

„Organizability“ – organisations- und mitarbeiterorientierte Handlungsfelder für die Umsetzung von Industrie 4.0

Bosse, C. K.; Hellge, V.; Weidner, A.; Schröder, D.
Institut für Technologie und Arbeit e.V.
Center for Human Factors

Nr. 2015 - 03

© Center for Human Factors Kaiserslautern
www.chf-kl.de

„Organizability“ – organisations- und mitarbeiterorientierte Handlungsfelder für die Umsetzung von Industrie 4.0

Digitalisierung - Industrie 4.0 - Zukunft der Arbeit

1 Hintergrund

Industrie 4.0 bezeichnet nach Mechanisierung, Elektrifizierung und Informatisierung der Industrie eine vierte industrielle Revolution, die durch die fortschreitende Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) ausgelöst wird. Der Begriff steht für einen grundlegenden Paradigmenwechsel von einer primär zentralen hin zu einer dezentralen Steuerung der Produktion auf Basis neuer Technologien. Konkret werden darunter Entwicklungen zusammengefasst, die insbesondere die Produktionstechnik und -steuerung umfassend umgestalten, da zunehmend intelligente, sich selbst steuernde Objekte eingesetzt werden.¹ Dazu zählen u.a. die technische Integration von Cyber-Physical-Systems (CPS) in Produktions- und Logistiksysteme sowie das Internet der Dinge und Dienste, das in industriellen Prozessen Anwendung findet.² In diesem Zusammenhang spielen die Vernetzung der intelligenten Produktionssysteme und neue Möglichkeiten und Formen der Interaktion der Menschen innerhalb von Unternehmen und zwischen Unternehmen eine bedeutende Rolle.³

Der Themenkomplex Industrie 4.0 und die damit verbundenen Potenziale und Herausforderungen werden u.a. von der Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft, einem der zentralen Beratungsgremien der deutschen Bundesregierung, als ein besonders zukunftsrelevantes Feld für die Entwicklung der Wirtschaft eingeschätzt.⁴ Deutschland befinde sich für die Umsetzung der damit verbundenen Themen in einer sehr guten Ausgangsposition, da es einer der konkurrenzfähigsten Industriestandorte weltweit sei, so die Einschätzung von Wirtschaftsexperten.⁵ Bei frühzeitiger Integration der neuen Technologien erwächst die Chance, globalen Herausforderungen in einer

¹ Vgl. Spath, D.; Schlund, S.; Gerlach, S. u. a.: Produktionsprozesse im Jahr 2030. In: IM - die Fachzeitschrift für Information, Management und Consulting, Vol. 27, 3 (2012), S. 50-56 und Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. – Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt/Main, 2013, S. 5 sowie Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0. Stuttgart, 2013, S. 22f.

² Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S.18. Genauere Erläuterungen der Begriffe CPS und Internet der Dinge und Dienste siehe Kapitel 2.

³ Vgl. Spath, D.; Schlund, S.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 50.

⁴ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 3.

⁵ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 5.

Vorreiterrolle erfolgreich und innovativ zu begegnen. Die Potenziale dieses Megatrends sieht man vor allem in:

- einer hochgradig flexiblen und individualisierbaren Produktion von technologisch hochwertiger Produkten und Diensten,
- Synergien durch Unternehmenskooperationen in Form von Innovationsschüben oder effektiven Herstellungsprozessen,
- daraus erwachsenden neuen Geschäftsfeldern im Bereich von Produkten und Diensten und
- neuartigen Unterstützungsangeboten mit gesellschaftlichem Nutzen (z.B. im Gesundheitswesen).

