



Christian Schröder

Herausforderungen von Industrie 4.0 für den Mittelstand

gute gesellschaft –
soziale demokratie
#2017 plus

**FRIEDRICH
EBERT**
STIFTUNG

gute gesellschaft – soziale demokratie #2017 plus

EIN PROJEKT DER FRIEDRICH-EBERT-STIFTUNG
IN DEN JAHREN 2015 BIS 2017

Was macht eine Gute Gesellschaft aus? Wir verstehen darunter soziale Gerechtigkeit, ökologische Nachhaltigkeit, eine innovative und erfolgreiche Wirtschaft und eine Demokratie, an der die Bürger_innen aktiv mitwirken. Diese Gesellschaft wird getragen von den Grundwerten der Freiheit, Gerechtigkeit und Solidarität.

Wir brauchen neue Ideen und Konzepte, um die Gute Gesellschaft nicht zur Utopie werden zu lassen. Deswegen entwickelt die Friedrich-Ebert-Stiftung konkrete Handlungsempfehlungen für die Politik der kommenden Jahre. Folgende Themenbereiche stehen dabei im Mittelpunkt:

- Debatte um Grundwerte: Freiheit, Gerechtigkeit und Solidarität;
- Demokratie und demokratische Teilhabe;
- neues Wachstum und gestaltende Wirtschafts- und Finanzpolitik;
- Gute Arbeit und sozialer Fortschritt.

Eine Gute Gesellschaft entsteht nicht von selbst, sie muss kontinuierlich unter Mitwirkung von uns allen gestaltet werden. Für dieses Projekt nutzt die Friedrich-Ebert-Stiftung ihr weltweites Netzwerk, um die deutsche, europäische und internationale Perspektive miteinander zu verbinden. In zahlreichen Veröffentlichungen und Veranstaltungen in den Jahren 2015 bis 2017 wird sich die Stiftung dem Thema kontinuierlich widmen, um die Gute Gesellschaft zukunftsfähig zu machen.

Weitere Informationen zum Projekt erhalten Sie hier:

www.fes-2017plus.de

Die Friedrich-Ebert-Stiftung

Die Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) wurde 1925 gegründet und ist die traditionsreichste politische Stiftung Deutschlands. Dem Vermächtnis ihres Namensgebers ist sie bis heute verpflichtet und setzt sich für die Grundwerte der Sozialen Demokratie ein: Freiheit, Gerechtigkeit und Solidarität. Ideell ist sie der Sozialdemokratie und den freien Gewerkschaften verbunden.

Die FES fördert die Soziale Demokratie vor allem durch

- Politische Bildungsarbeit zur Stärkung der Zivilgesellschaft
- Politikberatung
- Internationale Zusammenarbeit mit Auslandsbüros in über 100 Ländern
- Begabtenförderung
- das kollektive Gedächtnis der Sozialen Demokratie mit u.a. Archiv und Bibliothek.

Über den Autor dieser Ausgabe

Christian Schröder, Dr. rer. oec., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mittelstandsforschung Bonn mit dem Forschungsschwerpunkt Digitalisierung im Mittelstand.

Für diese Publikation ist in der FES verantwortlich

Dr. Robert Philipps, Leiter des Arbeitskreises Mittelstand und des Gesprächskreises Verbraucherpolitik der FES, Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik.

Christian Schröder

Herausforderungen von Industrie 4.0 für den Mittelstand

| | |
|----|--|
| 3 | VORBEMERKUNG |
| 4 | ZUSAMMENFASSUNG |
| 6 | 1 EINLEITUNG |
| 7 | 2 STAND VON INDUSTRIE 4.0 IM PRODUZIERENDEN MITTELSTAND |
| 9 | 3 WIRTSCHAFTLICHE POTENZIALE VON INDUSTRIE 4.0 |
| 9 | 3.1 Positive gesamtwirtschaftliche Effekte erwartet |
| 9 | 3.2 Flexiblere Produktion bei sinkenden Herstellungskosten |
| 10 | 3.3 Wertschöpfungsnetzwerke und neue Geschäftsmodelle |
| 11 | 4 HEMMNISSE FÜR DIE TECHNOLOGISCHE UMSETZUNG VON INDUSTRIE 4.0 |
| 11 | 4.1 Fehlende digitale Strategie bei gleichzeitiger Ressourcenknappheit |
| 12 | 4.2 Fehlende Standards und mangelnde Datensicherheit |
| 13 | 5 VERÄNDERUNG DER ARBEITSWELT DURCH INDUSTRIE 4.0 |
| 13 | 5.1 Gesamtwirtschaftliche Effekte |
| 13 | 5.2 Arbeitsorganisation und -gestaltung auf Unternehmensebene |
| 14 | 5.3 Betriebliche Interessenvertretungsorgane als wichtiger Partner |
| 16 | 6 RAHMENBEDINGUNGEN FÜR INDUSTRIE 4.0 |
| 16 | 6.1 Finanzierungsbedingungen |
| 17 | 6.2 Verfügbarkeit von Fachkräften |
| 17 | 6.3 Flächendeckende Breitbandinfrastruktur |
| 17 | 6.4 Öffentliche Förderung |
| 18 | 6.5 Rechtliche Rahmenbedingungen |
| 19 | 7 FAZIT |
| 20 | Literaturverzeichnis |

VORBEMERKUNG

Industrie 4.0 steht für die digitale Revolution in der Industrieproduktion, die durch die umfassende Vernetzung und Computerisierung aller Produktionsbereiche entsteht. Geräte, Maschinen, Materialien und Endprodukte nehmen über Sensoren Umweltbedingungen und den Bearbeitungszustand wahr, kommunizieren über eingebettete Software miteinander und optimieren so den Produktionsablauf in nie gekannter Weise. Dies ermöglicht es Unternehmen, nicht nur ihren Fertigungsprozess viel effizienter zu gestalten, sondern auch z.B. individuell gestaltete Produkte im Rahmen und zu den Kosten automatisierter Fertigung herzustellen. Auch können ganz neue Geschäftsmodelle entstehen, die etwa auf der Auswertung und Nutzung der massenhaft anfallenden Daten basieren, z.B. durch das Anbieten von optimierten Wartungsservices.

Die durch die digitale Revolution sich ergebenden Veränderungen im Produktions- und Wertschöpfungsprozess sind einschneidend und für Unternehmen eine echte Herausforderung. Um nicht abgehängt zu werden, müssen Unternehmen rechtzeitig Strategien entwickeln, wie die neuen Möglichkeiten der Digitalisierung konkret genutzt werden können, um etablierte Prozesse zu verbessern und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Wer dauerhaft hinterherhinkt, gerät in Gefahr, von der Bildfläche zu verschwinden. Für den Wirtschaftsstandort Deutschland und die Sicherung des Wohlstandes hierzulande ist es daher sehr wichtig, dass Unternehmen die Veränderungsdynamiken rechtzeitig wahrnehmen und ihre Unternehmensstrategie anpassen. Allerdings bedarf es auch guter (politischer, rechtlicher und infrastruktureller) Rahmenbedingungen, die es Unternehmen ermöglichen, im Bereich Industrie 4.0 aktiv zu werden.

Während viele Großunternehmen die Potenziale und Risiken der Digitalisierung für ihr jeweiliges Geschäftsmodell bereits zu antizipieren versuchen und Innovationsprozesse eingeleitet haben, scheinen mittelständische Unternehmen sich schwerer zu tun. Die Ursachen dafür sind vielschichtig, liegen zum Teil unternehmensintern, aber auch, und das sollte politisch zu denken geben, in den Rahmenbedingungen begründet. Angesichts der großen volkswirtschaftlichen Bedeutung mittelständischer Unternehmen in Deutschland – rund 95 Prozent aller Unternehmen in Deutschland sind dem Mittelstand zuzurechnen und ca. 690.000 kleine und mittlere Unternehmen

(KMU) gehören allein dem Produzierenden Gewerbe an – ist der Befund jedenfalls besorgniserregend. Ziel politischen Handelns muss es daher sein, die Rahmenbedingungen und Unterstützungsstrukturen so zu optimieren, dass so viele mittelständische produzierende Unternehmen wie möglich im Bereich Industrie 4.0 aktiv werden und die Chancen der vierten industriellen Revolution nutzen.

Das vorliegende Gutachten ist eine Literaturstudie, die den Stand der Umsetzung von Industrie 4.0 im mittelständischen produzierenden Gewerbe aufzeigt, typische Hemmnisse und Herausforderungen für den Mittelstand darstellt, die Bedeutung der Einbeziehung der Beschäftigten für den Erfolg der Innovationsprozesse im Unternehmen darlegt und politische Handlungsempfehlungen für eine Verbesserung der Rahmenbedingungen ableitet.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre!

DR. ROBERT PHILIPPS

Leiter des Arbeitskreises Mittelstand und des Gesprächskreises Verbraucherpolitik der FES
Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik

ZUSAMMENFASSUNG

Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution und meint im Wesentlichen die technische Integration von Cyber-Physischen Systemen (CPS) in den Produktionsprozess. CPS ermöglichen eine (internetbasierte) Vernetzung mit allen am Wertschöpfungsprozess beteiligten Instanzen.

Der Mittelstand hat Big Data und die Cloud noch nicht für sich entdeckt

Trotz der hohen wirtschaftlichen Potenziale, die mit Industrie 4.0 einhergehen, nähert sich das mittelständische Produzierende Gewerbe dem Thema noch relativ zurückhaltend. So sind ca. fünf Prozent der Mittelständler umfassend vernetzt und jeder Dritte ist dabei, erste Schritte einzuleiten oder hat zumindest konkrete Pläne, dies zu tun. Die Verbreitung von Industrie 4.0 hängt von der Unternehmensgröße ab. Der Verbreitungsgrad ist bei Großunternehmen höher, und entsprechende Industrie 4.0 Technologien kommen bei ihnen häufiger zum Einsatz als in kleinen und mittelgroßen Unternehmen. Zu den in Sachen Industrie 4.0 führenden Branchen zählen die Hersteller von Gummi und Kunststoff sowie der Maschinen- und Anlagenbau. In der Betrachtung einzelner Industrie 4.0-Prozesse und -Technologien zeigt sich jedoch, dass über alle Unternehmensgrößen und Branchen hinweg die Auswertung großer Datenströme zur Optimierung von Prozessabläufen oder für nachgelagerte Dienstleistungen kaum genutzt wird. Entsprechend seltener ist auch der dafür nützliche Einsatz von höheren Cloud-Diensten, die von KMU im europäischen Ausland deutlich häufiger genutzt werden.

Mittelständlern fehlt oftmals eine umfassende Strategie

Die Durchgängigkeit der im Wertschöpfungsprozess erzeugten Daten erfordert die Vernetzung verschiedener IT-Systeme innerhalb eines Unternehmens und über Unternehmensgrenzen hinaus. Dadurch können die betrieblichen Funktionsbereiche wie Beschaffung, Produktion und Vertrieb ihre Daten untereinander in Echtzeit austauschen. Mittelständlern fällt es angesichts knapper Ressourcen nicht leicht, die technologische Reife entsprechender Lösungen zu beurteilen und deren

wirtschaftlichen Nutzen für das Unternehmen einzuschätzen. Es mangelt in der Umsetzung an einem planvollen Vorgehen seitens des Managements. So verfolgen vier von zehn KMU keine umfassende Industrie 4.0-Strategie. Unter den größeren Unternehmen sind es nur halb so viele.

