



ALLIANZ

Industrie 4.0

BADEN-WÜRTTEMBERG | 

Kurzstudie

Arbeit in der Industrie 4.0 in Baden-Württemberg

November 2017





Diese Studie entstand im Rahmen der Arbeitsgruppe Arbeit und Organisation der Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg.

Mitglieder der Arbeitsgruppe „Arbeit und Organisation“ der Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg

Prof. Dr. Prof. e. h. Wilhelm Bauer, Fraunhofer IAO, (Vorsitzender der AG)
Roman Zitzelsberger, IG Metall (Stv. Vorsitzender der AG)
Stefan Gryglewski, Trumpf GmbH & Co. KG
Sebastian Henke, OPTIMA packaging group GmbH
Dr. Constanze Kurz, Robert Bosch GmbH
Christa Lang, IG Metall
Dr. Katharina Mattes, VDMA, Koordinierungsstelle Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg
Claus Mayer, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau
Karen Ossmann, Robert Bosch GmbH
Dr. Paula Schliessler, Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau
Dr. Ulrich Schnabel, Fraunhofer IAO
Dr. Martin Schwarz-Kocher, IMU-Institut
Kai Schweppe, Südwestmetall

Gefördert durch das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU



ALLIANZ

Industrie 4.0

BADEN-WÜRTTEMBERG |

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Schlund
Technische Universität Wien, Theresianumgasse 27, A-1040 Wien,
Tel.: +43 664 / 60588-2401, sebastian.schlund@tuwien.ac.at

Dr. Ulrich G. Schnabel,
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation Stuttgart IAO
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart, Tel.: +49 711 / 970-2265,
ulrich.schnabel@iao.fraunhofer.de

Dr. Thomas Stahlecker
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung Karlsruhe
Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe, Tel.: +49 721 / 6809-173
thomas.stahlecker@isi.fraunhofer.de

Dr. Martin Schwarz-Kocher
IMU Institut GmbH Stuttgart
Hasenbergstr. 49, 70176 Stuttgart, Tel.: +49 711 / 23705-0
mschwarz-kocher@imu-institut.de



Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
Die Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg	6
1 Hintergrund	7
2 Ausgangssituation	8
2.1 Industrie 4.0-Technologien – ein kurzer Überblick	9
2.2 Industrie 4.0 in Baden-Württemberg im Kontext der aktuellen Diskussionen	11
2.3 Ausgangsbedingungen und volkswirtschaftliche Potenziale Baden-Württembergs	12
3 Erwartete Veränderungen industrieller Arbeit	15
3.1 Auswirkungen auf Arbeitsplätze und Beschäftigung	15
3.2 Transformation und Umsetzungsgeschwindigkeit	18
3.3 Wandel von Arbeitstätigkeiten	19
3.4 Flexibilität von Arbeitszeit und Arbeitsort	21
3.5 Veränderte und neue Arbeitsformen	21
3.6 Qualifikationsanforderungen und Kompetenzprofile	23
3.7 Führung	24
3.7.1 Führung in der Industrie 4.0	25
3.7.2 Führungskompetenzen in der Industrie 4.0	26
3.7.3 Führungs- und HR-Instrumente in der Industrie 4.0	27
3.7.4 Programme zur Entwicklung der Führung 4.0	28
3.8 Umgang mit personenbezogenen Daten	28
4 Implikationen für Beteiligung	30
4.1 Industrie 4.0 – Substitution oder Ermächtigung menschlicher Kompetenzen?	30
4.2 Direkte Beschäftigten-Beteiligung im disruptiven technologischen Wandel	31
4.3 Kollektive Mitbestimmungsgremien als Gestaltungsakteure	34
5 Handlungsempfehlungen für Baden-Württemberg	36
6 Literaturverzeichnis	38



Abkürzungsverzeichnis

BDSG	Bundesdatenschutzgesetz
BetrVG	Betriebsverfassungsschutzgesetz
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
CPPS	Cyber-Physical Production Systems (Cyber-physische Produktionssysteme)
CPS	Cyber-Physical Systems (Cyber-physische Systeme)
ESF	Europäischer Sozialfonds
FuE	Forschung und Entwicklung
GPS	Ganzheitliche Produktionssysteme
HR	Human Resources
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IP	Internet Protocol
IT	Informationstechnik
KI	Künstliche Intelligenz
KMU	Kleine und mittelständische Unternehmen
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
MbO	Management by Objectives



Die Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg

Die Allianz Industrie 4.0 ist ein vom Land Baden-Württemberg initiiertes und gefördertes Netzwerk. Gemeinsam mit unseren Partnerorganisationen bündeln wir die Kompetenzen aus Produktions- sowie Informations- und Kommunikationstechnik und begleiten den industriellen Mittelstand in Richtung Industrie 4.0.

Mit unseren Netzwerkpartnern aus Unternehmen, Einrichtungen der angewandten Forschung, Verbänden, Kammern und Sozialpartnern streben wir an, Baden-Württemberg als weltweit führende Region für Industrie 4.0-Technologien zu etablieren.

Kleine und mittlere Unternehmen spielen dabei eine entscheidende Rolle und stehen im Fokus unserer Arbeit. Durch die enge Vernetzung der beteiligten Branchen- und Technologiefelder sollen diese in besonderem Maße von der Allianz profitieren. Um dieses Ziel zu erreichen, unterstützen und stärken wir durch ein umfassendes Maßnahmenbündel die unmittelbare Zusammenarbeit aller Akteure.

Dabei kann auf die traditionellen Stärken unserer Betriebe zurückgegriffen werden: Als „Fabrikarüster der Welt“ sind baden-württembergische Betriebe bereits heute führend im Maschinen- und Anlagenbau sowie bei auf die Industrie ausgerichteten Informations- und Kommunikationstechniken. Nun gilt es diese gewachsenen Partnerschaften weiter auszubauen und zu vernetzen.

Eine ausführliche Darstellung der Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg sowie aktuelle Informationen finden Sie auf der Internetseite www.i40-bw.de.



1. Hintergrund

Digitalisierung und Vernetzung verändern unser Leben, unsere Wirtschaft und immer mehr auch unsere Arbeit.

Viele Bereiche unseres Alltags sind bereits heute stark durch Informations- und Kommunikationstechnologien geprägt. Mobiles Internet, Smartphones, Cloud und verteilte Zusammenarbeit haben dabei in den letzten Jahren zu großen Veränderungen geführt. Eine Abschwächung der Entwicklung ist nicht in Sicht. Vielmehr wird eine weitere Dynamisierung in der Industrie erwartet. Der Einsatz des Internets der Dinge, mobiler Vernetzung und flexibler Robotik werden ganze Wertschöpfungsketten neu ausrichten.

Die globale Dimension dieses Wandels zeigt sich durch vereinfachte Möglichkeiten, weltweite Absatzmärkte zu erschließen ebenso wie über einen verschärften weltweiten Standortwettbewerb. Das von der Bundesregierung ausgerufene Zukunftsprojekt Industrie 4.0 hat deshalb zum Ziel, Deutschland als Leitanbieter und Leitmarkt digitaler Vernetzung und Automatisierung zu positionieren. Dies bietet eine Chance für die mittelständisch geprägte, exportorientierte Industrie, sich weltweit nachhaltig als Vorreiter neuer innovativer Lösungen aufzustellen.

Der erwartete Wandel wird auch Auswirkungen auf unsere Arbeitswelt haben. Folgende Fragen stehen heute im Mittelpunkt des Interesses:

Kernfragen der Studie:

Wie sehen die Konsequenzen von Industrie 4.0 für die zukünftige Arbeitswelt aus?

Welche Chancen und Gefahren lassen sich für die beteiligten Akteure absehen?

Was müssen wir heute tun, damit Arbeit in einer Industrie 4.0 weiterhin gut, auskömmlich und motivierend bleibt?

Seit April 2015 diskutieren Fachexperten und -expertinnen im Rahmen der Arbeitsgruppe Arbeit und Organisation der Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg Themenfelder, Entwicklungsrichtungen und Szenarien einer zukunftsfähigen Arbeitsgestaltung. Die vorliegende Studie führt die Ergebnisse zusammen und verortet sie im Kontext der aktuellen Debatten.

Weiterhin ist es Ziel der folgenden Ausführungen, aktuelle Leitfragen und Hauptthesen für die zukünftige Entwicklung in eine Positionierung für Baden-Württemberg einzuordnen. Damit erhalten insbesondere kleine und mittlere Unternehmen Hilfestellung für ihre strategische Ausrichtung im Themenfeld Arbeit und Industrie 4.0.

Zusammenfassend verfolgt die Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg mit dem vorliegenden Dokument das Ziel, den notwendigen Dialog zur zukunftsfähigen Gestaltung unserer Arbeitswelt anzuregen. Dies betrifft sowohl die Ebene der betrieblichen Umsetzungen als auch die des gesamtgesellschaftlichen Diskurses.



2. Ausgangssituation

Die fortschreitende Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) hat dafür gesorgt, dass mittlerweile in weiten Teilen der Industrie leistungsstarke und günstige eingebettete Systeme, Sensoren und Aktoren zur Verfügung stehen. Unter dem Schlagwort ‚Industrie 4.0‘ wird deren Einsatz in einem Produktionsumfeld diskutiert, das aus intelligenten, sich selbst steuernden Objekten besteht. Diese vernetzen sich zur Erfüllung von Aufgaben temporär. In diesem Zusammenhang wird häufig auch von Cyber-physischen Systemen¹ (CPS) und Cyber-physischen Produktionssystemen² (CPPS) gesprochen. Anwendungsfelder finden sich vor allem in der Automatisierung, Robotik, Produktionsorganisation und der Mensch-Maschine-Interaktion. In der Vision der vollständig vernetzten Industrie 4.0 steuern sich Aufträge selbstständig durch ganze Wertschöpfungsketten, buchen ihre Bearbeitungsmaschinen und ihr Material und organisieren ihre Auslieferung zum Kunden.

Unter dem Begriff ‚Industrie 4.0‘ fasst man heute neue Technologien zusammen, die es möglich machen, nicht nur Menschen und Maschinen, sondern auch Dinge über das Internet miteinander zu vernetzen. Das »Internet of Things – Internet der Dinge« hält somit Einzug in die industrielle Wertschöpfung. Diese Vernetzung findet in Echtzeit und über Unternehmensgrenzen hinweg statt.

Die durchgängige Vernetzung erlaubt es Herstellern, schneller und flexibler auf Kundenwünsche zu reagieren oder Produktion und Logistik enger miteinander zu verzahnen. So können Lagerregale über Sensoren den jeweiligen Lieferanten beispielsweise melden, welches Fach wann und mit welchem Material aufgefüllt werden muss.

Der beschriebene Wandel beschränkt sich nicht nur auf das Verarbeitende Gewerbe. Die zugrundeliegenden Technologien und Anwendungen werden voraussichtlich unsere gesamte Arbeitswelt wesentlich verändern – in Fabrik, Büro, Handel, Versicherung, Verwaltung und im Handwerk. Mittlerweile hat die Diskussion um die Möglichkeiten intelligenter Vernetzung alle Bereiche der Wertschöpfung erreicht – „4.0“ ist zur Kennung für den erwarteten technologischen Wandel geworden. „Wirtschaft 4.0“ geht somit weit über die Industrie hinaus bis zur Programmatik zukunftsgewandter Technologiepolitik.

Möglich gemacht wird die Vernetzung dieser dezentralen, intelligenten Systeme durch die flächendeckende und bezahlbare Verfügbarkeit der technischen Infrastruktur in Form industriell einsetzbarer (Funk-)Internetverbindungen. Logisch werden die Systeme durch die konsequente Anwendung von dezentralen Steuerungsprinzipien wie Multiagentensystemen gekoppelt. Dies ermöglicht die Integration von realer und virtueller Welt. Produkte, Geräte und Objekte mit eingebetteter Software wachsen bei Industrie 4.0 zu verteilten, funktionsintegrierten und rückgekoppelten Systemen zusammen.

Auch die Arbeit in Büros und Dienstleistungsbereichen wird zukünftig ihren Charakter verändern. Die technischen Möglichkeiten führen dazu, dass Information und Wissen höchst effizient gesucht, erzeugt und mit anderen ausgetauscht werden können. Die Vernetzung und Beschleunigung von Arbeitsprozessen wird weiter zunehmen. Ursache dafür ist nicht nur die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit im globalen Kontext. Vor allem jüngere Menschen treiben Vernetzung als Teil ihrer Lebenswirklichkeit voran und werden dies auch als Beschäftigte und Kunden einfordern.

¹ Cyber-Physical Systems (CPS): CPS umfassen eingebettete Systeme, Produktions-, Logistik-, Engineering-, Koordinations- und Managementprozesse sowie Internetdienste, die mittels Sensoren unmittelbar physikalische Daten erfassen und mittels Aktoren auf physikalische Vorgänge einwirken, mittels digitaler Netze untereinander verbunden sind, weltweit verfügbare Daten und Dienste nutzen und über multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen verfügen. Cyber-Physical Systems sind offene soziotechnische Systeme und ermöglichen eine Reihe von neuartigen Funktionen, Diensten und Eigenschaften. (acatech, 2013)

² Cyber-Physical Production Systems (CPPS): Anwendung von Cyber-Physical Systems in der produzierenden Industrie und somit die Befähigung zur durchgängigen Betrachtung von Produkt, Produktionsmittel und Produktionssystem unter Berücksichtigung sich ändernder und geänderter Prozesse. (acatech, 2013)



Die Entwicklungen eines immer virtuelleren Zusammenlebens und Arbeitens erfordern allerdings flankierende Maßnahmen und neue Angebote in der Arbeitsgestaltung, um schädigende Auswüchse einer physischen und psychischen Beanspruchung zu vermeiden.

2.1 Industrie 4.0-Technologien – ein kurzer Überblick

Unter dem Begriff Industrie 4.0 werden neue Technologien zusammengefasst, die es ermöglichen, Menschen, Maschinen und Objekte über das Internet miteinander zu vernetzen. Das Internet der Dinge hält somit Einzug in die industrielle Wertschöpfung. Diese Vernetzung findet in Echtzeit und über Unternehmensgrenzen hinweg statt. Auf der technischen Seite bilden CPS die Grundlage der Industrie 4.0. Diese über IP-Adressen vernetzten Objekte mit eingebetteter Hard- und Software interagieren mit ihrer Umwelt in einer Kommunikationsinfrastruktur des Internets der Dinge und Dienste.

Eine Vielzahl zugrundeliegender Technologien der intelligent vernetzten Digitalisierung und Automatisierung industrieller Prozesse wird vom Begriff Industrie 4.0 umfasst. Abbildung 1 stellt die Relevanz einzelner Technologien und Technologiebündel im Kontext der Industrie 4.0 dar. Die Bedeutung der einzelnen Felder dieses ‚Technologie-Kosmos‘ steigt mit zunehmender Nähe zum Mittelpunkt der Darstellung bzw. mit der Größe des jeweiligen Kreises.

Von zentraler Bedeutung sind Themen aus den fünf zentralen Technologiefeldern Software- und Systemtechnik, Kommunikationstechnologie, Eingebettete Systeme, Smart Factory und Mensch-Maschine-Schnittstelle. Wie die Abbildung zeigt, ist eine trennscharfe Abgrenzung der zum Themenfeld Industrie 4.0 gehörigen Technologien schwierig bis unmöglich.

Industrie 4.0 bezeichnet keine Neuentwicklung technologischer Innovationen, sondern die zielgerichtete Anwendung bestehender Technologien aus dem Internet der Dinge. Der Einsatz der Technologien findet mitnichten isoliert statt, sondern erfolgt im Rahmen allgemeiner Entwicklungen, welche die Geschwindigkeit des Technologieeinsatzes fördern oder hemmen. Auf allgemeiner Ebene sind dies gesellschaftliche Megatrends, welche die industrielle Produktion beeinflussen. Neben Digitalisierung und Vernetzung sind dies aktuell vor allem der demografische Wandel, die globale Wettbewerbssituation zwischen Freihandel und Protektionismus sowie die Marktdynamik neuer Wettbewerber im Zuge der Entwicklung digital getriebener Geschäftsmodelle.

Aktuelle interne Herausforderungen für Unternehmen bleiben auch im Zuge der Transformation zur Industrie 4.0 bestehen. Führung und Kultur in Unternehmen, Flexibilitätsbedarfe von Unternehmen und Mitarbeiter/innen, Kompetenzentwicklung im Spannungsfeld zwischen Fachkräftemangel und der Integration angelernter wie auch ungelerner Beschäftigungsgruppen in den Arbeitsmarkt sowie der Umgang mit Unterschiedlichkeit im Zuge einer ausgewogenen Diversity werden nach und nach in die Diskussion eingegliedert.