Diesen Potenzialen stehen Herausforderungen nicht nur hinsichtlich der technischen Umsetzung gegenüber, sondern ebenso in Bezug auf die Arbeitsgestaltung und -organisation in der Produktion und in produktionsnahen Bereichen, wie z.B. der Produktentwicklung, und der Ausgestaltung von Wertschöpfungsketten bzw. -netzwerken.⁶ Unternehmen benötigen neue Herangehensweisen, um mit der wachsenden Dynamik und Komplexität der Prozesse, die sich durch die zunehmende Autonomie der Systeme ergeben, erfolgreich umzugehen. Es wird darauf ankommen:

- umfassende Informationsmodelle zu entwickeln, die die komplexen Zusammenhänge und Informationsflüsse in der Wertschöpfungskette abbilden,⁷
- großen Datenmengen zeitnah bzgl. ihrer Relevanz zu bewerten und anschließend weiterzuverarbeiten bzw. weiterzuleiten,⁸
- den Mensch als Mitarbeiter in diese intelligenten Systeme zu integrieren,
- zunehmend kollaborative Arbeitsformen zu etablieren,⁹
- eine partizipative Entwicklung und integrierte Einführung von CPS in Organisationen zu betreiben.¹⁰
- Transformationsprozesse, die eine effiziente Einführung intelligenter Produktionssysteme ermöglichen und den Wandel von Industrie 3.0 zu 4.0 begleiten, zu gestalten,
- Produktion bzw. Produkte und Dienstleistungen im Rahmen von Industrie 4.0 miteinander zu verzahnen.

1. 1 Bisherige Forschungsschwerpunkte und weitergehender Forschungsbedarf

Die nähergehende Betrachtung der aktuellen deutschen Forschungslandschaft zu dem Themengebiet „Industrie 4.0“ verdeutlicht eine klare Fokussierung technologischer Fragestellungen:

Eine beachtliche Anzahl von Initiativen zielt auf die Entwicklung und Einführung von „Cyber-Physical-Production-Systems“ (CPPS) in produzierenden Unternehmen ab. Referenzarchitekturen sollen die

⁶ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 18.

⁷ Vgl. Schlick, J.; Stephan, P.; Zühlke, D.: Produktion 2020. Auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. In: IM – die Fachzeitschrift für Information, Management und Consulting, Vol. 27, 3 (2012), S. 26-33.

⁸ Vgl. Evans, P.; Annunziata, M.; General Electric (Hrsg.): Industrial Internet: Pushing the boundaries of minds and machines. 2012, S. 10.

⁹ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 3. und Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 53.

¹⁰ Vgl. Geisberger, E.; Broy, M.(Hrsg.): Agenda CPS, Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. München, 2012, S. 19.

Grundlage für eine Vernetzung verschiedener Systemfelder (Auftragssteuerung, Logistik, Produktionssteuerung) bieten. Die Gestaltung von Kommunikationsprozessen zwischen autonomen Objekten wird in den angeschlossenen Partnerunternehmen im jeweiligen Anwendungsfeld vorangetrieben und verifiziert.

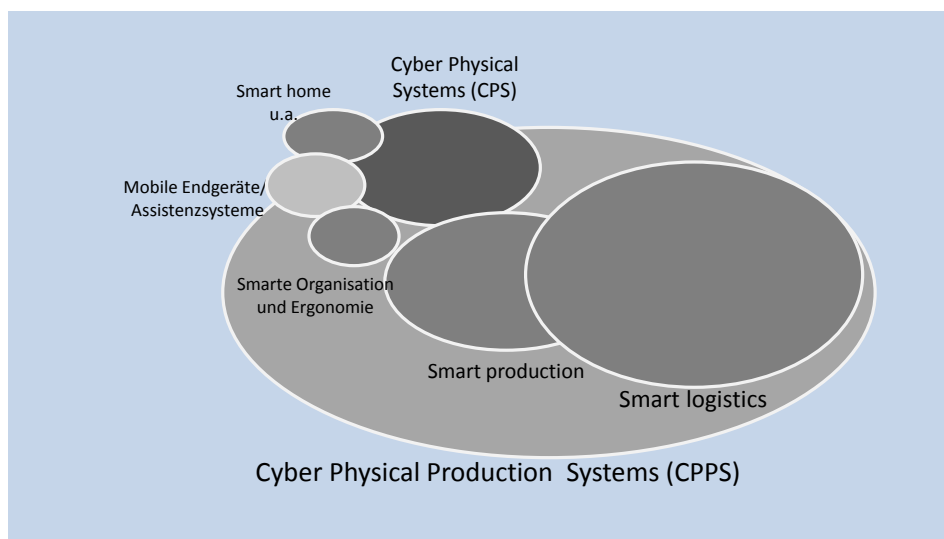
Häufig verfolgen Industrie-4.0-Projekte schwerpunktmäßig die Realisierung „smarter Prozesse“ in der Logistik, z.T. auch in Teilbereichen der Fertigungssteuerung. Hier werden neue Verfahren (teil-)autonomer Materialflüsse verbunden mit der Einführung intelligenter, fahrerloser Transportobjekte erprobt und pilothaft eingeführt.