Große Sicherheitsbedenken behindern die Umstellung

Mangelnde Standards und Normen der Schnittstellentechnologien sind ein weiterer Grund, warum Investitionen in die Integration der IT-Systeme nicht getätigt oder hinausgeschoben werden. Nicht nur die Sorge, auf den falschen Standard zu setzen, sondern Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit treiben die Mittelständler um. Derzeit passen sich mittelständische Unternehmen dem Standard des Großunternehmens an, dem sie zuliefern. Das Fehlen von allgemeinen Standards erschwert es mittelständischen Unternehmen somit, Wert schöpfungsnetzwerken mit anderen Standards und Normen beizutreten, und nimmt ihnen so Handlungsmöglichkeiten.

Veränderung der Arbeitswelt: Ja. Arbeitsplatzverlust: Nein.

Sorgen, dass die Automatisierung zu einem größeren Arbeitsplatzverlust in Deutschland führt, sind weitestgehend unbegründet. Industrie 4.0 entfaltet sein Potenzial erst mit dem Erfahrungswissen der Mitarbeiter_innen und deren Reflexions- und Anpassungsfähigkeiten. Zwar werden einfache repetitive Arbeiten zunehmend ersetzt, dafür entstehen durch neue Geschäftsmodelle an anderer Stelle neue Arbeitsplätze. Die Herausforderung für Mittelständler in den Unternehmen besteht darin, flexible Organisationsstrukturen zu schaffen und das interdisziplinäre Denken der Mitarbeiter_innen zu fördern. Vorhandene Qualifikationen und Erfahrungen der Mitarbeiter_innen gilt es bei der Einführung von Industrie 4.0 entsprechend einzusetzen und diese in die Lage zu versetzen, Produktionsprozesse zu reflektieren und kontinuierliche Verbesserungen im Produktionsprozess herbeizuführen. Industrie 4.0 erfordert neue Aufgabenzuschnitte und Verantwortlichkeiten, die durch entsprechende Weiterbildungsmaßnahmen begleitet werden sollten sowie konsensorientierte Konzepte

zum Datenschutz und mobilem Arbeiten, die unter Einbeziehung der betrieblichen Mitbestimmungsorgane entwickelt werden müssen.

Rahmenbedingungen bieten eine gute Ausgangslage

Deutschland verfügt über einen innovativen und international wettbewerbsfähigen Mittelstand, großes technisches Know-how zu zahlreichen Industrie 4.0-Technologien und gut ausgebildete Fachkräfte. Die Rahmenbedingungen haben sich durch staatliche Fördermaßnahmen für Industrie 4.0-Technologien und Querschnittsthemen sowie Unterstützungsangebote zur Umsetzung und Sensibilisierungsmaßnahmen im letzten Jahr verbessert. Handlungsdruck besteht jedoch im Ausbau der Breitbandinfrastruktur auf der Basis von Glasfaserkabeln bzw. Technologien, die durchgängig hohe Übertragungsraten ermöglichen. Gelingt es zudem, einheitliche, sichere und offene Standards zur Datenübertragung zu etablieren, bestehen für den Mittelstand gute Voraussetzungen, die Herausforderungen, die mit Industrie 4.0 einhergehen, zu meistern.

1

EINLEITUNG

Industrie 4.0 ist ein Synonym für die vierte industrielle Revolution. Der Begriff steht für ein Zukunftsprojekt der Hightech-Strategie der deutschen Bundesregierung. Er hat sich in der öffentlichen Diskussion in Deutschland weitestgehend durchgesetzt und meint im Kern die technische Integration von Cyber-Physischen Systemen (CPS) in die Produktion und die Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industriellen Prozessen – einschließlich der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation (Forschungsunion/ acatech 2013: 18). Dem Einsatz von CPS-Technologie wird im Produzierenden Gewerbe ein hohes wirtschaftliches Potenzial beigemessen. Dieses Potenzial entfaltet sich durch die (internetbasierte) Vernetzung aller am Wertschöpfungsprozess beteiligten Instanzen in Echtzeit, die durch den Einsatz von CPS-Technologie möglich wird.

Grundsätzlich gilt, dass der Nutzen von Vernetzung mit der Anzahl der Vernetzungspartner steigt. Da rund 95 Prozent aller Unternehmen in Deutschland dem Mittelstand zuzurechnen sind und ca. 690.000 kleine und mittlere Unternehmen (KMU) allein dem Produzierenden Gewerbe angehören, kann das Konzept von Industrie 4.0 nur mit dem Produzierenden Mittelstand erfolgreich umgesetzt werden. Derzeit haben jedoch erst fünf Prozent der mittelständischen Fertigungsunternehmen ihre Maschinen, Anlagen und Systeme umfassend vernetzt. Offensichtlich gibt es Gründe, die den Mittelstand von der Umsetzung von Industrie 4.0 abhalten.

Im Zentrum des vorliegenden Gutachtens stehen deshalb die Fragen, worin die wesentlichen Herausforderungen für mittelständische Unternehmen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 liegen und wie die Rahmenbedingungen gestaltet werden müssten, um den Mittelstand bei der Bewältigung dieser Herausforderungen zu unterstützen. Zunächst jedoch gilt es zu klären, wie verbreitet Industrie 4.0 im Produzierenden Gewerbe ist und welche wirtschaftlichen Potenziale überhaupt mit Industrie 4.0 verbunden sind.

Das Gutachten richtet seinen Fokus auf das Produzierende Gewerbe, weil es mehr als 25 Prozent der Wertschöpfung in Deutschland generiert. Es ist somit nicht nur von großer Bedeutung für die Volkswirtschaft, in ihm zeichnen sich auch

die Potenziale für Industrie 4.0-Technologien besonders deutlich ab. Für das Produzierende Gewerbe in Deutschland besteht die Herausforderung darin, einerseits durch die Integration von Industrie 4.0-Technologien weiterhin weltweit eine führende Position als Anbieter von Maschinen und Anlagen (Leitanbieter) einzunehmen und andererseits durch die Einbindung von Anwendern (Leitmarkt) die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie zu erhöhen (BMW 2015: 3). Aus dem Einsatz von CPS-Technologien in Zwischen- und Endprodukten des Produzierenden Gewerbes ergeben sich anschließend sektorübergreifende Potenziale für zusätzliche unternehmensnahe Dienstleistungen im Business-to-Business- und für haushaltsnahe Dienstleistungen im Business-to-Consumer-Geschäft.

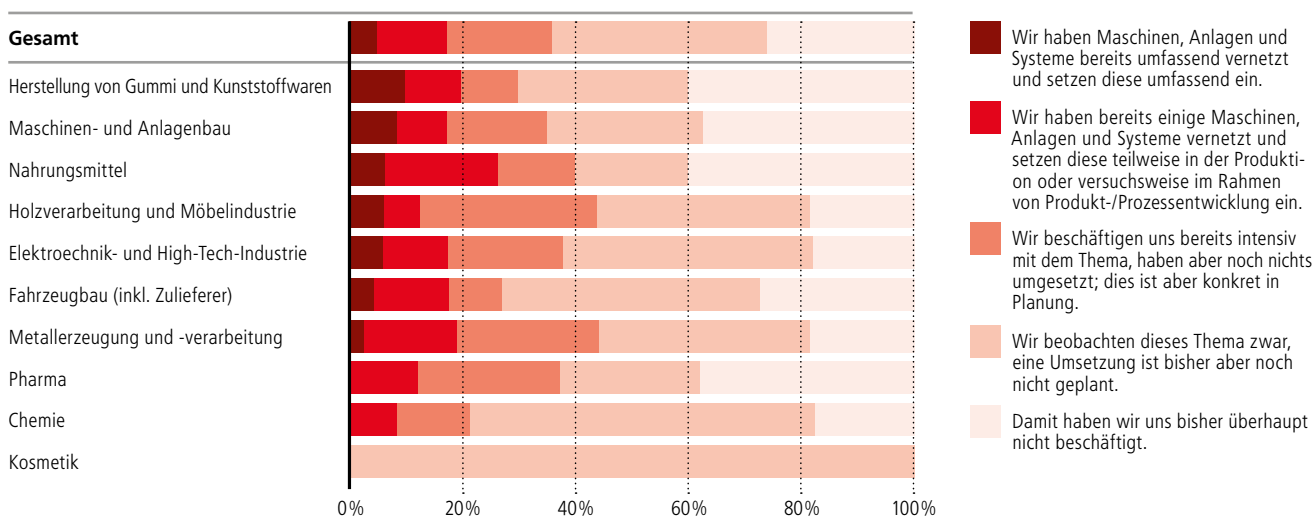
2

STAND VON INDUSTRIE 4.0 IM PRODUZIERENDEN MITTELSTAND

Im Verarbeitenden Gewerbe, das den größten Teil des Produzierenden Gewerbes repräsentiert, beschäftigen sich derzeit ca. zehn Prozent der Unternehmen intensiv mit Industrie 4.0. Im Maschinen- und Anlagenbau als Anbieter von Industrie 4.0 sind es doppelt so viele. Im fortgeschrittenen Umsetzungsprozess befinden sich derzeit 5,6 Prozent der Maschinen- und Anlagenbauer, knapp 18 Prozent befassen sich mit Industrie 4.0-Konzepten und führen erste Maßnahmen zur Realisierung durch (IW Consult/FIR 2015: 8). Ein Fünftel der Maschinen- und Anlagenbauer sowie ein Viertel der Unternehmen im gesamten Verarbeiteten Gewerbe gibt an, dass ihnen Industrie 4.0 unbekannt ist oder ohne Bedeutung für sie ist (IW Consult/FIR 2015: 26). Es besteht ein deutlicher Zusammenhang zwischen Unternehmensgröße und der Umsetzung von Industrie 4.0. Großunternehmen sind in der Einbindung ihrer Produktionsanlagen in übergeordnete IT-Systeme deutlich weiter als mittlere Unternehmen und mittlere Unternehmen wiederum weiter als kleine Unternehmen (IW Consult/FIR 2015: 26).

Eine vergleichbare Befragung unter ausschließlich mittelständischen Unternehmen in der Fertigungsindustrie – sowohl Anbieter als auch Anwender von Industrie 4.0 – kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Insgesamt ist der Anteil der umfassend vernetzten mittelständischen Unternehmen mit knapp 5,5 Prozent ähnlich hoch (vgl. Abbildung 1). Eine Differenzierung nach Branchen verdeutlicht, dass die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren mit einem Anteil von zehn Prozent vor dem Maschinen- und Anlagenbau (ca. acht Prozent) liegt. Es folgen die Branchen Nahrungsmittel (ca. 6,5 Prozent), Holzverarbeitung/Möbelindustrie (ca. sechs Prozent), Elektrotechnik- und High-Tech-Industrie (ca. 5,5 Prozent) sowie der Fahrzeugbau (inkl. Zulieferer) mit vier Prozent. Weitere 13 Prozent der Mittelständler aus der Fertigungsindustrie haben bereits einige Maschinen, Anlagen und Systeme vernetzt. 17,5 Prozent befassen sich mit dem Thema und haben erste konkrete Umsetzungspläne. Knapp 40 Prozent beobachten das Thema und ca. ein Viertel der Unternehmen hat sich überhaupt noch nicht mit dem Thema befasst (Techconsult 2015: 19).