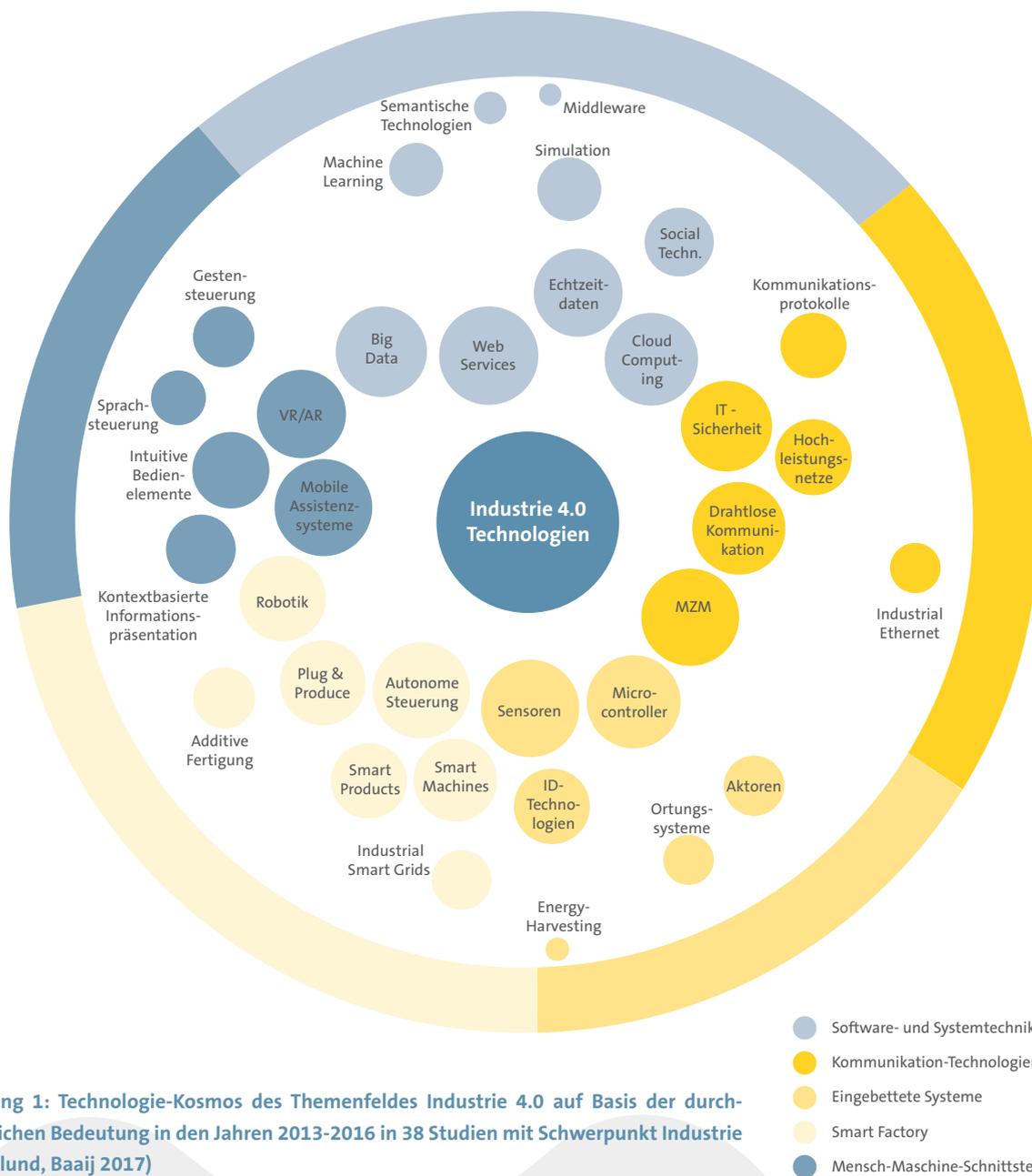


Abbildung 1: Technologie-Kosmos des Themenfeldes Industrie 4.0 auf Basis der durchschnittlichen Bedeutung in den Jahren 2013-2016 in 38 Studien mit Schwerpunkt Industrie 4.0 (Schlund, Baaij 2017)



2.2 Industrie 4.0 in Baden-Württemberg im Kontext der aktuellen Diskussionen

Industrie 4.0 ist ein technologisch getriebener Trend, der sich schwerlich auf einzelne Nationen oder gar Regionen beschränken lässt, sondern dessen Umsetzung Auswirkungen auf die betroffenen Wertschöpfungsnetzwerke haben wird. Diese sind vielfach international verwoben. Gleichwohl werden die Auswirkungen für Baden-Württemberg voraussichtlich anders aussehen als für viele andere Regionen. Die Ursachen dafür liegen in den spezifischen Merkmalen der industriellen und technologischen Ausgangssituation Baden-Württembergs begründet.

Die aktuell vorliegenden nationalen und internationalen Studien zum Thema Industrie 4.0 sind schwerpunktmäßig qualitativer Natur. Sie beschäftigen sich mit einzelnen Aspekten der „Inbetriebnahme“ von Industrie 4.0. Quantitative Studien nutzen demgegenüber unterschiedliche statistische Datenquellen³ und versuchen unterschiedliche Aspekte von Industrie 4.0 über Kennziffern und Indikatoren messbar und (räumlich) vergleichbar zu machen sowie zukünftige Entwicklungen und Potenziale abzuschätzen. Letzteres ist grundsätzlich mit hoher Unsicherheit verbunden, da Umfang und Richtung eines durch Industrie 4.0 getriebenen Wandels nicht vorhergesehen werden können.

Die vorliegenden indikatorbasierenden Studien fokussieren beispielsweise auf die Abschätzung volkswirtschaftlicher Potenziale⁴ oder auf Beschäftigungseffekte des technologischen Wandels sowie auf Auswirkungen für zukünftige Berufe, Qualifikationen und Tätigkeiten⁵. Bei den verwendeten Kennziffern handelt es sich in der Regel um die gängigen Forschungs- und Entwicklungs- und Innovationsindikatoren, Indikatoren zu Beschäftigungs- und Umsatzentwicklung⁶, Patentindikatoren zur Abschätzung technologischer Potenziale oder um Indikatoren zu Berufen und Qualifikationsniveaus.

Bei Unterscheidung nach räumlichen Aspekten handelt es sich beim Gros der Studien um Analysen zu den Strukturen, Potenzialen und Effekten durch Industrie 4.0 in einzelnen Ländern⁷. Für Baden-Württemberg existieren bisher nur sehr wenige Analysen, die die volks- und betriebswirtschaftlichen Effekte quantitativ prognostizieren. Auf regionaler Ebene sei für Deutschland insbesondere auf die Studien des IAB⁸ hingewiesen sowie für Baden-Württemberg weiterhin auf die Analysen aus dem Projekt „Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg“⁹ und die Strukturstudie „Industrie 4.0 für Baden-Württemberg“¹⁰.

³ in der Regel öffentlich zugängliche Datensätze, zum Teil aber auch eigene Erhebungen

⁴ McKinsey 2013, Roland Berger 2014, BITKOM/IAO 2014, PwC 2014

⁵ ZEW 2015, IAB 2015, IW 2015

⁶ basierend auf einer Abgrenzung von Wirtschaftszweigen, die als besonders Industrie 4.0 affin definiert wurden

⁷ vgl. Frey/Osborne 2013 für die USA; für Deutschland siehe oben, weiterhin: BIBB/GWS/IAB 2015, Brzeski/Burk 2015) oder einer Gruppe von Ländern (vgl. Arntz et al. 2016 für die OECD-Länder; Technopolis/Fraunhofer ISI 2015 für die EU

⁸ IAB 2016, IAB 2016a

⁹ Korge/Schlund/Marrenbach 2016

¹⁰ herausgegeben vom Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg und Fraunhofer IPA (2014).



2.3 Ausgangsbedingungen und volkswirtschaftliche Potenziale Baden-Württembergs

Prognosen zu volkswirtschaftlichen Potenzialen von Industrie 4.0 bauen auf einem aktuell hohen Entwicklungsstand bei der Automatisierung und Digitalisierung im produzierenden Gewerbe Baden-Württembergs auf. Dies gilt insbesondere für die Kernbranchen Automobilbau, Maschinenbau und Elektrotechnik. Sowohl im deutschen als auch im europäischen Vergleich zählt die Mehrzahl der baden-württembergischen Unternehmen zu den wettbewerbsfähigsten schlechthin.

Dies lässt sich sowohl an der dynamischen Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung in den vergangenen Jahren als auch an der Auswertung wichtiger Innovationsindikatoren festmachen. So belief sich die Forschungs- und Entwicklungs-Intensität im Jahr 2015 auf 4,9 %, womit Baden-Württemberg mit deutlichem Abstand noch vor Bayern (3,2 %) den ersten Rang im Bundesländervergleich belegt¹¹. Mit Blick auf die drei Kernbranchen entfielen im Jahr 2015 gut 42 % der deutschlandweit getätigten FuE-Aufwendungen im Kraftfahrzeugbau auf Baden-Württemberg sowie 26 % der internen FuE-Aufwendungen der Elektrotechnik und 34 % des Maschinenbaus. Diese drei Branchen vereinen zusammen 72,8 % der FuE-Aufwendungen des gesamten Wirtschaftssektors auf sich. Im Verhältnis zu Deutschland insgesamt wurde im Jahr 2015 fast ein Drittel der gesamten FuE-Aufwendungen der Wirtschaft in Baden-Württemberg investiert¹².

Mit Blick auf die technologischen Potenziale Baden-Württembergs spiegelt sich die Dominanz des Automobilbaus, des Maschinenbaus und der Elektrotechnik basierend auf Patentanmeldungen auch im technologischen Profil wider¹³: Im Verhältnis zu Deutschland ist Baden-Württemberg in den Bereichen

- Werkzeugmaschinen,
- Energiemaschinen,
- Fahrzeugbau,
- Metallprodukte,
- Elektrische Maschinen und Anlagen,
- Mess- und Regeltechnik,
- Allgemeine Maschinen sowie
- Spezialmaschinen

spezialisiert. Hinzu kommen vergleichsweise ausgeprägte Stärken in den Technologiefeldern Elektromobilität, Mikrosystemtechnik, optische Technologien, Produktionstechnologien und Umwelttechnologien. Eine Auswertung für Patentanmeldungen Baden-Württembergs auf dem Gebiet der computerimplementierten Erfindungen¹⁴, also solcher Erfindungen, die eine technologische Nähe zu Industrie 4.0 aufweisen, zeigt, dass ca. ein Drittel aller Patente dieses Merkmal aufweist und Baden-Württemberg bei diesem Indikator unter allen deutschen Bundesländern auf dem ersten Rang liegt¹⁵.

¹¹ Allein der Wirtschaftssektor Baden-Württembergs erreicht eine FuE-Intensität von 3,87 % (vgl. EFI 2017).

¹² Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2017

¹³ vgl. Fraunhofer ISI 2011

¹⁴ "Eine computerimplementierte Erfindung ist jede Erfindung, die auf einem Computer oder vergleichbaren Gerät implementiert wird, mittels eines oder mehrerer Computerprogramme realisiert wird und/oder mindestens ein neues, mit Hilfe von Computerprogrammen implementiertes Merkmal aufweist. Sie kann dabei entweder direkt IKT-relevante Lösungen zum Thema haben (z.B. Backups, Datenkompression) oder solche im Rahmen der Ansteuerung von Geräten oder Instrumenten indirekt beinhalten." (vgl. Neuhäusler et al. 2015)

¹⁵ vgl. Fraunhofer ISI 2016



Zu den erwarteten Potenzialen durch die Implementierung von Industrie 4.0 ist vor diesem Hintergrund festzuhalten, dass die Ausgangssituation in Baden-Württemberg zunächst positiv einzuschätzen ist. Allerdings können Richtung und Intensität der Entwicklung nicht von der zukünftigen Gesamtentwicklung der drei angesprochenen Kernbranchen losgelöst betrachtet werden. So betonen die ausgewerteten Studien durchgängig die besondere Bedeutung von Industrie 4.0 für die Branchen Maschinenbau, Automobilbau, Elektro- und Elektronikindustrie, Informations- und Kommunikationsindustrie sowie die Prozessindustrie¹⁶.

Schätzungen des volkswirtschaftlichen Potenzials für Deutschland insgesamt gehen von 1,2 % jährlicher Steigerung der Bruttowertschöpfung durch Industrie 4.0 im Zeitraum bis zum Jahr 2025 bzw. bis zu 2,5 % jährlicher Umsatzsteigerung aus. In absoluten Zahlen ausgedrückt reichen die Prognosen für Deutschland von 20 Mrd. EUR jährliches Wachstum durch Industrie 4.0¹⁷ bis 30 Mrd. EUR¹⁸. Eine sehr grobe und optimistische Schätzung auf der Basis einer übergreifenden Definition von Industrie 4.0 als „Internet der Dinge“ geht von einem jährlichen Potenzial von ca. 145 Mrd. EUR für Gesamtdeutschland aus¹⁹.

Bei der Einschätzung der Relevanz dieser Zahlen für Baden-Württemberg ist jedoch aufgrund methodischer Probleme Vorsicht geboten. So unterscheidet sich die Wirtschafts-, Beschäftigungs- und Qualifikationsstruktur von Baden-Württemberg erheblich vom gesamtdeutschen Mittelwert. Dies zeigt sich beispielsweise in:

- den Branchen- und Technologieschwerpunkten,
- besonders ausgeprägten Vorleistungs- und Zulieferverflechtungen (Clustereffekte)
- der Betriebsgrößenstruktur (Dominanz von Großunternehmen und eines großen Mittelstandes) sowie
- der überdurchschnittlichen Exportorientierung der baden-württembergischen Unternehmen.

Die Ausgangsbedingungen stellen sich in Baden-Württemberg somit anders dar als beispielweise in Berlin, Nordrhein-Westfalen oder Thüringen. Dennoch ist unstrittig, dass den genannten Branchen in Baden-Württemberg (sowie in Deutschland insgesamt) eine Schrittmacherfunktion bei der Digitalisierung der Wirtschaft zukommt. Überlagert wird dieser Prozess durch den derzeit noch nicht abschließend einzuschätzenden Strukturwandel der Automobilindustrie hin zu neuen Antriebstechnologien.

Vor diesem Hintergrund sind seriöse Aussagen zu möglichen volkswirtschaftlichen Effekten in den nächsten zehn Jahren mit extremer Unsicherheit behaftet. Dennoch können für Baden-Württemberg die Ausgangsbedingungen für eine verstärkte Hinwendung zu Industrie 4.0 folgendermaßen umrissen werden:

- In Baden-Württemberg dominieren Branchen, die zweifelsfrei eine Schrittmacherfunktion bei der Digitalisierung der Wirtschaft einnehmen und die bereits heute auf einem sehr hohen Automatisierungs- und Digitalisierungsniveau agieren und absehbar weitere Anstrengungen Richtung Industrie 4.0 unternehmen.
- Die Weltmarktorientierung vieler Unternehmen in Baden-Württemberg erhöht den Wettbewerbsdruck der exponierten Unternehmen. Dies erhöht die Aufmerksamkeit und die Aufnahme globaler technologischer Trends und Innovationen. Aktuell betrifft diese Entwicklung Industrie 4.0- Lösungen und hier insbesondere die affinen Technologien im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik, die global entwickelt werden und ggf. bereits verfügbar sind.

¹⁶ z.B. Nahrungsmittel, Papier/Pappe, chemische Erzeugnisse, Glas/Glaswaren/Keramik, Metallerzeugung und Bearbeitung) für die Implementierung von Digitalisierungsaktivitäten (vgl. McKinsey 2013, Roland Berger 2014, BITKOM/IAO 2014, PwC 2014)

¹⁷ Roland Berger 2014

¹⁸ PwC 2014

¹⁹ McKinsey 2013



-
- Wirtschaft, Politik und Wissenschaft sind für das Thema Industrie 4.0 hoch sensibilisiert. Dies schlägt sich in entsprechenden FuE- und Innovationsschwerpunkten, Förderprogrammen und -initiativen sowie Publikationsanstrengungen der Wissenschaft nieder.
 - Die Relevanz von Industrie 4.0-Lösungen für den Mittelstand wird im Rahmen von Pilot- und Demonstrationsvorhaben besonders gefordert und gefördert.²⁰
 - Industrie 4.0 wird im Rahmen neuer Ausbildungs- und Studienschwerpunkte, Lernfabriken²¹ an beruflichen Schulen, neuen Berufsbildern sowie didaktischen Innovationen schwerpunktmäßig adressiert.
 - Aktuelle Schwächen Baden-Württembergs liegen im Bereich der IuK²²-Wirtschaft und insbesondere beim Gründungsgeschehen. Baden-Württemberg befindet sich bei den Gründungsaktivitäten der FuE-intensiven Industrien und der wissensintensiven Dienstleistungen lediglich im Mittelfeld der deutschen Bundesländer.²³
 - Neue digitale Geschäftsmodelle spielen eine – gemessen an den Möglichkeiten Baden-Württembergs – untergeordnete Rolle. Bei der Einführung digitaler Geschäftsmodelle zeigt sich eine Polarisierung²⁴: Während viele KMU im Verarbeitenden Gewerbe den digitalen Wandel aktiv vorantreiben und so zu einer Spitzenstellung beitragen, gibt es eine ebenfalls große Gruppe an KMU, die abwartend agiert und die Herausforderungen der Digitalisierung und die Risiken für die eigene Geschäftstätigkeit durch digitale Geschäftsmodelle noch nicht richtig einschätzen kann.²⁵

²⁰ vgl. u.a. 100 Orte für Industrie 4.0 in Baden-Württemberg, Kompetenzzentrum Mittelstand 4.0 in Stuttgart

²¹ In den Lernfabriken werden die Schülerinnen und Schüler an die Bedienung von Anlagen auf der Basis realer Industriestandards herangeführt. (Vgl. <http://www.i40-bw.de/de/lernfabriken-4-0/>)

²² Informations- und Kommunikationstechnik

²³ vgl. EFI-Gutachten 2017 Die Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI) betont in ihrem jüngsten Gutachten 2017 den generellen Digitalisierungsrückstand bei KMU in Deutschland und konstatiert absehbar erhebliche Probleme für den Großteil der KMU, wenn es um den Einsatz von internetbasierten Technologien und neuen Geschäftsmodellen geht.