Liegt der Fokus auf der Entwicklung von konkreten Cyber-physischen Systemen, werden im Rahmen der Forschungsverbünde beispielhafte Entwicklungsumgebungen aufgebaut, Produktmodelle und digitale Prozessmodelle ausgearbeitet. Fördergegenstand sind z.B. flexible und wirtschaftliche Robotersysteme zur Automatisierung von Produktionsprozessen in KMU.

Mitunter werden im Rahmen der Forschungsaktivitäten Schwerpunkte auf individualisierte Assistenzsysteme oder auch die mensch-zentrierte Software-Gestaltung gelegt.

Einige wenige Forschungsprojekte analysieren zukünftige Kompetenzbedarfe im Zuge der antizipierten Veränderung von Unternehmensprozessen unter dem Strichwort „Industrie 4.0“. Die Qualifizierung der Mitarbeiter und die Entwicklung neuer vernetzter und flexibler Organisationsstrukturen bei der Einführung von CPS in Organisationen aus Projektverbünden scheint in der derzeitigen Forschungslandschaft jedoch noch eher ein Randthema zu sein. Ein weiteres Themenfeld, das bisher kaum Berücksichtigung findet, ist die Gestaltung einer integrativen Organisationsstruktur, die eine Einbindung der Industrie-4.0-Ansätze in existierende Organisationsstrukturen ermöglichen, sowie Anforderungen und die Ausgestaltung entsprechender Change Prozesse.

Vorhandene Forschungsfelder Industrie 4.0



Eigene Darstellung; Stand März 2014;

Abbildung 1 Forschungsfelder Industrie 4.0

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass die meisten bislang realisierten Forschungsvorhaben die Entwicklung von innovativen technologischen Lösungen oder Optimierungen der Produktions- bzw. Logistikprozesse in (Groß-)Unternehmen im Fokus haben, oder sich teilweise auf andere Anwendungsfelder, wie etwa „Smart Home“, konzentrieren. Weitergehender Forschungsbedarf besteht darin, die Anforderungen an den Menschen als Mitarbeiter im Rahmen von Industrie 4.0 zu untersuchen und in ein organisationbezogenes Gesamtkonzept einzubetten. Dabei gilt es, mit Hilfe von adäquaten Konzepten die Entwicklung von Industrie 4.0 partizipativ zu gestalten und somit den Faktor Mensch und seine Bedürfnisse frühzeitig einzubeziehen. Insbesondere sind Einführungs- und Gestaltungsstrategien notwendig, die Mitarbeitern neue Arbeitsformen und Verantwortungsbereiche vermitteln sowie die neuen technologischen Systeme in die bestehende Unternehmensorganisation integrieren. Ziel muss es sein, Akzeptanz und Arbeitsmotivation auf Seiten der Mitarbeiter zu erreichen und so den langfristigen Erfolg von Industrie 4.0 zu sichern.¹¹ Gleichsam bieten die neuen Technologien Möglichkeiten Innovationen zu revolutionieren, eine partizipative Kompetenzentwicklung zu etablieren, in dem Unternehmensnetzwerke ganzheitliche, flexible Lösungen für den Endkunden bereitzustellen oder gar den Kunden in die Innovations- und Entwicklungsprozesse aktiv einzubinden.