Abbildung 1
Grad der Umsetzung von umfassender Vernetzung – Einschätzung 2015

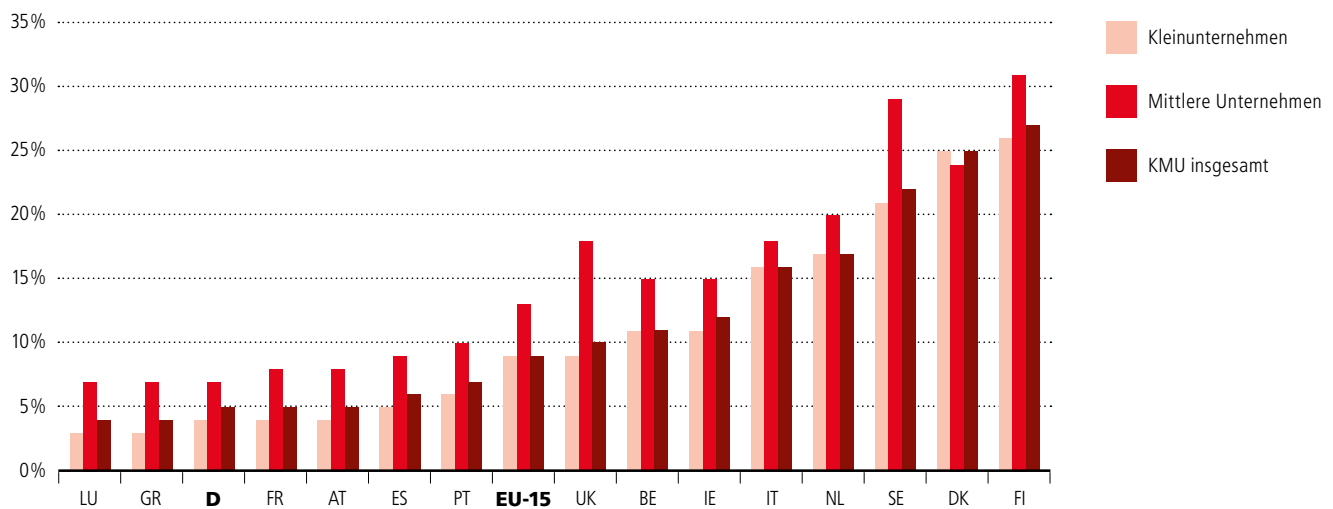


Quelle: Techconsult (2015: 19)

Auch in der Bewertung, inwieweit einzelne Industrie 4.0-Prozesse und -Technologien bereits genutzt oder eben nicht eingesetzt werden, kommen die Studien zu vergleichbaren Ergebnissen. Sowohl große Unternehmen als auch KMU haben deutliche Defizite in der Nutzung von Smart Services, also beispielsweise der Auswertung von großen Datenmengen (Big Data), die im Produktionsprozess oder durch vernetzte Produktionsprozesse anfallen. Da die KMU in der Anbindung von Maschinen mit IT-Systemen relativ gut aufgestellt sind, sind die Defizite in der Datenauswertung nicht notwendigerweise auf einen grundsätzlichen Datenmangel zurückzuführen (Techconsult: 2015: 80; IW Consult/FIR 2015: 28). Jedoch ist die vollständige Integration der IT, die auch einen betriebs-externen Informationsaustausch ermöglicht, eher selten anzutreffen. Dazu wären höhere Cloud-Dienste nützlich. Zukünftig wird die Kommunikation zwischen verschiedenen Systemen zunehmend über höhere Cloud-Dienste, also virtuellen Platt-

formen (Cloud Platform as a Service) bzw. Software (Cloud Software as a Service), organisiert. Gegenwärtig sind es lediglich fünf Prozent aller KMU in Deutschland, die solche höheren Cloud-Computing-Dienste über das Internet nutzen (Schröder 2015: 9). Der Verbreitungsgrad ist im EU-15-Durchschnitt nahezu doppelt so hoch wie in Deutschland (vgl. Abbildung 2). In Finnland und Dänemark nutzt sogar jedes vierte KMU höherwertige IT-Dienste aus der Cloud (Schröder 2015: 10).

Abbildung 2
Nutzung von kostenpflichtigen höheren Cloud Computing Diensten (im Jahr 2014)



Quelle: Schröder 2015: 10, (basierend auf Eurostatdaten).

3

WIRTSCHAFTLICHE POTENZIALE VON INDUSTRIE 4.0

3.1 POSITIVE GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EFFEKTE ERWARTET

Die wirtschaftlichen Potenziale von Industrie 4.0 werden durchweg als positiv eingeschätzt (vgl. Berger 2014; BITKOM/IAO 2014; PwC 2014). Da Prognosen naturgemäß mit Unsicherheit behaftet sind und auf unterschiedlichen Annahmen beruhen, variieren die prognostizierten gesamtwirtschaftlichen positiven Effekte, die mit einer vernetzten Produktion entlang der Wertschöpfungskette einhergehen, erheblich. So werden bis 2020 zusätzliche Umsätze pro Jahr zwischen 20 und 30 Mrd. Euro erwartet (Wischmann et al. 2015: 19). Es ist jedoch zu beachten, dass die Abschätzung solcher Effekte aus mehreren Gründen schwierig ist. Nicht nur ist Industrie 4.0 nicht eindeutig definiert und damit nicht klar abzugrenzen. Zudem handelt es sich nicht um eine einzige technologische Neuerung, sondern um eine Kombination unterschiedlicher Technologien, die erst in ihrem Zusammenwirken das volle Potenzial entfalten. Von diesen Technologien befinden sich einige im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium, ihre Marktreife steht erst noch bevor. Die unterschiedlichen technologischen Reifegrade erschweren eine Prognose der Geschwindigkeit, mit der die neuen technologischen Anwendungen in den Unternehmen zum Einsatz kommen und damit auch, wann und in welchem Umfang positive Netzwerkeffekte zum Tragen kommen. Netzwerkeffekte entstehen durch die unternehmensübergreifende Vernetzung und steigen mit jedem zusätzlichen Vernetzungspartner (Wischmann et al. 2015: 39).

Auch wenn das gesamtwirtschaftliche Potenzial also nur schwer quantifiziert werden kann, ist davon auszugehen, dass internetbasierte Anwendungen mittel- bis langfristig die Produktion verändern werden. Für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Volkswirtschaft wird der verbreitete Einsatz von vernetzten Produktionsanlagen im mittelständisch geprägten Produzierenden Gewerbe von hoher Bedeutung sein.

3.2 FLEXIBLERE PRODUKTION BEI SINKENDEN HERSTELLUNGSKOSTEN

Aus technologischer Sicht bilden CPS den Kern von Industrie 4.0. Die Basistechnologie von CPS sind sogenannte eingebettete Systeme (embedded systems). Eingebettete Systeme als wichtigster Bestandteil von CPS sind dem Grunde nach Minicomputer, die in der Lage sind, physikalische Zustände wie zum Beispiel Temperatur oder Druck durch Sensoren zu messen. Ein Prozessor verarbeitet diese Informationen und leitet nach einem vordefinierten Programm passende Maßnahmen ab (Fraunhofer IPA 2014: 11). Eine solche Maßnahme könnte beispielsweise das Auslösen von physischen Aktionen durch sogenannte Aktoren sein, wenn eine vordefinierte Umgebungstemperatur erreicht ist. Diese Verknüpfung von Hard- und Softwarekomponenten hat das Ziel, ein zuvor definiertes System zu steuern, zu regeln oder zu überwachen (Fraunhofer IPA 2014: 12).

In den letzten Jahren ist es gelungen, eingebettete Systeme zu miniaturisieren und auf einem Chip anzuordnen. Ihre Leistungsfähigkeit ist stark angestiegen bei gleichzeitig fallenden Herstellungskosten. Die bedeutendste Neuerung ist jedoch, dass eingebettete Systeme mit einer IP-Adresse und modernen Kommunikationsschnittstellen ausgestattet und ins Internet eingebunden, zum CPS werden. Die CPS funktionieren drahtlos und können in nahezu jedes Objekt verbaut werden. Oftmals gewinnen sie ihre Betriebsenergie aus der Umwelt, zum Beispiel aus Licht oder leichten Vibrationen, die in Energie umgewandelt werden. Die CPS-Technologie kann in Rohlinge, Zwischenprodukte und Endprodukte eingebettet werden, die nun smart sind, also beispielsweise wissen, wo und in welchem Bearbeitungszustand sie sich befinden. Das Zwischenprodukt bzw. das darin verbaute CPS verfügt über die Information, von welcher Maschine es als Nächstes bearbeitet werden soll, vorausgesetzt, die Maschine ist in der Lage, ebenfalls drahtlos zu kommunizieren. Reale Produktionsprozesse können nunmehr virtuell abgebildet werden. Dadurch kann die Produktion in Echtzeit dezentral und nicht – wie bisher üblich – zentral organisiert werden (Fraunhofer IPA 2014: 12).

Fertigungsteile können nicht nur untereinander und mit Fertigungsanlagen kommunizieren, sondern via Mensch-

Maschine-Schnittstellen kann der Mensch mittlerweile unmittelbar selbst in diesen Kommunikationsprozess eingreifen (Fraunhofer IPA 2014: 14). Vorgänge können für den Menschen visualisiert werden, zum Beispiel in Form einer grafischen Aufbereitung von Produktionsdaten. Es entstehen somit Netzwerke unter Maschinen und zwischen Mensch und Maschine, die sich selbstständig optimieren und im Zusammenspiel mit dem Menschen eigenständig Probleme lösen (Bauernhansl et al. 2014: 16). Diese Zusammenhänge sind gemeint, wenn von der Smart Factory die Rede ist.

Mit dem Einsatz von CPS verbindet sich die Erwartung hoher Produktivitätssteigerungen, weil sich auf diese Weise Sicherheitsbestände reduzieren, die Personaleinsatzplanung verbessern, die Logistik optimieren und die Komplexitäts- und Instandhaltungskosten verringern lassen. Zudem wird eine Erhöhung der Produktqualität erwartet bei gleichzeitig flexibleren Fertigungsmöglichkeiten. Expert_innen rechnen sogar damit, dass mit der Losgröße 1 das höchste Maß an Flexibilisierung realisiert werden kann. Das heißt, ein für einen Kunden bzw. eine Kundin individuell angefertigtes Produkt kann zum Preis eines heutigen Serienprodukts hergestellt werden, was die Kundenzufriedenheit erhöht.

Die Einsparpotenziale für die unterschiedlichen Bereiche in der Produktion liegen nach einer Schätzung von Bauernhansl (2014: 31) zwischen zehn und 70 Prozent (vgl. Tabelle 1). Am stärksten ließen sich wohl die Komplexitätskosten senken.

Tabelle 1
Abschätzung der Nutzenpotenziale

| Kostenart | Gesamtbewertung |
|-----------------------|-----------------|
| Bestandskosten | -30 % bis -40 % |
| Fertigungskosten | -10 % bis -20 % |
| Logistikkosten | -10 % bis -20 % |
| Komplexitätskosten | -60 % bis -70 % |
| Qualitätskosten | -10 % bis -20 % |
| Instandhaltungskosten | -20 % bis -30 % |

Quelle: Verkürzte Darstellung nach Bauernhansl (2014: 31)

3.3 WERTSCHÖPFUNGSNETZWERKE UND NEUE GESCHÄFTSMODELLE

Damit die Potenziale von CPS ausgeschöpft werden können, ist der zusätzliche Einsatz komplementärer IT-Technologien notwendig. So sind Softwareanwendungen erforderlich, die die von CPS erzeugten großen Datenmengen strukturieren und auswerten, um dann zielgerichtet Prozesse zu steuern, zu regeln oder zu überwachen. Erst die enorm gestiegenen Prozessor- und Speicherleistungen der Hardware sowie die schnellen Internetverbindungen ermöglichen diese Prozesse in Echtzeit. Dadurch sind auch der Produktion nachgelagerte Geschäftsmodelle möglich. So ist beispielsweise ein Turbinenhersteller durch eingebettete CPS in der Lage, dem Kunden bzw. der Kundin eine Fernwartung und am Ende des Produkt-

lebenszyklus das Recycling als zusätzliche Dienstleistungen anzubieten.

