elektroindustrie schätzt in der Mehrheit die Auswirkungen der Digitalisierung auf ihre Wettbewerbsfähigkeit positiver ein als der Rest der Wirtschaft. Die Elektroindustrieunternehmen werden dementsprechend die Digitalisierung weiter treiben, um ihre Potenziale vollständig entfalten zu können. Damit kommt der Elektroindustrie eine Vorreiterrolle zu. Vorreiter der Digitalisierung sind große Unternehmen mit komplexem Produktportfolio und Marktführerschaft. Die anderen Unternehmen gilt es auf dem Weg zur digitalen Transformation mitzunehmen.

men liegt dieser Anteil bei 64 Prozent. Ähnlich groß sind die Unterschiede bei den Zielen Neue Märkte (83 zu 67 Prozent), Produktivität (84 zu 64 Prozent) und Marktdurchdringung (70 zu 53 Prozent).

- Unternehmen mit komplexen Produktportfolios sehen mehr Chancen in der Erreichung dieser Ziele durch die Digitalisierung.

Fazit: Die Elektroindustrie sieht die Digitalisierung als große Chance und verknüpft damit konkrete Ziele zur Steigerung ihrer

Abb. 25: Unternehmenstypen, die eine positive Wirkung der Digitalisierung auf ihre Wettbewerbsfähigkeit erwarten



Angaben in Prozent; Wirkung in den nächsten fünf Jahren; umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

Auch bei einem Blick auf die Ziele zeigt sich, dass die Unternehmen der Elektroindustrie in der Digitalisierung deutlich mehr Chancen als Risiken sehen. Die Unternehmen wollen durch die Digitalisierung eine höhere Flexibilität erreichen, neue Märkte erschließen, die Produktivität steigern und die Marktdurchdringung erhöhen:

- Mehr als vier Fünftel der Befragten sehen insbesondere in der Erhöhung der Flexibilität große oder eher große Chancen.
- Bei den drei Zielen Neue Märkte, Produktivität steigern und Marktdurchdringung erhöhen liegen diese Anteile zwischen 62 Prozent und 75 Prozent.
- Die zwei Ziele Erreichung höherer Wertschöpfungsanteile und insbesondere Verbesserung der Profitabilität werden deutlich zurückhaltender beurteilt.
- Auffällig ist auch, dass die größeren Unternehmen in allen Zielkategorien deutlich mehr Chancen als die kleineren sehen. Mehr als 90 Prozent aller größeren Unternehmen erwarten große oder eher große Chancen bei dem Thema Flexibilität; im Segment der kleineren Unterneh-

Wettbewerbsfähigkeit. Die KMUs sind etwas skeptischer. Insbesondere an diese Gruppe sollten sich Informationskampagnen und Initiativen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen richten.

Dass die Elektroindustrie einen wichtigen Beitrag zur Digitalisierung der Gesamtwirtschaft leistet, zeigt sich auch in der Einschätzung, welche Rolle Elektronik für die Digitalisierungsstrategie der Kunden spielt.

Ein Viertel der Unternehmen trägt ihren Einschätzungen nach in hohem Maße dazu bei, dass ihre Kunden in ihrer Digitalisierungsstrategie fortschreiten können. Nur 14 Prozent der Elektroindustrie gibt an, dass ihre Produkte und Dienstleistungen gar nicht zur Digitalisierungsstrategie ihrer Kunden beitragen. Mit Blick auf die breite Branchenabgrenzung der Elektroindustrie – worunter auch beispielsweise Haushalts- oder Schweißgeräte fallen – ist die Einschätzung sehr positiv zu bewerten.

Tab. 16: Beurteilung der Chancen der Digitalisierung

	Groß	Eher groß	Eher gering	Gering	Gar nicht
Flexibilität	27,9	55,0	9,3	4,7	3,1
Neue Märkte	23,8	51,5	16,2	5,4	3,1
Produktivität	26,2	48,5	17,7	3,8	3,8
Marktdurchdringung	11,9	50,0	25,4	7,9	4,8
Profitabilität	11,6	40,3	33,3	7,8	7,0
Höherer Wertschöpfungsanteil	11,7	36,7	33,6	12,5	5,5

ZVEI-Befragung 2016; Angaben in Prozent, umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

Es gibt dabei große Unterschiede zwischen Unternehmensgrößenklassen und den Unternehmen der Elektroindustrie, die in der Digitalisierung einen hohen oder niedrigeren Einfluss auf ihre Wettbewerbsfähigkeit sehen. Die KMUs bewerten ihre Beiträge zur Digitalisierungsstrategie ihrer Kunden deutlich zurückhaltender als die größeren Unternehmen. Nur 18 Prozent der KMUs geben in der ZVEI-Befragung an, im hohen Maße zur Digitalisierungsstrategie ihrer Kunden beizutragen – bei den großen Unternehmen ist es immerhin ein Drittel (Tabelle 17). Noch deutlicher fallen die Unterschiede zwischen den Unternehmen der Elektroindustrie aus, die der Digitalisierung eine eher hohe oder niedrige Bedeutung für ihre Wettbewerbsfähigkeit zumessen. Gut ein Drittel der Unternehmen der ersten Gruppe glaubt, dass es im hohen Maß einen Beitrag zur Digitalisierung ihrer Kunden leistet – in der zweiten Gruppen liegt dieser Anteil nur bei knapp sechs Prozent (s. Tabelle 17).

Auch die Kunden der Elektroindustrie sehen eine zunehmende Bedeutung der Branche für ihr Geschäftsmodell. Vor allem digital affine Unternehmen erwarten, dass elektrische Produkte in den nächsten fünf Jahren weiter an Bedeutung gewinnen werden.¹³ Dies zeigen aktuelle Ergebnisse des IW-Zukunftspanels. Rund die Hälfte der digital affinen Unternehmen misst der Elektronik – und damit der Elektroindustrie – in den nächsten fünf Jahren eine steigende Bedeutung bei. In der Vergleichsgruppe der weniger digital affinen Unternehmen liegt dieser Anteil bei nur einem Drittel (Abbildung 26). Diese Unterschiede zeigen deutlich, dass die Elektroindustrie besonders für die Unternehmen, die die Digitalisierung treiben werden, eine zunehmende Bedeutung als Lieferant gewinnt.

Fazit: Fast 60 Prozent der Elektroindustrie tragen in hohem oder mittlerem Maß zur Digitalisierungsstrategie ihrer Kunden bei. Damit ist die Branche Impulsgeber für die Gesamtwirtschaft. Gleichwohl ist eine Hete-

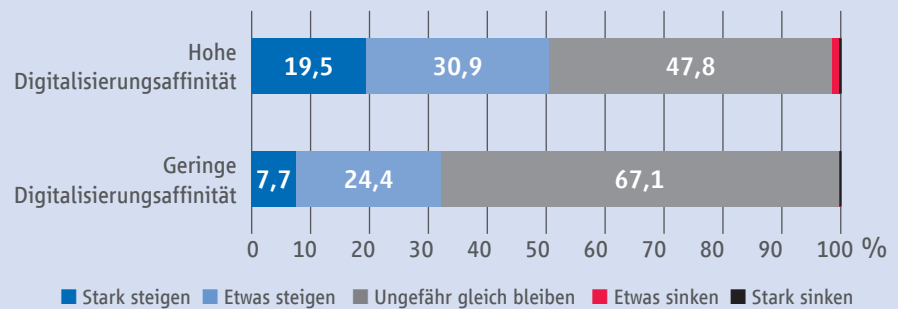
Tab. 17: Beitrag der Elektroindustrie zur Digitalisierungsstrategie der Kunden

Anteile in Prozent	Unternehmensgröße			Einfluss der Digitalisierung auf die eigene Wettbewerbsfähigkeit	
	KMUs ¹⁾	Große ²⁾	Gesamt	Ja	Nein
In hohem Maße	18,0	33,3	26,2	34,4	5,7
In mittlerem Maße	32,8	31,9	32,3	34,4	28,6
In geringem Maße	26,2	29,0	27,7	21,5	42,9
Gar nicht	23,0	5,8	13,8	9,7	22,9
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹⁾ Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten; ²⁾ mehr als 500 Beschäftigte; umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

¹³ Digital affine Unternehmen haben ihre Strategie in hohem oder mittlerem Maße auf Digitalisierung ausgerichtet oder geben an, dass sich die Digitalisierung (sehr) positiv auf ihre Wettbewerbsfähigkeit auswirkt.

Abb. 26: Veränderung der Bedeutung von Elektronik bis 2021



Anteile in Prozent
Quelle: IW-Zukunftspanel (2016)

rogenität innerhalb der Branche festzustellen. Weniger stark ist das beispielsweise bei den KMUs ausgeprägt. Der Elektroindustrie wird aber auch aus Sicht ihrer Kunden in den nächsten fünf Jahren eine steigende Bedeutung zugemessen. Das gilt insbesondere für digital affine Unternehmen.

5.1.2 Digitale Produkte und Dienstleistungen

Digitale Produkte und Dienstleistungen spielen für viele Unternehmen der Elektroindustrie eine wichtige Rolle – erstens in der eigenen Verwendung zur Optimierung der Prozesse, zweitens aber auch als neuer Markt für digitale Produkte und Dienstleistungen:

- Rund zwei Drittel der Elektroindustrie nutzen Smart Products – also digital veredelte und vernetzte Produkte – und

Smart-Integration-Komponenten – Systemintegrationskomponenten für vernetzte Systeme – zur Prozessoptimierung im eigenen Unternehmen;

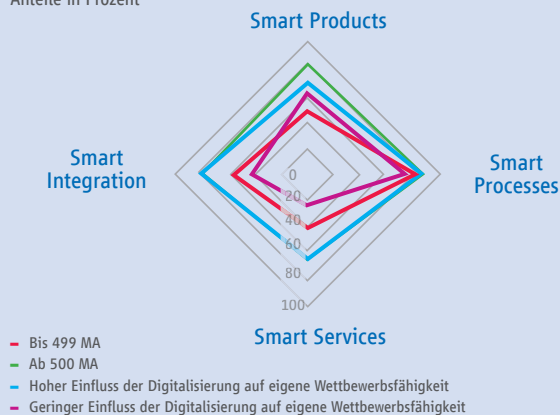
- 55 Prozent nutzen Smart Services – beispielsweise datengetriebene Services wie vorbeugende Instandhaltungen (Predictive Maintenance) – und
- 86 Prozent nutzen Smart Processes – u. a. über den Einsatz von Manufacturing Execution Systems (MES) und Machine-to-Machine-Communication.

Dass die Industrie 4.0 Readiness insgesamt erst relativ am Anfang steht (siehe Kapitel 2.2), liegt an dem noch zurückhaltenden Einsatz digitaler Produktionstechnologien und ihrer Vernetzung.

Abb. 27: Digitale Produkte und Dienstleistungen der Elektroindustrie – Anwender

Eigene Nutzung von digitalen Produkten und Dienstleistungen zur Prozessoptimierung

Anteile in Prozent

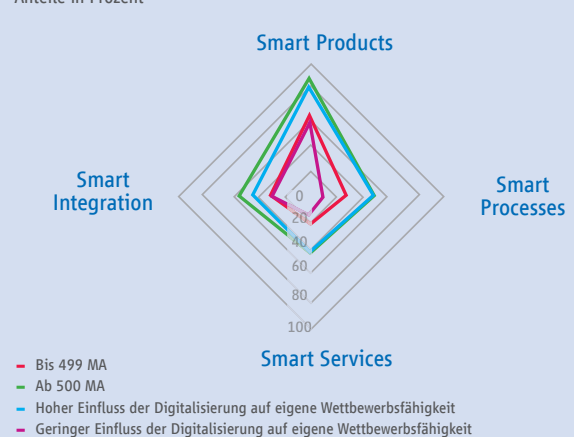


Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

Abb. 28: Digitale Produkte und Dienstleistungen der Elektroindustrie – Anbieter

Verkauf von digitalen Produkten und Dienstleistungen

Anteile in Prozent



Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

Tab. 18: Umsätze mit digitalen Produkten und Dienstleistungen in fünf Jahren

	Elektroindustrie		
	KMUs ¹⁾	Große ²⁾	Gesamt
Smart Products	19,1	33,5	26,4
Smart Processes	4,4	4,0	4,2
Smart Integration	5,4	6,6	6,0
Smart Services	3,2	7,6	5,5
Konventionelle Angebote	67,9	48,2	57,9

¹⁾ Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten; ²⁾ Mehr als 500 Beschäftigte; umsatzgewichtete Ergebnisse
Quelle: ZVEI-Befragung (2016)

Auch hier zeigt sich der durchgängige Befund, dass die Großunternehmen und die digital affinen Unternehmen sich stärker mit digitalen Produkten und Komponenten auseinandersetzen als kleine und weniger digital affine Unternehmen.

Die eigene Nutzung ist deutlich ausgeprägter als der Verkauf dieser Komponenten. Gut ein Drittel der Unternehmen der Elektroindustrie bietet Komponenten und Dienstleistungen in den Bereichen Smart Services, Smart Processes und Smart Integration an. Immerhin drei Viertel der Unternehmen haben Smart Products in ihrem Portfolio.

Dieser Rückstand beim Angebot von Smart Services hat zwei Gründe:

- Die Elektroindustrie ist relativ produktbezogen und ist damit am ehesten im Bereich Smart Products aktiv.
- Industrie 4.0 steht noch am Anfang. Erste Pilotinitiativen und Tests im eigenen Unternehmen werden zwar durchaus schon von einigen Unternehmen durchgeführt. Die Geschäftsmodelle beispielsweise für Smart Services müssen indes oft erst noch erarbeitet oder verfeinert werden.

Die Elektroindustrie hat als Aufgabe, sich in Zukunft auch stärker mit Smart Processes und Smart Services auseinanderzusetzen. Die Auflösung der Branchengrenzen bedeutet nicht nur eine intensivere Konkurrenzsituation, sondern auch Chancen, sich in anderen Märkten durch hybride Wertschöpfung zu etablieren.