2 Technologische Neuerungen in der Industrie 4.0

2.1 Cyber Physical Systems (CPS)

Kern der technologischen Innovation von „Industrie 4.0“ sind sog. Cyber-physische Systeme (engl. Cyber-Physical-Systems, CPS). „Cyber-physische Systeme sind verteilte, intelligente Objekte, die miteinander über Internettechnologien vernetzt sind.“ CPS „entstehen durch ein komplexes Zusammenspiel von eingebetteten Systemen, Anwendungssystemen und Infrastrukturen (...), Kommunikationsnetze und ihre Verknüpfungen mit dem Internet (...).“¹² Wirksam werden diese CPS über ihre Vernetzung und die Mensch-Technik-Interaktion in Anwendungsprozessen.¹³ Diese autonom oder teilautonom agierenden Systeme liefern den Impuls für neue industrielle Anwendungsszenarien und Prozessveränderungen. CPS können z.B. im Produktionsprozess selbststeuernd wirken, „where smart products can take corrective action to avoid damages and where individual parts are automatically replenished.“¹⁴

Um die Innovationskraft von CPS effektiv zu nutzen, müssen die vernetzten, physikalischen Elemente bestmöglich in die Geschäftsprozesse eingebunden werden. Der Slogan „process2device“ steht für eine Entwicklung, in der Geräte einen aktiven Part übernehmen: „(...) delivering data, sending events and processing rules.“¹⁵ In der Betrachtung der Wertschöpfungsprozesse sind Materialströme und

¹¹ Vgl. Hirsch-Kreinsen, H.: Welche Auswirkungen hat die Zukunftsindustrie auf die Beschäftigten? (Interview). In: RKW Magazin 4/2013- Schwerpunkt: Die Zukunft der Industrie, S. 20-23, S. 23.

¹² Geisberger, E.; Broy, M.(Hrsg.): a.a.O., S. 17.

¹³ Vgl. Geisberger, E.; Broy, M.(Hrsg.): a.a.O., S. 17.

¹⁴ Löffler, M.; Tschiesner, A.: The Internet of Things and the future of manufacturing.(Interview), 2013. URL: http://www.mckinsey.com/Insights/Business_Technology/The_Internet_of_Things_and_the_future_of_manufacturing? S. 1.

¹⁵ Löffler, M.; Tschiesner, A.: a.a.O., S. 3

Informationen nicht länger isoliert voneinander zu betrachten „because products will be inextricably linked to ‚their‘ information.“¹⁶

CPS können ihr volles Potenzial nur dann entfalten, wenn die technischen, organisatorischen und juristischen Rahmenbedingungen entsprechenden Raum hierfür bieten und bestmöglich ineinandergreifen.¹⁷