Die anspruchsvolle Hard- und Software zur Bewältigung großer Echtzeitdatenströme müssen Unternehmen nicht selbst vorhalten. Sie können dank schneller Internetverbindungen auch die Dienste von Cloud-Anbietern in Anspruch nehmen. Anbieter von Cloud-Computing-Diensten stellen ihren Kund_innen IT-Infrastruktur über das Internet zur Verfügung. Durch den Verzicht auf eigene Server und Software sinken die Kapitalkosten. Und da die Abrechnung nach Verbrauch erfolgt, werden Effizienzverluste aufgrund der Unterauslastung einer eigenen IT-Infrastruktur vermieden. Und nicht zuletzt ist die Nutzung der Dienste ortsunabhängig.

Der Einsatz von CPS könnte zukünftig auch den Wertschöpfungsprozess über Unternehmensgrenzen hinaus unterstützen. Unternehmen schließen sich in diesem Fall zu Wertschöpfungsnetzwerken zusammen. Über virtuelle Plattformen in der Cloud können Unternehmen dann auf Produktionsdaten zugreifen, die vom Wertschöpfungspartner bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden, um Produktionsschritte in Echtzeit aufeinander abzustimmen. Auch in diesem Zusammenhang ist ein Angebot zusätzlicher Dienstleistungen denkbar. So können zum Beispiel freie Maschinenkapazitäten angeboten werden, die von Unternehmen mit Kapazitätsengpässen gemietet werden können.

Deutschland kann in einem hohen Maß von den Potenzialen, die Industrie 4.0 bietet, profitieren. So ist nicht nur der Industrieanteil relativ hoch. Deutschland ist zudem einer der weltweit führenden Anbieter im Anlagen- und Maschinenbau sowie der Automatisierungstechnik. Entsprechend hoch ist das Anwender- und Anbieterpotenzial (Deutsche Bank Research 2014: 10). Die aktuellen Entwicklungen deuten darauf hin, dass die größten Impulse zur Verbreitung von Industrie 4.0 von den Großunternehmen ausgehen. Sie verfügen über die Ressourcen für die Umstellung auf eine vernetzte Produktion. Für sie ist der wirtschaftliche Nutzen bereits im jetzigen Entwicklungsstadium hoch. Da der Nutzenzuwachs von Industrie 4.0 mit jedem Vernetzungspartner steigt, werden große Unternehmen ihre zumeist mittelständischen Zulieferer anhalten, ihre Produktionstechnologie Zug um Zug anzupassen, um sich selbst eine zunehmend vernetzte Produktion zu ermöglichen. Damit sich die kaskadenmäßige Entwicklung hin zu den kleineren mittelständischen Zulieferern tatsächlich vollzieht, müssen diese jedoch zuvor eine Reihe von Herausforderungen meistern.

4

HEMMNISSE FÜR DIE TECHNOLOGISCHE UMSETZUNG VON INDUSTRIE 4.0

Wie stark Industrie 4.0-Anwendungen im Produzierenden Gewerbe verbreitet sind, hängt von der Unternehmensgröße ab (IW Consult/FIR 2015: 26; Experton Group 2014: 31; GfK Enigma/DZ Bank 2014: 11). Großunternehmen produzieren relativ kapitalintensiv hohe Stückzahlen. Eine ständige Optimierung der hoch automatisierten Produktion ist fester Bestandteil des Prozessmanagements. In KMU ist der Anteil der manuellen und hybriden Tätigkeiten in der Produktion deutlich höher. Sie produzieren eher für Nischenmärkte und weisen oftmals einen hohen Spezialisierungsgrad auf. Im Vergleich zu KMU sollte der Einsatz von Industrie 4.0-Technologien in Großunternehmen zunächst höhere Effizienzgewinne mit sich bringen.

Mit zunehmenden technischen Möglichkeiten wird es jedoch auch für mittelständische Unternehmen aus dem Produzierenden Gewerbe wichtiger, die Entwicklungen hin zur vernetzten Produktion für sich zu nutzen. Andernfalls könnte ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit gefährdet sein. Die größten Herausforderungen, die Mittelständler in diesem Zusammenhang überwinden müssen, sind die Entwicklung einer entsprechenden Strategie, die Beurteilung des Kosten-Nutzenverhältnisses der in Rede stehenden Technologien sowie mangelnde Datensicherheit und uneinheitliche Standards.

4.1 FEHLENDE DIGITALE STRATEGIE BEI GLEICHZEITIGER RESSOURCENKNAPPHEIT

Die Verfügbarkeit von konsistenten Daten ist eine wichtige Voraussetzung auf dem Weg zur Industrie 4.0. Die Informationen müssen sowohl vertikal als auch horizontal entlang der Wertschöpfungskette, und zwar durchgängig zur Verfügung stehen. Man spricht in diesem Zusammenhang einerseits von vertikaler Integration, das heißt der Integration von verschiedenen IT-Systemen zu einer durchgängigen Lösung. Es wird also zwischen den unterschiedlichen IT-Anwendungen, -Prozessen und Daten der betrieblichen Funktionsbereiche wie Beschaffung, Produktion oder Vertrieb Kompatibilität hergestellt. Die horizontale Integration andererseits steht für die Integration verschiedener Prozessschritte, zwischen denen ein Material-, Energie- und Informationsfluss besteht (Forstner/

Dümmler 2014: 199). Ein Beispiel: Ein Enterprise Resource Planning System (ERP), das die materialbezogene, terminliche und kapazitive Planung des Auftragsabwicklungsprozesses vornimmt, ist mit einem in der betrieblichen Softwarearchitektur unterhalb angeordneten Manufacturing Enterprise System (MES) verbunden, das die kurzfristige, detaillierte Planung und Steuerung der einzelnen Produktionsaufträge plant. Aufgrund solcher Abstimmungen zwischen den unterschiedlichen Hierarchieebenen mittels sich ergänzender IT-Lösungen erhöht sich die Effizienz und verkürzen sich Durchlaufzeiten (Mussbach-Winter/Schatz 2012).

In den mittelständischen Unternehmen ist der Bestand an IT-Systemen, Maschinen und Prozessen oftmals historisch gewachsen. Die Maschinen und Anlagen stammen von verschiedenen Hersteller_innen und sind unterschiedlich alt. Entsprechend aufwändig ist es, die Automatisierungssoftware umzurüsten, um Kompatibilität herzustellen (Forstner/Dümmler 2014: 199ff.). Eine nochmals größere Herausforderung dürfte es für viele mittelständische Unternehmen sein, den Datenfluss zu den angrenzenden internen und externen Bereichen herzustellen, um den Austausch von Produktionsdaten horizontal zu Lieferant_innen und Kund_innen oder vertikal für Vertrieb, Planung, Service oder das Controlling zu ermöglichen. Für KMU ist diese Herausforderung deshalb besonders groß, weil sie oftmals über weniger Ressourcen und Know-how verfügen als Großunternehmen (Wischmann et al. 2015: 37). KMU haben oft keine eigene IT-Abteilung, sodass es oft die Geschäftsleiter_innen selbst sind, die die verschiedenen Industrie 4.0-Technologien im Hinblick auf die richtige Kombination von technologischer Reife und wirtschaftlichem Potenzial beurteilen müssen. In diesen Unterschieden dürfte auch begründet liegen, dass mittelständische Unternehmen häufig Schwierigkeiten bei der Auswahl einer geeigneten Lösung anführen und eine fehlende Nutzertransparenz beklagen.

Dass die Vernetzung der Produktion vom Management mittelständischer Unternehmen noch eher zurückhaltend beurteilt wird, verdeutlicht der seit 2013 jährlich erhobene IT Innovation Readiness Index. Dieser zeigt an, dass sich das Management mittelständischer Fertigungsunternehmen dem Thema Industrie 4.0 vorsichtiger nähert als die befragten Produktionsleiter_innen (Pierre Audoin Consultants 2015). Diese

Zurückhaltung auf Seiten der Geschäftsführung ist insofern kritisch zu sehen, als die Implementierung von Industrie 4.0 eine umfassende Aufgabe ist, die üblicherweise von eben dieser Geschäftsführung maßgeblich geplant und angestoßen werden sollte. Zu dieser Aufgabe gehören die Neugestaltung der Ablaufprozesse und der Unternehmensorganisation auf nahezu allen Ebenen, die Anpassung der Qualifikation der Mitarbeiter_innen sowie strategische Überlegungen hinsichtlich der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und der Erschließung neuer Märkte. Ohne die Impulse und Mitwirkung der Geschäftsführung sind der Verbreitung von Industrie 4.0 enge Grenzen gesetzt. Dass vier von zehn KMU keine umfassende Strategie zur Umsetzung von Industrie 4.0 verfolgen, während der Anteil bei größeren Unternehmen lediglich halb so hoch ist, verdeutlicht, dass es sich hier um ein spezifisches Defizit im Mittelstand handelt (IW Consult/FIR 2015: 32).

4.2 FEHLENDE STANDARDS UND MANGELNDE DATENSICHERHEIT

Die Zurückhaltung mittelständischer Unternehmen, auf neue Industrie 4.0-Technologien umzustellen und die Integration der verschiedenen IT-Systeme voranzutreiben, hat seine Ursachen auch in fehlenden Standards und Normen, aber auch in der Sorge vor dem unbefugten Zugriff auf die Daten. Zwar gibt es bei der Entwicklung von Standards Fortschritte (beispielsweise durch Open Platform Communications Unified Architecture), ein internationaler Standard hat sich aber noch nicht durchgesetzt. Dieser wäre jedoch für den Schutz von Investitionen wichtig. Sichere Standards und Normen sind zudem Voraussetzung für eine hohe Anzahl von Vernetzungspartnern und damit der Erschließung des wirtschaftlichen Potenzials, das mit Industrie 4.0 einhergeht. Derzeit passen sich mittelständische Unternehmen oftmals dem Standard des Großunternehmens an, dem sie zuliefern. Das Fehlen von allgemeinen Standards erschwert es mittelständischen Unternehmen somit, Wertschöpfungsnetzwerken mit anderen Standards und Normen beizutreten und nimmt ihnen so Handlungsmöglichkeiten. Hinzu kommt die Sorge, dass hohe Investitionen abgeschrieben werden müssen, wenn auf eine Schnittstellentechnologie gesetzt wurde, die sich letztlich nicht durchsetzt. Daher werden große Teile des produzierenden Mittelstands Industrie 4.0-Technologien erst adaptieren, wenn eine hohe Interoperabilität und Sicherheit der CPS durch entsprechend standardisierte Schnittstellen und Protokolle gegeben ist.

Eine Alternative, Schnittstellenprobleme zu umgehen, wäre die Nutzung von höheren Cloud-Diensten. Auch nachgelagerte Dienste können über die Plattformen angeboten und abgewickelt werden. Es ist daher bedenklich, dass KMU in Deutschland höhere Cloud-Dienste selten nutzen und sich damit der Möglichkeiten, Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Systemen herzustellen, verschließen. Größtes Hindernis für die Nutzung von Cloud-Diensten sind Sicherheitsbedenken. Offensichtlich ist die Sorge groß, dass sensible Unternehmensdaten in der Cloud nicht wirklich sicher sind vor dem Zugriff Dritter. Weitere Gründe für die Nichtnutzung von Cloud-Diensten sind die Unsicherheit über den geografischen Ort, an dem die Unternehmensdaten gespeichert sind, und die anwendbare Gerichtsbarkeit (Schröder 2015: 10).