²⁴ Die Ergebnisse beziehen sich auf die Metropolregion Stuttgart im Vergleich zu anderen Metropolregionen in Deutschland.

²⁵ Fraunhofer ISI (2017): Geschäftsmodellinnovation – sind unsere KMU bereit für den digitalen Wandel? Analyse zur digitalen Innovationsfähigkeit kleiner und mittlerer produzierender Unternehmen und Industriedienstleister in der Metropolregion Stuttgart. Studie im Auftrag der IHK Region Stuttgart.



3. Erwartete Veränderungen industrieller Arbeit

Ausgehend von der erwarteten technologischen Entwicklung der unter der Überschrift ‚Industrie 4.0‘ subsummierten Technologien, kann davon ausgegangen werden, dass sich auch die Arbeit in den betroffenen Bereichen verändert. Insbesondere dann, wenn Digitalisierung und Automatisierung flächendeckend in industriellen Prozessen Anwendung finden, werden sich Arbeitsplätze und Arbeitstätigkeiten sowie die zugrundeliegende Arbeitsorganisation verändern. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass sich durch den Einsatz neuer Geschäftsmodelle Wertschöpfungsanteile verschieben werden und dadurch einzelne Standorte, Unternehmen und gesamte Branchen aber auch Jobprofile und Berufsgruppen unter erhöhten Veränderungsdruck geraten werden. Gleichzeitig bietet der technologische Wandel für jedes Unternehmen, jede gute Idee und jeden Einzelnen große Gestaltungschancen.

3.1 Auswirkungen auf Arbeitsplätze und Beschäftigung

Das IAB ist in zwei aktuellen Studien²⁶ der Frage nachgegangen, welche Berufe in Deutschland schon heute potenziell ersetzbar sind, wenn Tätigkeiten, die derzeit noch von Beschäftigten erledigt werden, demnächst von Computern übernommen werden. Vor diesem Hintergrund wurden sogenannte Substituierbarkeitspotenziale von Berufen berechnet, worunter der Anteil der Tätigkeiten in einem Beruf zu verstehen ist, der bereits heute von Computern oder computergesteuerten Maschinen erledigt werden könnte²⁷. Die Autoren beurteilen die einzelnen Kerntätigkeiten von Berufen danach, ob sie theoretisch von Computern oder computergesteuerten Maschinen erbracht werden könnten. Auf dieser Grundlage und unter Berücksichtigung der Beschäftigtenanteile der verschiedenen Berufssegmente erfolgte eine separate Auswertung für die deutschen Bundesländer. Nach der Einschätzung von Frey/Osborne bedeutet ein Substituierbarkeitspotenzial von über 70 % ein sehr hohes Risiko, durch Computer oder computergesteuerte Maschinen ersetzt zu werden²⁸. Fertigungsberufe besitzen nach dieser Argumentation das höchste Substituierbarkeitspotenzial, da neue computergesteuerte Fertigungstechnologien absehbar an Bedeutung gewinnen. Viele fertigungstechnische Berufe sind ebenfalls durch computergesteuerte Maschinen zunehmend ersetzbar.

Abbildung 2 beinhaltet die Berechnung der Substituierbarkeitspotenziale für die einzelnen Bundesländer. Der Zusammenhang zwischen Substituierbarkeitspotenzial und der Wirtschafts- und Berufsstruktur ist entscheidend für die Berechnung der Ergebnisse. Die Anteile von Beschäftigten in den fertigungs- und fertigungstechnischen Berufen bestimmen die Höhe des Substituierbarkeitspotenzials maßgeblich. Baden-Württemberg liegt bei diesen Berufsgruppen an vorderster Stelle; Berlin und Hamburg aufgrund ihrer starken Dienstleistungsorientierung an letzter Stelle.

Für die Interpretation der prognostizierten Zahlen ist darauf hinzuweisen, dass es sich um die Abschätzung eines Substituierbarkeitspotenzials handelt. Dieses ist nicht unmittelbar gleichsetzbar mit der Eintrittswahrscheinlichkeit der Substitution menschlicher Tätigkeiten durch Automatisierung und Digitalisierung.

²⁶ IAB 2015, IAB 2016

²⁷ Dengler/Matthes 2015a, 2015b

²⁸ Frey/Osborne (2013)



Berufssegment	Substituierbarkeitspotenzial in den Berufen ¹	Beschäftigtenanteile in den Bundesländern																
		D	BE	HH	MV	BB	SH	HE	HB	ST	NI	RP	BY	NW	SN	BW	TH	SL
Fertigungsberufe	73	8	3	4	5	7	6	6	5	8	8	8	9	9	10	10	11	11
Fertigungstechnische Berufe	64	12	7	9	8	10	10	11	14	10	12	12	14	11	13	16	13	14
Berufe in Unternehmensführung und -organisation	49	13	16	16	10	11	11	15	12	10	12	12	14	14	11	13	10	11
IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe	43	4	4	5	2	2	3	5	3	3	3	3	4	4	2	4	2	3
Unternehmensbezogene Dienstleistungsberufe	40	9	13	14	10	9	10	12	10	9	8	8	9	9	8	9	7	9
Land-, Forst- und Gartenbauberufe	38	2	1	1	4	3	3	1	1	3	2	2	1	1	2	1	2	1
Verkehrs- und Logistikberufe	37	10	6	10	9	12	10	10	14	11	10	10	9	10	9	9	10	9
Handelsberufe	36	10	10	10	9	9	11	10	9	9	10	10	10	10	9	10	9	9
Bau- und Ausbauberufe	33	6	6	4	8	8	7	5	5	8	7	7	6	5	7	5	7	6
Lebensmittel- und Gastgewerbeberufe	31	5	7	6	8	5	6	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4
Reinigungsberufe	22	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3
Medizinische und nicht-medizinische Gesundheitsberufe	22	10	11	9	12	11	12	9	10	12	11	11	10	11	11	9	11	11
Sicherheitsberufe	11	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Soziale und kulturelle Dienstleistungsberufe	7	8	11	7	9	8	8	7	8	9	7	8	7	8	9	7	8	7

Anmerkungen: □ = mindestens 2 Prozentpunkte unter dem Bundesdurchschnitt, ■ = mindestens 2 Prozentpunkte über dem Bundesdurchschnitt

Abbildung 2: Substituierbarkeitspotenziale in den Berufen und Berufsstruktur der Beschäftigten (2015, Anteile in Prozent)

Quelle: IAB 2016



Das Substituierbarkeitspotenzial ist des Weiteren vom Anforderungsniveau abhängig. Abbildung 3 zeigt das Substituierbarkeitspotenzial der Anforderungsniveaus Helfer, Fachkraft, Spezialist und Experte über alle Berufe. Es zeigt sich, dass sowohl Helferberufe als auch Fachkräfte einem deutlich höherem Substituierbarkeitspotenzial ausgesetzt sind als Spezialisten oder Experten. Das ähnlich hohe Niveau unqualifizierter Helfertätigkeiten und derer, die von Fachkräften ausgeübt werden, überrascht zunächst. Es ist jedoch damit zu erklären, dass Fachkräfte häufig Tätigkeiten ausführen, die sich automatisieren lassen, während Helfer zwar häufig einfache, aber Nicht-Routine-Tätigkeiten ausführen, die nur schwer automatisiert werden können.



Abbildung 3: Substituierbarkeitspotenziale nach Anforderungsniveau (Quelle: Dengler/Matthes 2015: Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt)

Dieses generelle Verhältnis variiert jedoch zwischen einzelnen Berufssegmenten: In Fertigungsberufen ist das Substituierbarkeitspotenzial von Fachkräften beispielsweise ähnlich hoch wie das der Helfer. In fertigungstechnischen Berufen liegt es im Fall von Fachkräften sogar über dem der Helfer. Noch ausgeprägter ist dieses umgekehrte Verhältnis im Fall von Bau- und Ausbauberufen. Dagegen zeigen etwa IT- und naturwissenschaftliche Dienstleistungsberufe ein eindeutig höheres Substituierbarkeitspotenzial im Fall von Helfertätigkeiten gegenüber den Tätigkeiten der Fachkräfte²⁹.

Grundsätzlich steigt die Betroffenheit in solchen Bundesländern und Regionen, in denen es einen hohen Anteil von Beschäftigten in solchen Wirtschaftsbereichen gibt, die Güter und Waren in Fabriken und Anlagen produzieren oder verarbeiten³⁰. Folgende Ergebnisse können für Baden-Württemberg festgehalten werden³¹:

- Der Anteil der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in einem der besonders gefährdeten Berufe variiert in den Bundesländern zwischen 8 % in Berlin und 20 % im Saarland. Der Anpassungsbedarf dieser Länder erscheint besonders hoch. Baden-Württemberg liegt hier bei 17 %.

²⁹ Dengler/Matthes 2015 Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt

³⁰ Vgl. IAB 2016

³¹ siehe IAB 2015, 2016



- In Baden-Württemberg sind rund 753.000 Beschäftigte von einem Substituierbarkeitspotenzial der Berufe größer als 70 % betroffen.
- Je größer die Bedeutung des Verarbeitenden Gewerbes ist, desto höher wird der Anteil der Berufe mit einem hohen Potenzial an substituierbaren Tätigkeiten.
- Bei großen Anteilen von Berufen mit hohem Substituierbarkeitspotenzial sind Helfertätigkeiten am stärksten betroffen. Bei niedrigen Anteilen liegt die Betroffenheit unter den Fachkräften und Spezialisten am höchsten.
- In Baden-Württemberg arbeitet jeder vierte Helfer in einem Beruf, der ein Substituierbarkeitspotenzial von über 70 % aufweist. Damit weist Baden-Württemberg den drittschlechtesten Wert unter allen Bundesländern auf.

3.2 Transformation und Umsetzungsgeschwindigkeit

Grundsätzlich ist darauf hinzuweisen, dass sich der Prozess der Veränderung höchstwahrscheinlich über einen Zeitraum von zehn bis 15 Jahren hinzieht und nicht losgelöst vom technologischen Wandel betrachtet werden kann, dem sich eine ganze Reihe von Industrien in Baden-Württemberg ohnehin ausgesetzt sieht. Begünstigt bzw. beschleunigt werden dürfte der Prozess durch eine „digitalisierungsaffine“ junge Generation sowie die weitere Expansion der Internetwirtschaft und IKT-Branche.

Trotz der dargestellten Zusammenhänge bleibt offen, ob eine Substitution von Berufen durch Automatisierung bzw. Digitalisierung im prognostizierten Ausmaß eintritt. Die Eintrittswahrscheinlichkeit ergibt sich demnach aus einem Bündel unterschiedlicher technologischer, betriebswirtschaftlicher und institutioneller Rahmenbedingungen. Für die tatsächliche Umsetzung technologisch getriebener Innovationen bestimmen Faktoren wie die Wirtschaftlichkeit und Qualität der Angebote, aber auch branchenbezogene Investitionszyklen, ob die Technologien von der Industrie angenommen werden³². Der Weg einer Technologie zur Umsetzung in die betriebliche Realität ist häufig lang und kostenintensiv und erfordert die Anpassung bestehender Prozesse. Nicht jede Technologie, welche die aktuelle Diskussion prägt, wird kurzfristig implementierungsreif entwickelt und von Unternehmen eingeführt. Die Durchdringung hängt maßgeblich davon ab, ob Technologien sich im produktiven Einsatz durchsetzen. Dies kann aus heutiger Sicht nicht eindeutig und abschließend prognostiziert werden. Zunächst ist Industrie 4.0 ein „Technologieversprechen“, das auf betrieblicher Ebene gestaltet werden muss und aus dem keine Automatismen der Gestaltung von Arbeit folgen³³.

Übergreifender Konsens besteht jedoch darin, dass der Einsatz von Digitalisierungstechnologien in den Unternehmen zunehmen wird und Arbeit und Arbeitsplätze dadurch substituiert werden.

Neben Verlusten an Arbeitsplätzen kann auch davon ausgegangen werden, dass, wie in der Vergangenheit auch, neue Arbeitstätigkeiten und Arbeitsplätze entstehen. Beispielsweise geht eine aktuelle Studie³⁴ davon aus, dass unter der Annahme, dass die Umsetzung von Industrie 4.0 eine neue Nachfrage nach Produkten generiert, bis 2025 über 490.000 bestehende Arbeitsplätze in Deutschland verloren gehen, jedoch auch 430.000 neue entstehen. Das Institut der deutschen Wirtschaft hat in einer Studie aus dem Jahr 2015 belegt, dass Unternehmen 4.0 in den nächsten 12 Monaten (=2016) mit einem deutlichen Mitarbeiteranstieg rechnen, wobei

³² Korge et al. 2016

³³ Pfeiffer 2016, Hirsch-Kreinsen 2016

³⁴ GWS/BIBB/IAB 2015



sich der Personalbedarf dieser Unternehmen insbesondere an Mitarbeiter/innen mit Hochschulabschluss und mit abgeschlossener Berufsausbildung richtet.

3.3 Wandel von Arbeitstätigkeiten

Die fortschreitende Nutzung vernetzter Digitalisierung und Automatisierung wird zu einer Verschiebung der Aufteilung der Arbeitsinhalte zwischen Mensch und Maschine führen. Diese Entwicklung erscheint hochgradig erwartbar, da sowohl manuelle als auch kognitive Tätigkeiten mehr und mehr von Robotern, Automaten, Rechnern und Algorithmen übernommen werden können. Fortschritte auf diesen Gebieten – vor allem im Bereich des Maschinellen Lernens und der mobilen Robotik – halten bereits heute mehr und mehr Einzug in die Fabriken und Büros in Baden-Württemberg. Damit einher geht eine Substitution dieser heute von Menschen durchgeführten Tätigkeiten. Aktuelle Studien zufolge betrifft dies zuerst einfache manuelle Routinetätigkeiten wie beispielsweise das Be- und Entladen von Werkzeugmaschinen, das Bestücken standardisierter Ladungsträger (beispielsweise Paletten), innerbetriebliche Transportvorgänge oder einfache Fügevorgänge (Einlegen von Dichtungen, Klebetätigkeiten). Immer mehr in den Fokus geraten zusätzlich auch Routinetätigkeiten aus dem kognitiven Bereich. Darunter fallen vor allem Tätigkeiten, für die heute der Begriff „Sachbearbeitung“ genutzt wird. So können intelligente Algorithmen beispielsweise verstärkt dispositive Tätigkeiten der Produktionssteuerung, Beschaffung und Organisation ersetzen. Ebenso bieten intelligent vernetzte Maschinen, Werkzeuge und Einzelteile großes Potenzial einer selbständigen Datenaufnahme und Datenauswertung bis hin zur automatischen Inventur. In Summe ist zu erwarten, dass Anteile der heute durch Mitarbeiter/innen ausgeführten Tätigkeiten durch Lösungen der Digitalisierung und Automatisierung übernommen werden.

Diese vorhersehbare Entwicklung ist jedoch eng mit einer Reihe von Randbedingungen verbunden, so dass sich das Eintreten tiefgreifender Substitutionseffekte – und vor allem der Eintrittszeitraum – momentan nur schwer prognostizieren lassen.