Genau diesen Trend zu einem breiteren Portfolio mit digital veredelten Produkten und

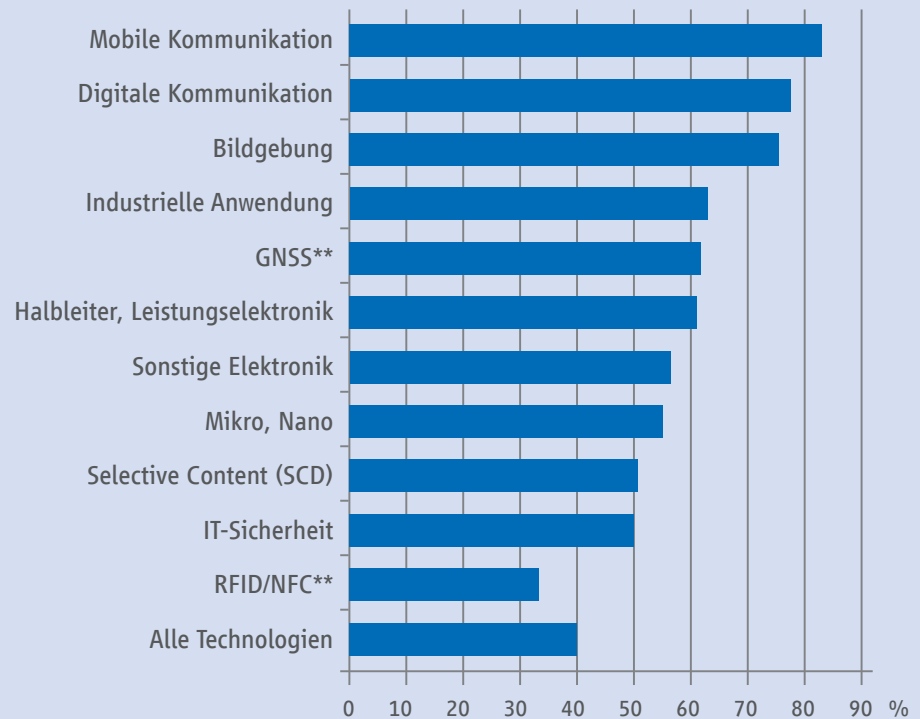
Dienstleistungen sehen die Unternehmen schon heute. In der konkreten Übersetzung in die Vier-Felder-Betrachtung zeigt sich die Erwartung eines starken Wachstums in allen vier Bereichen. Im Vergleich zu heute werden die digital veredelten Produkte und Dienstleistungen ihren Umsatzanteil (Tabelle 18) um fast 25 Prozentpunkte erhöhen. Die Unternehmen gehen davon aus, dass sie nach 2020 fast die Hälfte ihrer Umsätze damit erzielen werden.

Fazit: Die Umsatzanteile digital veredelter Produkte und Dienstleistungen werden in den nächsten Jahren zulegen. Die Elektroindustrie spielt hierbei eine entscheidende Rolle.

5.2 Schlüsseltechnologie-Patente und computerimplementierte Erfindungen

Wie wir bereits betont haben, werden Technologien in Zukunft nicht allein über die Wettbewerbsfähigkeit und die Innovationsleistung von Volkswirtschaften entscheiden, sondern es werden immer stärker neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen in Verbindung mit technischen Lösungen den Ausschlag geben. Dennoch ist für die Digitalisierung und den digitalen Wandel eine ganze Reihe an Schlüsseltechnologien von wesentlicher Bedeutung. Die meisten dieser Schlüsseltechnologien haben ihren Ursprung in der Elektroindustrie. Wie Abbildung 29 zeigt, stammen bei mobilen und digitalen Kommunikationstechnologien ebenso wie bei Bildgebung 70 bis 80 Prozent aller Patente deutscher Unternehmen aus der Elektroindustrie. Mikro- und Nanoelektronik, Halbleiter, Leistungselektronik

Abb. 29: Anteil der Elektroindustrie an den Patenten* deutscher Anmelder in Schlüsseltechnologien der Digitalisierung



* Verwendet werden Patentfamilien mit mindestens einer EPA- oder PCT-Anmeldung der Prioritätsjahre 2011–2013; es werden nur Patentanmelder mit Informationen zum Wirtschaftszweig verwendet.

** (RFID) Radio Frequency Identifikation, (NFC) Near Field Communication, (GNSS) Global Navigation Satellite System

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

ebenso wie Navigationstechnologien und industrielle Anwendungen – hier sind Sensoren, Aktoren und auch Maschinensteuerungen enthalten – und schließlich auch „Selective Content“ werden von deutlich mehr als der Hälfte der deutschen Unternehmen der Elektroindustrie angemeldet. Selbst Technologien der IT-Sicherheit und der Nearfield-Kommunikation (inkl. RFID) stammen zu über einem Drittel aus der Branche. Angewendet werden diese Technologien im Maschinenbau, im Fahrzeugbau, in der Elektroindustrie selbst, aber auch in zahlreichen anderen digitalisierten und sich digitalisierenden Wirtschaftszweigen in Deutschland und der Welt.

Neben den in den Patentstatistiken erfassten Schlüsseltechnologien sind es auch die Softwarekompetenzen und die darin enthaltenen Algorithmen und Lösungen, die für den Erfolg einer digitalen Wirtschaft entscheidend sein werden und wodurch maßgebliche Teile der Wertschöpfung bereits heute und in Zukunft generiert werden.

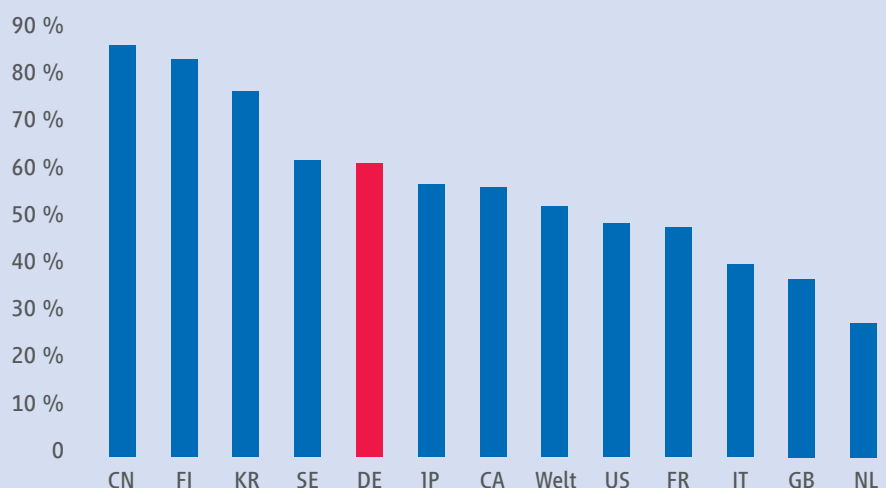
Statistiken zu Software, insbesondere zu kundenorientierter und spezifischer Software, liegen leider nicht vor. Ähnlich wie bei Büchern wird bei Software lediglich das Verlegen statistisch erfasst, wodurch in erster Linie die auf große Konsumentenmärkte abzielenden Softwarepakete und Betriebssysteme Gewicht haben. Die für Deutschland aber wesentlich relevantere Software für Maschinensteuerungen, Roboter oder auch kundenspezifische Softwarelösungen werden hier nicht erfasst. Noch weniger erfassbar sind Big-Data-Softwarelösungen und die Auswertung und Nutzung der Daten in neuen – häufig software- oder app-basierten – Geschäftsmodellen.

In Deutschland und Europa (und den meisten anderen Ländern) ist es im Unterschied zu den USA nicht möglich, Software (an sich) zum Patent anzumelden. Für Software gilt hierzulande das Urheberrecht (Copyright). Allerdings kann Software gemeinsam mit der zugehörigen Hardware – man spricht dann von sogenannter Embedded Software –

zum Patent angemeldet werden, sofern ein technisches Problem mit technischen Mitteln gelöst wird. Auch softwarebasierte Verfahren, wie etwa die MP3-Kompression der Fraunhofer Gesellschaft (und anderer Anmelder), können unter diesen Vorgaben zum Patent angemeldet werden. Diese beiden Gruppen bilden dann gemeinsam die computerimplementierten Erfindungen. Einen empirischen Ansatz zur Identifikation haben Frietsch et al. (2015) vorgeschlagen und erfolgreich implementiert. Dieses Ver-

ness-Anwendungen (B2B). Auch Frietsch et al. (2015) kommen zu dem Schluss, dass computerimplementierte Erfindungen in den klassischen deutschen Stärken Elektroindustrie, Maschinenbau und Fahrzeugbau im internationalen Vergleich eine überdurchschnittliche Verbreitung finden. Allerdings belegen die an dieser Stelle durchgeführten Untersuchungen, dass Deutschland als Ganzes bei computerimplementierten Erfindungen noch deutlich Nachholbedarf gegenüber der internationalen Konkurrenz

Abbildung 30: Anteile der Elektroindustrie an allen computerimplementierten Erfindungen eines Landes, 2011–2013



* Verwendet werden Patentfamilien mit mindesten einer EPA- oder PCT-Anmeldung der Prioritätsjahre 2011–2013; es werden nur Patentanmelder mit Informationen zum Wirtschaftszweig verwendet.

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

fahren wird auch hier angewendet, um den Beitrag und die Bedeutung der Elektroindustrie zur Softwareentwicklung in Deutschland zu erfassen.

In einem aktuellen Papier im Rahmen des „Innovationsdialogs zwischen Bundesregierung, Wirtschaft und Wissenschaft“ kommen Unternehmensexperten zu dem Schluss, dass Deutschland insbesondere Schwächen im Business-to-Consumer (B2C), bei Betriebssystemen und den digitalen Geschäftsmodellen (inklusive Plattformtechnologien) hat. Umgekehrt merken sie aber an: „Im Bereich Software liegen die Stärken Deutschlands bei eingebetteten Systemen, Unternehmenssoftware, Big Data Analytics und semantischen Technologien ...“ (Denner et al. 2015), oder ganz allgemein formuliert in den Business-to-Busi-

ness-to-Business (B2B). Im Vergleich mit zwölf ausgewählten Innovationsnationen liegt Deutschland mit einem Anteil von 17,2 Prozent auf dem vorletzten Platz und lässt nur Italien hinter sich. Zum Teil mag dies durch die hohen Patentzahlen in den Bereichen Maschinenbau und Chemie/Pharma begründet sein, ebenso wie durch die geringe Ausrichtung auf Konsumelektronik und Mobiltelefone (B2C). Allerdings vermag dies nicht den ganzen Abstand zu erklären. Hier gibt es dringenden Handlungsbedarf bei Unternehmen und der Wissenschaft.

Die hier vorliegenden Zahlen belegen aber, dass die Elektroindustrie deutlich überdurchschnittlich zu den computerimplementierten Erfindungen beiträgt und hier mit ca. 60 Prozent (siehe Abbildung 30) sogar noch höhere Anteile als bei allen

Patenten erreicht (dort sind es ca. 40 Prozent; siehe Abschnitt 3.1). Dies unterstreicht die Vorreiterrolle bei der Digitalisierung und den Querschnitts- und Enabler-Charakter der Technologien der Elektroindustrie.

5.3 Fokusthema: Maschinell erzeugte Daten

Die erfolgreiche Umsetzung datengetriebener Geschäftsmodelle ist für die Zukunft der Unternehmen der Elektroindustrie von großer Bedeutung. Die Maschinen und Komponenten, die die Unternehmen der Branche produzieren, erzeugen bereits heute eine Vielzahl von Daten (z. B. über den Betriebszustand, den Produktionsdurchlauf oder den Verschleiß der Maschinen) und sie benötigen selbst entsprechenden Dateninput (z. B. zur Parametrierung, zu einzelnen Arbeitsschritten oder zum Abgleich des Durchlaufs mit Daten aus der Produktionssteuerung), um in der vernetzten Produktion effizient eingesetzt zu werden. Die systematische Auswertung und intelligente Verknüpfung maschinell erzeugter Daten ermöglicht dabei eine Reihe neuer Geschäftsmodelle. Und obwohl es inzwischen eine Reihe von Studien und Projekten gibt, die die Potenziale datengetriebener Geschäftsmodelle aufzeigen (vgl. z. B. IW Consult und vbw 2015 oder das BMBF-Projekt BigDieMo, <http://bigdiemo.ksri.kit.edu/>), werden die neuen Möglichkeiten heute noch erst von wenigen Unternehmen wahrgenommen.

Die geringe Aufmerksamkeit, die datengetriebene Geschäftsmodelle derzeit in der betrieblichen Praxis erfahren, steht in krassem Gegensatz zur künftigen Bedeutung neuer, intelligenter Services. Bei Experten und Marktbeobachtern ist unumstritten, dass die Fähigkeit der Unternehmen, Daten innovationsfördernd einzusetzen, künftig von überragender Bedeutung sein wird. Unter der Überschrift „Software schlägt Hardware“ werden fundamentale Veränderungen im Produktionsumfeld vorausgesagt und es wird erwartet, dass in Zukunft eine Differenzierung am Markt nur noch über Dienstleistungen und spezialisierte Dienste möglich ist (siehe z. B. Zillmann und Lit 2016).

Für die Gerätehersteller heißt dies, dass sie ihren Maschinendaten künftig besondere Aufmerksamkeit zukommen lassen soll-

ten. Denn datenbasierte Geschäftsmodelle können auch von externen Experten, von Plattformbetreibern oder Wettbewerbern umgesetzt werden, sobald sie Zugriff auf die entsprechenden Daten haben.

Im Folgenden wird anhand von Beispielen illustriert, was unter datengetriebenen Geschäftsmodellen verstanden wird. Abschließend wird die Frage behandelt, welcher Regulierungsbedarf sich aus der neuen Entwicklung ergibt.

Produktbegleitende Services können als Vorstufe zu datengetriebenen Geschäftsmodellen betrachtet werden. Produktbegleitende Services sind in der Branche nichts Neues, sie sind seit Jahren eingeführt und Grundlage für den Erfolg deutscher Unternehmen im weltweiten Wettbewerb.

So hat z. B. ABB bereits seit 2007 mit dem „Remote Service für Roboter“ ein klassisches Produkt-Service-System im Angebot, das die produzierten Roboter am Standort des Kunden überwacht und optimiert. Dazu werden die Signale der Robotersteuerung ausgelesen und vom Produktionsort an ABB geschickt. ABB kann aus den übertragenen Daten Vorhersagen treffen und melden, wann der Verschleiß einzelner Bauteile zu Fehlern in der Produktion führen wird. Die Motorleistung oder das Spiel in den Achsen sind beispielhafte Indikatoren. Für dieses „Condition monitoring“ werden in regelmäßigen Intervallen Daten von den Robotern zu ABB übertragen. Die Kunden können sich in das ABB-Internetportal einwählen und die Daten ihrer Roboter abrufen. Im Portal sehen sie, wie viele Roboter ohne Einschränkungen arbeiten und bei welchen bald mit Wartungsmaßnahmen zu rechnen ist. ABB bietet seinen Kunden an, die Monitoring-Daten selbst zu überwachen oder dies von einem ABB-Expertenteam durchführen zu lassen. Im Servicevertrag können unterschiedliche Reaktionszeiten festgelegt werden, sodass die Überwachung und Meldung von kritischen Ereignissen den Produktionsbedingungen angepasst werden kann.