5

VERÄNDERUNG DER ARBEITSWELT DURCH INDUSTRIE 4.0

Das Thema Industrie 4.0 wurde anfangs fast ausschließlich aus der technologischen Perspektive betrachtet. Mittlerweile rücken zunehmend auch die weitreichenden Folgen von Industrie 4.0 für die Arbeitswelt in den Blickpunkt. Im Folgenden richtet sich der Blick zunächst auf die Frage, wie sich die zunehmende Automatisierung auf das Arbeitsplatzangebot auswirken wird. Anschließend werden die möglichen Veränderungen auf der Unternehmensebene beleuchtet.

5.1 GESAMTWIRTSCHAFTLICHE EFFEKTE

Ein zunächst erschreckendes Szenario zeichnen Frey/Osborne (2013): Menschliche Arbeitskraft könnte in einem hohen Ausmaß durch Maschinen substituiert werden. Nach ihren Berechnungen arbeiten derzeit 47 Prozent der Beschäftigten in den USA in Berufen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit in den nächsten zehn bis 20 Jahren automatisiert werden können. Bonin et al. (2015) haben diese Studie auf Deutschland übertragen und kommen auf einen Wert von 42 Prozent. Bonin et al. (2015) machen jedoch deutlich, dass dies nicht mit einem Verlust von 42 Prozent der Arbeitsplätze gleichzusetzen sei. Denn es sind weniger Berufe als einzelne Tätigkeiten, die automatisiert werden. Dies berücksichtigend kommen Bonin et al. (2015) in einer alternativen Berechnung zu dem Ergebnis, dass zwölf Prozent aller Arbeitsplätze eine hohe Automatisierungswahrscheinlichkeit aufweisen.¹

All diesen Berechnungen ist mit großer Vorsicht zu begegnen, weil sie auf Meinungen von Expert_innen zur Automatisierung fußen, die die technischen Potenziale deutlich überschätzt haben könnten (Bonin et al. 2015: 18). Expert_innen für neue Technologien tendieren oftmals dazu, den Kosten-Nutzen-Aspekt, also die wirtschaftliche Perspektive, nicht ausreichend zu berücksichtigen. Zugleich wird das nicht kodifizierbare Erfahrungswissen von Arbeitskräften, das auch durch smarte Technologien nicht ersetzt werden kann, unter-

schätzt. Die Ressource „Erfahrungswissen“ ist jedoch gerade für Berufsfelder rund um Industrie 4.0 von großer Bedeutung, um eine stabile Produktion zu gewährleisten (vgl. Pfeiffer/Suphan 2015). Zu bedenken ist überdies, dass die Diffusionsgeschwindigkeit neuer Technologien auch von gesellschaftlichen, rechtlichen und ethischen Hürden abhängt, sodass die Erwartung einer hohen Automatisierung in einem Zeitraum von ein bis zwei Dekaden ebenfalls zu optimistisch sein könnte (Bonin et al. 2015: 23).

Bei einer Bilanz der Arbeitsplatzeffekte von Industrie 4.0 darf nicht übersehen werden, dass mit der Einführung von Industrie 4.0 neue Geschäftsmodelle entstehen, die ihrerseits Beschäftigung und Produktivitätsgewinne ermöglichen. In welchem Maße die Arbeitsplatzverluste durch Industrie 4.0 die dadurch neu geschaffenen Arbeitsplätze überwiegen, lässt sich derzeit nicht verlässlich abschätzen. Manche rechnen mit insgesamt positiven Beschäftigungseffekten (vgl. BITKOM/Prognos 2013), während andere Szenario-Rechnungen einen minimalen Nettoverlust an Arbeitsplätzen prophezeien (vgl. IAB 2015.).

5.2 ARBEITSORGANISATION UND -GESTALTUNG AUF UNTERNEHMENSEBENE

CPS-basierte Produktionssysteme werden die Mensch-Maschine-Schnittstelle, die Gestaltung der Aufgaben und Tätigkeitsstrukturen und letztlich die gesamte Unternehmensorganisation beeinflussen (vgl. Hirsch-Kreinsen 2014). Aktuell werden insbesondere drei Szenarien diskutiert, die das mögliche Verhältnis von Mensch und Maschine im Industrie 4.0-Zeitalter beschreiben (vgl. Buhr 2015):

Das Automatisierungsszenario geht davon aus, dass menschliche Arbeit entwertet wird und die Technologie Kontroll- und Steuerungsaufgaben übernimmt. Der Mensch als Arbeitskraft wird durch CPS tendenziell „fremdbestimmt“ und übernimmt überwiegend Handlangertätigkeiten.

Im Hybridszenario arbeiten Mensch und Maschine kooperativ. Die Stärken von Menschen und technologischen Anwendungen werden komplementär im Produktionsprozess eingesetzt. Im Spezialisierungsszenario ist CPS ein Werkzeug und wirkt

¹ In vielen Berufsfeldern mit einem Anteil hoher Automatisierungswahrscheinlichkeit kommen auch schwer automatisierbare Tätigkeiten vor, was einen vollständigen Arbeitsplatzverlust nicht wahrscheinlich erscheinen lässt.

unterstützend, während die bestimmende Rolle der Facharbeit erhalten bleibt.

Das Automatisierungsszenario ist sicherlich das am wenigsten wünschenswerteste. Aber ist es auch das unwahrscheinlichste? Auch wenn es für eine endgültige Antwort noch zu früh ist, deutet einiges darauf hin, dass eine rein technikenorientierte Produktion, in der der Mensch eine der Technik untergeordnete Rolle im Produktionsprozess einnimmt, nicht sehr wahrscheinlich ist. Trotz der enormen Fortschritte bei der Leistungsfähigkeit der Digitaltechnik, den oft zitierten Beispielen von autonom fahrenden Fahrzeugen und der Wissensverarbeitung durch das Computerprogramm IBM Watson sind die Fortschritte in der Entwicklung von „künstlicher Intelligenz“ überschaubar. Die von Brynjolfsson/Mc Afee (2014) genannten Beispiele sind mit enormem Entwicklungsaufwand (etwa 1.000 Personenjahre) und für sehr spezielle Anwendungen realisiert worden (vgl. Brödner 2015: 240). Mit zunehmender Flexibilität der Anwendungen jedoch potenzieren sich die Komplexitätsgrade, was eine vollautomatische Produktion nicht mehr sinnvoll erscheinen lässt (Fraunhofer IAO 2013: 53). Intelligenz von technischen Systemen bleibt vom Menschen vorgedacht und wird die Fähigkeiten des Menschen, auf unvorhergesehene Ereignisse flexibel und kreativ zu reagieren, nicht ersetzen können (Fraunhofer IAO 2013: 125). Vielmehr sind es das Erfahrungswissen von Produktionsmitarbeiter_innen und deren Reflexions- und Anpassungsfähigkeiten, die gepaart mit maschineller Präzision und Geschwindigkeit die Industrie 4.0 effizient werden lassen (vgl. Brödner 2015). Die Technik übernimmt weiterhin eher repetitive Arbeiten, also sich wiederholende Tätigkeiten, die als Prozess beherrscht, klar definiert und stabil sind (Fraunhofer IAO 2013: 54). Das Aufgabenspektrum des zukünftigen Fabrikarbeiters bzw. der zukünftigen Fabrikarbeiterin hingegen wandelt sich und wird im Wesentlichen in Vorgaben, Überwachung und Sicherstellung von Produktionsstrategien im cyberphysischen Produktionssystem bestehen (Gorecky et al. 2014: 541).

Dieser Wandel gelingt besser, wenn das Mensch-Maschine-Verhältnis positiv gestaltet wird. Hierzu ist es erforderlich, bereits in der Entwicklung von Industrie 4.0-Technologien mensch- statt technikenorientiert zu denken und benutzerfreundliche Lösungen für den/die Produktionsarbeiter_in anzustreben. Als förderlich sollte sich in diesem Zusammenhang erweisen, wenn die betroffenen Fachkräfte mittelständischer Unternehmen in den Entwicklungsprozess vernetzter technischer Anlagen einbezogen werden und anschließend den Implementierungsprozess aktiv begleiten. Ziel ist es, intuitiv bedienbare und robuste Schnittstellen zu schaffen, die bedarfsgerechte Informationen zur Bewältigung anliegender Aufgaben zur Verfügung stellen und effektiv die Arbeit des Menschen unterstützen. Gelingt die Entwicklung und Einführung solcher Assistenzsysteme nicht, besteht die Gefahr, dass durch den Einsatz von CPS-Technologien die Vernetzung zu einer hohen Komplexität von Vorgängen führt und die Arbeit Unbehagen, Stress oder ein Gefühl der Überforderung auslöst (acatech 2012: 109).

Inwiefern sich die Hierarchien im Produktionsbereich verändern, ist unklar (Hirsch-Kreinsen 2014: 3). Da die vernetzte Produktion mit mehr dezentralen Planungs- und Steuerungsfunktionen auf der operativen Ebene einhergeht, könnte ein Teil der bisherigen Leitungsfunktion an die untere Ebene abge-

geben werden (Hirsch-Kreinsen 2014: 3). Damit würde die bisherige Tätigkeit des Produktionsarbeiters bzw. der Produktionsarbeiterin aufgewertet.

Durch die Zunahme von Echtzeitdaten werden viele indirekte Stellen um die Produktion herum aufgebaut (Fraunhofer IAO 2013: 47). Gleichzeitig werden, wie bereits in Kapitel 5.1 erörtert, einfache manuelle Tätigkeiten automatisiert und für den Menschen wegfallen (ingenics/Fraunhofer IAO 2014: 19; Hirsch-Kreinsen 2014: 3). Insgesamt sollte es durch die genannten Effekte zu einer Aufwertung von Tätigkeiten rund um den Produktionsprozess kommen.

Um die Mitarbeiter_innen in die Lage zu versetzen, die neuen Anforderungen zu bewältigen, sind Investitionen in die Kompetenzentwicklung erforderlich. Das scheinen die KMU in Deutschland erkannt zu haben. Sie lassen ihr Personal im europäischen Vergleich überdurchschnittlich oft an IT-Weiterbildungsmaßnahmen teilnehmen (Schröder 2015: 11).

Allerdings sind nicht nur IT-Kenntnisse bedeutsam. Mit zunehmend dezentralen Planungs- und Steuerungsfunktionen auf der operativen Ebene gewinnen Fähigkeiten zu selbstgesteuertem Handeln und zur Selbstorganisation an Bedeutung (Forschungsunion/acatech 2013: 57). Mittelständische Unternehmen sollten Industrie 4.0 daher als eine organisatorische Innovation begreifen. Erfolgsversprechend ist eine Umgebung im Unternehmen, die Mitarbeiter_innen in die Lage versetzt, den Produktionsprozess zu reflektieren und kontinuierlich Verbesserungen im Produktionsprozess herbeizuführen (Fraunhofer IAO 2013: 54).

Mitarbeiter_innen werden voraussichtlich zunehmend interdisziplinär denken müssen. Nicht nur weil Industrie 4.0 das Verschmelzen von IT und Maschinenanlagen bedeutet und der Maschinenoperator zukünftig auch entsprechende IT-Kenntnisse benötigt, sondern auch weil die Unternehmensgrenzen zunehmend verschwimmen. Industrie 4.0 bedeutet auch die Integration verschiedener IT-Systeme entlang der Wertschöpfungskette. Vertriebsmitarbeiter_innen werden in der Lage sein, vom Tablet aus unmittelbar Vorgänge in der Produktion auszulösen und dem anwesenden Kunden eine echtzeitnahe Auskunft aus der Produktion zur Fertigstellung seines Auftrags geben können. Ein Verständnis für Vorgänge und deren Auswirkungen ist also von Vorteil. Für die Vernetzung über Unternehmensgrenzen hinaus werden Softskills wie beispielsweise die Kommunikationsfähigkeit an Bedeutung gewinnen, um die Vernetzung erfolgreich organisieren zu können.