- **Die Automatisierung/Digitalisierung von Tätigkeiten muss nicht gleichbedeutend mit der Substitution des Arbeitsplatzes sein.** Im Gegensatz zum theoretischen Substitutionspotenzial zeigt der heutige Einsatz vernetzter Digitalisierungslösungen und insbesondere von Automatisierungsprojekten im Bereich Mensch-Maschine-Kollaboration, dass der heutige Tätigkeitszuschnitt zu vertretbaren Aufwänden häufig nicht komplett automatisiert werden kann. Tätigkeiten, die komplexere Sinneswahrnehmungen erfordern, beispielsweise die Handhabung biegeschlaffer Teile oder der „Griff in die Kiste“ oder auch Tätigkeiten, die in einer unstrukturierten Umgebung erfolgen (beispielsweise durch eine ungerichtete Materialbereitstellung) erfordern häufig größere Planungs- und Umsetzungsaufwände. Gleichzeitig wird heute im industriellen Umfeld erwartet, dass mindestens die derzeit gültigen Sicherheitsanforderungen erfüllt werden. In der Konsequenz entstehen bei der Inverkehrbringung, Zertifizierung und Nutzung neuer Systeme hohe Aufwände und Unsicherheiten. Um trotzdem wirtschaftliche Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen umzusetzen, verbleiben häufig Einzeltätigkeiten des bisherigen Prozesses bei Mitarbeiter/innen. Im Ergebnis erfordert dies neue Tätigkeitsverteilungen und -zuschnitte für die Mitarbeiter/innen, um eine wirtschaftliche Realisierbarkeit zu ermöglichen oder die Lösung verbleibt als technologische Innovation ohne wirtschaftliche Effekte im Einsatz. Letzteres mindert jedoch mittelfristig die Wettbewerbsfähigkeit eines Standorts, wenn nicht gleichzeitig andere Maßnahmen diesen Mehraufwand überwiegen. Als solche gelten heute häufig Ergonomieverbesserungen, Qualitätssteigerungen durch reproduzierbare Prozesse sowie



die Qualifizierung der Mitarbeiter/innen im Umgang mit neuen Technologien. Insbesondere die Aus-, Fort- und Weiterbildung der Beschäftigten stellt hier ein zentrales Handlungsfeld dar. So fördert Qualifizierung eine erfolgreiche Anpassung der Mitarbeiter/innen an neue und veränderte Arbeitsmittel, und -prozesse. Gleichzeitig werden die Chancen der Beschäftigten im Falle einer technologieinduzierten Verschiebung von Arbeitsplätzen in andere Wirtschaftssektoren erhöht. Eine erfolgreiche Qualifizierung erfordert einerseits zielgruppengerechte Angebote und die Möglichkeiten, diese wahrzunehmen, andererseits aber auch die Bereitschaft der Mitarbeiter/innen, diese auch zu nutzen und sich weiterzuentwickeln.

- **Der Einsatz wirtschaftlicher Automatisierung und Digitalisierung ist hochgradig abhängig von der Entwicklung der Markt- und Kundenanforderungen.** Gerade vor dem Hintergrund der aktuell sehr erfolgreichen Strategie vieler baden-württembergischer Unternehmen, kundenindividuelle Produkte in variantenreicher Einzel- und Kleinserienfertigung herzustellen, stellt sich die Frage nach dem wirtschaftlichen Einsatz neuer Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen. Die zunehmend anspruchsvolleren Erwartungen an immer kürzere und eingehaltene Lieferzeiten führen zu steigenden Flexibilitätsanforderungen an die Materialbereitstellung, Maschinen und den Personaleinsatz. Diese Entwicklungen erschweren die wirtschaftliche Umsetzung neuer Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen und sorgen dafür, dass sich Arbeitstätigkeiten dahingehend wandeln, dass ihre anforderungsgerechte Abforderung viel stärker von externen Erfordernissen der Kunden als von den internen Kapazitäts- und Einsatzplanungen der Unternehmen beeinflusst wird.
- Eng verknüpft mit den beiden ersten Randbedingungen stellt sich bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Lösungen die grundsätzliche Frage, welche **Rollenaufteilung zwischen Mensch und Maschine** angestrebt wird. Neben der Zielsetzung der Substitution gesamter Tätigkeiten und Arbeitsplätze dient im alternativen Digitalisierungskonzept „Assistenz“ die Maschine als verlängerter Arm des Menschen und Digitalisierung stellt ein Werkzeug dar, welches den Menschen unterstützt.³⁵ Bei dieser Entwicklungsrichtung liefern die neuen Technologien dem Menschen eine unterstützende Entscheidungshilfe. Tätigkeiten verändern sich in Richtung Überwachung und Steuerung. Die Menschen übernehmen Aufgaben wie Prozessoptimierungen und Störungsbeseitigungen. Das bedeutet, dass Beschäftigten in der Produktion ein wesentlich höheres Kontingent an Entscheidungen zukommt als bei der Substitution. Auch im Konzept der Assistenz werden heutige menschliche Tätigkeiten in Teilen ersetzt, beispielsweise mit dem Ziel, monotone oder körperlich anstrengende Tätigkeiten auf ein Minimum zu reduzieren.

Trotz aller Veränderungen durch Digitalisierung und weitere Automatisierung bleiben zukünftige Arbeitssysteme in Fabrik und Büro auch weiterhin soziotechnische Systeme. Die darin tätigen Mitarbeiter/innen übernehmen auch in diesem flexiblen und vernetzten Umfeld unterschiedliche Rollen. Als Sensoren schließen sie Lücken bestehender Technik und erfassen komplexe Situationen schnell und umfassend. Als Entscheider lösen sie Konflikte vernetzter Objekte und greifen, mit digitalen Hilfsmitteln ausgestattet, in zeitkritische Abläufe ein. Als Akteure bearbeiten Mitarbeiter/innen hoch komplexe und unregelmäßig anfallende Arbeitsaufgaben. In der Rolle von Innovatoren und Prozessoptimierern sind sie auch in Zukunft an der Weiterentwicklung der industriellen Wertschöpfung aktiv beteiligt³⁶.

³⁵ Vgl. Korge et al. 2016

³⁶ Vgl. Spath et al. 2013



3.4 Flexibilität von Arbeitszeit und Arbeitsort

Ausgestattet mit mobilen Geräten arbeiten Mitarbeiter/innen immer mehr mit einer hohen zeitlichen, räumlichen und inhaltlichen Flexibilität an unterschiedlichen Aufgaben. Die gewünschte Flexibilität bei freier Wahl des täglichen Arbeitsortes kann dabei unterschiedliche Ausprägungen haben. So kommen zunehmend Modelle wie alternierende Telearbeit, Satellitenbüros und Coworking-Center zum Einsatz. Mobile Arbeitsformen werden bei ersten Unternehmen fest in die Arbeitsorganisation integriert. Auch im produzierenden Bereich steigen die Flexibilitätsmöglichkeiten, sodass neben flexiblen Arbeitsorten (Verleihung über Arbeitsplätze, Linien, Standorte) auch Gleitzeit in der Produktion in Zukunft ein relevantes Thema wird.

Neben massiv zunehmenden marktseitigen Anforderungen an einen flexiblen Personaleinsatz (Volatilität, Flexibilität) entstanden in den letzten Jahren verstärkt auch von Seiten der Mitarbeiter/innen neue Ansprüche an flexibles Arbeiten und eine bessere Vereinbarkeit von Arbeits- und Freizeit (häufig als „Work-Life-Balance“ bezeichnet). Flexibilität ist längst nicht mehr nur ein betriebliches Instrument zur Erzielung hoher Produktivität. Umfragen zeigen, dass Mitarbeiter/innen heute mit Flexibilität aktiv umgehen und in dieser auch persönliche Vorteile sehen, wenn sie nicht nur betriebsbedingt, sondern auch individuell abrufbar ist.³⁷

Dabei steht der Bedarf an einer kurzfristigen und selbstbestimmten Anpassung der eigenen Arbeitszeiten an private Belange im Sinne der Work-Life-Balance und des Trends zur Selbstorganisation besonders im Vordergrund. Die Möglichkeiten hierfür sind gerade in schlank organisierten Unternehmen mit flussorientierten Produktionssystemen und taktgebundener Arbeit eingeschränkt. Diese erfordern starre Besetzungen und machen es den Beschäftigten damit organisatorisch schwer, ihre persönliche Arbeitszeit mit privaten Belangen zu vereinbaren.

Digital vernetzte Arbeitssysteme lassen hier einen größeren Spielraum zur Umsetzung individueller Flexibilitäten zu. Neben dem grundsätzlichen Angebot von Instrumenten zur Vereinbarkeit von beruflichen und privaten Aktivitäten ermöglichen sie die Selbstorganisation der Mitarbeiter/innen in erheblich gesteigertem Maße. Durch die erweiterten Lösungsoptionen der Industrie 4.0 können hier neue Möglichkeiten für flexibles Arbeiten auf Basis vernetzter Mitarbeiter/innen und digital unterstützter Prozesse realisiert werden³⁸.

3.5 Veränderte und neue Arbeitsformen

Die vierte industrielle Revolution beschreibt technische Entwicklungen zu einer deutlich stärker vernetzten Welt und zu intelligenten Technologien, die neue und andersartige Anforderungen an den Menschen und sein Arbeitsvermögen stellen werden. Dies gilt sowohl für den kreativen Planungsprozess im Rahmen der Anforderungserhebung, des Produktdesigns und der Produktentwicklung (virtuelle Welt), als auch für die eher operativ geprägten Arbeitsprozesse der Industriearbeit (reale Welt). Ausgangspunkt für die Einführung von Industrie 4.0-Anwendungen in Unternehmen ist die wirtschaftliche Prozessgestaltung und -optimierung. Dabei ist darauf zu achten, dass die Beschäftigten im Zentrum stehen und in reale Abläufe aktiv und mit systemseitiger Unterstützung eingreifen können³⁹.

Seit Beginn der ersten industriellen Revolution vor rund 200 Jahren entsteht mit der Industrie 4.0 der höchste Grad an Komplexität.

³⁷ IG Metall 2017

³⁸ Bauer 2015b

³⁹ Ingenics/Fraunhofer IAO 2014, acatech 2014



Auf der einen Seite hat der Mensch dabei weniger Einblick in die Unternehmensabläufe, auf der anderen Seite muss er diese komplexe Technologie überwachen, die Abläufe koordinieren, die Kommunikation steuern und eigenverantwortlich Entscheidungen treffen. Der wissenschaftliche Beirat der Plattform Industrie 4.0 stellt dazu folgende Thesen auf⁴⁰:

- Vielfältige Möglichkeiten für eine humanorientierte Gestaltung der Arbeitsorganisation werden entstehen, auch im Sinne von Selbstorganisation und Autonomie. Insbesondere eröffnen sich Chancen für eine alters- und altersgerechte Arbeitsgestaltung⁴¹.
- Industrie 4.0 als soziotechnisches System bietet die Chance, das Aufgabenspektrum der Mitarbeiter/innen zu erweitern, ihre Qualifikationen und Handlungsspielräume zu erhöhen und ihren Zugang zu Wissen deutlich zu verbessern.
- Lernförderliche Arbeitsmittel (Learnstruments⁴²) und kommunizierbare Arbeitsformen (Community of Practice) erhöhen die Lehr- und Lernproduktivität, neue Aus- und Weiterbildungsinhalte mit einem zunehmend hohen Anteil an IT-Kompetenzen entstehen. Die Gestaltung und der Zugang zu Lernmöglichkeiten und lernförderlichen Arbeitsmitteln stellen jedoch nur den ersten Schritt einer dringend benötigten Qualifizierungsoffensive dar. Neben der Schaffung der Nutzungsmöglichkeiten, benötigt die tatsächliche Nutzung Engagement, Zeit und Aufgeschlossenheit der Mitarbeiter/innen.
- Lernzeuge – gebrauchstaugliche, lernförderliche Artefakte – vermitteln dem Nutzer ihre Funktionalität automatisch. Die Nutzung von Learnstruments und Assistenzsystemen ermöglicht zudem niedrighschwellige Möglichkeiten der Integration Geringqualifizierter und Mitarbeiter/innen mit geringen Sprachkenntnissen.

Vor dem Hintergrund des erwarteten Einsatzes zunehmend autonom (inter-)agierender Objekte auf dem betrieblichen Hallenboden, stellen sich alte Forschungsfragen neu, wie beispielsweise der Umgang mit der »Ironie der Automatisierung« – der Gewährleistung der Handlungs- und Selbstsicherheit (Empowerment) der Mitarbeiter/innen bei ungeplanten bzw. sogar kritischen Situationen in einer immer stärker automatisierten Umgebung.

Die zunehmende Autonomie und Intelligenz technischer Systeme verändern die Anforderungen an die Mensch-Technik-Interaktion. Es besteht heute weitgehend Einigkeit darüber, dass die Potenziale einer Industrie 4.0 erst durch eine zielgerichtete Kombination der Stärken von Mensch und Technik voll ausgeschöpft werden können. Den Mensch-Technik-Schnittstellen kommt dabei eine wesentliche Rolle zu. Sie müssen in der Zukunft eine enge Kooperation zwischen Mensch und Technik ermöglichen, damit sich die Stärken der Technik wie Wiederholbarkeit, Genauigkeit und Ausdauer durch die besonderen menschlichen Fähigkeiten wie Kreativität und Flexibilität optimal ergänzen lassen.

⁴⁰ in Anlehnung an acatech 2014

⁴¹ Vgl. auch MFW 2015

⁴² Bspw. intelligente Assistenz- und Wissenssysteme in der Produktion (vgl. www.appsist.de)



3.6 Qualifikationsanforderungen und Kompetenzprofile

IT-Kompetenz wird voraussichtlich über alle Berufsbilder in Produktion und Dienstleistung hinweg zum zentralen Erfolgsfaktor. Hinzu kommt ein ganzheitliches Prozessverständnis. Erwartungsgemäß erfordern spezielle Tätigkeiten wie die Erfassung und Aufbereitung großer Datenmengen die Schaffung ganz neuer Berufsbilder. Des Weiteren macht die Digitalisierung es möglich, dass wir Erfahrungen und Fähigkeiten aus der privaten Welt in unserer Ausbildung nutzen und anwenden können. So können Jugendliche ihr Know-how aus Computerspielen z. B. zur digitalen Steuerungstechnik oder für Augmented und Virtual Reality-Anwendungen nutzen. Dies erleichtert deren Übergang zu Industrie 4.0-Anwendungen.

Neben planenden und steuernden Jobs werden nach wie vor Beschäftigte benötigt, die mit der betrieblichen Realität vertraut sind und im Notfall direkt eingreifen können. Insbesondere bei der innovativen Weiterentwicklung der Arbeitsprozesse und deren Anpassung auf veränderte Rahmenbedingungen werden fachspezifische Qualifikationen, Fähigkeiten und Erfahrungswissen nicht zu ersetzen sein.

Eine zukunftsfähige Digitalisierung von Produktion, produktionsnahen Bereichen, Dienstleistung und gesamten Wertschöpfungsketten bzw. Industrie 4.0 erfordert schon heute⁴³:

- fachlichtechnische Kompetenzen in den Bereichen Mechanik, Elektrotechnik, Mikrotechnologie, IT und deren Integration (beispielsweise Mechatronik),
- ein vertieftes Prozessverständnis sowohl der physischen als auch digitalen Prozesse und deren möglichst echtzeitnahe Synchronisierung,
- Kompetenzen zur disziplin- und prozessübergreifenden Kommunikation, Kooperation und Organisation für die Arbeit in interdisziplinären Teams und Netzwerken mit spezialisierten Rollen.

Darüber hinaus bedeutet Industrie 4.0 die Notwendigkeit zum Umgang mit ständigen Neuerungen und Veränderungen aufgrund:

- der Anforderungen einer flexiblen Produktion,
- stetiger technischer Neuerungen und
- anhaltender technisch-organisatorischer Veränderungen, vor allem bei schrittweisem Übergang zur Industrie 4.0 (»Migration«).

Für die notwendigen Einzelkompetenzen als Inhalte der daraus resultierenden relevanten Ausbildungs- und Weiterbildungsbedarfe stellen Dworschak und Zaiser innerhalb der vier Kompetenzarten (fachlich, methodisch, sozial, personal) die jeweils relevanten Kompetenzfelder auf. Die folgende Auflistung wird hinsichtlich der Einzelkompetenzen sowie des als notwendig erachteten Kompetenzniveaus im Sinne einer Maximalliste unterteilt. Grundsätzlich ist zu erwarten, dass neben den nachfolgend aufgeführten Kompetenzen berufsspezifische Fachkompetenzen und vor allem Domänenwissen im Anwendungsbezug weiterhin notwendig bleiben.