Die Daten ermöglichen aber auch Aussagen darüber, wie die Roboterflotte effizienter eingesetzt werden kann. Weil heute generell mehr Daten vorhanden sind, ist das Wissen über die Zusammenhänge breiter geworden. Entsprechend können differen-



zierte Maßnahmen abgeleitet werden, um den Einsatz der Roboter zu optimieren.

Ein weiteres Beispiel für datenbasierte Zusatzservices für Geräte ist der vernetzte Akkuschrauber „Nexo“ von Bosch Rexroth. Hierbei handelt es sich um eine Lösung, mit der Hersteller, insbesondere in der Luftfahrt, ihren Montageprozess datenbasiert effizienter und sicherer gestalten können, indem sie die Montageanweisung per WLAN direkt aus dem Enterprise-Resource-Planning-System (ERP) weitergeben, sodass der Akkuschrauber genau das richtige Drehmoment verwendet. Da in der Flugzeugmontage sehr viele Schrauben mit unterschiedlichem Drehmoment sicher verschraubt werden müssen und darüber hinaus umfangreiche Dokumentationspflichten bestehen, kann der vernetzte Akkuschrauber die Produktion erheblich beschleunigen. Dazu ist jedoch das Zusammenspiel unterschiedlicher Komponenten notwendig (Vernetzung, Positionsbestimmung, Datengenerierung, Anwendungsprogrammierung, usw., siehe Bosch 2015).

In Zukunft könnte der Flugzeughersteller aber nicht mehr nur daran interessiert sein, Schrauben und Akkuschrauber zu kaufen und diese intelligent zu vernetzen. Vielmehr könnte er z. B. die komplette Dienstleistung „Verschraubung der Flügelflächen“

beauftragen. Erst in diesem Fall, d. h. nach Ablösung des hardwarebasierten Geschäftsmodells durch eine komplexe Dienstleistung, würde man im engen Sinne von einem datenbasierten Geschäftsmodell sprechen. Dabei würde die eigentliche Montagetätigkeit von einem Unterauftragnehmer ausgeführt werden. Der Anbieter der Gesamtdienstleistung würde diese Arbeiten aus der Ferne überwachen und aus den gesammelten Daten z. B. Hinweise auf mögliche Qualitätsprobleme geben oder optimierte Verschraubungsstrategien vorschlagen.

Diese Notwendigkeit – sich von der Hardware zu lösen und konsequent auf integrierte, datenbasierte Services zu setzen – ist nach Experteneinschätzungen eine der derzeit größten Herausforderungen der Branche. Eine erfolgversprechende Strategie ist es dabei, gemischte Teams mit IT- und Ingenieurexpertise zusammenzustellen und diese Teams abseits des Tagesgeschäfts mit der Konzipierung datenbasierter Modelle zu beauftragen. Dabei sollte es nach Expertenmeinung weniger darum gehen, die vorhandenen oder zugänglichen Daten zu nutzen, sondern vielmehr darum, den Kundennutzen konsequent in den Vordergrund zu stellen und erst danach zu fragen, welche Daten für die neue Dienstleistung notwendig und verfügbar sind.

Ein Projekt, das aus einer solchen Herangehensweise entstanden ist, ist das Community-based-Parking-Projekt von Bosch. Hierbei handelt es sich um ein Beispiel aus dem Verkehrsbereich: Die Sensoren von Fahrzeugen für die Einparkhilfe liefern kontinuierlich Daten, solange eine gewisse Geschwindigkeit nicht überschritten wird. Dies bedeutet, dass auch kontinuierlich Parklücken erfasst werden. Wenn diese Daten mit Kartendaten korreliert werden, erhält man Informationen über freie Parkplätze. Allerdings ist ein solches System für die Kunden nur dann attraktiv, wenn Sensordaten von möglichst vielen Fahrzeugen ausgewertet werden, d. h., wenn nicht nur ein Hersteller an diesem Service beteiligt ist, sondern möglichst viele.

Hier stellen sich – ganz ähnlich wie in den anderen dargestellten Fällen aus dem Produktionskontext – grundsätzliche Fragen nach der Nutzung der Daten: Wer darf z. B. die Sensordaten der Einparkhilfe nutzen? Mit wem trifft der Plattformbetreiber die Vereinbarung? Mit dem Hersteller des Fahrzeugs oder mit seinem Fahrer oder seiner Fahrerin? Können die Nutzer überhaupt entscheiden, ob sie die Daten weitergeben oder nicht? Und im Produktionskontext: Wer hat Zugang und wer darf die Daten von Maschinen und Sensoren nutzen? Der Hersteller der Maschinen oder der Käufer, der die Maschinen für die Produktion nutzt – oder ein unabhängiger Plattformbetreiber, der spezifische Services zur Produktionsoptimierung anbietet?

Diese teilweise unbeantworteten Fragen tragen nicht unerheblich zur aktuellen Zurückhaltung der Firmen beim Thema Datenbasierte Geschäftsmodelle bei. Gleichzeitig wird hier deutlich, dass sich die Entwicklung in einer frühen Phase befindet, in einer Phase, in der experimentiert wird und in der sich Routinen erst herausbilden müssen. So müssen im Hinblick auf die Verwendung von Maschinendaten derzeit jeweils Einzelverträge zwischen Herstellern und Käufern ausgehandelt werden, die von den jeweiligen Interessenlagen bestimmt sind. Deshalb werden Stimmen in der Branche laut, diesen Bereich einheitlich zu regeln, z. B. indem man Daten zur direkten Steuerung des Geräts von jenen Daten unterscheidet, die darüber hinaus erhoben werden. Erstere würden exklusiv zur Nutzung beim

Hersteller verbleiben, letztere könnten über eine Schnittstelle zur Verwendung Dritter zugänglich gemacht werden.

Dennoch scheint es aus Innovationsicht zu früh, in diesen Prozess regulatorisch einzugreifen. Gesetzliche Regelungen würden zum jetzigen Zeitpunkt das Möglichkeitsspektrum datenbasierter Dienste einschränken und damit Innovationsprozesse behindern. Zu einem ganz ähnlichen Schluss kommen die Experten der Arbeitsgruppe „Rechtliche Rahmenbedingungen“ der Plattform Industrie 4.0, die in ihrem Papier „Daten im Kontext von Industrie 4.0“ die Politik auffordern, in diesem Bereich zurückhaltend und nicht übereilt zu reagieren (Plattform Industrie 4.0 2016). Aufgrund der großen Bedeutung des Themas erscheint es jedoch erforderlich, dass die Politik dem Thema Datengetriebene Innovationen insgesamt größere Aufmerksamkeit schenkt und Marktentwicklungen unterstützt, die es deutschen Unternehmen ermöglichen, ihr Know-how im Produktionskontext erfolgreich in die digitale Servicewelt zu transferieren.

Fazit: Derzeit erhalten datengetriebene Geschäftsmodelle in der betrieblichen Praxis noch zu wenig Aufmerksamkeit, was in krassem Gegensatz zur künftigen Bedeutung neuer, intelligenter Services steht. Hier muss bei den Unternehmen eine Sensibilisierung erreicht werden und die Entwicklung solcher Geschäftsmodelle unterstützt werden. Die Herausforderung wird sein, sich von der Hardware zu lösen und konsequent auf integrierte, datenbasierte Services zu setzen.

Bezüglich Datennutzung ist zwar vom Gesetzgeber derzeit noch keine eindeutige Regelung getroffen worden. Allerdings sehen die Unternehmen derzeit auch noch keinen Handlungsbedarf, weil sich eine Lösung erst noch herausbilden muss und eine zu frühe Regulation an dieser Stelle die internationale Wettbewerbsfähigkeit und die Entwicklung einer geeigneten Lösung deutlich schwächen könnte.



6. INNOVATIONSPOLITISCHE EINORDNUNG UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

6.1 Hintergrund: Innovationsförderung und Innovationspolitik – eine Selektion internationaler Ansätze und eine Einordnung in den deutschen Kontext

Dieses Kapitel fasst eine Hintergrundrecherche zu ausgewählten Beispielen der Innovationsförderung aus anderen Ländern und der Förderpraxis der Europäischen Union zusammen, die Impulse für die Umsetzung der Neuerungen im Rahmen der Digitalisierung in Deutschland geben können. Die Recherche dieser Beispiele erfolgte explorativ. Sie war geleitet von den für Deutschland identifizierten Problemstellungen der Digitalisierung.

Dabei beschränkte sich die Suche auf eine bestimmte Auswahl an Ländern weltweit sowie die Europäische Kommission, wissend, dass auch in anderen Ländern relevante Beispiele für Förderinstrumente existieren, die in dieser Auswahl keine Berücksichtigung finden konnten. Die Zielländer für den internationalen Vergleich sind in erster Linie Länder mit einer starken Elektro- oder IT-Branche wie die USA, Japan oder Südkorea sowie besonders innovative Länder wie die Schweiz, Singapur oder Finnland, die als kleinere Länder zwar anderen ordnungs- und handlungspolitischen Rahmenbedingungen gegenüberstehen, die

aber gerade bei innovativen und weniger etablierten Förderansätzen teilweise bereits Erfahrungen vorweisen können. Ziel war es dabei allerdings nicht, eine tiefgreifende Beschreibung der Politiken in den ausgewählten Ländern zu liefern, sondern insbesondere Good-Practice-Beispiele in Hinsicht auf die hier interessierenden Themen zu liefern.

Das Augenmerk dieses Kapitels gilt der Innovationsförderung – nicht, um sie als bedeutender gegenüber der Forschungsförderung herauszuheben, sondern vor allem, um darauf hinzuweisen, dass Innovationsförderung breiter als bisher gedacht werden muss.

Missionsorientierte Innovationspolitik

Die Missionsorientierung in der Forschungs- und Innovationspolitik in Deutschland ist nicht erst seit der Einführung der Hightech-Strategie bekannt. Die Hightech-Strategie hat mit der Ausrichtung an den globalen gesellschaftlichen Herausforderungen eine neue Perspektive mit sich gebracht, auch wenn deren Umsetzung in kohärentes Förderhandeln noch nicht ausreichend umgesetzt wird.

Was die Nutzung von Techniken der Vorausschau angeht, werden diese seit vielen Jahren auch in der deutschen Forschungs- und



Innovationspolitik genutzt, sowohl bezogen auf Technologien als auch auf das Gesamtsystem. Allerdings finden diese Aktivitäten nicht regelmäßig statt und stehen nicht immer in Verbindung mit der Ableitung neuer Förderprioritäten oder der Fortschreibung der nationalen Innovationsstrategie.

Auch die Bereitstellung großer Fördersummen für einzelne Themen ist in Deutschland nicht unbekannt, wie am Beispiel des Rahmenprogramms „Mikroelektronik“ sichtbar ist. Allerdings besteht für gesamtgesellschaftlich relevante und ressortübergreifende Themen im Kontext der Digitalisierung ein besonderer Bedarf nach der Erzeugung „kritischer Massen“ einerseits und einem koordinierten und abgestimmten innovations- und wissenschaftspolitischen Handeln andererseits. Beides ist in der deutschen Innovationspolitik bereits angelegt, wird jedoch noch zu wenig umgesetzt.

Umsetzungsbeispiele:

Die missionsorientierte Förderung in den USA ist ein relevanter Ansatz auch für den deutschen Kontext, da die US-Bundesregierung hier verhältnismäßig große Fördersummen für Forschung und Innovation, die eine prioritäre Zukunftsaufgabe adressie-

ren, bereitstellt. Ein Beispiel der jüngeren Zeit ist die Förderagentur „ARPA-E“, die Forschung und Innovation für mehr Energieeffizienz und im Bereich regenerative Energien unterstützt. Neben dem finanziellen Volumen¹⁴ sind die explizite Ausrichtung der Förderung auf besonders risikoreiche und transformative Forschung und Innovation hervorzuheben sowie die Absicht, mit der Agentur eine schlanke und zügig agierende Förderungsabwicklung zu ermöglichen, die gleichzeitig aber auch die Flexibilität besitzt, Förderlaufzeiten von besonders vielversprechenden Projekten über einen längeren Zeitraum zu unterstützen.¹⁵

Das Beispiel aus den USA entspricht für Deutschland in etwa einer Größenordnung von 50 bis 60 Millionen Euro öffentliche Fördermittel jährlich für ein prioritäres bzw. missionsorientiertes Forschungs- und Innovationsförderprogramm. Dies beabsichtigt die Bundesregierung im Jahr 2017 insgesamt für die Entwicklung digitaler Technologien im Rahmen der Digitalen Agenda auszugeben. Daneben will die Bundesregierung weitere 50 Millionen Euro für ein europäisches Mikroelektronikprogramm ausgeben.¹⁶ Beides ist bemerkenswert, allerdings bleibt fraglich, welche Technologien als prioritär eingestuft werden und ob sie dem

¹⁴ Durchschnittlich rund 270 Mio. USD jährlich seit 2009, vgl. <https://arpa-e.energy.gov/?q=arpa-e-site-page/arpa-e-budget>, zuletzt abgerufen am 26.9.16.

¹⁵ Quelle: <http://www.innovation-america.org/case-arpa-e>, zuletzt abgerufen am 26.9.16. Die Agentur fördert seit 2009 Projekte. Die Wirkung der Förderung ist bislang noch nicht untersucht worden.

¹⁶ BMWi, siehe <http://www.bmw.de/DE/Ministerium/haushalt.html>, zuletzt abgerufen am 26.9.16.

Aufbau der notwendigen digitalen Kompetenzen zuträglich sind. Im Umkehrschluss heißt das, dass statt eines Technologiefokus eine stärkere Missionsorientierung, in diesem Fall ein Fokus auf die digitalen Kompetenzen, eine zielführendere Vorgehensweise zu sein verspricht.

Für die deutsche Förderpolitik sind solche Großinvestitionen¹⁷ auch deshalb geeignet, weil sie dazu beitragen können, die nationalen Ausgaben für FuE signifikant zu steigern, beispielsweise um einen Anteil der nationalen Forschungsausgaben am BIP von 3,5 Prozent zu erzielen.