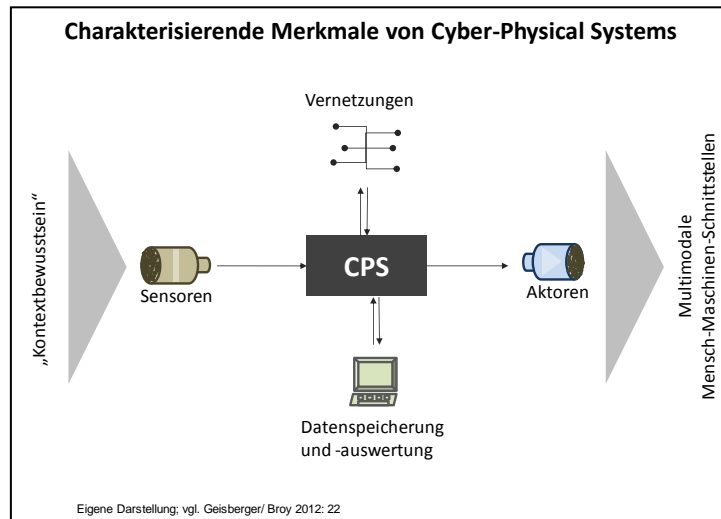


Abbildung 2 Charakterisierende Merkmale von Cyber-Physical-Systems¹⁸

Die Dynamik und die Neuerungspotenziale dieser Entwicklung ergeben sich aus dem Zusammenspiel verschiedener Trends (beispielsweise Sensortechnik, semantisches bzw. interaktives Web, intelligente, eingebettete Systeme); ihre Wirkung ist vielfältig und kommt in unterschiedlichen Anwendungsfeldern zum Tragen (vgl. Kap. 0).

2.2 Ergänzende Technologien

2.2.1 Industrial Internet

Der Begriff „Industrial Internet“ ist vor allem im englischen Sprachgebrauch verankert und geht auf Studien von General Electric¹⁹ zurück. Weitgehend synonym zu dem Verständnis von Industrie 4.0 werden drei zentrale Dimensionen in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt: Intelligente Maschinen, fortgeschrittene Analysesysteme und die Vernetzung von Menschen unabhängig von Ort und Zeit zur Unterstützung der intelligenten Systeme.²⁰ Um die Potenziale des „Industrial Internet“ voll ausnutzen zu können, müssen digitale Elemente, intelligente Endgeräte, Systeme und Automatisierung passgenau mit den physikalischen Systemen gekoppelt werden.²¹ Durch deren

¹⁶ Löffler, M.; Tschiesner, A.: a.a.O., S. 4

¹⁷ Vgl. Geisberger, E.; Broy, M. (Hrsg.): a.a.O., S. 105.

¹⁸ Eigene Darstellung vgl. Geisberger, E.; Broy, M. (Hrsg.): a.a.O., S. 22.

¹⁹ Vgl. Evans, P.; Annunziata, M.; General Electric (Hrsg.): a.a.O.

²⁰ Vgl. Hessman, T.: The Dawn of the Smart Factory. In: Industry Week, Vol. 262, 2(2013), S. 14-16, S. 16. URL:<http://www.industry.usa.siemens.com/topics/us/en/Manufacturing-Renaissance/Documents/ManufacturingRenaissance-SmartFactory.pdf> (09.04.2014).

²¹ Vgl. ebd., S. 19.

Zusammenspiel können große Datenmengen („Big Data“) in Echtzeit analysiert und damit genauere Analyseergebnisse als Grundlage für Entscheidungen herangezogen werden.²² In diesem Kontext ist die Kontrollierbarkeit bzw. Steuerbarkeit komplexer Systeme durch den Menschen zu hinterfragen. Dabei ist, insbesondere im Hinblick auf die Kompetenzentwicklung der Mitarbeiter, zu klären, inwiefern die Integration des Mitarbeiters in intelligente Systeme zu einer Entkopplung von der realen Umwelt führt und einen Verlust von Problemlösungskompetenz bewirkt. Damit würde sich die Integration des Mitarbeiters in intelligente Systeme negativ auf die Kompetenzentwicklung auswirken und insbesondere die Entwicklung von Anforderungen, die für diesen Arbeitskontext als relevant angesehen werden, wie bspw. Steuerungs- und Entscheidungskompetenzen, erschweren.