- **Fachliche Kompetenzen** (Cloud Computing, Server- und Speichertechnologien, Software, Datenbanken, IT-Sicherheit und Datenschutz, Netzwerktechnik Infrastruktur- und Verbindungstechnik Netzwerkprotokolle/IP-Adressierung, Softwaregestützte

⁴³ Spath 2015



Steuerungstechnik, Systementwicklung/-test, Systemintegration, Systemimplementierung, Systemarchitektur Systemoptimierung, Produktionstechnik, Produktionsanlage, Leichtbaurobotik, Generative Verfahren, 3D-Druck)

- **Methodische Kompetenzen** (Medien und Informationen, Daten – Big bzw. Smart Data, Physisch-digitale Prozesse)
- **Soziale Kompetenzen** (Kommunikationsfähigkeit, Kooperationsfähigkeit, Teamfähigkeit, I4.0: mit Menschen + soziotechnischen Systemen)
- **Personale Kompetenzen** (Interdisziplinäres Denken, Bereichsübergreifendes Denken, Strukturiertheit, Systemisches Denken, Selbstgesteuertes Lernen, Selbstmanagement, Selbstmotivation, Kreativität, Entscheidungsfähigkeit)

Lebenslanges Lernen macht es möglich, auf dem aktuellen Wissensstand zu bleiben. Dabei ist es wichtig, fortwährend zu lernen, um nicht plötzlich mit einer ganz neuen Lebens- und Arbeitswelt konfrontiert zu werden. Die Digitalisierungstechniken helfen dabei: zum einen durch bedienungsfreundliche Mensch-Maschine-Schnittstellen, zum anderen durch am Arbeitsplatz integrierbare Lernprogramme. Dennoch muss man sich mit der Bedienung von Software beschäftigen, das Wissen pflegen und ausbauen. Gut und sehr gut qualifizierte Beschäftigte haben in der Regel auch eine höhere Arbeitsplatzsicherheit. Bei lebenslangem Lernen zählen jedoch nicht nur die klassischen Wege der Qualifizierung (on-the-job, off-the-job, blended learning⁴⁴), sondern auch die Nutzung des Wissens, das sich die Beschäftigten in ihrer Freizeit zur Computertechnik aneignen. Diese non-formalen Qualifikationen, die die Beschäftigten nicht durch Zertifikate nachweisen können, werden immer wichtiger.

3.7 Führung

Im Kontext von Industrie 4.0 wird die Frage nach den neuen Schwerpunkten der Führungspraxis⁴⁵, also den Aufgaben, der Rolle und erforderlichen Kompetenzen von Führungskräften im Industrie-4.0-Unternehmen gestellt. Um eine Aussage über eine Auswahl von zukünftig bedeutsamen Führungskompetenzen in der Industrie 4.0 treffen zu können, werden zunächst die zukünftige Situation und Herausforderungen von Führungskräften betrachtet. Anschließend werden die erforderlichen Kompetenzen bzw. Schwerpunkterweiterungen für die Führung im Industrie-4.0-Unternehmen skizziert.

Exkurs Führung 4.0 und Agilität:

Häufig wird auch von agiler Führung gesprochen. Dieser Begriff weist größere Überschneidungen mit Führung 4.0 auf. Agile Führung resultiert als Begriff aus IT- oder aus IT-nahen Bereichen. In diesem Kontext werden u.a. agile Arbeitsweisen in IT-Projekten bzw. Scrum anstelle klassischer Wasserfallmethodik eingesetzt. Führungsaufgaben haben hier der Scrum-Master u.a. in Retrospektiven (z. B. Feedback zum Prozess, Umgang mit Konflikten im Team) oder Product Owner (Anwalt des Kunden), der inhaltliche Anforderungen dem Team vorträgt.

⁴⁴ Qualifizierung am und im Arbeitsprozess (on-the-job), außerhalb des Arbeitsprozesses (off-the-job) und digital unterstützt (blended learning)

⁴⁵ Der Begriff Führung wird in der Literatur zur Führungsforschung unterschiedlich beschrieben. Je nach Theorieansatz, der einer Führungsforschung zugrunde liegt, werden unterschiedliche Schwerpunkte in den Begriffsbeschreibungen betont. Dementsprechend haben sich sehr viele Definitionsversuche herausgebildet. Zur Einordnung des Begriffs hier in dieser Studie, wird auf fünf unterschiedliche Definitionsversuche im Folgenden kurz Bezug genommen. Bisani (1995) und Wunderer (2000) bringen ihre Führungsbegriffe mit arbeitsteiliger Organisation und strukturierter Arbeitsweise in Verbindung. Sie betonen die Koordinationsfunktion und soziale Einflussnahme gegenüber den Geführten als zentrale Führungsaufgabe. Rosenstiel, Molt, Rüttinger, 1995 und Neuberger (2002) stellen die zielorientierte und interpersonale Verhaltensbeeinflussung in Mittelpunkt. Dabei wird die Zieleorientierung als zentrale Führungsaufgabe betont. Buckingham/Coffman (2001) betonen Führung müsse das Potential der Geführten in Leistung umsetzen. Dabei stehen Führungskompetenzen und -Verhalten im Vordergrund, die Mitarbeitende ermächtigen, eigeninitiativ zu arbeiten, selbstverantwortlich und selbstorganisiert mit hoher Autonomie zu entscheiden und handeln.



3.7.1 Führung in der Industrie 4.0

Führungskräfte befinden sich aktuell in einer herausfordernden Situation, die durch einen sehr schnellen Wandel im Unternehmensumfeld und sehr hohen unternehmensbezogenen und persönlichen Anpassungsdruck gekennzeichnet ist.

Bei nahezu jedem betrieblichen Projekt sind die folgenden Aspekte von hoher Relevanz und machen eine Anpassung an die neuen Rahmenbedingungen notwendig: Rekrutierung von chronisch knappen Fach- und Führungskräften mit ganz neuen Kompetenzprofilen als bisher, altersgerechte Anpassungsqualifizierung von verunsicherten Mitarbeiter/innen, Veränderung der Arbeitsorganisation, des Arbeitsplatzes, der Arbeitsaufgabe sowie möglicherweise der Arbeitszeit und des Entgeltes. Oft werden eine neue Software bzw. softwaregestützte Assistenzsysteme eingeführt, deren sichere Bedienung zunächst erlernt werden muss. Letztlich wird die Unternehmenskultur durch die vielen Anpassungen verändert.

Neben der verstärkten Integration intelligenter Vernetzung in die betrieblichen Prozesse wird vor allem Anpassungsdruck durch die Veränderung der Umfeldbedingungen hinsichtlich folgender Einflussfaktoren erzeugt:

- Volatilität im Sinne einer zunehmenden Häufigkeit, Geschwindigkeit und Auswirkung von Veränderungen
- Unsicherheit im Sinne einer mit hoher Unsicherheit behafteten Vorhersagbarkeit von Ereignissen in unserem privaten und beruflichen Umfeld
- Komplexität im Sinne einer steigenden Anzahl von unterschiedlichen Verknüpfungen und Abhängigkeiten der betrieblichen Wertschöpfung, aber auch des eigenen Handelns
- Ambiguität im Sinne einer häufig nicht eindeutigen Faktenlage und der Schwierigkeit der richtigen Interpretation und Entscheidungsfindung

Dabei ist die Digitalisierung in Verbindung mit Innovationen bis hin zu disruptiven Veränderungen der zentrale Treiber der Entwicklung. Parallel dazu vollzieht sich der demografische und Wertewandel sowie die fortschreitende Globalisierung. Daraus resultieren für die Führungspraxis zusätzliche Komplexität und weitere Zielkonflikte.

Der demografische Wandel führt dazu, dass das Durchschnittsalter in den Betrieben deutlich ansteigt. Möglicherweise haben „ältere“ Führungskräfte und Mitarbeiter/innen nicht ausreichend fachliche Kompetenzen im Umgang mit Digitalisierung im spezifischen Tätigkeitsgebiet, während jüngere Vorgesetzte oder Mitarbeiter/innen als „digital natives“ ungeduldig sind und wenig Verständnis dafür zeigen. Eine Lösung könnte sein, dass die älteren Führungskräfte sensibilisiert und aktiviert werden, sich neue Führungskompetenzen (s.u.) anzueignen bzw. „anders zu führen“ anstelle selbst und fast chancenlos zum digital native zu werden. Wenn sich ältere Führungskräfte jedoch einer Neuorientierung im Führungsverhalten und dem Wissens- und Kompetenzfeld Digitalisierung verschließen, entstehen Akzeptanzprobleme, innere Kündigung und Konflikte.



Der Wertewandel wird durch bestimmte Merkmale bei Bewerbern und Karriereinteressierten von heute deutlich. Sehr wichtig sind ein gutes Betriebsklima, flexible Arbeitszeiten, gute und schnelle Karrieremöglichkeiten sowie die Vereinbarkeit von Familie und Beruf. Um die Laufbahn junger Mitarbeitenden zu fördern, bietet sich Mentoring an. Dadurch wird im digitalen Wandel und bei unsicheren Randbedingungen durch klare Bezugspersonen Stabilität geboten, sodass die Mitarbeiterentwicklung und -loyalität gefördert wird. Denn das Gehalt, welches vor ca. zehn Jahren noch der wichtigste Faktor war, wird heute nicht mehr als prioritäres Merkmal für einen attraktiven Arbeitgeber genannt.

Auch dem flexiblen, mobilen Arbeiten werden sich Führungskräfte öffnen müssen. Hierbei geht es um das lösbare Spannungsfeld zwischen arbeitnehmerseitig gewünschter Arbeitszeitsouveränität und arbeitgeberseitig gewünschter Zeitflexibilität. Zum einen bieten neue Technologien die Möglichkeit, jederzeit und überall erreichbar zu sein und sehr selbstständig und frei zu arbeiten, zum anderen gilt es u.a., die Teamzusammengehörigkeit aufrecht zu erhalten oder eine saubere Trennung zwischen Beruf und Familie zu ermöglichen. Im Kern geht es hier also um Vertrauen und ergebnisbezogenes Arbeiten. Vertrauen, dass die Mitarbeiter/innen genauso viel arbeiten, wenn sie keine Arbeitszeit beim mobilen Arbeiten oder im Home Office erfassen, als wären sie physisch im Unternehmen präsent.

3.7.2 Führungskompetenzen in der Industrie 4.0

Im sehr großen Spektrum der Führungskompetenzen zwischen Zieleorientierung, Kommunikation, Delegation, Partizipation, Koordination, Entscheidung usw. werden Schwerpunktverlagerungen im Industrie-4.0-Unternehmen erforderlich.

Für Führungskräfte gewinnen Transformationskompetenzen bzw. Change Agent-Kompetenzen besonders an Bedeutung. Im digitalen Wandel zum Industrie 4.0-Unternehmen sind statt einem Kopf und vielen Händen viele Wissensarbeiter, viele Köpfe und viele Hände eigenverantwortlich am Werk. Neue Führungskompetenzen sind deshalb sicherzustellen, damit alle relevanten Interessenspartner im Veränderungsprozess zeitnah mit-wissen, mit-gestalten, mit-entscheiden, mit-umsetzen und mit-verantworten. Nur so wird eine lernförderliche Arbeitsumgebung geschaffen. Und nur so wird eine lebenslange Lernbereitschaft unterstützt, die letztlich dem Unternehmen erneut bei jedem weiteren Veränderungsprozess zugutekommt.

Für die Führungskompetenz in der Transformation ist Visions- und Leitbildorientierung zentral. Die Legitimation zum Führen wird v.a. aus den fachlichen und den sozialen Kompetenzen sowie der Kompetenz, eine positive und strategische Vision in der Industrie 4.0 für das digitale Geschäft entwickeln zu können, resultieren. Führungskräfte müssen die Kompetenz beherrschen, ein positives und kraftvolles digitales Zukunftsbild ihres Unternehmens in der digitalen Unternehmensstrategie zu zeichnen und zu kommunizieren. Sie gehen mit den geschäftsspezifischen Digitalisierungsthemen „in Führung“. Führungskräfte brauchen hierzu nicht nur eine berufsbezogene strategische Digital-Kompetenz, sondern auch einen digitalen Mind-Set.

Die Führungskompetenz Koordination der Zusammenarbeit bezieht sich heute ggf. nur auf einen Standort. Im Industrie-4.0-Unternehmen bezieht sich die Koordinationsaufgabe auf cross-funktionale oder national und global verteilte virtuelle Teams, die multidisziplinär und mit hoher Diversity zusammenarbeiten. Dies bedeutet, dass die Koordination mit weniger face-to-face, aber viel mehr



virtuellen Kontakten, mit hoher Selbststeuerung und Eigenverantwortung der Teams und mit Führung auf Distanz beherrscht werden muss.

Führungskräfte müssen ihre Beziehungs- und Netzwerkkompetenz ausbauen. Da Hierarchie und Macht an Bedeutung verlieren, führen Führungskräfte als Netzwerkgestalter besonders hochqualifizierte Wissensarbeiter als eine „Federation of Equals“ an. Sie schauen über den eigenen Tellerrand hinaus und pflegen einen offenen Dialog. Es geht um eine offene und hierarchiefreie Führung mit deutlich weniger Chef-Verhalten hin zur Rolle als Coach, Mentor, Moderator, Mediator und Möglichmacher. Sie lassen dabei das Netzwerken der Mitarbeitenden nicht nur zu, sondern fordern und fördern es aktiv.

Die Führungskompetenz Entscheidung unter Unsicherheit wird aufgrund der oben beschriebenen Rahmenbedingungen immer wichtiger. Dabei wird die Fähigkeit zur Intuition an Bedeutung gewinnen.

Die Führungskraft mit Coaching- und Mediatorkompetenz ist u.a. Mentor und Entwicklungsbegleiter. Es sind Führungskompetenzen weiterzuentwickeln, die die lebensphasenspezifische und bedürfnisgerechte Entwicklung und das Empowerment fördern sowie entsprechend die selbstorganisierte Arbeit der geführten Mitarbeiter/innen letztlich unterstützen. Sie sorgen dafür, dass die Beschäftigten ihre fachlichen Kompetenzen geschäftsspezifisch entwickeln, ihr Engagement ausrichten und verstärken, ihre persönliche Entwicklung und Laufbahn sowie ihre Stärken entfalten können. Die Führungskraft wird sozusagen zum ersten Kompetenzentwickler „vor Ort“.

Die Führungskompetenz Experimente zulassen und fördern nimmt an Bedeutung zu, da völlig neuartige und komplexe Anforderungen in Projekten nicht mit Standardlösungen beantwortet werden können. Diese Kompetenz, einen Beitrag zu leisten, sodass ungelöste Fragestellungen und Herausforderungen kreativ im Team oder Netzwerk gelöst werden können, wird zentral. Dies bedeutet, komplexe Probleme nicht nur selbst zu lösen, sondern das Wissen vieler Menschen zu nutzen, die so genannte »Schwarmintelligenz«. Das heißt, jeder kann und soll seine Fachkompetenz und Stärken in Bezug auf geschäftsspezifische Digitalisierungsthemen im Team einbringen. Damit daraus Mehrwert für alle entsteht, müssen zudem Sozial- und Methodenkompetenzen ebenfalls entwickelt und angewendet werden.

3.7.3 Führungs- und HR-Instrumente in der Industrie 4.0

Das Inventar der Führungsinstrumente (u.a. MbO) und bestehende Führungssysteme (u.a. Entgelt-, Bonus- und Anreizsysteme) muss auf den Prüfstand gestellt werden. Es ist zu hinterfragen, ob weiterhin Einzelziele, dazugehörige Mitarbeiterbeurteilungen und entsprechende Boni für die Einzelzielerreichung erste Priorität haben sollen. Die Entkoppelung von Feedback und Kompensation kann nur ein erster Schritt sein. Zukünftig wird die Fokussierung auf frühzeitige Sensitivität für Veränderungen im Umfeld, schnelle Reaktions- und Anpassungsfähigkeit sowie innovative Teamziele und das eigenverantwortliche Monitoring an Bedeutung gewinnen.



3.7.4 Programme zur Entwicklung der Führung 4.0

Die Programme zur Führungskräfteentwicklung müssen aufgrund der neuen Anforderungen hinsichtlich Inhalten und Formaten grundlegend überdacht werden. Die Sensibilisierung, Aktivierung sowie Feedback und Lernen wird nur gut gelingen, wenn attraktive und akzeptierte Trainings gestaltet werden.

Die Weiterentwicklung der Digitalkompetenzen gepaart mit den Führungskompetenzen im spezifischen Tätigkeitsgebiet sollte in Qualifikationsprogrammen für KMU einen hohen Stellenwert einnehmen.

Führungskompetenzen lassen sich zu Führung 4.0 barrierefreier und mit höherer Akzeptanz weiterentwickeln, wenn diese mit der Qualifizierung von Technologie- sowie industrieller, betrieblicher Organisationskompetenz kombiniert werden. Sie sollten am Praxisfall trainiert werden. Dabei spielt das Erlebnislernen eine zentrale Rolle. Dies bedeutet Führung 4.0-Qualifikationen gelingen durch Lernen mit Kopf, Herz und Hand, durch Lernen im geschützten „Raum“ außerhalb des Unternehmens in Kombination mit Lernen durch Erleben im spezifischen Betrieb. Unterstützt werden sollte das Lernen und Trainieren von Führungskompetenzen sowie das Feedback hierzu in KMU zukünftig noch stärker durch innovative digitale Lernmedien.

3.8 Umgang mit personenbezogenen Daten

Die digitale Vernetzung ermöglicht zusätzliche Nutzenpotenziale, die sich aus der Nutzung personenbezogener Daten ergeben. Darunter fallen alle Daten, die bestimmbar auf eine Person zurückgeführt werden können sowie alle Daten, die mit einem Personenprofil verbunden werden.