5.3 BETRIEBLICHE INTERESSENVERTRETUNGSORGANE ALS WICHTIGER PARTNER

Es liegt auf der Hand, dass Arbeitnehmer_innen mit dem Einsatz von Industrie 4.0 auch Risiken verbinden. So werden beispielsweise die Mitarbeiter_innen durch zusätzlich erhobene Daten zunehmend gläsern. Solche Daten können zwar einerseits sinnvoll, beispielsweise zur ergonomischen Entlastung von Arbeitskräften, genutzt werden. Andererseits können sie aber auch den Arbeitgeber bzw. die Arbeitgeberin dazu verführen, durch Überwachung einen höheren Leistungsdruck zu erzeugen. Ein anderes Risiko resultiert aus der Möglichkeit, eine zunehmende Anzahl von Tätigkeiten unabhängig vom Aufenthaltsort durchführen zu können. Zwar kann dies einer-

seits der besseren Vereinbarkeit von Beruf und Familie dienen. Andererseits besteht aber die Gefahr, dass die Grenze zwischen Privatem und Beruflichem verschwimmt, wodurch die Work-Life-Balance negativ beeinflusst wird.

Damit die Potenziale von Industrie 4.0 in mittelständischen Unternehmen zur Entfaltung kommen können, ist es notwendig, dass die erforderlichen organisatorischen Anpassungen von der Belegschaft mitgetragen werden. Voraussetzung hierfür ist, dass ihre Sorgen, die vom Veränderungsprozess ausgehen können, von der Geschäftsführung aufgenommen werden. Ortmann/Guhlke (2014), verweisen darauf, dass die Technologieakzeptanz steigt, wenn sie sozial- und humanverträglich gestaltet wird, d.h. wenn die Interessen, Qualifikationen und Erfahrungen der Beteiligten bei der Einführung von Industrie 4.0 berücksichtigt werden.

Die bereits angesprochene Weiterentwicklung von Qualifikationen, Aufgabenzuschnitten und Verantwortlichkeiten sowie der Konzepte zum Datenschutz und mobilem Arbeiten gelingt umso besser im Konsens, wenn die betrieblichen Mitbestimmungsorgane einbezogen werden. Diese verfügen nicht nur über Akzeptanz in der Belegschaft, sondern auch über die Kapazitäten, das umfangreiche und teilweise konfliktträchtige Themenspektrum sozialverträglich zu gestalten. Durch Betriebsvereinbarungen können erforderliche Veränderungen verbindlich geregelt und Ängste abgebaut werden. Die Herausforderung und zugleich die Chance für die Organe der betrieblichen Mitbestimmung liegen darin, die dynamischen und gleichzeitig vielfältigen Entwicklungen einer Industrie 4.0 zu antizipieren, um diese dann im Sinne der Mitarbeiter_innen positiv zu beeinflussen.

6

RAHMENBEDINGUNGEN FÜR INDUSTRIE 4.0

Die Bereitschaft und die Fähigkeit des Mittelstands, Industrie 4.0 einzuführen, hängt auch von den Rahmenbedingungen ab. Das Finanzierungsumfeld, die Verfügbarkeit von Fachkräften, eine flächendeckende leistungsstarke Breitbandversorgung, staatliche Förderangebote und rechtliche Rahmenbedingungen sind hier als wesentliche Faktoren zu nennen.

6.1 FINANZIERUNGSBEDINGUNGEN

Die Entwicklung und Einführung von Industrie 4.0-Technologien kann hohe Investitionen erfordern. Von daher stellt sich die Frage nach den Finanzierungsbedingungen für mittelständische Unternehmen in Deutschland. Konkret: Existieren ausgeprägte Finanzierungshemmnisse, die eine Ausbreitung von Industrie 4.0 im deutschen Mittelstand behindern? Die Antwort bedarf einer Differenzierung zwischen mittelständischen Anwendern und Entwicklern von Industrie 4.0-Technologie.

Die Anwender sind typischerweise Unternehmen aus dem kapitalintensiven und technologieorientierten Produzierenden Gewerbe. Grundsätzlich sind die Finanzierungsbedingungen für diese Unternehmen gut. Typischerweise besteht eine langjährige Geschäftsbeziehung zwischen den Unternehmen und ihren Hausbanken. Die Geschäftsgrundlage ihrer mittelständischen Kund_innen ist den Hausbanken vertraut und der Kreditvergabeprozess überwiegend unproblematisch. Daran dürfte sich im Hinblick auf Investitionen in Industrie 4.0-Technologien wenig ändern. Zum einen wird der Übergang zu vernetzten Produktionsanlagen sukzessive über Ersatzinvestitionen erfolgen, d.h. alte Anlagen werden schlicht durch neue vernetzbare ersetzt. Zwar werden oftmals ergänzend zusätzliche Investitionen in die IT-Infrastruktur notwendig. Diese dürften aber nicht zu erheblichen Finanzierungsproblemen führen. Als hilfreich dürfte sich erweisen, dass die Kreditinstitute in der Vergangenheit ihre Kompetenz zur Bewertung technischer Innovationen erweitert haben. Konkret haben sie sowohl die Inhouse-Expertise als auch die Zusammenarbeit mit Gutachter_innen und Forschungseinrichtungen ausgebaut (Bankenverband/BDI 2015: 4). Zudem hat sich die Kreditfähigkeit der mittelständischen Unternehmen des

Produzierenden Gewerbes aufgrund stark gestiegener Eigenkapitalquoten und hoher Rentabilität in der letzten Dekade nochmal deutlich erhöht (Finanzgruppe DSGV 2015). Das aktuell günstige Zinsniveau und eine niedrige Kredithürde sorgen zusätzlich für günstige Finanzierungsbedingungen.

Schwieriger sind die Bedingungen für junge, innovative IKT-Unternehmen, die eher disruptive als inkrementelle Anwendungen für Industrie 4.0 entwickeln und in marktfähige Produkte überführen. Die Unternehmen verfügen anfänglich selten über einen positiven Cashflow und sind daher auf externes Kapital angewiesen. Für Banken ist die Kreditvergabe allerdings riskant, weil sie das oftmals völlig neue Produkt oder Geschäftsmodell junger IKT-Unternehmen nicht verstehen und keine ausreichenden Sicherheiten erhalten. Die Finanzierungslücke können jedoch Risikokapitalgeber schließen, die häufig auf eine Branche spezialisiert sind und ausgewählten Unternehmen Eigenkapital auf Zeit zur Verfügung stellen. Durch ihre Spezialisierung verfügen sie über sektorspezifisches Know-how oder Netzwerke und sind auf diese Weise in der Lage, die Überlebenschancen junger innovativer Unternehmen zu erhöhen. Anders als Banken profitieren Risikokapitalgeber weniger von Zinsen, sondern partizipieren an der Unternehmensbewertung. Deren Ziel ist es, nach einer durchschnittlichen Haltedauer von fünf bis sieben Jahren die Unternehmensbeteiligung mit Gewinn zu veräußern.

Das Finanzierungsumfeld für IKT-Unternehmen hat sich zuletzt verbessert. Der IKT-Sektor konnte in einem deutlich überproportional großen Umfang Risikokapital anlocken. 2014 floss bereits jeder vierte Euro an deutschem Risikokapital in IKT-Unternehmen. Berlin hat sich zu einem Hotspot entwickelt und zog mehr als 37 Prozent aller Risikokapitalinvestitionen auf sich (BVK 2015: 15f.). Trotz dieses erfreulichen Trends befindet sich das Angebot an Risikokapital in Deutschland im weltweiten Vergleich der innovationsbasierten Volkswirtschaften weiterhin auf einem niedrigen Niveau. Zwar haben sich durch öffentliche Fördermaßnahmen, zum Beispiel den High-Tech Gründerfonds oder den INVEST-Zuschuss, die Rahmenbedingungen in der Frühphasenfinanzierung deutlich verbessert. Derzeit mangelt es aber an Kapital für die anschließende Wachstumsphase. Dem versucht die Bundesregierung mit einer neuen Gesetzesinitiative zu begegnen. Verschiedene Vor-

schläge und Maßnahmen werden derzeit in der Bundesregierung diskutiert. Darunter fällt eine weniger restriktive steuerliche Regelung zur Behandlung von Verlustvorträgen (§ 8 Körperschaftssteuergesetz KStG). Verlustvorträge können derzeit von einem Investor, der ein Unternehmen erwirbt, nicht übernommen werden. Diese restriktive Behandlung von Verlustvorträgen wirkt sich negativ auf die Bereitschaft von Risikokapitalgebern aus, in junge innovationsstarke Unternehmen zu investieren (EFI 2015: 34). Es bleibt abzuwarten, inwieweit es gelingt, steuerlich wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen für Risikokapitalgeber in Deutschland und durch Öffnungsklauseln zusätzliche Investitionsmöglichkeiten für Versicherungsgesellschaften und Pensionsfonds zu schaffen.

6.2 VERFÜGBARKEIT VON FACHKRÄFTEN

Für die Entwicklung, Einführung und Nutzung von Industrie 4.0 sind entsprechend qualifizierte Fachkräfte unverzichtbar. Das für jede dieser Phasen notwendige Fachwissen ist derzeit in Deutschland sehr hoch und rekrutiert sich überwiegend aus den sogenannten MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik). Die Expert_innen des World Economic Forum bescheinigen Deutschland eine hohe Qualität der mathematisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung im internationalen Vergleich (BMWi 2014: 49). Jedoch ist seit Jahren die Anzahl der Studienabgänger_innen in den MINT-Fächern geringer als die Nachfrage. Diese Entwicklung führt zu einem Fachkräftemangel in den für die Realisierung von Industrie 4.0 wichtigen Berufen, zum Beispiel der Elektrotechnik, Informatik und Softwareentwicklung. Es dauert derzeit über 110 Tage, um eine vakante Stelle in diesen Mangelberufen neu zu besetzen (Bundesagentur für Arbeit 2015: 7). Auch in nicht-akademischen technischen Berufen wie Mechatronik und Automatisierungstechnik herrscht ein Mangel, der eine zügige Umstellung hin zur vernetzten Produktion behindern könnte. Inwiefern dieser Engpass auch in Zukunft zu erwarten ist, ist noch unklar. Einerseits legen der demografische Wandel zum einen und eine steigende Nachfrage nach diesen Berufen zum anderen eine Fortsetzung oder sogar Verstärkung dieses Trends nahe. Andererseits steigt die Anzahl der MINT-Studierenden seit einigen Jahren. So haben sich die Studierendenzahlen von 2007 bis 2015 um ca. 50 Prozent erhöht und könnten für eine entsprechende Abmilderung des Fachkräftemangels sorgen. Dennoch wird es für mittelständische Unternehmen eine Herausforderung bleiben, sich gegenüber großen Konzernen und mittelständischen Mitbewerbern zu behaupten, wenn es um die Besetzung von vakanten Stellen in diesen Berufsfeldern geht. Für die Hochschulen besteht die Aufgabe darin, Studiengänge insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau sowie in der Informatik anzupassen und die Studiengänge für mehr Interdisziplinarität zu öffnen, um die notwendigen Kompetenzen im Umgang mit hybriden Industrie 4.0-Technologien zu stärken. Entsprechendes gilt für die Schulung der Belegschaften in den Unternehmen und für Ausbildungsberufe. Neue Berufsbilder, die Informations- und Produktionstechnik näher zusammenbringen, beispielsweise eine Ausbildung zum „Produktionsinformatiker“, sind in diesem Zusammenhang überlegenswert (Fraunhofer/IAO 2013: 126)