KMUs als besondere Adressaten der Innovationspolitik auch im Kontext der Digitalisierung

Kleine und mittelständische Unternehmen (KMUs) des deutschen Verarbeitenden Gewerbes sind mit besonderen Hemmnissen in Bezug auf die Digitalisierung konfrontiert. Viele scheinen betriebsintern nicht über das benötigte Fachwissen zu verfügen, sodass sie auf Kooperationen angewiesen sind. Allerdings hat diese Studie auch gezeigt, dass KMUs nicht ausreichend vernetzt sind. Dementsprechend haben sie eine größere Distanz zur Digitalisierung und sind von ihrem Nutzen oft (noch) nicht überzeugt. Dies führt zu einer höheren Risikoeinschätzung von Investitionen für KMUs und in der Konsequenz zu einer Verzögerung der Digitalisierung.

Umsetzungsbeispiele:

Bei der finnischen Förderagentur TEKES können Großunternehmen FuE-Förderung erhalten, wenn dadurch KMUs in ihrem Netzwerk profitieren (z. B. Kompetenzaufbau, neue Geschäftsmodelle ...).¹⁸

Die Regierung Südkoreas investiert seit 2009¹⁹ in ein Smart-Grid-Demonstratorprojekt auf der Insel Jeju, an dem 168 Firmen und zwölf Konsortien teilnehmen. Die bereitgestellte Infrastruktur soll als Prüfumgebung für technologische Anwendungen sowie für Geschäftsmodell-Entwicklung dienen. Das Projekt eignet sich auch dazu, Kooperationsdefizite der beteiligten Firmen abzubauen und ist prinzipiell offen auch für Firmen über den Kreis der bisherigen Unterstützer hinaus. Das Projekt ist als

öffentlich-private Partnerschaft angelegt, in dem es gelungen ist, durch die öffentliche Bezuschussung sehr viel privates Kapital zu mobilisieren: Der Anteil, der von den beteiligten Unternehmen getragen wird, ist dreimal so hoch wie der öffentliche Zuschuss (Chang 2010).

Mit Blick auf die Situation in Deutschland ist aus dem finnischen Beispiel heraus vor allem die Anwendung der Förderung auf Wertschöpfungsnetzwerke nachahmenswert. Deutsche KMUs sind häufig hochspezialisierte Zulieferer mit hohen Abhängigkeiten von Großunternehmen. Sie dürften davon profitieren, wenn ihre Hauptkunden durch die Förderung einen Anreiz erhalten, die digitale Transformation mit und für ihr Netzwerk weiter voranzubringen.

Das koreanische Prestigeprojekt vereint in der Testumgebung vorwettbewerbliche und marktnahe Aspekte. Da bei Letzteren in Deutschland die Beihilferegeln der Europäischen Union zu beachten sind, muss dies bei der Einrichtung von Infrastrukturen beachtet werden. Zudem mögen die exakten Bedarfe an FuE-Infrastruktur von Branche zu Branche oder in einzelnen digitalen Technologien unterschiedlich sein. So kommt je nach Situation eher die Einrichtung von gemeinsamen Entwicklungsumgebungen (z. B. Nutzung von Geräten oder Verfahren) infrage oder die Bereitstellung von Pilotanlagen, in denen die Serienproduktion erprobt oder Geschäftsmodelle weiterentwickelt werden können. Auch die Ansiedlung solcher Anlagen (Testumgebungen ggfs. eher bei Forschungseinrichtungen, Pilotanlagen eher bei Großunternehmen), ihre Finanzierung (Verhältnis öffentlicher und privater Anteile) sowie die Konditionen des Zugangs und der Nutzung sind einzelfallbezogen zu lösen. In jedem Fall bietet es sich an, eine fachlich fundierte Innovationsberatung für KMUs zu integrieren, um Angebote „aus einer Hand“ und nah an den Unternehmen zu schaffen.

Die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) neu geschaffenen bald elf Kompetenzzentren realisieren für den Mittelstand des Produzierenden Gewerbes im Kontext Industrie 4.0 diesen Anspruch. Dabei liegt der Schwerpunkt nicht auf FuE,

¹⁷ Dies gilt ebenso für die in den folgenden Abschnitten beschriebenen als öffentlich-private Partnerschaften finanzierten Prestigeprojekte (z. B. gemeinsame Testumgebungen) sowie die steuerliche FuE-Förderung.

¹⁸ TEKES: <https://www.tekes.fi/en/funding/large-company/research-development-piloting/>, zuletzt abgerufen am 26.9.16.

¹⁹ Umgerechnet in etwa 45 Mio. Euro öffentlicher Zuschuss für die Jahre 2009–2013.

sondern auf Demonstration und Information durch Wissenstransfer von sogenannten Pilotunternehmen. Zu begrüßen ist, dass das BMWi beabsichtigt, diesen Weg weiterzugehen und diese Anstrengung auch auf weitere Branchen, über das verarbeitende Gewerbe hinaus, auszuweiten.²⁰

Die Beteiligung an FuE-Infrastrukturen und ihr Betrieb erfordert langfristig öffentliche sowie private Investitionen, die im Verbund mit anderen Maßnahmen²¹ dazu geeignet sind, die nationalen FuE-Aufwendungen auf ein höheres Niveau zu heben.

Innovationsrisiko verringern und mehr wagen

Die Digitalisierung erfordert ein radikales Umdenken von allen. Für Unternehmen heißt dies, dass inkrementelle Innovationen nicht genügen. Gleichzeitig kann firmeninterne FuE nicht rein auf Risikoreichtum ausgerichtet sein – umso weniger, wenn Firmen ihren Anteilseignern Rechenschaft ablegen müssen. Auch der Risikokapitalmarkt kann diesen Bedarf nicht ausreichend abdecken, insbesondere bei kleinen und jungen Firmen. Hier muss öffentliche Förderung einspringen. Aber auch bei der Vergabe von öffentlichen Fördergeldern lässt sich eine Tendenz zu Risikoarmut beobachten – häufig mit dem Verweis, dass Rechnungshöfe und letztendlich die Steuerzahler den Nachweis der Effektivität (teilweise auch der Effizienz) von Maßnahmen einfordern. Die Einführung der steuerlichen FuE-Förderung (durch Beschluss des Bundestags) kann, wenn sie sich auf FuE-Aufwendungen der Unternehmen bezieht, den Unternehmen zusätzliche Freiheit bieten, FuE zu betreiben. Gleichzeitig kann sie Firmen, die bislang keine FuE- bzw. Innovationsaktivitäten unternommen haben, dazu animieren, in diese Bereiche zu investieren.

Umsetzungsbeispiele:

Die große Mehrheit der Industriestaaten fördert Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen ihrer Firmen steuerlich (in dem dieser Studie zugrunde liegenden kleinen internationalen Vergleich mit sechs Ländern sind es die USA, Korea, Singapur, Japan und zeitweise auch Finnland). In der Regel werden die FuE-Aufwendungen der Firmen steuerlich begünstigt. In der praktischen Umsetzung wurden und werden viele Aus-

gestaltungsmöglichkeiten des Instruments angewendet, um es jeweils bedarfsgerecht einsetzen zu können. So soll inkrementelle Förderung (oberhalb einer bestimmten Schwelle von FuE-Ausgaben) dazu dienen, zu vermeiden, dass FuE-Aufwendungen gefördert werden, die ohnehin getätigt worden wären. Andere Varianten fördern die FuE-Aufwendungen nur bis zu einem bestimmten Volumen, um zu vermeiden, dass große Firmen mit hohen Ausgaben unverhältnismäßig stark profitieren. Wieder andere Ansätze fördern insbesondere junge oder kleine oder besonders innovative Unternehmen. Auch gibt es Versuche, nicht nur FuE-Aufwendungen anzuerkennen, sondern Innovationsausgaben in einem weiteren Sinne (OECD 2016). Allerdings zeigen die Erfahrungen: je stärker reglementiert die Förderung ist, desto mehr nimmt der Aufwand für die Beantragung sowie für die Kontrolle der Förderung zu.

Auf die deutsche Situation ist die Beschreibung der Chancen und Fallstricke von steuerlicher FuE-Förderung gut übertragbar. Dabei sind zwei weitere Argumente zu beachten: Der Preis einer wenig komplexen Ausgestaltung des Instruments ist zwar seine Unschärfe, der Lohn aber ist ein hoher Grad der Zielgruppenerreichung – sicherlich höher, als es mit Programmförderung bislang möglich war. Außerdem würde es die Einführung einer steuerlichen FuE-Förderung ermöglichen, dem Ziel einer dauerhaften Steigerung der nationalen Aufwendungen für FuE deutlich näherzukommen.

Innovation breiter denken – über Forschung und Entwicklung hinaus

Die Bedeutung von (formaler) Forschung und Entwicklung für den Innovationserfolg wird bei fortschreitender Digitalisierung und der Zunahme digitaler Geschäftsmodelle abnehmen. Die Forschungs- oder Technologieförderung muss sich daher an diese Veränderung anpassen und den zugrunde liegenden Innovationsbegriff ebenso wie die Perspektive auf Innovationsprozesse verändern. Daneben bleibt die Kommerzialisierung guter Ideen und Technologien eine Herausforderung, der auch förderpolitisch begegnet werden kann. Andere Länder zeigen, dass durchaus marktnähere Teile des Innovationsprozesses durch eine öffentliche Förderung unterstützt werden können.

²⁰ BMWi: <http://www.mittelstand-digital.de/DE/mittelstand-digital,did=780798.html>, zuletzt abgerufen am 27.9.16.

²¹ Vgl. dazu die im vorigen Abschnitt diskutierte strategische Fördermittelausstattung im Rahmen missionsorientierter Förderung sowie die im folgenden Abschnitt genannte steuerliche FuE-Förderung.

Umsetzungsbeispiele:

Die Reform des europäischen Beihilferechts im Jahr 2014 hat neue Möglichkeiten für nationale Instrumente der Innovationsförderung eröffnet. Nun ist beispielsweise die Förderung von Prozess- und Organisationsinnovationen möglich.²² Zudem ist die Möglichkeit, sogenannte „Important projects of common European interest (IPCEI)“ zu definieren, deutlich erweitert worden. Damit können Mitgliedstaaten Projekte fördern, die bisher unter dem europäischen Beihilferahmen nicht möglich waren. Außerdem zeigt sich an den neuen Instrumenten der Innovationsförderung auf EU-Ebene ein neues, erweitertes Verständnis von Innovation: Das KMU-Instrument in Horizon2020 erkennt an, dass disruptive Innovationen in Geschäftsmodellen oder in Wertschöpfungsketten entstehen (Schade 2016). Und die Förderlinie Fast Track to Innovation (FTI) ist dafür geschaffen worden, um die Phase nach der Prototypenentwicklung bis zur Markteinführung zu unterstützen (Europäische Kommission 2014). Darunter fallen die Demonstration eines Prototyps in seiner Einsatzumgebung bis hin zur nachgewiesenen Serienreife der Produktion. Dabei ist FTI explizit ein Bottom-up-Instrument, das auch für nicht technologische Vorhaben offensteht, für die die Phasen analog interpretiert werden müssen.

Finnland ist ein Vordenker, was dieses erweiterte Innovationsverständnis angeht, und hat bereits 2012 die staatliche Förderpolitik auf Dienstleistungs- und nicht technische Innovationen neu ausgerichtet (OECD 2012a). Das Programm „Kiito“ beispielsweise fördert Großunternehmen, wenn sie organisationale Innovationen in Prozessen, Strukturen oder der Unternehmenskultur etablieren wollen.²³ Im Falle von KMUs fördert es Internationalisierungsstrategien.²⁴ Auch Singapur, das eine ähnlich offene Wirtschaft wie Deutschland hat und gezwungen ist zu innovieren, um im internationalen Wettbewerb zu bestehen (OECD 2012b), fördert Internationalisierungsstrategien seiner Unternehmen und den Aufbau diesbezüglicher Kompetenzen.²⁵

Für die deutsche Innovationsförderung ist daraus abzuleiten, dass sie noch konsequenter als bisher alle Möglichkeiten des EU-Beihilferechts ausschöpfen sollte und zum Beispiel die Möglichkeit der IPCEI in Betracht ziehen sollte. Im Fall von ZIM ist eine Ergänzung der FuE-Förderung um eine Förderung für nicht technische Innovationen notwendig. Auch sollte das BMWi, koordiniert mit anderen nationalen Regierungen, den Dialog mit der Europäischen Kommission führen, inwieweit marktnähere Förderung zumindest zeitweise auch auf nationaler Ebene möglich gemacht werden könnte, um einen Innovationsschub im Bereich der Digitalisierung zu erreichen. Die europäische FTI-Förderung kann nicht die einzige Antwort auf diese Problemlage bleiben, zumal sie mittlerweile stark überzeichnet ist und Unternehmen daher vor einer Bewerbung zurückschrecken.²⁶ Die Beispiele aus Finnland und Singapur werfen zudem die Frage auf, ob nicht auch Großunternehmen Bedarf an Förderung für organisationale Innovationen haben, um erforderliche Transformationsprozesse nicht zu verschleppen.

6.2 Handlungsempfehlungen

Die vorliegende Studie hat belegt, dass die Digitalisierung kein Selbstläufer ist und ein hohes disruptives Potenzial besitzt. Die mit der Digitalisierung verbundenen Chancen müssen daher bewusst ergriffen und strategisch angegangen werden. Dazu ist Gestaltungswille in den Unternehmen, in der Politik, in der Wissenschaft und in der Öffentlichkeit notwendig. Die Unternehmen werden die digitale Transformation nicht allein bewältigen können, sondern sind auf die Unterstützung insbesondere der Politik und der Öffentlichkeit angewiesen.

Es existieren deutliche Unterschiede in der Ausrichtung auf die und der Nutzung der Digitalisierung zwischen großen Unternehmen auf der einen und kleinen und mittleren Unternehmen (KMUs) auf der anderen Seite. Es besteht daher die Gefahr, dass sich zwei unterschiedliche Produktionswelten

²² Zudem kann die Beihilfeintensität von bisher max. 60 Prozent auf 90 Prozent angehoben werden. Außerdem ist die Notwendigkeit zur Ex-ante-Notifizierung von Programmen nun erst bei Programmen ab einer Höhe von 15 Mio. Euro nötig (bisher 7,5 Mio.).

²³ TEKES (The Finnish Funding Agency for Technology and Innovation): <https://www.tekes.fi/en/funding/large-company/kiito/>, zuletzt abgerufen am 22.9.2016.