Nach aktueller Rechtslage definiert ein Unternehmen die Erfordernisse und die Ausgestaltung der Durchführung des Arbeitsverhältnisses und kann im Rahmen des Direktionsrechts Maßnahmen wie beispielweise die Einführung eines Assistenzsystems anordnen. Die Funktionalität des Assistenzsystems darf in diesem Rahmen frei gestaltet werden, solange den rechtlichen Anforderungen, beispielsweise aus §32 BDSG (Bundesdatenschutzgesetz) entsprochen wird. Das BDSG ist ein Verbotsgesetz mit Erlaubnisvorbehalt, d.h. eine Verarbeitung oder Nutzung von personenbezogenen Daten ist nur zulässig, soweit sich ein konkreter Erlaubnistatbestand für diese Verarbeitung oder Nutzung finden lässt. Ein solcher Erlaubnistatbestand kann sich aus einer gesetzlichen Regelung (z.B. dem BetrVG oder dem BDSG selbst), einer Betriebsvereinbarung oder einer vom Betroffenen erteilten Einwilligung ergeben. Daneben ist zu beachten, dass dem Betriebsrat ein Mitbestimmungsrecht zusteht, wann immer der Arbeitgeber eine technische Einrichtung einführen und anwenden will, die dazu geeignet ist, das Verhalten oder die Leistung der Arbeitnehmer zu überwachen. Kommt es hier zu keiner Einigung mit dem Betriebsrat dürfen solche Systeme nicht in Betrieb genommen werden. Es ist damit auch nicht möglich solche Systeme „vorläufig“ oder „für eine Testphase“ ohne Zustimmung des Betriebsrates zu betreiben. Ggfs. muss eine Einigungsstelle einberufen werden, in der dann eine entsprechende Regelung gefunden werden muss.

Zentraler Erlaubnistatbestand für die Datenverarbeitung und -nutzung im Arbeitsverhältnis ist aktuell noch der § 32 BDSG. Danach dürfen personenbezogene Daten eines Beschäftigten für Zwecke des Beschäftigungsverhältnisses erhoben, verarbeitet oder genutzt



werden, wenn dies für die Durchführung des Beschäftigungsverhältnisses erforderlich ist. Die Frage, was in diesem Sinne erforderlich ist, muss anhand eines strengen Maßstabs beantwortet werden. Die momentanen Bestrebungen ergebnisoffen möglichst viele personenbezogene Daten zu verarbeiten, nutzen und speichern, um im Sinne von Big Data bzw. Smart Data spätere Auswertungen zu ermöglichen, lassen sich mit dieser Systematik nur schwer in Einklang bringen.

Aufgrund des Zweckbindungsgrundsatzes dürfen Daten, die für einen bestimmten Zweck erhoben wurden, auch nur für diesen Zweck genutzt werden. Eine Zweckänderung ist nur unter vom BDSG vorgegebenen Voraussetzungen möglich.

Nutzungsmöglichkeiten personenbezogener Daten betreffen heute vor allem die kontextbezogene Informationsbereitstellung. Darunter wird die Anreicherung von Informationen in Abhängigkeit des spezifischen Zusammenhangs verstanden, beispielsweise zu einer bestimmten Arbeitstätigkeit, einem bestimmten Maschinenzustand oder einem bestimmten Aufenthaltsort der Mitarbeiter/innen. Des Weiteren ermöglicht die betriebliche Nutzung personenbezogener Daten die Individualisierung von Arbeitsplätzen, -umgebungen und Arbeitsabläufen, also die Anpassung der Arbeit an individuelle Präferenzen (von der individuellen Einstellung der Tischhöhe, der Greifräume und der Beleuchtung bis hin zu individuell unterschiedlichen Takt- und Arbeitszeiten). Weiterhin erlaubt die Nutzung personenbezogener Daten eine echtzeitnahe Transparenz über Aufenthaltsort, Tätigkeit oder Geschwindigkeit der Tätigkeitsausführung der Mitarbeiter/innen. Denkbar ist darüber hinaus eine Verknüpfung der Indikatorik mit zusätzlichen Parametern wie Puls und Vitaldaten. Letzteres birgt neben dem Risiko einer unzulässigen Datenauswertung durch den Arbeitgeber und hohen Anforderungen an die Sicherung solcher höchstpersönlicher Daten auch potenzielle Vorteile für den Arbeitnehmer⁴⁶. Hier kann das Interesse der Beschäftigten an einem möglichst reibungslosen und auf die individuellen Rahmenbedingungen abgestimmten Arbeitsprozess mit dem Interesse an Schutz vor vollständiger und lückenloser Verhaltens- und Leistungskontrolle in Widerspruch geraten.

⁴⁶ Diese Fragestellung ist momentan Gegenstand aktueller Forschungsprojekte wie beispielsweise MyCPS (Migrationsunterstützung für die Umsetzung mensch-zentrierter Cyber-Physical Systems mycps40.de) und FUTURE WORK LAB (www.futureworklab.de).



4 Implikationen für Beteiligung

Die Einführung von Methoden und Anwendungen des Lean Managements in Produktion und Büro setzte bereits stark auf die direkte Beteiligung von Beschäftigten. Diese nehmen als Prozessbeobachter und Prozessoptimierer eine wichtige Rolle bei Einführung und Aufrechterhaltung synchroner Prozesse ein⁴⁷. Im Einführungsprozess bietet die direkte Beteiligung von Beschäftigten wichtige Praxishinweise⁴⁸ und steigert deren Umsetzungslegitimation in der Belegschaft erheblich. Im laufenden Betrieb muss der Beschäftigte Abweichungen und Fehler schnell erkennen und abstellen⁴⁹ und die Prozesse kontinuierlich an veränderte Rahmenbedingungen anpassen⁵⁰. Wenn man davon ausgeht, dass Industrie 4.0 auf die Lean-Konzepte und deren Standard aufsetzt und diese in die digitalen Steuerungskonzepte integriert⁵¹, dann stellt sich die Frage, welche Rolle die Beteiligungskonzepte aus GPS in Industrie 4.0 spielen werden.

Dazu soll im Folgenden die Bedeutung von Beschäftigtenwissen in der Industrie 4.0 untersucht werden, um dann zu fragen, mit welchen Beteiligungskonzepten dieses Wissen im Einführungsprozess von Industrie 4.0 genutzt werden kann. Schließlich ist zu fragen, welche Rolle die Mitbestimmungsgremien in diesem Prozess spielen können.

4.1 Industrie 4.0 – Substitution oder Ermächtigung menschlicher Kompetenzen?

Im Gegensatz zu früheren industriellen Revolutionen, wird in der Industrie 4.0 vermehrt auch die Wissensarbeit von den Digitalisierungs- und Automatisierungskonzepten erfasst. Dies hat weitreichende Veränderungen auf die Mensch-Maschine-Schnittstelle und insgesamt auf die betriebliche Arbeitsteilung zur Folge. Wurden in den traditionellen Arbeitssystemen technische Lösungen vorrangig als Hilfsmittel für menschliche Arbeit und als Unterstützung für menschliche Entscheidungen gesehen, ergeben sich nun „hybride Arbeitssysteme“, in denen autonome technische Entscheidungen (smart) mit menschlichen Entscheidungen kooptiert werden⁵². Am Beispiel der Fabriksteuerung lassen sich diese Zusammenhänge erläutern.

Exkurs Vision einer Fabriksteuerung 4.0:

In der höchsten Integrationsstufe von Industrie 4.0 können IT-Systeme in einem digitalen Abbild kontinuierlich die Produktionsprozesse optimieren, bevor sie diese dann in die reale Fabriksteuerung übertragen. Mit Konzepten der Künstlichen Intelligenz (KI) und Maschinellem Lernen gelingt es den IT-Systemen, den beschriebenen Optimierungsprozess in höchster Geschwindigkeit und nie gekannter Variantenvielzahl automatisiert zu prüfen und in Echtzeit die „richtigen“ Entscheidungen zu treffen. Diese KI-Konzepte betreiben kontinuierlich Data-Mining um die kleinsten Veränderungen des virtuellen Produktionsabbilds zu interpretieren und so (Steuerungs-)Aktionen und Systemreaktion zu korrelieren. Sie lernen kontinuierlich „Fabriksteuerung“, indem sie eigene „Systemerfahrungen“ machen. Letztlich treffen solche Systeme dann Entscheidungen, deren Wirksamkeit zwar beurteilt werden kann, deren Entscheidungskriterien aber nicht mehr nachvollzogen werden können⁵³. Damit entstehen „nicht-soziale Akteure“ und die Frage nach der Arbeits- und Technikkontrolle, sowie nach der ethischen Verantwortung solcher technischen Entscheidungen stellt sich neu (Beispiel autonomes Fahren).

⁴⁷ Schwarz-Kocher/Salm 2016

⁴⁸ Beispielsweise bei der betrieblichen Adaption von Konzepten Ganzheitlicher Produktionssysteme (GPS).

⁴⁹ Null-Fehler-Prinzip, Shopfloormanagement

⁵⁰ Flexible Standardisierung, Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)

⁵¹ Pfeiffer et al. 2016; Metternich et al. 2015; Korge und Lentens 2009; Dombrowski und Mielke 2015; Deuse et al. 2015

⁵² Gerst



Würde mit dieser Entwicklung menschliche Kompetenz im Arbeitsprozess substituiert und letztlich obsolet, dann könnte weitgehend auf die Beteiligung der Beschäftigten bei der Entwicklung und Anwendung der Industrie-4.0-Konzepte verzichtet werden. Diese Substitutionsthese geht von der Austauschbarkeit von menschlicher und technischer Intelligenz aus. Dem widersprechen viele Theoretiker, die von einer prinzipiellen Differenz menschlicher und technischer Intelligenz ausgehen. Nach ihnen orientiert sich KI an den Grundsätzen objektiv-rationalen Handelns, das auf Mustererkennung komplexer Datenstrukturen beruht, während sich menschliche Intelligenz immer auch auf erfahrungsgeleitetes-subjektivierendes Handeln stützt⁵⁴.

„Anstelle der Beobachtung und Identifizierung von Verhaltensregeln und -mustern tritt dabei das empathische, subjektive Erspüren und Nachvollziehen des Verhaltens anderer – auch von Gegenständen.“⁵⁵

Diese spezifisch menschlichen Kompetenzen, die sich der Explizierung, Formalisierung und damit auch der Digitalisierung weitgehend entziehen, sind auch in hoch digitalisierten Arbeitsprozessen von großer Bedeutung. Denn die Informatisierung der analogen Welt, wie der Digitalisierungsprozess auch beschrieben werden kann⁵⁶, verringert eben nicht die Relevanz des Informellen, sondern erhöht diese sogar⁵⁷. Sabine Pfeiffer konstatiert hier ein dialektisches Verhältnis von Formellem und Informellem⁵⁸. Empirische Arbeiten haben die Bedeutung dieser spezifischen menschlichen Kompetenzen insbesondere bei widersprüchlichen Arbeitsanforderungen⁵⁹, konkurrierenden Handlungslogiken⁶⁰ und bei der Minimierung und Bewältigung von Unsicherheiten⁶¹ nachgewiesen. Diese Zusammenhänge wirken sich auf die Entwicklung erfolgreicher Mensch-Maschine-Schnittstellen in den Industrie-4.0-Konzepten aus. Die alte Vorstellung der Technik als reines Hilfsmittel („Werkzeugszenario“) scheint angesichts der autonomen Entscheidungen der KI-Systeme genauso verfehlt, wie die Vorstellung, dass der Mensch nur noch zum Anhängsel smarterer technischer Prozesse wird („Automatisierungsszenario“), weil dies die vollständige Substituierbarkeit der spezifisch menschlichen Kompetenzen voraussetzt. Erfolgreich erscheinen hier Mensch-Maschine-Konzepte, die die Unterschiedlichkeit maschineller und menschlicher Intelligenz zur gegenseitigen Ertüchtigung nutzen („Hybridszenario“)⁶².

In der Literatur werden unterschiedliche Entwicklungspfade der vierten industriellen Revolution beschrieben⁶³. Je nach Grad der Technik- bzw. Humanzentriertheit⁶⁴ dieser Konzepte wird die Notwendigkeit der Integration der spezifischen menschlichen Kompetenzen unterschiedlich bewertet. Während im ersten Leitbild eher auf die langfristige Substitution der menschlichen Kompetenzen gesetzt wird, geht es im zweiten um die Ermächtigung menschlicher Kompetenzen durch Digitalisierungslösungen.

In der Praxis werden sich bei unterschiedlichen Aufgaben- und Akteurskonstellationen vermutlich unterschiedliche Entwicklungspfade durchsetzen. Damit wird die Bedeutung der menschlichen Kompetenzen und damit der Beteiligung der Menschen im Prozess ebenfalls in unterschiedlichem Grad notwendig werden. Arbeitssysteme, die vollständig auf diese Kompetenzen verzichten können, sind aber nur schwer vorstellbar.

4.2 Direkte Beschäftigtenbeteiligung im disruptiven technologischen Wandel

Unabhängig vom Grad der Beschäftigtenbeteiligung in der Anwendung der Industrie 4.0-Konzepte muss geklärt werden, welche Rolle Beteiligungskonzepte im Einführungsprozess spielen können. Denn der Begriff der vierten industriellen Revolution, der auf den

⁵³ zur Theorie nichttrivialer Maschinen s. Bröder 2015

⁵⁴ Huchler 2016, S. 36

⁵⁵ Ebd.

⁵⁶ Boes et al. 2014

⁵⁷ Huchler 2016, S. 60

⁵⁸ Pfeiffer 2006

⁵⁹ Moldaschl 2010

⁶⁰ Huchler et al. 2007

⁶¹ Böhle und Rose 1992; Pfeiffer 2007

⁶² Vgl. Huchler 2016, Gerst, Ahrens und Spöttl: Die Überlegenheit kollaborativer Mensch/Maschinen-Systeme wurde in einem Experiment deutlich. Der Schachweltmeister Kasparov war bekanntlich dem Mega-Computersystem „Deep Blue“ von IBM unterlegen. Weniger bekannt ist, dass er später ein IT-System mit vergleichbarer Leistung überlegen bezwang, indem er ein einfaches Computerschachprogramm als unterstützendes Werkzeug benutzte (Brödner 2015, S.248).

⁶³ Ittermann et al. 2015

⁶⁴ Huchler 2016, S. 57



disruptiven Charakter des technologischen Wandels hinweisen soll, darf nicht so verstanden werden, dass die neuen digitalen Techniken die alten Produktionskonzepte in einem zeitlich eng abgrenzbaren Überführungsschritt komplett ablösen werden. Der Einführungsprozess von Industrie 4.0 wird die Unternehmen vielmehr die nächsten 15 bis 20 Jahre kontinuierlich beschäftigen. Dies hat vor allem drei Ursachen:

Erstens stehen viele Technologien, die für die Endvision der Industrie 4.0-Anwendungen gebraucht werden, schlicht noch nicht zur Verfügung. Eine Bewertung des Reifegrads der Schlüsseltechnologien der Industrie 4.0 zeigt, dass wichtige Elemente auch 2030 noch nicht für die Implementierung in den Produktionssystemen zur Verfügung stehen werden⁶⁵. Im ersten Schritt wird es darum gehen, die Produktionsanlagen und Logistikprozesse mit intelligenter Sensorik und Vernetzung auszurüsten. Dies ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung für die erst später mögliche Integration aller Elemente in ein gesamtes Cyber-physikalisches Produktionssystem (CPPS).

Zweitens wird es keine schlüsselfertigen Industrie 4.0-Anwendungen geben. Vielmehr müssen die Unternehmen die neuen digitalen Möglichkeiten entsprechend ihren operativen Rahmenbedingungen selbst so integrieren, dass passgenaue und wirtschaftlich wirksame Produktionslösungen entstehen.

Und drittes darf nicht vernachlässigt werden, dass auch die disruptivsten technischen Neuerungen im soziotechnischen System der betrieblichen Arbeitssituation vermittelt werden müssen. Wenn aus einem neuen Produktionskonzept eine neue Produktionspraxis werden soll, müssen sich die beteiligten Akteure über Normen, Konzeptinterpretationen und Anwendungspraxis verständigen. Dies geschieht in unzähligen Aushandlungsprozessen face-to-face auf dem Shopfloor, wie im Führungskreis⁶⁶, in denen unterschiedliche technische und organisatorische Lösungswege und deren wirtschaftliche Wirksamkeit geprüft werden. Am Ende solcher gelungenen Aushandlungsprozesse steht nicht nur die Legitimation für das Neue, sondern auch dessen Konkretisierung und Habitualisierung und damit eine hohe Realisierungschance für einen erfolgreichen Wandel.