6.3 FLÄCHENDECKENDE BREITBAND-INFRASTRUKTUR

Schnelle und sichere Datenverbindungen sind eine Grundvoraussetzung für die Realisierung von Industrie 4.0. Die Breitbandversorgung in Deutschland ist im internationalen Vergleich zwar im oberen Mittelfeld anzusiedeln. Zu bedenken ist aber, dass die International Telecommunication Unit (ITU) bereits eine Übertragungsrate von mindestens zwei Megabit pro Sekunde als Breitbandverbindung definiert (BMWi 2014: 52). Diese Übertragungsgeschwindigkeit ist keinesfalls ausreichend, um eine unternehmensübergreifende internetbasierte Produktion zu organisieren oder nachgelagerte Dienstleistungen wie die Auswertung von Echtzeitdaten zu realisieren. Dafür sind stabile Hochleistungsübertragungswege über Glasfaserkabel erforderlich. Deutschland liegt mit einer Glasfaser-Quote von lediglich einem Prozent auf dem letzten Platz aller europäischen Länder (BMWi 2014: 50). Kleine und mittelständische Unternehmen, insbesondere des produzierenden Gewerbes, sind oftmals in ländlichen Regionen angesiedelt. Dort existieren nahezu keine schnellen Glasfaserkabel. Der Handlungsbedarf, die Glasfaser-Quote in kurzer Zeit zu steigern, um die Potenziale von Industrie 4.0 für den Mittelstand zu erschließen, ist entsprechend groß. Zwar soll nach den Plänen der Bundesregierung bis 2018 eine flächendeckende Breitbandversorgung von über 50 Megabit pro Sekunde zu Verfügung stehen. Dies wird aber nur mittels Vectoring-Technologie erreichbar sein. Hier handelt es sich um eine Technologie, die zumindest auf der Basis von Kupferkabeln nur als Zwischenlösung gelten kann, da die auf diese Weise erreichbaren Übertragungsgeschwindigkeiten zukünftig nicht ausreichen werden und der Vectoring-Effekt auf einer Kupferleitung mit zunehmender Leitungslänge abnimmt. Erschwerend kommt hinzu, dass derzeit nur ein einzelner Telekommunikationsanbieter eine solche Leitung anbieten kann. Dies würde den Wettbewerb und damit eine kosteneffiziente Breitbandversorgung gefährden. Der Glasfaserausbau ist nach Stand der heutigen Technik mittelfristig ohne Alternative. Ohne werden Smart Factories nicht Wirklichkeit werden. Daher sollte der Glasfaserausbau schnell angegangen werden.

6.4 ÖFFENTLICHE FÖRDERUNG

Die öffentliche Förderung konkreter 4.0-Projekte in Deutschland mit mindestens 450 Millionen Euro für einen Zeitraum von ca. fünf bis sieben Jahren ist bereits relativ umfangreich, so das Ergebnis einer aktuellen Analyse von agiplan/Fraunhofer/Zenit (2015: 34 ff.). Das Spektrum der geförderten Technologien kann insgesamt als breit angesehen werden. Gleichwohl lassen sich ausgehend von der Förderhöhe und der Anzahl der geförderten Projekte thematische Schwerpunkte in den Forschungsfeldern Autonome Systeme, Hardware-Entwicklung sowie Assistenz- und Visualisierungssysteme identifizieren. Auch Software-Entwicklungen werden in erheblichem Umfang gefördert. Allerdings, so die Autoren, sollte sich der Förderschwerpunkt bei der Softwareentwicklung hin zu interoperablen, offenen, nachhaltig nutzbaren und sicheren Software-Plattformen verschieben – beispielsweise einer Plattform für „Industrie 4.0 Apps“.

Insgesamt liegt der Einsatzbereich der geförderten 4.0-Technologien in der Produktion und weniger in den unterstützenden Aktivitäten wie Logistik, Instandhaltung und Produktentwicklung. Perspektivisch sollten diese angrenzenden Wertschöpfungsprozesse stärker in die Förderung einbezogen werden, um den einzel- und volkswirtschaftlichen Nutzen von Industrie 4.0 vollständig zu heben.

Die Förderprogramme richten sich überwiegend an kleine und mittelständische Unternehmen, ohne Großunternehmen auszuschließen. Die Antragstellung erfordert allerdings administratives Detailwissen. Dies und der Aufwand, Verbundforschungsprojekte zu organisieren, überfordert KMU oftmals. Möglichkeiten zur Vereinfachung in der Antragstellung sollten daher genutzt werden (agiplan/Fraunhofer/zenit 2015: 197). Ebenso sollten die vorhandenen Maßnahmen gebündelt und transparenter dargestellt werden. Und schließlich empfiehlt sich der Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis u.a. durch Demonstratoren und Prototypen.

Auf die letztgenannte Forderung hat die Politik bereits reagiert und die von agiplan/Fraunhofer/zenit (2015: 187 ff.) vorgeschlagenen Kompetenzzentren für Industrie 4.0 ausgeschrieben. Die fünf Kompetenzzentren sollen insbesondere die mittelständische Wirtschaft für Industrie 4.0 mobilisieren. Deren Hauptaufgabe wird es ab 2016 sein, Informations- und Beratungsangebote zu unterbreiten und Mittelständler bei der Implementierung neuer Industrie 4.0-Technologien zu unterstützen. Eine enge Zusammenarbeit mit relevanten Kammern und Verbänden soll den regionalen Zugang zu den Informationen gewährleisten und die Hemmschwelle der Unternehmen, sich mit der Thematik zu befassen, senken. Insgesamt ist die Politik auf einem guten Weg, mittelständische Unternehmen für das Thema Industrie 4.0 zu sensibilisieren und durch die genannten Maßnahmen Impulse zur Umsetzung zu liefern.

6.5 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Die im Zuge der Automatisierung erzeugten, gespeicherten, genutzten und übertragenen Daten werfen ebenso wie der Einsatz von neuen Anwendungstechnologien oder die Haftung für Produkte zahlreiche Rechtsfragen auf. Die sich ergebenden Sachverhalte sind zwar nicht unbedingt neu, können aber sehr komplex sein. Hinzu kommt, dass rechtlich notwendige Anpassungen nicht so schnell vollzogen werden können wie sich neue technologische Entwicklungen und Verfahren durchsetzen (Tschohl 2014: 220). Die Rechtsunsicherheiten verstärken sich überdies bei Vernetzung von mittelständischen Unternehmen mit ausländischen Unternehmen. Die Rechtsunsicherheit kann zwar durch entsprechende Vertragsgestaltung häufig deutlich reduziert werden, die Komplexität der zu regelnden Sachverhalte stellt aber für mittelständische Unternehmen, insbesondere solche ohne eigene Rechtsabteilung, ein Investitionshemmnis dar. Die rechtlichen Herausforderungen betreffen u.a. folgende Aspekte (vgl. Forschungsunion/acatec 2013: 62 ff.):

Schutz von Unternehmensdaten

Der unternehmensübergreifende Datenaustausch in der Produktion ermöglicht es Dritten, Einblick in Geschäftsstrategien

zu nehmen. Daher muss geklärt werden, wem die erzeugten Daten gehören und wer sie nutzen darf. Dort wo der gesetzliche Schutz aus Sicht der Unternehmen nicht ausreicht, können individuelle Verträge abgeschlossen werden. Allerdings kann eine hohe Anzahl abzuschließender Verträge zu einem unverhältnismäßigen Aufwand für das einzelne Unternehmen führen.

Haftung

Wer haftet für fehlerhafte Produkte? Durch die vernetzte Produktion ist ohne Implementierung entsprechender Regelungen zum Rückverfolgungsverfahren eine Zuordnung der Fehlerquelle nicht ohne weiteres möglich. Zudem wird vertraglich zu klären sein, wer und in welchem Umfang zum Schadenersatz verpflichtet ist, wenn fehlerhafte Daten von autonomen Systemen erzeugt oder Daten unberechtigt von Dritten ausgespäht werden.

Umgang mit personenbezogenen Daten

Zur Steuerung technischer Assistenzsysteme können personenbezogene Daten erhoben werden, für deren Schutz bzw. vertrauensvoller Einsatz garantiert werden muss.

Handelsbeschränkungen

Einzelne in Industrie 4.0 eingesetzte Systeme können internationalen Handelsbeschränkungen unterliegen. Ein Beispiel ist der Einsatz von Verschlüsselungstechniken, um die Sicherheit der Datenübertragung von CPS zu gewährleisten. Der Import von Kryptographie-Produkten aus anderen Ländern ist teilweise genehmigungspflichtig und der Export durch die EU beschränkt.

Mittelständische Unternehmen sollten für die rechtlichen Fragen, die mit Industrie 4.0 einhergehen, sensibilisiert und juristisch begleitet werden. In den Umsetzungsempfehlungen von Forschungsunion/acatec (2013, 2015) wird eine Unterstützung, insbesondere von KMU, in Form von praxisorientierten Leitfäden, Checklisten und Mustervertragsklauseln empfohlen. Zudem sind eine Harmonisierung des Datenschutzrechts sowie mittel- bis langfristig weltweit einheitliche Regelungen hinsichtlich Handelsbeschränkungen anzustreben.

Damit wird deutlich, dass bei der Förderung neuer Industrie 4.0-Technologien auch das Querschnittsthema Recht mitzudenken ist, um eine möglichst schnelle Verbreitung im Mittelstand zu realisieren. Wie bereits in dem vom BMWi geförderten Projekt „Autonomik und Industrie 4.0“ sollten andere Förderungen auch durch eine juristische Begleitforschung versehen werden. Hilgendorf (Essay in agiplan/Fraunhofer/Zenit 2015: 139 ff.) schlägt vor, praxisorientierte Industrie 4.0-Forschungsprojekte grundsätzlich auch auf relevante Rechtsfragen hin zu ergründen. Daran anknüpfend sollten praxistaugliche Lösungsstrategien entwickelt werden, die KMU als Referenzmodelle angeboten werden können.

7

FAZIT

Die wirtschaftlichen Potenziale einer vernetzten Produktion im Sinne von Industrie 4.0 sind bereits an den aktuell vorhandenen Basistechnologien deutlich erkennbar. Es ist abzu-sehen, dass die rasanten technologischen Weiterentwicklungen deutliche Produktivitätsfortschritte auch für zahlreiche kleinere Mittelständler eröffnen. Um diese zu realisieren, brauchen mittelständische Unternehmen flexible Organisationsstrukturen, da Unternehmensbereiche, die heute noch klar voneinander getrennt sind, zunehmend durchlässiger werden. Die Leitung mittelständischer Unternehmen ist also gefordert auszuloten, inwiefern ihre Produktpalette durch CPS smarter werden kann und welche neuen Geschäftsmodelle sich daraus ergeben. Smarte Produkte können Wertschöpfungsanteile vom Produktverkauf auf nachgelagerte Dienstleistungen ausweiten. Die sich daraus ergebenden Konsequenzen sollten sich in den strategischen Überlegungen der Mittelständler niederschlagen. Voraussichtlich werden Mittelständler zukünftig häufiger externe Expertise einbeziehen (müssen), sei es im Hinblick auf IT-Investitionsentscheidungen oder sei es zur Identifizierung relevanter technologischer Trends.