²⁴ TEKES: <https://www.tekes.fi/en/funding/SME/kiito/>, zuletzt abgerufen am 22.9.2016

²⁵ GCP-Zuwendung, siehe PWC (2015): Encouraging innovation and internationalisation, <http://www.pwc.com/sg/en/singapore-budget-2015/bc01-06.html>, zuletzt abgerufen am 23.9.2016.

²⁶ ZIM fördert in begründeten Einzelfällen marktnähere Aktivitäten, ansonsten gilt die vereinfachte Regel einer Förderung „bis zum Prototyp“ (das entspricht dem Technology Readiness Level 6), vgl. AIF: Sprungbrett IGF und ZIM, S. 9. <http://www.zim-bmw.de/download/publikationen/broschuere-sprungbrett-igf-zim>, zuletzt abgerufen am 23.9.2016.



entwickeln: einerseits einige Großunternehmen mit hohem Digitalisierungsgrad und ausgeprägtem Bedarf an High-End-Lösungen, andererseits eine Vielzahl an KMUs mit eher traditioneller Fertigung und dem Bedarf an kostengünstigen, aber dennoch individuellen Digitalisierungslösungen.

Aufgrund der aktuellen Veränderungen von Wertschöpfungsketten zu Wertschöpfungsnetzwerken, der Verschränkung von Produkten und Dienstleistungen zu hybriden Geschäftsmodellen sowie des Aufkommens gänzlich neuer (digitaler) Geschäftsmodelle ist wirtschafts- und innovationspolitischer Handlungsbedarf gegeben. Denn für die Zukunftsfähigkeit der deutschen Volkswirtschaft wird es entscheidend darauf ankommen, auch in Zukunft eine führende Position in Schlüsseltechnologien zu besitzen und Innovationsführerschaft zu behaupten, um relevante Teile der integrierten Wertschöpfungsnetze nicht an ausländische Wettbewerber zu verlieren.

Die Studie zeigt Handlungsbedarf in sieben Feldern auf:

1. Fachwissen für die digitale Transformation bereitstellen,
2. Datensicherheit gewährleisten,
3. in industriefähige Breitbandinfrastruktur technologieneutral investieren,
4. Schlüsseltechnologien stärken,
5. Wertschöpfungspotenziale der Digitalisierung weiter heben,
6. Forschungs- und Innovationspolitik neu denken und an der digitalen Transformation ausrichten,
7. (volkswirtschaftliche) Indikatorik weiterentwickeln.

Die künftige internationale Wettbewerbsfähigkeit der Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung wird in hohem Maße davon abhängen, dass die genannten Herausforderungen von Wirtschaft, Gesellschaft und Politik gemeinsam gemeistert werden. Tabelle 19 gibt einen Überblick über die in dieser Studie beschriebenen Hemmnisse und Herausforderungen. Zu jedem dieser Hemmnisse formulieren wir konkrete Empfehlungen und benennen die Akteure, denen dabei maßgeblich eine Aufgabe zufällt. Das schließt Handlungsempfehlungen an politische Akteure ebenso ein wie an Unternehmen, die die Digitalisierung der Wirtschaft in Deutschland umsetzen.

Tab. 19: Übersicht über die Handlungsempfehlungen zur Überwindung der identifizierten Hemmnisse der Digitalisierung

Hemmnis/ Herausforderung	Maßnahme	Akteure
Fachwissen für die digitale Transformation bereitstellen		
Digitale Kompetenzen fehlen: vernetztes Denken, disziplinenübergreifende Expertise erforderlich	Digitale Kompetenzen über die gesamte Bildungskette ausbauen, Curricula in der Schul-, Hochschul- und Berufsbildung entsprechend aktualisieren	Bildungsträger; IHKn
	Aufwertung der Digitalisierung in den Fachdidaktiken und in der Lehreraus- und -fortbildung	Bildungsträger
	Aufbau neuer Studien- und Ausbildungsgänge an der Schnittstelle zwischen digitalen und klassischen Technologien	HRK, Unis, FHs, IHKn
Bildungsangebote für zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien wie z. B. Netzkommunikation und Datenanalyse verbessern; Deutschland liegt hier zurück (siehe Fokusthema „Maschinell erzeugte Daten“)	Verstärkung der Ausbildungsangebote	Unternehmen, Unis, HRK
Datensicherheit gewährleisten		
Systemlösungen fehlen	Datensicherheit fördern auf Basis von „Security by Design“-Ansätzen	
Vertrauen in Technologien aufbauen	Aufbau von Informations- und Austausch-Plattformen zur IT-Sicherheit, um die Nutzung und Verbreitung von geeigneten Lösungen zu unterstützen.	Bund, Unternehmen
Verbreitung von Standards nötig	Aktive Teilnahme an internationalen Standardisierungsaktivitäten	Unternehmen
In industriefähige Breitbandinfrastruktur technologie-neutral investieren		
Geschäftserfolg hängt zunehmend von Kommunikationsinfrastrukturen ab	Breitbandinfrastruktur flächendeckend und technologie-neutral ausbauen bei Festnetz und Mobilfunk (5G)	Bund, Unternehmen (PPP)
	Kommunikationsinfrastrukturen für die Qualitätsanforderungen der industriellen Anwendungsfelder leistungsfähig machen	Unternehmen, Politik
	50 Mbit Netzausbau nur als Zwischenziel begreifen	BMWi, Digitale Agenda
Investitionen reichen noch nicht aus	Zusätzliche Investitionsprojekte fördern und als öffentlich-private Partnerschaften (PPP) aufbauen	Bund, Unternehmen (PPP)
Schlüsseltechnologien stärken		
Systematischer Überblick über Bedarfe fehlt	Regelmäßiges Kompetenzmonitoring zur Erkennung von technologischen und nicht technologischen Kompetenzbedarfen	Koordinierte Vorgehensweise der Bundesregierung, v. a. von BMBF und BMWi
Bei Netzkommunikation und Datenanalyse liegt Deutschland zurück	Ausbau von FuE-Forschungsschwerpunkten mit internationaler Ausstrahlung v. a. in den Bereichen Netzkommunikation und Datenanalyse (siehe auch Thema 6 unten)	Koordinierte Vorgehensweise von BMBF und BMWi

Wertschöpfungspotenziale der Digitalisierung weiter heben		
Wirtschaft ist stark in klassischen Produktinnovationen, insbesondere im B2B-Bereich, jedoch weniger bei Dienstleistungen und neuen Geschäftsmodellen	Erhöhung der Umsatzanteile mit Digitalisierungsangeboten v. a. bei neuen Geschäftsmodellen und Smart Services anstreben	Unternehmen
Fehlende Klarheit über Rahmenbedingungen	Datengetriebene Innovationen stärker unterstützen: Datennutzungsrechte klären, jedoch eine zu frühe innovationshemmende Regulierung für datenbasierte Dienste vermeiden	Unternehmen und Verbände, später dann der Gesetzgeber
	Regelungsbedarf abarbeiten bei widersprüchlichen Richtlinien, wie der Funk-, der Fahrzeug-, der Maschinen- oder der Niederspannungsrichtlinie.	Gesetzgeber
Zurückhaltung bei KMUs	Wertschöpfungsnetzwerke aufbauen und KMUs mitnehmen, z. B. durch Aufklärungsarbeit, Informationskampagnen und Hilfsangebote (dazu gehören auch Demonstrationsprojekte):	BMBF, BMWi, Verbände
Technologievorsprung im globalen Wettbewerb ausbaufähig (siehe auch Thema 4)	Hohe Wissensintensität der Elektroindustrie weiter ausbauen; FuE- und Innovationsausgaben steigern	Koordinierte Vorgehensweise von BMBF und BMWi, Unternehmen
Forschungs- und Innovationspolitik neu denken und an der digitalen Transformation ausrichten		
Rückläufige Anzahl von Innovatoren	FuE-Intensität v. a. bei KMUs erhöhen; Förderinstrumentarium um steuerliche FuE-Förderung neben der Projektförderung zu ergänzen	Unternehmen (KMUs) Bundesregierung, Bundestag
Andere Länder fördern intensiver und teilweise gezielter und übergreifend wichtige strategische Vorhaben	Kohärenz und Transparenz der staatlichen Förderung steigern und diese konsequent an der Hightech-Strategie ausrichten	Koordinierte Vorgehensweise von BMBF und BMWi
	Digitale Schlüsseltechnologien mit ausreichender kritischer Masse fördern und Aufbau von Exzellenzzentren fortführen; zugleich Stärkung themenoffener Förderangebote (s. a. Thema 4 oben)	Koordinierte Vorgehensweise von BMBF und BMWi
Zurückhaltung bei KMUs (siehe Thema 5) (rückläufige Innovatoren)	ZIM weiterentwickeln: Förderung marktnaher Innovationsaktivitäten (weiter als bisher in ZIM)	BMWi
Fehlende Räume zur Zusammenarbeit	Spezielle Netzwerkförderung von Großunternehmen und KMUs im Förderangebot ergänzen	BMWi, ggfs. BMBF
	Wissensnetzwerke stärken und Kooperationen fördern: Industrie-4.0-Kompetenzzentren ausbauen auch für die anderen Themenfelder	Vorreiter (Großunternehmen) mit staatlicher Unterstützung
(Volkswirtschaftliche) Indiktorik weiterentwickeln		
Veränderung der Wirtschaftsstruktur durch Digitalisierung wird in der volkswirtschaftlichen Indiktorik derzeit nicht hinreichend abgebildet; daher drohen Analyse- und Steuerungsdefizite	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Indikatoren und Kennzahlen weiterentwickeln und stärker nicht-tangible Werte bzw. wissensbasiertes Kapital (IPR, Software/IKT-Investitionen, Humankapital, Managementprozesse) berücksichtigen und damit einen breiteren Investitionsbegriff verwenden	Wissenschaft, Verbände, Unternehmen, aber auch BMBF und BMWi durch entsprechende Nachfrage; Statistisches Bundesamt
	Breiteren Innovationsbegriff zugrunde legen, digitale Geschäftsmodellentwicklung bzw. Smart Services stärker berücksichtigen	BMWi, auch BMBF

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

1. Fachwissen für die digitale Transformation bereitstellen

Herausforderungen

Die im Rahmen der Studien durchgeführten Unternehmensbefragungen haben gezeigt, dass die Unternehmen in fehlenden Kompetenzen ihrer Mitarbeiter das bedeutendste Hemmnis in der Digitalisierung sehen.

Dabei ist es einerseits die Frage nach den vermittelten Kompetenzen innerhalb bestehender Bildungs- und Ausbildungsgänge. Andererseits sind es aber gerade die Potenziale, die durch ein Aufbrechen der Versäulung und durch disziplinen- und technologieübergreifende Ansätze entstehen, von denen sich die Unternehmen mehr wünschen. Ein anwendungs- und marktnahes Verständnis der Herausforderungen und Bedarfe sowie unternehmerisches Denken sind weitere Erfolgsfaktoren für die digitale Transformation.

Das ist ein wenig überraschender Befund, weil die Geschäftsmodelle der deutschen Unternehmen sehr stark von der hohen Qualifikation ihrer Mitarbeiter leben und diese weiterentwickelt werden müssen. Neben digitalisierungsspezifischen Aspekten werden die bisherigen bildungspolitischen Anforderungen an das Technologieverständnis noch wichtiger. Dazu gehört seit vielen Jahren unverändert die Stärkung der MINT-Fächer in Bildungssystemen. Nur so kann einem Fachkräftemangel vorgebeugt werden. Ohne gut ausgebildete und hinreichend viele Ingenieure und Techniker kann eine digitale Transformation nicht gelingen, weil sie durch diese technische Dimension definiert ist. Diese allgemeinen bildungspolitischen Themen – so wichtig sie sind – werden in der Studie nicht vertieft, weil es bereits aussagekräftige Untersuchungen und darauf aufbauende Initiativen gibt.

Handlungsempfehlungen

Damit die digitale Transformation in Deutschland gelingt und der Standort Deutschland auch mittel- bis langfristig erfolgreich bleibt, ist eine Verankerung von digitalen Kompetenzen über die gesamte

Bildungskette dringend geboten. Hierzu müssen die Lehrpläne in allen Bildungseinrichtungen auf den Prüfstand gestellt werden. Eine stärkere Ausrichtung am gesellschaftlichen Bedarf und an unternehmerischen Perspektiven kann dabei nur förderlich sein.

Damit die nächsten Generationen aber auch die zielgerichtete und qualitativ hochwertige Bildung erfahren können, ist eine Anpassung der Aus- und Weiterbildungssystemen der Lehrkräfte umgehend anzugehen.

Eine Erweiterung und die Anpassung der bestehenden Ausbildungs- und Studiengänge um digitale Kompetenzen müssen gerade auch durch fach- und disziplinübergreifende Kompetenzen erweitert werden.

Kurz gefasst:

- Digitale Kompetenzen über die gesamte Bildungskette ausbauen, Curricula in der Schul-, Hochschul- und Berufsbildung entsprechend aktualisieren; dazu gehören auch mehr unternehmerisches Denken und ein Verständnis für die gesellschaftliche Relevanz der Digitalisierung;
- Aufwertung der Digitalisierung in den Fachdidaktiken und in der Lehreraus- und -fortbildung;
- Aufbau neuer Studien- und Ausbildungsgänge an der Schnittstelle zwischen digitalen und klassischen Technologien.

2. Datensicherheit gewährleisten

Herausforderungen

Die Datensicherheit ist einer der wichtigsten Hemmnisfaktoren für eine schnelle Diffusion der Digitalisierung in Deutschland.

Herausforderungen bei der Datensicherheit und die Einschätzungen eines erhöhten Risikos von Datensicherheit und Know-how-Abfluss halten viele – insbesondere kleine und mittelgroße Unternehmen – von Investitionen in die Digitalisierung ab und verhindern damit ihre Einbindung in Produktions- und Wissensnetze. Diese Kluft



zwischen großen und kleinen Unternehmen schadet der Gesamtwirtschaft und steht der digitalen Vernetzung und Zusammenarbeit im Weg.

Fehlende Standards tragen ihr Übriges zur Unsicherheit bei. Daneben ist es vor allem ein Mangel an Kompetenzen, aber auch an Kenntnissen über die Möglichkeiten und Risiken im Bereich der Datensicherheit, der viele Unternehmen skeptisch stimmt.