Aus diesen Gründen ist davon auszugehen, dass der betriebliche Einführungsprozess in mehreren, aufeinander aufbauenden Umsetzungs- und Integrationsstufen stattfinden wird. Jeder dieser Einzelschritte verlangt eine genaue Analyse der betrieblichen Ausgangssituation und die soziale Vermittlung der Veränderung. Die direkte Beteiligung der Beschäftigten an diesen Veränderungsprozessen könnte einer der wesentlichen Erfolgsfaktoren für eine schnelle Einführung werden. In der wissenschaftlichen Diskussion wird schon länger von einem positiven Zusammenhang von partizipativer und beteiligungsorientierter Arbeitsgestaltung und dem Unternehmenserfolg ausgegangen⁶⁷. Zentrale Prämisse vieler Studien ist, dass Beteiligungskulturen⁶⁸ am besten in der Lage sind, in Unternehmen positives Veränderungsklima zu erzeugen. Auch hier kann vermutlich von den Erfahrungen des Beteiligungsprozesses bei der Einführung von ganzheitlichen Produktionssystemen gelernt werden. Allerdings sind die Besonderheiten der disruptiven technologischen Veränderungen zu berücksichtigen. Bei der Einführung und Weiterentwicklung von GPS werden standardisierte Methoden und Prinzipien auf die konkrete betriebliche Situation angewandt. Die direkten Beschäftigten werden als eigene Produktionsexperten in KVP-, bzw. Kaizen-Workshops in diesen Prozess mit einbezogen. Sie liefern wichtige Informationen bei der Problemanalyse und entwickeln selbst Lösungsvorschläge. Das Ernst- und Wahrnehmen im Veränderungsprozess erhöht die Legitimation der Veränderung und damit den Umsetzungserfolg wesentlich. So entwickelt sich über viele KVP-Runden ein iterativer Veränderungsprozess in Richtung des Zielbilds Ganzheitlicher Produktionssysteme.

⁶⁵ Pfeiffer et al. 2016

⁶⁶ Trinczek 2010

⁶⁷ Kirner et al. 2010; Klippert et al. 2009; Schwarz-Kocher et al. 2011

⁶⁸ Nerdinger und Wilke 2009



Industrie-4.0-Konzepte versprechen operative Probleme im Wesentlichen durch Einsatz neuer technischer Möglichkeiten lösen zu können. Damit verändert sich die Rolle der Beschäftigten im Veränderungsprozess, da sie zumeist nicht die Kompetenzen besitzen, neue IT-Konzepte zu entwickeln. Dennoch wird ihre Praxisexpertise und ihr Erfahrungswissen gerade auch in der Konzeptphase gebraucht. Denn schließlich geht es im betrieblichen Anpassungs- und Adaptionsprozess darum, das technisch Mögliche mit dem in der konkreten betrieblichen Situation Notwendigen zusammenzubringen. Die dazu passenden Beteiligungsformate und -methoden müssen erst noch entwickelt und erprobt werden. Folgende Umsetzungsschritte können bei der Entwicklung solcher Beteiligungsmethoden hilfreich sein. Am Anfang des Veränderungsprozesses steht oftmals eine neue technische Methode, die neue Lösungskorridore eröffnen kann. Im ersten Beteiligungsschritt müssen die konkreten Probleme, Herausforderungen und Rahmenbedingungen der Prozesse aufgenommen werden, für die mit den neuen technischen Konzepten Verbesserungen erzielt werden sollen. Dazu kann das Wissen der Beschäftigten genutzt werden, indem ihre Prozessenerfahrungen systematisch aufgenommen werden. Ziel ist in diesem Schritt, das betrieblich Notwendige unabhängig vom technisch Möglichen aufzunehmen. Im zweiten Schritt geht es dann darum, dass die technischen Experten zusammen mit den betrieblichen Produktionssteuerern und Lean-Experten die technischen Konzepte genau auf die betriebliche Problemlage anpassen. Im dritten Schritt sind die Beschäftigten gefordert, in den Umsetzungstests und schließlich in der Umsetzungsphase mit zu beurteilen, ob die technische Lösung das gewünschte Ziel erreicht und gegebenenfalls, mit welchen Nachregulierungen das Ergebnis verbessert werden kann.

Passende Beteiligungskonzepte können so auch die Industrie-4.0-Prozesse deutlich verbessern und gleichzeitig viel dazu beitragen, dass die Beschäftigten die Veränderung mittragen. Neuere Untersuchungen zeigen aber, dass die nachhaltige Sicherung der Beteiligungsbereitschaft der Beschäftigten wesentlich davon abhängt, dass sie erleben, dass die Veränderungen nicht gegen ihre eigenen Interessen gerichtet sind⁶⁹. Deshalb kann es sinnvoll sein, die Verbesserung der individuellen Arbeitsbedingungen als zusätzliches Ziel in den Veränderungsprozess mit aufzunehmen und dies im Beteiligungsprozess auch transparent zu überwachen⁷⁰. Das Ziel einer hohen Arbeitsqualität umfasst gleichermaßen belastungsarme, wie auch lernförderliche Arbeitsbedingungen, wie sie z.B. im Kontext der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA) beschrieben wurde. Aus der Beteiligung am Veränderungsprozess wird so eine „umfassende Beteiligung“, bei der die Beschäftigten auch vom Veränderungsergebnis profitieren⁷¹.

Die Industrie-4.0-Konzepte bieten viele Ansatzpunkte, die eine hohe Qualität der Arbeit tatsächlich erwarten lassen. Kollaborierende Roboter können große ergonomische Fortschritte bringen. Prozessteuerungen durch Echtzeitdaten können Störungen und damit Arbeitsstress reduzieren. Datenbrillen können als E-Learning-Tool die Qualifikation der Beschäftigten in der Montage und im Service erhöhen. Es gibt allerdings auch Befürchtungen, dass Industrie-4.0-Konzepte zur Verschlechterung der Arbeitsqualität beitragen können⁷². Qualifikationsanforderungen und Entscheidungsspielräume könnten durch die Automatisierung von Wissensarbeit reduziert und die Leistungsbedingungen durch erhöhte Arbeitskontrolle verschlechtert werden. Und schließlich können Arbeitsplätze auch ganz entfallen⁷³. Insgesamt ist davon auszugehen, dass Industrie 4.0 ambivalente Wirkungen auf die Arbeitsqualität haben wird. Beteiligungskonzepte, denen es gelingt, die Beschäftigten umfassend im Prozess und am Veränderungserfolg zu beteiligen, können die Realisierungschancen auch disruptiver technischer Veränderungen deutlich erhöhen. Sie leisten wichtige Beiträge im betrieblichen Adaptionsprozess, das technisch Mögliche mit dem betrieblich Notwendigen abzustimmen und dies mit dem von den Beschäftigten Gewünschten auszubalancieren. Damit werden die ohnehin nicht zu vermeidenden betrieblichen Interpretations- und Aushandlungsprozesse systematisiert, was wesentlich zur Stabilität von Veränderungsprozessen beitragen kann.⁷⁴

⁶⁹ Schwarz-Kocher et al. 2011

⁷⁰ Kötter et al. 2016

⁷¹ Schwarz-Kocher et al. 2012

⁷² Gerst

⁷³ Vgl. Kapitel 3.1

⁷⁴ Solche Beteiligungskonzepte sind im Sinne des Weißbuchs Industrie 4.0 des BMAS als betriebliche Praxislabore zu verstehen, bei denen „Bereitschaft und Fähigkeiten zur Konsensfindung in Aushandlungsprozessen“ (S.153) ausgelotet werden, die dem Gestaltungsziel „gesundheits- und lernförderliche Arbeitsbedingungen“ (S.140) gerecht werden.



4.3 Kollektive Mitbestimmungsgremien als Gestaltungsakteure

Neben der direkten Beteiligung der Beschäftigten an solchen Veränderungsprozessen ermöglichen die deutschen industriellen Beziehungen auch kollektive Beteiligungsformen. Mit den Betriebsräten und Aufsichtsräten stehen den Unternehmensleitungen kollektive Interessenvertreter für betriebliche Aushandlungsprozesse zur Verfügung. Entgegen der direkten Beteiligung von Beschäftigten stützt sich diese Beteiligungsebene auf gesetzlich abgesicherte Rechte und kann rechtsverbindliche betriebs- und unternehmensübergreifende Vereinbarungen abschließen. Im Rahmen von Themen der Arbeitsgestaltung bietet das Zusammenwirken beider Beteiligungsformen die größten Erfolgchancen. Betriebsräte können die Rahmenbedingungen direkter Beteiligungskonzepte vereinbaren und im Konfliktfall als Reklamationsinstanz Kompromisse mit der Unternehmensleitung suchen. Gerade in dieser Rolle können Betriebsräte wichtige Aufgaben im Industrie-4.0-Prozess übernehmen. Die Gewerkschaften haben sich schon frühzeitig konstruktiv in die Debatte um die Gestaltung von Industrie 4.0 eingebracht. Sie sind Teil der nationalen Plattformen und regionalen Aktivitäten zur industriepolitischen Entwicklung und zur Definition von Forschungsprogrammen. So werden z.B. in dem vom Europäischen Sozialfonds geförderten Projekt „Arbeit und Innovation“ die betrieblichen Sozialpartner der Metall- und Elektroindustrie bei der Suche von gemeinsamen Gestaltungslösungen unterstützt.⁷⁵

Viele Geschäftsführungen befürchten, dass ihre Betriebsräte eher als strukturkonservative Bremser denn als Innovationstreiber auftreten. Viele Betriebsräte beklagen ihrerseits, dass sie von den Geschäftsführungen bei der Planung von Industrie-4.0-Projekten gar nicht oder zu spät informiert werden.

Ausführliche Studien haben gezeigt, dass sich Betriebsräte im betrieblichen Innovationsprozess nicht nur in der Schutz- oder gar in der Blockaderolle sehen. Vielmehr gelingt es vielen aktiven Betriebsräten, eigene Innovationsbeiträge zu entwickeln⁷⁶. Voraussetzung dafür ist aber, dass sie ihr Innovationshandeln immer auch transparent als Interessenhandeln legitimieren können⁷⁷. Dies kann auch im Industrie-4.0-Prozess gelingen. Wenn z.B. möglicher Arbeitsplatzverlust mit Qualifizierungs- und Personalentwicklungskonzepten abgefangen wird oder direkte Beteiligungskonzepte zur Sicherung einer hohen Arbeitsqualität vereinbart werden. Positive betriebliche Beispiele zeigen, dass solche kooperativen Gestaltungskonzepte durchaus möglich sind, sie sich allerdings auf einige Voraussetzungen bei beiden Betriebsparteien stützen müssen. Betriebsräte brauchen Erfahrungswissen in arbeitspolitischen Gestaltungsprozessen oder entsprechende Expertenunterstützung. Sie müssen die Bereitschaft mitbringen, sich temporär auf Veränderungen einzulassen (Pilotprojekte), wenn bei negativen Auswirkungen auf die Beschäftigten die Veränderung auch wieder korrigiert oder revidiert werden kann (Prozessvereinbarungen). Die Arbeitgeber müssen die Betriebsräte als eigenständige Gestaltungsakteure akzeptieren, die die berechtigten Interessen der Beschäftigten einbringen. Sie müssen bereit sein, das Ziel der Verbesserung der Arbeitsqualität auch in der technischen Lösungskonzeption mit zu berücksichtigen.

Jedoch kann sich ein solch offener Gestaltungsprozess nicht direkt auf die Mitbestimmungsrechte des Betriebsrats aus dem Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) stützen. Zwar sind im BetrVG auch Initiativrechte des Betriebsrats verankert, an denen sich ein solch offener Gestaltungsprozess orientieren kann, echte Mitbestimmungsrechte beziehen sich aber zumeist auf die Schutzfunktion von Betriebsräten. Damit stehen dem Betriebsrat im Konfliktfall eher Blockaderechte als Gestaltungsrechte zur Verfügung. Das führt dazu, dass – wenn sich die Betriebsparteien allein an den Mitbestimmungsrechten aus dem BetrVG orientieren – oftmals beide Betriebsparteien ihre tatsächlichen Gestaltungsziele verfehlen. Am Beispiel der Leistungs- und Verhaltenskontrolle kann das gezeigt werden.

⁷⁵ IG Metall 2017. Zu den Betrieben und Teilprojekt der IG Metall Baden-Württemberg vgl. <http://www.bw.igm.de/news/meldung.html?id=82992>

⁷⁶ Kriegesmann/Kley 2012; Schwarz-Kocher et al. 2011; Gerlach 2012, Pfeiffer 2014

⁷⁷ Schwarz-Kocher et al. 2011, Seibold et al. 2016



Die Digitalisierung der Arbeitsprozesse bedeutet erst einmal eins: die immense Zunahme von IT-gestützten Prozessdaten. Prinzipiell zur Überwachung und Steuerung von Prozessen erfasst, führen sie unweigerlich zu einer kleinteiligen Zuordnung von Leistung zu Zeiteinheiten. Sobald diese Daten einzelnen Beschäftigten zugeordnet werden können, ist prinzipiell eine personenbezogene Leistungs- und Verhaltenskontrolle möglich. In einem offenen Gestaltungsprozess würden die Betriebsparteien diesen Umstand vermutlich zum Anlass nehmen, um Transparenz über die Leistungsanforderung an den betroffenen Arbeitsplätzen herzustellen. Eine gemeinsam festgelegte Leistungsbasis, die Konfliktregelungen für die Beschäftigten enthält, ist der beste Schutz vor überzogener Leistungsverdichtung am Arbeitsplatz. Unter diesen Bedingungen haben die erfassten Prozessdaten weitgehend ihr Gefahrenpotential verloren.

Allerdings kann man sich bei einem solchen offenen Gestaltungsprozess nicht auf die Rechtslage des BetrVG stützen. Dem Betriebsrat stehen keine gesetzlichen oder tariflichen Mitwirkungsrechte bei Ausgestaltung der Leistungsbedingungen am Arbeitsplatz zur Verfügung. Es sei denn, in den betroffenen Bereichen gibt es einen direkten Leistungsbezug im Entgelt, der sich auf Stück- oder Zeitkennzahlen stützt. Dies ist allerdings selbst in der Metall- und Elektroindustrie bei immer weniger Betrieben der Fall⁷⁸. Dagegen formuliert das BetrVG starke Mitbestimmungsrechte bei der Gestaltung von IT-gestützter Leistungskontrolle (§ 87.1 Punkt 6). So schreibt ein Betriebsratsberater zu den Anforderungen einer Betriebsvereinbarung zur Einführung von Industrie-4.0-Konzepten:

„Die betrieblichen Vereinbarungen zum Datenschutz werden vor allem die Grundsätze zur Datenvermeidung und Datensparsamkeit zum Gegenstand haben: Der Arbeitgeber hat die Erforderlichkeit einer personenbezogenen oder -beziehbaren Datenerhebung und -verarbeitung nachzuweisen. Für diesen Fall ist in den Vereinbarungen die Zweckbindung festzuschreiben, ebenso ist in Zweifelsfällen die Verhältnismäßigkeit zu überprüfen. Weiterhin geht es um die zulässigen Auswertungen, das Berechtigungskonzept, Löschrufen, Datenübermittlungen an Dritte beziehungsweise Auftragsdatenverarbeitung durch oder Funktionsübertragung an Dritte.“⁷⁹

Im Ergebnis würden solche Forderungen, die zumindest teilweise auch einer Einigungsstelle zum Thema standhalten würden, viele Industrie-4.0-Konzepte unmöglich machen. Letztlich könnte der Betriebsrat so die Einführung einzelner Maßnahmen verhindern oder zumindest behindern. Sein eigentliches Ziel einer verbindlichen Leistungsregulation hat er aber verfehlt.

Industrie 4.0 braucht daher bei beiden Betriebsparteien eine neue Gestaltungskultur 4.0. Diese darf nicht allein auf die rechtlichen Regelungen des BetrVG reduziert werden, sondern muss vielmehr einen offenen Gestaltungsdialog ermöglichen. Gegenseitige Verlässlichkeit kann dazu über betriebliche Prozessvereinbarungen hergestellt werden, in denen Informations- und Beteiligungsrechte geregelt, sowie Handlungskorridore und Eskalationsmechanismen vereinbart werden. Diese Gestaltungskultur 4.0 muss von der Überzeugung getragen sein, dass beide Betriebsparteien Lösungen für die Digitalisierung der Industriearbeit anstreben, die zu Win-Win-Situationen führen oder deren Nachteile zumindest sozial regulierbar bleiben⁸⁰. Voraussetzung dafür ist eine entwickelte „Konfliktpartnerschaft“⁸¹ der Betriebsparteien, die ihre unterschiedlichen Interessenlagen akzeptieren, Konflikte aushalten können, letztlich aber bereit für einen sachgerechten Kompromiss sind.

⁷⁸ Bahn Müller et al. 2016

⁷⁹ Burr 2016

⁸⁰ Schwarz-Kocher et al. 2011

⁸¹ Müller-Jentsch



5 Handlungsempfehlungen für Baden-Württemberg

Positive Erwartungen an die positiven Effekte von Industrie 4.0 und Sorgen um den Arbeitsplatz prägen die Diskussion um Industrie 4.0 gleichermaßen. Dabei zeigt der Blick auf technologische Innovationen der Vergangenheit: die Zukunft ist gestaltbar!