Andere mit Industrie 4.0 verbundene Herausforderungen können nur eingeschränkt von mittelständischen Unternehmen gemeistert werden. Ein entscheidender Faktor für die Verbreitung von Industrie 4.0 sind sichere, standardisierte bzw. normierte Schnittstellen. Der Normierungsprozess hat durch die Arbeit der DKE/DIN Normungsroadmap und das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) Fahrt aufgenommen. Damit die Interessen des Mittelstands berücksichtigt werden, wäre es hilfreich, wenn sich der Mittelstand in den derzeit laufenden Normierungsprozess verstärkt einbringen würde. Es ist zu hoffen, dass die Normierungsarbeit von DKE/DIN, gemeinsam mit internationalen Gremien, den Weg für offene internationale Standards ebnet. Gelingt dies nicht oder setzen sich nur ein oder zwei Großkonzerne mit ihren geschlossenen Standards durch, besteht für KMU die Gefahr, bedeutende Wertschöpfungsanteile an diese zu verlieren, da die Verfügbarkeit von Daten einen erheblichen Anteil der zukünftigen Wertschöpfung ausmachen wird.

Insgesamt sind die Rahmenbedingungen für Industrie 4.0 in Deutschland als überwiegend positiv zu beurteilen. Die Politik ist mit der Förderung von Industrie 4.0-Technologien

und Querschnittsthemen, mit Unterstützungsangeboten bei der Umsetzung sowie mit Sensibilisierungsmaßnahmen wesentliche Herausforderungen angegangen oder dabei, entsprechende Angebote zu implementieren. Ein Beispiel sind die geplanten Industrie 4.0-Kompetenzzentren, die anwendungsorientierte Forschung betreiben und gleichzeitig mit Netzwerkpartnern Beratungsangebote für den Mittelstand anbieten werden.

Das derzeit größte Defizit besteht im flächendeckenden Angebot von Breitbandverbindungen, die sehr hohe Übertragungsraten ohne Leistungsabfall gewährleisten. Dieses Problem betrifft insbesondere kleine mittelständische Unternehmen. Während Großunternehmen über Ressourcen verfügen, ihr Unternehmen notfalls selbst an eine leistungsfähige Internetinfrastruktur anzubinden, sind große Teile des Mittelstandes auf den Netzausbau durch die Telekommunikationsanbieter bzw. auf staatliche Fördermaßnahmen angewiesen. Ein zweiter wichtiger Handlungsstrang betrifft die Aus- und Weiterbildung. Um diese den Erfordernissen von Industrie 4.0 anzupassen, ist eine fächerübergreifende Verknüpfung der Curricula der relevanten Studiengänge nötig. Das bewährte duale Ausbildungssystem kann durch seine Verbindung von theoretischen Lerninhalten und zeitnaher praktischer Anwendung im Unternehmen die Transformation zur vernetzten Produktion in geeigneter Weise unterstützen. Jedoch werden die neuen Anforderungen Modifikationen von Ausbildungsordnungen erfordern, in denen die Inhalte aus der IT und der Produktionsarbeit miteinander verknüpft sind. Möglicherweise werden sich sogar neue Ausbildungsberufe herausbilden. Vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 wäre zu prüfen, inwieweit die öffentliche Förderung von Weiterbildung von Arbeitnehmer_innen weiter ausgebaut werden kann. Finanzielle Anreize könnten einen Beitrag dazu leisten, dass Arbeitnehmer_innen von sich aus ihre Qualifikationen in noch stärkerem Maße an zukünftige Anforderungen anpassen.

Literaturverzeichnis

Acatech Deutsche Akademie der Technikwissenschaften 2012: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems, München, http://www.digital-ist.de/pubRD/acatech_STUDIE_agendaCPS_Web_20120312_superfinal.pdf, (13.10.2015).

Agiplan; Fraunhofer IML; ZENIT 2015: Studie „Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand“, Mülheim an der Ruhr, <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/erschliessen-der-potenziale-der-anwendung-von-industrie-4-0-im-mittelstand,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (13.10.2015).

Bankenverband; BDI 2015: Positionspapier des Bankenverbands und des Bundesverbands der Deutschen Industrie zur Finanzierung von Industrie 4.0, Oktober 2015.

Bauernhansl, Thomas 2014: Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma, in: Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden, S. 5–35.

Berger, Roland 2014: Industry 4.0, The new industrial revolution, How Europe will succeed, München, http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_20140403.pdf (13.10.2015).

Bitkom/Prognos 2013: Digitale Arbeitswelt: Gesamtwirtschaftliche Effekte, Berlin, https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-Pls/2014/Februar/BITKOM-Studie_Digitale_Arbeitswelt__Gesamtwirtschaftliche_Effekte.pdf (13.10.2015).

BITKOM; Fraunhofer IAO 2014: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Berlin, http://www.its-owl.de/fileadmin/PDF/Industrie_4.0/2014-04-07-Studie_Bitcom_Wirtschaftliches_Potential_fuer_Industrie_4.0.pdf (13.10.2015).

Bonin, Holger; Gregory, Terry; Zierahn, Ulrich 2015: Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland, Endbericht, Kurzexpertise Nr. 57 für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim.

Brödner, Peter 2015: Industrie 4.0 und Big Data – wirklich ein neuer Technologieschub?, in: Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit, Baden-Baden, S. 231–250.

Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew 2014: The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies, New York.

Buhr, Daniel 2015: Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0, in: WISO Diskurs April 2015, Expertisen und Dokumentationen zur Wirtschafts- und Sozialpolitik, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.

Bundesagentur für Arbeit 2015: Der Arbeitsmarkt in Deutschland – Fachkräfteengpassanalyse Juni 2015, Nürnberg, <http://www.statistik.arbeitsagentur.de/Statischer-Content/Arbeitsmarktberichte/Fachkraeftebedarf-Stellen/Fachkraefte/BA-FK-Engpassanalyse-2015-06.pdf> (13.10.2015).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.) 2015: Memorandum der Plattform Industrie 4.0, Berlin, <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/M-O/memorandum-industrie-4-0,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (10.11.2015).

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) 2014: Monitoring-Report Digitale Wirtschaft 2014, Berlin, <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/monitoring-report-digitale-wirtschaft-2014-langfassung,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (13.10.2015).

BVK 2015: BVK-Statistik 2014, Berlin, http://www.bvkap.de/sites/default/files/page/20150223_bvk-statistik_das_jahr_in_zahlen2014.pdf (13.10.2015).

- Deutsche Bank Research 2014: Industrie 4.0, Upgrade des Industriestandorts Deutschland steht bevor, Frankfurt am Main, https://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD000000000328961.pdf (13.10.2015).
- Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) 2015: Gutachten zu Forschung, Innovation und Technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2015, Berlin, http://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten_2015/EFI_Gutachten_2015.pdf (20.10.2015).
- Experton Group 2014: Industrie 4.0, Status Quo und Entwicklungen in Deutschland, Ismaning.
- Finanzgruppe Deutscher Sparkassen- und Giroverband 2015: Diagnose Mittelstand 2015, Kreditfinanzierung vor Kapitalmarkt, Berlin, <http://www.dsgv.de/diagnosemittelstand/> (13.10.2015).
- Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; acatech 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0., Frankfurt am Main, https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf (13.10.2015).
- Forstner, Lisa; Dümmler, Mathias 2014: Integrierte Wertschöpfungsnetzwerke – Chancen und Potenziale durch Industrie 4.0, in: Elektrotechnik & Informationstechnik 131 (7), 199–201.
- Fraunhofer IAO 2013: Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0, Stuttgart, http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-Industrie_4_0.pdf (13.10.2015).
- Fraunhofer IPA: Strukturstudie 2014: „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“, Studie im Auftrag des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft Baden Württemberg, https://mfw.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mfw/intern/Dateien/Downloads/Industrie_und_Innovation/IPA_Strukturstudie_Industrie_4_0_BW.pdf (13.10.2015).
- Frey, Carl B.; Osborne, Michael A. 2013: The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?, http://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf (13.10.2015).
- GfK Enigma; DZ Bank 2014: Umfrage in mittelständischen Unternehmen zum Thema Digitalisierung – Bedeutung für den Mittelstand, im Auftrag der DZ Bank, https://www.dzbank.de/content/dam/dzbank_de/de/library/presselibrary/pdf_dokumente/DZ_Bank_Digitalisierung_Grafiken.pdf (13.10.2015).
- Gorecky, Dominic; Schmitt, Mathias; Loskyll, Matthias 2014: Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter, in: Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden, S. 525–541.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut 2014: Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt?, in: WISO direkt, Dezember 2014, Analysen und Konzepte zur Wirtschafts- und Sozialpolitik, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.
- Ingenics; Fraunhofer IAO 2014: Industrie 4.0 - Eine Revolution der Arbeitsgestaltung, Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden, Ulm, S. 19.
- Institut der deutschen Wirtschaft Consult (IW Consult); FIR 2015: Industrie 4.0-Readiness, im Auftrag der IMPULS-Stiftung des VDMA, Frankfurt, <http://www.impuls-stiftung.de/studien;jsessionid=D371AF8942274C06B67E99721D269ED4> (20.10.2015).
- Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) 2015: Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft, Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen, IAB-Forschungsbericht 8/2015, Nürnberg, <http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815.pdf> (23.10.2015).
- Mussbach-Witer, Ute; Schatz, Anja: Vertikale IT-Integration im Auftragsmanagementprozess: Aspekte der Aufgabenverteilung und des Informationsaustauschs zwischen ERP- und MES-Software, in: Software Markt, 1–6 (5), <http://www.it-matchmaker.com/public/downloads/1062.pdf> (10.11.2015).
- Ortman, Ulf; Guhlke, Bianca 2014: Konzepte zur sozial- und humanverträglichen Gestaltung von Industrie 4.0, Leitfaden Technologieakzeptanz des Technologie-Netzwerk Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe.
- Pfeiffer, Sabine; Suphan, Anne 2015: Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0, Working Paper 2015#1, Universität Hohenheim.
- Pierre Audoin Consultants 2015: IT Innovation Readiness Index 2015, Teil 1, <http://www.freudenberg-it.com/de/it-innovation-readiness-index-2015/teil-1-2015.html> (13.10.2015).
- PwC 2014: Industrie 4.0. Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution, <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf> (13.10.2015).
- Schröder, Christian 2015: Auf dem Weg zur vernetzten Wertschöpfung. Existiert eine Digitalisierungslücke im deutschen Mittelstand?, IfM Bonn: Denkpapier 02/15, Bonn, http://www.ifm-bonn.org/uploads/tx_ifmstudies/denkpapier_digitalisierung_2015.pdf (13.10.2015).
- Techconsult 2015: Business Performance Index BPI, BPI Fertigung 2015.
- Tschohl, Christof 2014: Industrie 4.0 aus rechtlicher Perspektive, in: Elektrotechnik & Informationstechnik 131 (7), 219–222.
- Wischmann, Steffen; Wangler, Leo; Botthof, Alfons 2015: Autonomik Industrie 4.0, Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0, Berlin, http://www.bmw.de/BMWi/Redaktion/PDF/F/industrie-4-0-volks-und_20betriebswirtschaftliche-faktoren-deutschland,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf (13.10.2015).

Impressum:

© 2016

Friedrich-Ebert-Stiftung

Herausgeber: Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik

Godesberger Allee 149, 53175 Bonn

Fax 0228 883 9205, www.fes.de/wiso

Bestellungen/Kontakt: wiso-news@fes.de

Die in dieser Publikation zum Ausdruck gebrachten Ansichten sind nicht notwendigerweise die der Friedrich-Ebert-Stiftung. Eine gewerbliche Nutzung der von der FES herausgegebenen Medien ist ohne schriftliche Zustimmung durch die FES nicht gestattet.

ISBN 978-3-95861-350-8

Titelillustration: © godruma – Fotolia.com

Gestaltung: www.stetzer.net

Druck: www.bub-bonn.de