Handlungsempfehlungen

Die Elektroindustrie hat in vielen Fällen bereits Handlungsempfehlungen ausgesprochen.²⁷ Insbesondere ist es wichtig, internationale Standards (mit) zu gestalten. Hierzu ist es notwendig, in den jeweiligen Standardisierungsgremien vertreten zu sein und nach Möglichkeit deren Vorsitz zu übernehmen. Das Feld darf an dieser Stelle nicht allein US-amerikanischen oder chinesischen Unternehmen überlassen werden. Hier sind vor allem die Unternehmen selbst gefragt.

Darüber hinaus sollte über konkrete Hilfsangebote für KMUs zur IT-Sicherheit diskutiert werden. Die bayerische Staatsregierung ist im Rahmen ihrer Digitalen Agenda bereits einen Schritt weiter und baut derzeit ein Digitalisierungszentrum auf, in dem Unternehmen auch Cyber-Soforthilfen angeboten werden. Kompetente Ansprechpartner schaffen Vertrauen für Unternehmen. Ein entsprechendes Angebot auf Bundesebene sollte geprüft werden. Im Zentrum muss dabei der „Security by Design“-Ansatz stehen, der IT-Sicherheit als umfassende Aufgabe während der ganzen Produkt- und Systementwicklung begreift.

Kurz gefasst:

- Datensicherheit fördern auf Basis von „Security by Design“-Ansätzen;
- Aufbau von Hilfsangeboten zur IT-Sicherheit, um die Nutzung und Verbreitung von geeigneten Lösungen zu unterstützen;
- aktive Teilnahme an internationalen Standardisierungsaktivitäten.

3. In industriefähige Breitbandinfrastruktur technologie-neutral investieren

Herausforderungen

Einer der wichtigsten Aspekte für die Diffusion der Digitalisierung ist die Bereitstellung von hinreichenden Bandbreiten – sowohl beim Festnetz als auch beim Mobilfunknetz. Dies ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Digitalisierung in allen Branchen. Die Fallstudie zu Breitband zeigt, dass die Erfüllung der hohen Anforderungen an die zukünftigen Netze für Smart-Energy-Anwendungen, aber auch bei Industrie 4.0, Smart Mobility oder Smart Health unerlässlich ist. Die Erfüllung der Anforderungen ist daher ein wichtiges Anliegen der Elektroindustrie und zwar aus zwei Gründen: Zum einen sind ihre Anforderungen an die Servicequalität der Internetverbindungen und insbesondere an die Echtzeitfähigkeit höher, weil sie in zeitkritische Produktions- und Steuerungsprozesse eingebunden sind (Industriefähigkeit). Und zum anderen besitzen ihre Produkte einen hohen IT-Anteil, d. h. ihr Einsatz beim Kunden erfordert seinerseits eine Anbindung an das Internet, um den vollen Funktionsumfang realisieren zu können. Zudem bilden diese Produkte die Basis für weitere Innovationen in den oben genannten Anwendungsmärkten (Querschnittscharakter).

Handlungsempfehlungen

Mit der Berliner Erklärung hat sich die Bundesregierung das Ziel einer flächendeckenden Versorgung mit mindestens 50 Mbit/s gesetzt, was aus heutiger Sicht ein erreichbares, aber kein ambitioniertes Ziel ist. Es muss klar sein, dass dies nur ein Etappenziel sein kann und die Netze einerseits ausbaufähig geplant und andererseits kontinuierlich an den Bedarf und die technischen Möglichkeiten angepasst werden müssen. In einem ersten Schritt wird jedoch entscheidend sein, dass die Bundesregierung die Rahmenbedingungen für den Netzausbau so setzt, dass die notwendigen Investitionen auch tatsächlich stattfinden.

²⁷ Siehe bspw. <http://www.zvei.org/Presse/Presseinformationen/Seiten/Gemeinsame-Pressinformation-Maschinenbau-und-Elektroindustrie-praegen-Industrie-4-0.aspx>



Die 2,7 Milliarden Euro, die die Bundesregierung unter anderem aus den Erlösen der Mobilfunklizenzen (1,3 Milliarden Euro)²⁸ in den Netzausbau insbesondere im ländlichen Raum investieren will, sind dabei zwar ein wichtiger, aber nur ein kleiner Teil des notwendigen Investitionsvolumens. Die geschätzten mehr als 100 Milliarden Euro (van Baal et al. 2016), die für einen bedarfsgerechten Ausbau notwendig sind, müssen in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft erfolgen. Dabei sind Investitionsprojekte beispielsweise als öffentlich-private Partnerschaften (PPP) ein möglicher Ansatz, die Umsetzung schnell zu realisieren. PPP sind geeignete Instrumente, um durch den Einsatz von öffentlichen Investitionen private FuE-Investitionen zu stimulieren.

Die bereits heute bekannten Bedarfe der Wirtschaft nicht nur nach Bandbreiten allein, sondern auch bezüglich Latenz, Symmetrie und Stabilität, sollten dabei handlungsentscheidend sein. Nur diese Eigenschaften, kombiniert mit hohen Bandbreiten, garantieren die für den künftigen Wirtschaftsstandort so wichtige Industriefähigkeit. Daneben ist vor allem eine technologieneutrale Förderung des Breitbandausbaus sowohl im Bereich Festnetz als auch im Mobilfunk dringend geboten.

Entscheidend aus dem Blickwinkel beispielsweise von Industrie 4.0, aber auch von Smart-Health-Anwendungen ist, dass alle Unternehmen in digitale Wertschöpfungsnetzwerke eingebunden werden. Ca. 70 Prozent der Industrieunternehmen sind allerdings in ländlichen Räumen beheimatet, in denen Wirtschaftlichkeitslücken beim Breitbandausbau bestehen (IW Consult 2013). Ohne Erschließung dieser Räume wird Industrie 4.0 nicht ihr vollständiges Potenzial entfalten – und die Unternehmen stehen im Risiko, ihre Wettbewerbsfähigkeit sukzessive einzubüßen.

Kurz gefasst:

- Breitbandinfrastruktur flächendeckend und technologieneutral ausbauen bei Festnetz und Mobilfunk;
- Netzausbau auf 50 Mbit/s nur als Zwischenziel begreifen;
- Kommunikationsinfrastrukturen für die Qualitätsanforderungen der industriellen Anwendungsfelder leistungsfähig entwickeln (Industriefähigkeit durch hohe Bandbreiten, geringe Latenz, Symmetrie, Stabilität etc.);
- zusätzliche Investitionsprojekte fördern und als öffentlich-private Partnerschaften (PPP) aufbauen.

4. Schlüsseltechnologien stärken Herausforderungen

Sowohl die Befragung als auch die Datenbank- und die Literaturanalyse kommen zu dem Befund, dass Deutschland nicht in allen Schlüsseltechnologien gut positioniert ist und insbesondere in den Bereichen Netzkommunikation und Datenanalyse, aber auch in bestehenden Stärken, z. B. bei Mikroelektronik, Sensorik, Aktorik und Embedded Software, Handlungsbedarf besteht.

Handlungsempfehlungen

Als stark exportorientierte Wirtschaft sollte Deutschland sich eine starke Stellung in allen relevanten Schlüsselkompetenzen erhalten bzw. erarbeiten. Dies ist eine Aufgabe für die Bildung und Ausbildung, aber auch zentral für die Förderpolitik, die einen Fokus auf den Kompetenzaufbau legen muss.

Dafür sind die öffentliche Forschung und die Forschungsförderung gerade für diese Schlüsseltechnologien zu verstärken und eine kohärente, ressortübergreifende Forschungs- und Innovationspolitik zu verwirklichen.

²⁸ <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2015/10/2015-10-21-breitbandausbau.html>



Kurz gefasst:

- Regelmäßiges Kompetenzmonitoring zur Erkennung von technologischen und nicht technologischen Kompetenzbedarfen;
- Ausbau von FuE-Forschungsschwerpunkten mit internationaler Ausstrahlung auf Basis der Ergebnisse des Kompetenzmonitoring und kurzfristig v. a. in den Bereichen Netzkommunikation und Datenanalyse.

nationalen Markts und die weiterhin starke Fragmentierung des europäischen Markts erklären lassen. Hier haben große Länder wie die USA, aber neuerdings auch China deutliche Vorteile.

Die fehlende Klarheit über die Nutzungsrechte maschinell erzeugter bzw. von Prozessdaten erschwert es den Unternehmen derzeit, neue datenbasierte Geschäftsmodelle zu entwickeln und umzusetzen.

5. Wertschöpfungspotenziale der Digitalisierung weiter heben

Herausforderungen

Die Digitalisierung ist eine Chance für den Standort Deutschland. Allerdings zeigt sich auch große Zurückhaltung bei einzelnen Gruppen, beispielsweise bei vielen kleinen und mittelständischen Unternehmen sowie – nach unseren Analysen – auch bei solchen Unternehmen, die sich nicht zu den Marktführern in ihrem jeweiligen Segment zählen bzw. eine niedrige bis mittlere Produktkomplexität aufweisen. Die Digitalisierung kann aber nur dann gelingen, wenn möglichst viele Akteure mitziehen, ihre jeweiligen Chancen und Möglichkeiten ausloten und sie dann auch ergreifen.

Die Befunde dieser Studie legen nahe, dass die Entwicklungen durch innovationspolitische Unterstützung maßgeblich beschleunigt werden können. Die Digitalisierung der deutschen Wirtschaft steht noch am Anfang und benötigt einen zusätzlichen An Schub durch öffentliche Unterstützung (beispielsweise bei der Netzbildung) und Förderung, vor allem da Deutschland als stark exportorientierte Nation nicht im internationalen Wettbewerb zurückfallen darf.

Deutschlands Wirtschaft hat bisher keine ausgeprägten Stärken bei Plattformangeboten und ist auch bei auf Konsumentenmärkte ausgerichteten Dienstleistungsinnovationen nicht an der Spitze des internationalen Wettbewerbs. Dies hat einerseits strukturelle Ursachen, die sich unter anderem durch die geringe Größe des

Die Untersuchung hat jedoch gezeigt, dass es für den Gesetzgeber derzeit noch keinen unmittelbaren Handlungsdruck zur gesetzlichen Regelung bezüglich der Datennutzung gibt, denn dies würde den Möglichkeitsraum, der sich erst noch klar herausbilden muss, unmittelbar einschränken. Es könnten dann sogar Nachteile im internationalen Wettbewerb entstehen. Klar ist aber bereits heute, dass es bei einer zu erreichenden generellen Regelung nicht um die Frage des Dateneigentums geht, sondern um Fragen der Datennutzung.

Handlungsempfehlungen

Es ist wichtig, den Wandel von Wertschöpfungsketten hin zu Wertschöpfungsnetzwerken zu gestalten. Diese Netzwerke müssen zunächst umfassend – auch unter Einbezug der KMUs – aufgebaut werden. Hier sind Aufklärungsarbeit, Informationskampagnen und Hilfsangebote (dazu gehören auch Demonstrationsprojekte) hilfreich.

Die bereits bestehende hohe Wissensintensität der Elektroindustrie muss weiter ausgebaut werden, um international die Konkurrenzfähigkeit zu gewährleisten. Die hervorgehobene Bedeutung der Elektroindustrie macht sie dabei zu einem Erfolgsfaktor der Digitalisierung. Die FuE- und Innovationsausgaben müssen gesteigert werden, um in wichtigen Schlüsseltechnologien führend zu bleiben und um Vorsprünge im internationalen Wettbewerb zu erhalten bzw. zu erreichen.

Es ist wichtig, die Digitalisierung als Chance zu begreifen. Dabei nehmen die Großun-



ternehmen und auch einige Forschungseinrichtungen derzeit eine Vorreiterrolle ein. Hier sind neben den Unternehmen selbst vor allem Verbände und auch die Politik gefragt, die durch entsprechende Informationen und Demonstrationsprojekte zunächst die Informationsdiffusion und in weiteren Schritten dann die Anwendung bzw. Umsetzung unterstützen sollten.

Deutschland sollte nicht danach streben, die bestehenden Lücken bei der Ausrichtung auf Konsumentenmärkte schließen zu wollen. Vielmehr sollte sich die deutsche Volkswirtschaft bemühen – und hier sind erneut zuallererst die Unternehmen, darüber hinaus aber auch die öffentliche Forschung und die Politik in der Pflicht –, die bestehenden Stärken in den B2B-Märkten zu erhalten und zu erweitern. Dies kann und muss auch durch gänzlich neue Geschäftsmodelle im Bereich der Smart Services sowie der Smart Products erfolgen.

Es besteht Regelungsbedarf bei verschiedenen widersprüchlichen Richtlinien wie der Funkanlagen-, der Fahrzeug-, der Maschinen- oder der Niederspannungsrichtlinie, die sich teilweise widersprechen. Notwendig wird dies nicht zuletzt aufgrund der Verschränkung von Technologien, denn wenn beispielsweise Maschinen in Zukunft noch stärker um Mobilfunkkomponenten erweitert werden, dann werden solche Widersprüche zu Hindernissen. Hier ist der Gesetzgeber gefragt, der im Dialog mit Unternehmen und Verbänden die Regelungen anpassen muss.

Kurz gefasst:

- Erhöhung der Umsatzanteile mit Digitalisierungsangeboten v. a. bei neuen Geschäftsmodellen und Smart Services anstreben;
- Förderung von Wissensnetzwerken und der Kooperation zwischen Unternehmen und Unternehmen und Wissenschaft durch Verbundprojekte und Plattformförderung; zur Verbesserung der Diffusion von Innovationen Informations- und Hilfsangebot schaffen;

- datengetriebene Innovationen stärker unterstützen: Datennutzungsrechte klären, jedoch zu frühe, innovationshemmende Regulierungen für datenbasierte Dienste vermeiden;
- Regelungsbedarf abarbeiten bei widersprüchlichen Richtlinien, wie der Funkanlagen-, der Fahrzeug-, der Maschinen- oder der Niederspannungsrichtlinie.

6. Forschungs- und Innovationspolitik neu denken und an der digitalen Transformation ausrichten

Herausforderungen

Innovation speist sich nicht ausschließlich aus Forschung und Entwicklung (FuE). Sie entsteht zunehmend beispielsweise auch im (wissensintensiven) Dienstleistungsbereich. Reine Forschungs- oder Technologieförderung greift hier zu kurz. Die sich infolge der Digitalisierung abzeichnenden transformativen Entwicklungen eröffnen insbesondere im Bereich der Smart Services große Potenziale, z. B. auch für diejenigen Unternehmen, die bislang noch wenig forschen oder innovieren. Im Falle des Verarbeitenden Gewerbes erfordert die Digitalisierung die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, wo bisherige Vorgehensweisen sich als zukünftig obsolet erweisen. Dies gilt z. B., wenn Unternehmen durch additive Fertigung („3D-Druck“) die Fertigung von Bauteilen, die bislang von Zulieferern gefertigt wurden, zurück ins eigene Unternehmen verlagern.