Im Zuge der Digitalisierung industrieller Wertschöpfung tun alle Beteiligten in Baden-Württemberg gut daran, auf dem traditionell erfolgreichen Niveau der Arbeitsgestaltung aufzubauen und neue Freiräume für die Ausgestaltung von Industrie 4.0 und Arbeit 4.0 zu schaffen. Voraussetzung dafür sind Offenheit, Vertrauen und ein qualifiziertes Verständnis des Themas und seiner möglichen Auswirkungen. Aus diesem Grund sind die zentralen Ergebnisse der Kurzstudie in den folgenden 13 Handlungsempfehlungen zusammengefasst.

- Es braucht eine Industrie 4.0-Ausrichtung (einen „Industrie 4.0-Mindset“) auf allen Führungsebenen. Entscheider sollten ihre Handlungen noch stärker auf Digitalisierung und Agilität ausrichten, damit Digitalstrategien und digitale Geschäftsmodelle schnell in die Umsetzung kommen. Diese Digitalstrategie sollte integraler Bestandteil der Unternehmensstrategie sein.
- Die Umsetzung von Industrie 4.0 muss auf betrieblicher Ebene gestaltet werden. Automatismen bezüglich der Auswirkungen auf die Attraktivität von Arbeitsplätzen oder gar Beschäftigungseffekte lassen sich nicht pauschal ableiten.
- Ausgangspunkt bei der Entwicklung neuer technischer Lösungswege muss immer die genaue Analyse der aktuellen Arbeitsprozesse und deren Herausforderungen sein. Dabei kann die Orientierung an den angewandten Lean- und GPS-Konzepten ein adäquater Einstieg sein. Denn auch wenn Industrie 4.0 Konzepte disruptive Lösungsansätze möglich machen, bleiben diese dem Ziel schlanker und wettbewerbsfähiger Prozesse verpflichtet.
- Aus- und Weiterbildung sollten konsequent auf die zukünftig absehbaren fachlich-technischen und übergreifenden Kompetenzen ausgerichtet werden. Disziplin- und prozessübergreifende Kommunikation, Kooperation und Arbeitsorganisation sowie ein Verständnis der physischen und digitalen Unternehmensprozesse bildet dabei das zentrale Bindeglied.
- Die Qualifizierungsbedarfe für Industrie 4.0 für den Mittelstand unterscheiden sich von denen der Großunternehmen. Statt vieler hochspezialisierter Tätigkeiten werden vor allem digitalaffine Domänenexperten mit starker Umsetzungskompetenz benötigt. Gerade Unternehmen ohne bzw. mit bisher wenig Erfahrung in diesem Bereich benötigen hier Unterstützung für die ersten Schritte der Qualifizierung.
- Die Sensibilisierung und Qualifizierung der Mitarbeiter/innen erfordert einen massiven Ausbau bedarfsgerechter digitaler Lernformate für alle betroffenen Mitarbeitergruppen und Unternehmensfunktionen.
- Die Umsetzung von Industrie 4.0 in betriebliche Prozesse, Produkte und Geschäftsmodelle erfordert neben dem Aufbau formaler (vor allem technischer) Kompetenzen die digital unterstützte Verbindung neuer Inhalte mit dem unmittelbaren Einsatz im Arbeitsprozess. Dies gerade erfordert eine lernförderliche Arbeitsgestaltung und -organisation.



-
- Im Einführungsprozess von Industrie-4.0-Anwendungen können unterstützende Beteiligungskonzepte zum Erfolgsfaktor werden. Damit können wichtige Beiträge der Beschäftigten bei der Entwicklung passgenauer Lösungen genutzt werden. Gleichzeitig steigt die Motivation der Beschäftigten „ihrem“ Lösungsansatz zum Erfolg zu verhelfen.
 - Zur Unterstützung der Beschäftigten für den digitalen Veränderungsprozess muss transparent gezeigt werden, dass sich die Qualität der Arbeit im Veränderungsprozess verbessert. Industrie 4.0 Konzepte bieten hier vielfältige Chancen. Zur Förderung der betrieblichen Umsetzung von Industrie 4.0 bieten betriebliche Experimentierräume Möglichkeiten, neue Lösungen unkompliziert und schnell in geschützten Bereichen auszuprobieren.
 - Nutzungsmöglichkeiten personenbezogener und personenbeziehbarer Daten sollten anhand konkreter Anwendungsbeispiele in Abwägung von neuen Chancen und Gefahren und deren Implikationen im sozialpartnerschaftlichen Dialog gestaltet werden.
 - Zur durchgängig akzeptierten Umsetzung von Industrie 4.0 wird es notwendig, dass sich die Betriebsparteien an einer neuen Gestaltungskultur 4.0 orientieren, die die Interessen der Beschäftigten nach guten Arbeits- und Leistungsbedingungen in der gemeinsamen Gestaltung digitaler Arbeitsprozesse integriert.
 - Führungskompetenzen müssen für den digitalen Wandel weiterentwickelt werden. Hierzu werden Programme zur Führungskräfteentwicklung auf allen relevanten Hierarchiestufen benötigt. Insgesamt wird im Mittelstand von Baden-Württemberg hierfür eine breit angelegte Sensibilisierung und Aktivierung in den Wirtschaftsregionen und direkt in den Unternehmen erforderlich.
 - Neben der Förderung von technischen Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsprozessen werden zur Umsetzung von Industrie 4.0 komplementäre, nicht-technische Forschungsvorhaben in den Bereichen Qualifizierung, Organisation, Beteiligung, Geschäftsmodelle und neue Wertschöpfungsketten benötigt.



6 Literaturverzeichnis

acatech (Hrsg.) Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen, München 2016.

acatech Wissenschaftlicher Beirat Industrie 4.0 (Hrsg.): Neue Chancen für unsere Produktion - 17 Thesen des Wissenschaftlichen Beirats der Plattform Industrie 4.0. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Aktuelles___Presse/Presseinfos___News/ab_2014/Industrie_4.0_Broschuere.pdf

acatech. Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft (Hrsg.) 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin

Ahrens, Daniela; Spöttl, Georg (2015): Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Nomos, S. 183–203.

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.

Bauer, W.; Gerlach, S.(Hrsg.): Selbstorganisierte Kapazitätsflexibilität in Cyber-Physical-Systems. Stuttgart 2015.

Bauer, W.; Gerlach, S.; Hämmerle, M.; Strölin, T.: Priority Rules for the Control of Flexible Labour Utilisation (2015b). Bericht zur 23rd International Conference on Production Research, ICPR 2015, Philippinen, Manila 2015.

BIBB, GWS, 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.

BITKOM; Fraunhofer IAO (Hrsg.) (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Bauer, W.; Schlund, S.; Marrenbach, D.; Ganschar, O.

Boes, Andreas; Kämpf, Tobias; Langes, Barbara; Lühr, Thomas (2014): Informatisierung und neue Entwicklungstendenzen von Arbeit. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 7 (1), S. 5–23.

Brzeski, C./ Burk, I. (2015): Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. INGDiBa Economic Research.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2016): Weißbuch Arbeiten 4.0. Online verfügbar unter <http://www.arbeitenviernull.de/dialogprozess/weissbuch.html>.



Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hrsg.): Mensch-Technik-Interaktion - Leitfaden für Hersteller und Anwender. Berlin 2013. [https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/ Publikationen/autonomik-band-3-mensch-technik-interaktion,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf](https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/autonomik-band-3-mensch-technik-interaktion,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf)

Brödner, Peter (2015): Industrie 4.0 und Big Data – wirklich ein neuer Technologieschub? In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Nomos, S. 232 - 250.

Burr, Manfred: Mitbestimmung in der Fabrik der Zukunft. In: Computer und Arbeit 2016 (12), S. 8–11.

Deuse, Jochen; Weisner, Kirsten; Hengstebeck, André; Busch, Felix (2015): Gestaltung von Produktionssystemen im Kontext von Industrie 4.0. In: Botthof, Alfons; Hartmann, Ernst Andreas (Hg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Heidelberg. Berlin: Springer, S. 99 ff.

Dombrowski, Uwe; Mielke, Tim (2015): Ganzheitliche Produktionssysteme. Aktueller Stand und zukünftige Entwicklung. Heidelberg: Springer.

Dworschak, B.; Zaiser, H.: FutureKomp 4.0 – Kompetenzen der Zukunft in der Industrie 4.0, Stuttgart 2016 noch unveröffentlicht

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2017): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2017, Berlin: EFI.

Fraunhofer ISI (2016): Sonderauswertung zu computerimplementierten Erfindungen im Rahmen einer Studie für das TMWWDG zum Thema Industrie 4.0 in Thüringen.

Frey, C. B./Osborne, M. A., (2013): The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?, Working Paper, Oxford.

Galiläer, Lutz; Zeller, Beate (2006): Einfache Arbeit im Wandel – Früherkennung von Qualifikationsentwicklungen bei einfachen Tätigkeiten. In: Bullinger, Hans-Jörg (Hg.): Qualifikationen im Wandel. Nutzen und Perspektiven der Früherkennung. Bielefeld: Bertelsmann, S. 85–90.

Gerst, Detlef: Stand der Debatte um Industrie 4.0. IG Metall.

Hämmerle, M.: Methode zur strategischen Dimensionierung der Personalflexibilität in der Produktion Wirkungsbewertung von Instrumenten zur Flexibilisierung der Personalkapazität im volatilen Marktumfeld. Fraunhofer Verlag Stuttgart 2015.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Entwicklungsperspektiven von Arbeit. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden: Nomos, S. 15–21.



Huchler, Norbert (2016): Die „Rolle des Menschen“ in der Industrie 4.0 - Technikzentrierter vs. humanzentrierter Ansatz. In: Arbeits- und Industriosozologische Studien 9 (1), S. 57–79.

IAB (2016b): Saarland, Thüringen und Baden-Württemberg haben den größten Anpassungsbedarf. IAB-Kurzbericht 14/2016.

IAB (2016a): Dienstleister haben die Nase vorn – Arbeitswelt 4.0 – Stand der Digitalisierung in Deutschland. IAB-Kurzbericht 22/2016.

IAB (2015): Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt. Substituierbarkeitspotenziale von Berufen in Deutschland. IAB-Forschungsbericht, 11/2015, Nürnberg.

IW Köln (2015): Beschäftigungseffekte der Digitalisierung. Erste Eindrücke aus dem IW-Personalpanel.

IG Metall (2017), Arbeitszeit: sicher, gerecht und selbstbestimmt!
<https://www.igmetall.de/befragung-2017-arbeitszeit-25366.htm>.

IG Metall (2017): Arbeit+Innovation. Wir machen Zukunft

IG Metall Baden-Württemberg (2016): Befragung: Wirtschaft und Beschäftigung Baden-Württemberg. Ergebnisse aktuelle Frage „Industrie 4.0 und Auswirkungen auf die Arbeit“. Stuttgart.

Ingenics/Fraunhofer IAO 2014: Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden. Ulm

Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan; Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2015): Arbeiten in der Industrie 4.0. Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. Hans-Böckler-Stiftung; IG Metall. Online verfügbar unter http://www.boeckler.de/pdf_fof/S-2014-778-1-2.pdf, zuletzt geprüft am 03.11.2016.

Kinkel, Steffen; Friedewald, Michael; Hüsing, Bärbel; Lay, Gunter; Lindner, Ralf (2008): Arbeiten in der Zukunft. Strukturen und Trends der Industriearbeit. Studien des Büros für Technikfolgen-Abschätzung – Nr. 27. Berlin: Edition Sigma. Online: <https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/buecher/kinkel-et-al-2008-113.pdf>.

Korge, Axel/Schlund, Sebastian/Marrenbach, Dirk (2016): Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg – Vorstudie Bd. 2. Szenario-basierte Use-Cases und Zukunftsszenarien für den Maschinenbau, Stuttgart: Fraunhofer IAO.

Korge, Axel; Lentz, H.-P. (2009): Ganzheitliche Produktionssysteme. Konzepte, Methoden, Erfolgsfaktoren. In: H.-J. Bullinger, D. Spath, H.-J. Warnecke und E. Westkämper (Hg.): Handbuch Unternehmensorganisation. Strategie, Planung, Umsetzung. Heidelberg: Springer, S. 569–574.



Kötter, Wolfgang; Schwarz-Kocher, Martin; Zanker, Christoph (Hg.) (2016): Balanced GPS. Ganzheitliche Produktionssysteme mit stabil-flexiblen Standards und konsequenter Mitarbeiterorientierung. Fachmedien: Springer Gabler.

Lerch, C./Schnabl, E./Meyer, N./Jäger, A. (2017): Digitale Geschäftsmodelle - Sind kleine und mittlere Unternehmen der Metropolregion Stuttgart bereit für die Digitalisierung? Stuttgart: Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart.

McKinsey (2013): Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy.

Metternich, Joachim; Böllhoff, Jörg; Tisch, Michael (2015): Prozesslernfabrik CiP. Vortrag im Dezember 2015. Technische Universität Darmstadt / PTW. Darmstadt.

MFW – Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.): Studie „Altersgerechtes Arbeiten“ – Ergebnisbericht mit Unternehmensbeispielen, Fraunhofer IAO, 2015

Neuhäusler, P; Frietsch, R.; Rothengatter, O. (2015): Patentierung computerimplementierter Erfindungen – Aktuelle Rechtslage und ökonomische Implikationen. Fraunhofer ISI Discussion Papere, No. 46, March 2015.

Pfeiffer, S.; Lee, H.; Zirinig, C.; Suphan, A.: Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025, VDMA-Studie, Frankfurt a.M. 2016

Pfeiffer, Sabine; Schlund, Sebastian; Suphan, Anne; Korge, Axel (2016): Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg. Vorstudie. Zusammenführung zentraler Ergebnisse für den Maschinenbau. Stuttgart: Fraunhofer IAO (1).

Pfeiffer, Sabine (2006): Dialektik der Nebenfolgen. Eine Annäherung am Beispiel von Informatisierungsprozessen. In: S. Böschen, N. Kratzer und S. May (Hrsg.): Nebenfolgen. Weilerswist, S. 65–87.

Pfeiffer, Sabine; Schlund, Sebastian; Suphan, Anne; Korge, Axel (2016): Zukunftsprojekt Arbeitswelt 4.0 Baden-Württemberg – Vorstudie Bd. 1. Zusammenführung zentraler Ergebnisse für den Maschinenbau. Stuttgart: Fraunhofer IAO und Universität Stuttgart.

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

Roland Berger (2014): Industry 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed.

Schlund, Sebastian, Baaij, Ferdinand: An Implicit Definition of Industry 4.0 Using Citation Based Technology Ranking, eingereicht bei der ICPR23, 2017

Schwarz-Kocher, Martin; Kirner, Eva; Dispan, Jürgen; Jäger, Angela; Richter, Ursula; Seibold, Bettina; Weißfloch, Ute (2011): Interessenvertretungen im Innovationsprozess. Der Einfluss von Mitbestimmung und Beschäftigtenbeteiligung auf betriebliche Innovationen. Berlin: Edition Sigma (Forschung aus der Hans-Böckler-Stiftung, 125).



Schwarz-Kocher, Martin; Salm Rainer (2016): Industriearbeit im Wandel des aktuellen Rationalisierungsparadigmas, Onlineausgabe AIS-Studien, www.ais-studien.de/uploads/tx.../AIS-16-01-2_Schwarz-Kocher_Salm_final.pdf Marti, zuletzt geprüft 22.04.2017

Schwarz-Kocher, Martin; Seibold, Bettina; Pfäfflin, Heinz; Salm, Rainer (2012): „Gute Arbeit“ durch KVP? KVP-Workshops zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen nutzen. Stuttgart: IMU-Institut

Seibold, Bettina; Schwarz-Kocher, Martin; Salm, Rainer (2016): Ganzheitliche Produktionssysteme, Reihe: Study der Hans-Böckler-Stiftung, Bd. 340, Düsseldorf

Spath, D.; Dworschak, B.; Zaiser, H.; Kremer, D.: Kompetenzentwicklung in der Industrie 4.0. In: Meier, H. (Hrsg.): Lehren und Lernen für die moderne Arbeitswelt. GITO Verlag, Berlin, 2015, S. 113-124.

Spath, D. (Hrsg.), Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., Schlund, S.: Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013, ISBN 978-3-8396-0570-7, 150 S.

Technopolis/Fraunhofer ISI (2015): Mapping advanced manufacturing networks and exploring new business opportunities. Thematic Paper 1, Regional Innovation Monitor Plus 2015.

Windelband, Lars; Dworschak, Bernd (2015): Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0 – Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In: Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Ittermann, Peter; Niehaus, Jonathan (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden: Nomos, S. 72–86.

Windelband, Lars (2014): Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“. In: Journal of Technical Education (JOTED), 2 (2), S. 138-160. Online: <http://www.journal-of-technical-education.de/index.php/joted/article/view/41>.

ZEW (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Endbericht. Kurzexpertise Nr. 57.