Umso dringlicher ist die Erweiterung des Förderinstrumentariums, als seit Jahren in Deutschland – nicht hingegen in den allermeisten anderen Ländern – eine rückläufige Innovatorenquote zu verzeichnen ist. Dies geht einher mit einer stärkeren Konzentration der Innovationsaktivitäten auf wenige, meist große Unternehmen. Gerade Vielfalt und Breite sind jedoch ein zu bewahrendes Gut, um die Möglichkeiten und Chancen sowie insbesondere die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Im Übrigen zeigt sich, dass in Deutschland die öffent-



Die Chance für den Standort Deutschland liegt in der gezielten Erweiterung und Anpassung – also in der Verknüpfung der Exzellenz in „der alten Welt“ mit den Chancen der „neuen Welt“. Eine stärkere Koordination zwischen den Ressorts – auf Bundes- wie auch Landesebene – sowie eine Umsetzung der Missionsorientierung in der Programmplanung und -durchführung sind dabei gerade bei Querschnitts- und Schlüsselthemen wünschenswert. Die ursprüngliche Idee der Hightech-Strategie, diese Koordination herzustellen, sollte mit mehr Nachdruck verfolgt werden. Ebenso sollte sich der Ansatz der Missionsorientierung, der mit der Hightech-Strategie 2020 im Jahr 2010 eingeführt wurde, in der Programmplanung und -ausstattung sowie in den Strukturen der Ressorts niederschlagen.

Für viele Unternehmen, ob etabliert oder jung, wird die Geschäftsmodellentwicklung eine zentrale Aufgabe im Zusammenhang mit der Digitalisierung. Dies betrifft nicht nur Big Data oder Cloud-Anwendungen. Ebenso werden viele Unternehmen vor der Aufgabe stehen, organisationale oder Marketing-Innovationen und Strategien für Internationalisierung (auch von Wertschöpfungsnetzen) zu entwickeln. BMWi und BMBF sollten ergänzend zur Technologie- und Forschungsförderung explizit Innovationen, v. a. nicht technische Innovationen fördern. Dies muss umfassender geschehen, als es in der Digitalen Agenda der Bundesregierung formuliert ist (Bundesregierung 2014; Bundesregierung 2015).

Um einen wirklichen Anschub der Digitalisierung zu realisieren, ist es gerechtfertigt, zeitweise auch besonders marktnahe Innovationsaktivitäten zu fördern.²⁹ In diesem Zusammenhang, in dem Zeit oft auch ein entscheidender Faktor für den Erfolg einer Innovation ist, versteht es sich von selbst, dass Antrags- und Genehmigungsverfahren zügig, flexibel und mit angemessenem Aufwand ablaufen. Das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des BMWi bietet als technologieoffenes Programm die geeignete Plattform dafür, deren Potenzial noch weiter ausgeschöpft werden muss.

Es ist für Unternehmen insgesamt, insbesondere aber für neu in die öffentliche Förderung einsteigende Unternehmen, aufgrund der Vielzahl der unterschiedlichen Programme und ihrer Anforderungen eine große Herausforderung, sich einen Überblick zu verschaffen. Die Förderberatung als „One-Stop-Shop“ kann hier helfen und sollte daher noch weiter ausgebaut werden. In bestimmten Themen und insbesondere bei neu entstehenden Technologiefeldern sollten die Regeln für eine öffentliche Förderung so angepasst werden, dass auch sehr junge und noch nicht gänzlich profitable Unternehmen gefördert werden können.

Die Förderpolitik kann die Rolle von Vorreitern, wie es im Fall der Digitalisierung die (Groß-)Unternehmen der Elektroindustrie sind, nutzen. Eine spezielle Netzwerkförderung sollte im Zuständigkeitsbereich des BMWi (ggfs. auch in Koordination mit dem BMBF) eingerichtet werden und auf Unternehmensnetzwerke (z. B. Wertschöpfungsnetze) zielen, in denen KMUs von Vorreitern der Digitalisierung in ihrem Netzwerk profitieren können.

Auch die Einrichtung eines Zugangs zu vorwettbewerblichen Entwicklungs- bzw. Testeinrichtungen und ggfs. zu Pilotanlagen (für Tests unter „Realbedingungen“ und der Nachweis der Serienreife) kann Kooperationen intensivieren und dabei helfen, KMUs bei der Digitalisierung zu unterstützen. Maßgebliche Akteure hierfür sind neben den zuständigen Ministerien die Unternehmen, die Vorreiter der Digitalisierung sind, sowie die Eigentümer von relevanten Testumgebungen (z. B. Technologiezentren oder Forschungseinrichtungen). Die Einrichtungen könnten zudem als Anlaufstellen für fachlich fundierte Innovationsberatung für KMUs ausgebaut werden.

Angesichts des Megatrends Digitalisierung als Querschnittstechnologie ist eine Stärkung der Vernetzung der Elektroindustrie mit anderen Branchen von Bedeutung, um die Herausforderungen des neuen Trends zu bewältigen. Die gerade aufgebauten Industrie-4.0-Kompetenzzentren weisen hier

²⁹ Vgl. dazu auch die Argumentation von Stokar et al. (2014), die in ihrer Evaluation der Schweizer Maßnahmen zur Abfederung der Frankenstärke eine auf Krisen zeitlich begrenzte Förderung sog. Marktprojekte befürworten.



in die richtige Richtung. Hier können die Akteure aus verschiedenen Branchen und unterschiedlicher Unternehmensgrößen zusammenkommen, um die Impulse aus der Elektroindustrie zu nutzen. Dabei sollte darauf geachtet werden, Wissenstransfers für alle Facetten von Industrie 4.0 zu gewährleisten. Ein wichtiges Instrument dazu sind Industrie-4.0-Häuser.

Kurz gefasst:

- Breiteren Innovationsbegriff zugrunde legen, digitale Geschäftsmodellentwicklung bzw. Smart Services stärker berücksichtigen;
- Förderinstrumentarium um steuerliche FuE-Förderung neben der Projektförderung ergänzen;
- Kohärenz und Transparenz der staatlichen Förderung steigern und diese konsequent an der Hightech-Strategie ausrichten; stärkere Koordination zwischen den Ressorts – auf Bundes- wie auch Landesebene – gerade in Bezug auf Querschnitts- und Schlüsselthemen anstreben;
- digitale Schlüsseltechnologien mit ausreichender kritischer Masse fördern und den Aufbau von Exzellenzzentren fortführen; zugleich Stärkung themenoffener Förderangebote;
- ZIM weiterentwickeln: marktnahe Innovationsaktivitäten (weiter als bisher in ZIM) fördern;
- spezielle Netzwerkförderung von Großunternehmen und KMUs im Förderangebot ergänzen;
- Wissensnetzwerke stärken und Kooperationen fördern: Kompetenzzentren z. B. nach dem Vorbild der Industrie-4.0-Kompetenzzentren auch für die anderen Themenfelder bzw. Schlüsselmärkte ausbauen.

sel erreicht werden, der gerade mit Blick auf die neuen Geschäftsmodelle und die Chancen der Digitalisierung neue Schwerpunkte setzt. Innovation wird häufig mit FuE gleichgesetzt bzw. als unmittelbares Resultat von Forschung und Entwicklung gesehen. Dieser kausale Effekt ist heute aber keineswegs mehr in der gleichen Intensität gegeben wie noch vor zehn oder 20 Jahren. Innovationen im Bereich der Dienstleistungen lassen sich selten auf (formale) FuE-Prozesse zurückführen, sondern entstehen unter anderen Rahmenbedingungen. Man denke hier beispielsweise an kundenspezifische Lösungen, die zu innovativen Ansätzen verallgemeinert werden.

Handlungsempfehlungen

Einerseits muss die bestehende Indiktorik im Bereich der FuE erweitert und verbessert werden, weg von einer reinen Wirtschaftszweig-Perspektive hin zu einem stärker technologiezentrierten Zugang. Wichtig ist es, die Innovationsaktivitäten sichtbar zu machen, die für eine Verbreitung des Wissens in den Wertschöpfungsnetzen sorgen. Ansonsten werden auch in Zukunft die Querschnittsbranchen und Querschnittstechnologien – zu diesen gehören neben zahlreichen Teilbereichen der Elektroindustrie auch Umwelttechnologien und bisweilen auch neue Materialien – nicht hinreichend erfassbar bleiben.

Es müssen Kennzahlen bzw. Indikatoren gefunden werden, die die Bedeutung der Industrie (als Ganzes) für die modernen und digitalisierten Volkswirtschaften erfassen können. Der sekundäre und der tertiäre Sektor werden sich weiter verschränken. Insbesondere die Enabler-Funktionen einzelner Technologien bzw. Sektoren, die als Schlüssel für den gesamtwirtschaftlichen Erfolg maßgeblich sind, müssen adäquat gemessen werden. Internationale Vergleichbarkeit ist auf dieser Aggregationsebene unumgänglich, um den eigenen Entwicklungsstand benchmarken zu können. Daneben muss mithilfe zusätzlicher Indikatoren die Digitalisierung selbst erfassbar werden. Da gänzlich neue Faktoren relevant wer-

7. Volkswirtschaftliche Indikatorik weiterentwickeln

Herausforderungen

Die derzeitige Innovationspolitik, aber auch die Geschäftsprozesse in den Unternehmen folgen noch sehr stark dem eingefahrenen Muster der technologie- und FuE-zentrierten Perspektive. Hier muss ein Perspektivwechsel



den bzw. sich bestehende Zusammenhänge verändern sowie Innovationen und deren Erfolg neu definiert werden, ist auch in dieser Hinsicht eine Anpassung der Innovationsindikatoren dringend nötig.

Auch bei den Investitionskennzahlen besteht Anpassungsbedarf. Zwar bleiben die „klassischen“ Ausrüstungsinvestitionen eine wichtige Größe. Darüber hinaus müssen aber vor allem auch FuE-, Innovations- und Bildungsaufwendungen sowie Investitionen in nicht tangible Assets bzw. Wissens-/ Humankapital oder Software und Prozesse besser erfasst bzw. stärker berücksichtigt werden (erweiterter Investitionsbegriff). Letztlich ist sicherzustellen, dass auch die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung im digitalen Zeitalter aussagekräftig bleibt und der sich wandelnden Bedeutung der Branchen im Wirtschaftsgefüge Rechnung trägt.

Einige der Indikatoren, die diese neuen und veränderten Funktionen jeweils in Teilaspekten erfassen können, wurden bereits in dieser Untersuchung verwendet. So bieten computerimplementierte Erfindungen zumindest einen Ansatz zur Erfassung von Softwarekompetenzen. Die Verschränkung der Branchen im Rahmen der Input-Output-Rechnungen und die Bewertung der Schlüsseltechnologien bzw. Wissensnetzwerke sind hier weitere bereits analysierte Informationen. In der Studie (Kapitel 4) werden dazu beispielsweise die im Vorleistungsaustausch implizit steckenden Wissensverflechtungen zwischen Branchen als Indikator verwendet.

Weitere in dieser Hinsicht bedeutsame Indikatoren sollten stärker auch die intangiblen Werte bzw. das wissensbasierte Kapital (Intellectual Property, Software/IKT-Investitionen, Humankapital/Weiterbildung, Managementprozesse) erfassen. Neben den hier angewendeten Indikatoren zur Erfassung der sektoralen Verflechtungen sind auch Indikatoren zu Interaktionen bzw. Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft ein Ansatzpunkt. Nicht nur durch die Verbreitung der technologischen Ausrichtungen in allen Wirtschaftsbereichen,

sondern auch durch beschleunigte Innovationszyklen und die steigende Integration und damit auch Komplexität wird die effiziente Organisation der Wissensflüsse innerhalb einer Volkswirtschaft noch bedeutsamer werden.

Künftige Maßzahlen könnten bereits bekannte und eingesetzte Indikatoren wie Kopublikationen, Kopatente, Verbundforschung, Drittmittel, Kommerzialisierung akademischer Patente durch Unternehmen sein, die jedoch sowohl konzeptionell als auch innovationstheoretisch an die neuen Fragestellungen angepasst werden müssen. Ein wichtiger Aspekt, der in Zukunft ebenfalls an Bedeutung zunehmen wird, sind Gründungen von wissensbasierten Start-ups, Inkubatoren und schnell wachsende Unternehmen, die den Strukturwandel vorantreiben. Daneben muss aber auch der Strukturwandel innerhalb von Unternehmen bzw. Branchen erfassbar werden. Dies könnte beispielsweise mithilfe von Ausgründungen aus Unternehmen und ggf. deren späterer Rückholung/Eingliederung in bestehende Konzernstrukturen erfolgen.

Kurz gefasst:

- Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Indikatoren und Kennzahlen weiterentwickeln, damit sie auch im Zeitalter der Digitalisierung noch aussagekräftig bleiben und die Bedeutung der Branchen im Wirtschaftsgefüge adäquat widerspiegeln.
- Investitionen weit fassen: über die „klassischen“ Ausrüstungsinvestitionen hinaus vor allem auch FuE-, Innovations- und Bildungsaufwendungen sowie Investitionen in nicht tangible Assets bzw. Wissen-/ Humankapital, Software und Prozesse etc. mitberücksichtigen. Im weitesten Sinne kann darunter auch der erweiterte Innovationsbegriff verstanden werden.

7. REFERENZEN

Arntz, M.; Gregory, T.; Zierahn, U. (2016): The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries A Comparative Analysis”, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>.

Berger, R. (2015): Die digitale Transformation der Industrie. Was sie bedeutet. Wer sie gewinnt. Was jetzt zu tun ist, München/Berlin.

Blind, K. (2006): The Role of Standards for Trade in Services: First Insights. In: Coenen, H.; Gröhdahl, J.; Jakobs, K. (Hrsg.): 11th EURAS Workshop on Standardisation. Hamburg, 8-9 June. Proceedings: Standardisation and Networks. Aachen: Wissenschaftsverlag, S. 41-50.

Blind, K.; Jungmittag, A. (2006): The Impact of Patents and Standards on Macroeconomic Growth: A Panel Approach Covering Four Countries and Twelve Sectors. In: Coenen, H.; Gröhdahl, J.; Jakobs, K. (Hrsg.): 11th EURAS Workshop on Standardisation. Hamburg, 8-9 June. Proceedings: Standardisation and Networks. Aachen: Wissenschaftsverlag Mainz in Aachen, S. 71-84.

BMWi (2016): Monitoring-Report, Wirtschaft DIGITAL 2016, Berlin.

BMWi; Bündnis „Zukunft der Industrie“ (2016): Bündnis „Zukunft der Industrie“: Dringender Handlungsbedarf bei Verkehrs- und digitaler Infrastruktur. Gemeinsame Pressemitteilung vom 23. September 2016.

Bosch (2015): Bosch treibt erstes europäisches Innovationsprojekt des Industrial Internet Consortium. Pressemitteilung vom 12. Februar, www.bosch-si.com/de/newsroom/news/pressemitteilungen/pressemitteilungen-54528.html.

Bundesregierung (2014): Digitale Agenda der Bundesregierung 2014-2017, 13, https://www.digitale-agenda.de/Content/DE/_Anlagen/2014/08/2014-08-20-digitale-agenda.pdf;jsessionid=A3D2F3A176A33208EDA86D97AC1AD369.s3t2?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt abgerufen am 31.5.2016.

Bundesregierung (2015): Unsere Digitale Agenda für Deutschland, Berlin

Denner, V.; Domermuth, R.; Hoffmann, R. (2015): Digitale Vernetzung und Zukunft der Wertschöpfung in der deutschen Wirtschaft, Dossier für den 2. Innovationsdialog in der 18. Legislaturperiode am 29. April 2015, acatech (Hrsg.), München, Berlin.

Europäische Kommission (2014): Launch Event. Fast Track to Innovation Pilot. http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_FTI_Launch_MasterPresentation_0.ppt, zuletzt abgerufen am 23.9.2016.

FFG (2015): Leitfaden für Leitprojekte 2.0, https://www.ffg.at/sites/default/files/dok/il_leitprojekte_v20.pdf, zuletzt abgerufen am 23.9.2016.

Frietsch, R. (2006): Micro data for macro effects. In: Hingley, P.; Nicolas, M. (Hrsg.): Forecasting Innovations. Methods for Predicting Numbers of Patent Filings. Berlin: Springer.
Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Jung, T.; van Looy, B. (2014a): Patent indicators for macroeconomic growth — the value of patents estimated by export volume. Technovation, 34, S. 546-558.

Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Melullis, K.-J.; Rothengatter, O.; Conchi, S. (2015): The economic impacts of computer-implemented inventions at the European Patent Office, Munich: 4IP Council.

Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Michels, C.; Bethke, N.; Rothengatter, O.; Eckl, V.; Kladroba, A.; Stenke, G. (2014b): Identifikation der Technologieprofile von FuE-betreibenden Unternehmen anhand eines Matchings von FuE- und Patentdaten, Karlsruhe/Essen: Fraunhofer ISI/Stifterverband.

Frietsch, R.; Schmoch, U. (2010): Transnational Patents and International Markets. *Scientometrics*, 82, S. 185-200.

Gehrke, B.; Cordes, A.; John, K.; Frietsch, R.; Michels, C.; Neuhäusler, P.; Pohlmann, T.; Ohnemus, J.; Rammer, C. (2014): Informations- und Kommunikationstechnologien in Deutschland und im internationalen Vergleich - ausgewählte Innovationsindikatoren, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 11-2014, Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI).

Gontermann, A.; Giehl, P. (2012): Elektroindustrie: eine Reduzierung auf die Wirtschaftszweige 26 und 27 greift zu kurz. In: *Wirtschaft und Statistik*, Februar 2012.

Griliches, Z. (1981): Market Value, R&D and Patents. In: *Economics Letters*, 12 (3), S. 183-187.

Griliches, Z. (1995): R&D and Productivity: Econometric Results and Measurement Issues. In: Stoneman, P. (Hrsg.): *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford: Blackwell, S. 52-89.

Grupp, H.; Legler, H.; Jungmittag, A.; Schmoch, U. (2000): Hochtechnologie 2000. Neudefinition der Hochtechnologie für die Berichterstattung zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands, Karlsruhe/Hannover: Fraunhofer ISI.

IW Consult (2013): Industrielle Wertschöpfung als Drehscheibe der Wirtschaft, Fakten und Argumente, Köln.

IW Consult (2015): Strukturbericht für die M+E-Industrie in Deutschland, Berichtsstand 2015, Köln.

IW Consult (2016): Internationale Wissensnetze, Studie im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Köln.

IW Consult (2016b): Standort- und Zukunftsstudie für den Rhein-Erft-Kreis 2025, Studie für die Wirtschaftsförderung des Rhein-Erft-Kreises

IW Consult; Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft (vbw) (2015): Hybride Geschäftsmodelle als Lösungsanbieter zum Erfolg. Mai, Autoren: Michael Bahrke und Hanno Kempermann.

Kasper, G.; Marcoux, J. (2014): The Re-Emerging Art of Funding Innovation. *Stanford Social Innovation Review*.

Legler, H.; Frietsch, R. (2007): Neuabgrenzung der Wissenswirtschaft - forschungsintensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen, Bundesministerium fuer Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.), Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 22-2007, Berlin.

OECD (2012a): Science, Technology and Industry Outlook, S. 290.

OECD (2012b): Innovation in Southeast Asia, S. 227.

OECD (2015): Inter-Country Input-Output (ICIO) Tables, edition 2015

OECD (2016): Dataset: Business enterprise R-D expenditure by industry.

OECD; Eurostat (Hrsg.) (2005): Oslo Manual. Proposed guidelines for collecting and interpreting innovation data., 3rd Edition. Paris: OECD/Eurostat.

Oelkers, C. (2016): Nachhaltige Energieerzeugung. Intelligenz für Windparks. In: Pictures of the Future. Siemens-Magazin für Forschung und Entwicklung. www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/energie-und-effizienz/nachhaltige-energieerzeugung-virtuwind.html.

Plattform Industrie 4.0 (2015): Industrie 4.0. Whitepaper FuE-Themen, 7. April 2015, www.zvei.org/Downloads/Automation/Whitepaper-I40-FuE-Themen-2015-04.pdf

Plattform Industrie 4.0 (2016): Fokusthema: Daten im Kontext von Industrie 4.0. Ergebnispapier. März 2016.

Plattform Industrie 4.0 (2016): Netzkommunikation für Industrie 4.0. Diskussionspapier. Herausgegeben vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).

Rammer, C.; Crass, D.; Doherr, T.; Hud, M.; Hünermund, P.; Iferd, Y.; Köhler, C.; Peters, B.; Schubert, T.; Schwiebacher, F. (2015): Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft - Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2014, Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), Mannheim: ZEW.

Schade, S. (2015): Ist Europas Innovationsförderung am richtigen Weg? Quelle: FFG. https://www.ffg.at/sites/default/files/h2020_innovationsfoerderung_schade.pdf, zuletzt abgerufen am 23.9.2016.

Schasse, U.; Belitz, H.; Kladobra, A.; Stenke, G.; Leidmann, M. (2016): Forschung und Entwicklung in Wirtschaft und Staat; EFI-Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 2/2016, Berlin: Expertenkommission Forschung und Innovation

Statistisches Bundesamt (2016): Fachserie 18 Reihe 2 Input-Output-Rechnung. Jahr 2012, Berichtsstand März 2016.

Stokar, T.; Trageser, J.; Schultheiss, A.; Zandonella, R.; Arvanitis, S.; Wörter, M.; Ley, M.; Stucki, T. (2014): Evaluation der flankierenden Maßnahmen zur Frankenstärke bei der FuE-Projektförderung der KTI, S. 137, 140.

van Baal, S.; Beckert, B.; Bertenrath, R.; Fritsch, M.; Lichtblau, K.; Millack, A.; Schleiermacher, T.; Stadlbauer, M.; Weyerstraß, K.; Wiegand, R. (2016): Der Weg in die Gigabitgesellschaft. Wie Netzausbau zukünftige Innovationen sichert, Vodafone Institut (Hrsg.), Berlin.

Vbw (2015): Hybride Geschäftsmodelle – als Lösungsanbieter zum Erfolg, München.

Wischmann, S.; Wangler, L.; Botthof, A. (2015): Industrie 4.0, Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland, Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0, Berlin

ZEW (2014): Branchenreport Innovationen – Elektroindustrie: Ergebnisse der deutschen Innovationserhebung 2013.

ZEW (2016): Branchenreport Innovationen – Elektroindustrie: Ergebnisse der deutschen Innovationserhebung 2015.

Zillmann, M.; Lit, N. (2016): Warum datenbasierte Geschäftsmodelle immer noch scheitern. In: Big Data Insider, 15. Juli 2016, www.bigdata-insider.de/warum-datenbasierte-geschaeftsmodelle-immer-noch-scheitern-a-539973/

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. (2016): Elektroindustrie ist eine der innovativsten Branchen, Mitteilungen, Frankfurt.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufmerksamkeit für Digitalisierung in den Onlinemedien	11
Abbildung 2:	Dimensionen der Digitalisierung	12
Abbildung 3:	Digitale Angebote der Elektroindustrie	13
Abbildung 4:	Digital Index nach Branchen	15
Abbildung 5:	Verteilung des Digital Index	15
Abbildung 6:	Digital Index – Elektroindustrie nach Größenklassen	16
Abbildung 7:	Industrie 4.0 Readiness Check	16
Abbildung 8:	Anwendung und geplante Anwendung digitaler Technologien im Verarbeitenden Gewerbe	18
Abbildung 9:	Nutzungsintensität der digitalen Technologien im Verarbeitenden Gewerbe	19
Abbildung 10:	Verbreitung digitaler Technologien nach Branchen	20
Abbildung 11:	Hemmnisse der Digitalisierung	22
Abbildung 12:	Unzulängliche Breitbandinfrastruktur als Hemmnis der Digitalisierung in der Elektroindustrie	27
Abbildung 13:	Beiträge der Elektroindustrie zu Kernelementen des Geschäftsmodells Deutschland; Daten für 2015	32
Abbildung 14:	Anteile der Elektroindustrie an allen transnationalen Patenten der jeweiligen Länder (2011–2013)	34
Abbildung 15:	Produktionsnetzwerk Elektroindustrie im In- und Ausland	38
Abbildung 16:	Relevanz verschiedener Technologiefelder für die eigene unternehmerische Tätigkeit	41
Abbildung 17:	Herkunft der für das Hauptprodukt benötigten Elektronikbauteile/-komponenten	42
Abbildung 18:	Internationales FuE-Netzwerk der deutschen Elektroindustrie 2011	43
Abbildung 19:	FuE-Saldo durch den Leistungsaustausch der deutschen Elektroindustrie	44
Abbildung 20:	Innovationsnetzwerk der deutschen Elektroindustrie 2012	45
Abbildung 21:	Hohe Bedeutung der Technologien (Auswahl mit Fokus auf Elektroindustrie) für die eigene Wettbewerbsfähigkeit	47
Abbildung 22:	Top 20 verknüpfte Technologien mit der deutschen Elektroindustrie	48
Abbildung 23:	Kooperation mit Unternehmen der Elektroindustrie bei FuE oder Innovation	48
Abbildung 24:	Bedeutung der Elektroindustrie in fünf Jahren	49
Abbildung 25:	Unternehmenstypen, die eine positive Wirkung der Digitalisierung auf ihre Wettbewerbsfähigkeit erwarten	53
Abbildung 26:	Veränderung der Bedeutung von Elektronik bis 2021	55
Abbildung 27:	Eigene Nutzung von digitalen Produkten und Dienstleistungen zur Prozessoptimierung	55
Abbildung 28:	Verkauf von digitalen Produkten und Dienstleistungen	55
Abbildung 29:	Anteil der Elektroindustrie an den Patenten deutscher Anmelder in Schlüsseltechnologien der Digitalisierung	57
Abbildung 30:	Anteile der Elektroindustrie an allen computerimplementierten Erfindungen eines Landes, 2011–2013	58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Umsätze mit digitalen Produkten und Dienstleistungen	14
Tabelle 2:	Digitale Technologien für den Einsatz in der Produktion	17
Tabelle 3:	Bewertung der TOP-3-Hemmnisse in der Elektroindustrie nach Unternehmensgröße	23
Tabelle 4:	Bewertung digitaler Kompetenzen in Deutschland	23
Tabelle 5:	Position Deutschlands in den Schlüsseltechnologien der Elektroindustrie	25
Tabelle 6:	Zusammensetzung der Elektroindustrie nach Abgrenzung des ZVEI	31
Tabelle 7:	Länderanteile an den Welt-Elektroexporten	33
Tabelle 8:	Leitmärkte der Elektroindustrie	35
Tabelle 9:	Marktführerschaft	36
Tabelle 10:	Konkurrenzsituation	36
Tabelle 11:	Vorleistungen der Drehscheibenindustrien an andere Branchen (2012)	39
Tabelle 12:	Rolle der Elektroindustrie in Wertschöpfungsketten für andere Branchen	40
Tabelle 13:	Ausrichtung der Unternehmensstrategie auf digitale Transformation	51
Tabelle 14:	Ausrichtung der Unternehmensstrategie auf die digitale Transformation nach der Komplexität des Produktprogramms und Marktführerschaft	52
Tabelle 15:	Auswirkung der Digitalisierung auf die Wettbewerbsfähigkeit in fünf Jahren	52
Tabelle 16:	Beurteilung der Chancen der Digitalisierung	54
Tabelle 17:	Beitrag der Elektroindustrie zur Digitalisierungsstrategie der Kunden	54
Tabelle 18:	Umsätze mit digitalen Produkten und Dienstleistungen in fünf Jahren	56
Tabelle 19:	Übersicht über die Handlungsempfehlungen zur Überwindung der identifizierten Hemmnisse der Digitalisierung	68

Bildnachweis

Titel:	Sashkin, juniart, high resolution / Fotolia.com
Seite 3:	foxyburrow / Fotolia.com
Seite 4–7:	zapp2photo / Fotolia.com
Seite 8:	Elnur / Fotolia.com
Seite 10, 67:	kantver / Fotolia.com
Seite 30:	industrieblick / Fotolia.com
Seite 37:	Sergij Nivens / Fotolia.com
Seite 50:	Monkey Business / Fotolia.com
Seite 60:	zapp2photo / Fotolia.com
Seite 62:	mooshny / Fotolia.com
Seite 67:	kantver / Fotolia.com
Seite 70–78:	zapp2photo / Fotolia.com



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Telefon: +49 69 6302-0
Fax: +49 69 6302-317
E-Mail: zvei@zvei.org
www.zvei.org