2.2.2 Internet der Dinge und Dienste

Der Begriff „Internet der Dinge und Dienste“ fokussiert den Vernetzungsaspekt des „Industrie 4.0-Trends“ und beschreibt eine zunehmende Integration von physikalischen Gegenständen - wie bspw. Geräten, Maschinen und Sensoren - in das Internet (z.B. im Falle von sog. Smart Factory, Smart Home, usw., vgl. Kap. 0). Diese Aspekte werden über spezielle Schnittstellen oder auch über soziale Netzwerke (Dienste wie z.B. Twitter, Facebook) den Nutzern des Internets zugänglich gemacht. Auf diese Weise kann eine enge Verbindung zwischen digitaler und physikalischer Welt entstehen (Vernetzung von Dingen, Menschen und Systemen).²³ So ist es beispielsweise möglich, eine Fabrik mit dem gesamten Produktionsumfeld zu einer intelligenten Umgebung zu vernetzen und eine selbstständige Kommunikation der Maschinen und Produkte der Smart Factory mit den Nutzergruppen und Kunden zu erreichen.²⁴

Das Internet der Dinge begründet drei zentrale, sozio-technologische Entwicklungstrends, die es für eine erfolgreiche Ausgestaltung und Beherrschung des „Projektes Industrie 4.0“ zu beachten gilt:²⁵

1. intelligente eingebettete Systeme in Kombination mit ortsungebundenen Diensten und Assistenzsystemen,
2. internetbasierte Geschäftsprozesse durch vernetzte Objekte,
3. soziale Netzwerke des Web 2.0.

2.2.3 Sensortechnik

Das Internet der Dinge und Dienste wird erst durch eine Vielzahl eingebetteter Sensoren und Aktoren ermöglicht, die untereinander vernetzt sind und Zugriff auf das Internet haben. Diese Sensoren sammeln Daten aus der physikalischen Welt und übermitteln sie in Echtzeit an die netzwerkbasieren Dienste.²⁶ Die Aktoren der Dienste können umgekehrt mit Hilfe dieser Daten Vorgänge in der physikalischen Welt beeinflussen.²⁷ Heute sind bereits mehr als 30 Millionen vernetzte Sensoren in Branchen wie Verkehr, Fahrzeugherstellung, Einzelhandel und Industrie im Gebrauch und diese Zahl

²² Vgl. Evans, P.; Annunziata, M.; General Electric (Hrsg.): a.a.O., S. 12.

²³ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 18.

²⁴ Vgl. ebd. und Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 22.

²⁵ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 19.

²⁶ Vgl. McKinsey Global Institute (Hrsg.) (2011): Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, S. 81 und Acatech (Hrsg.) (2011): Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. Acatech Position, November 2011, S. 5.

²⁷ Vgl. Acatech (Hrsg.) (2011): a.a.O., S. 5.

steigt um mehr als 30 Prozent pro Jahr an.²⁸ Hinzukommen Sensoren als Teile von Smartphones, Gebäuden, Produktionsanlagen und medizinischen sowie logistischen Prozessen.²⁹

Sensorbasierte Analysesysteme lassen in Produktionsprozessen beispielsweise ein Customizing auf Massenproduktionsniveau möglich werden. Außerdem ergeben sich Anwendungsfelder im After-Sales-Bereich. So können Kunden mit Hilfe von Sensoren, die in Produkte eingebettet sind, gezielt Dienstleistungen angeboten werden, indem das Nutzungsverhalten verfolgt und analysiert wird. Auch Design oder Produktionsfehler können zeitnah nach Auftreten ermittelt, weitergeleitet und in der Produktion behoben werden.³⁰ Die RFID-Technik³¹ erlaubt durch automatisches Identifizieren und Lokalisieren von Objekten z.B. auch Fernwartungen von Komponenten mit eingebetteten Sensoren. Die Möglichkeit der Zustands- und Umgebungsbeobachtung sowie das „Gedächtnis“ der digitalen Komponenten werden für die vernetzte Kontrolle und Koordination genutzt.³²

Im Zusammenhang mit der Erfassung von Umgebungsinformationen durch Sensoren und die Nutzung dieser Daten sind insbesondere Datenschutzfragen zu klären sowie rechtliche Rahmenbedingungen auszugestalten, die bspw. Kunden vor dem Missbrauch ihrer persönlichen Daten durch Unternehmen oder Dritte schützen.

2.2.4 Mobile Endgeräte

Es ist davon auszugehen, dass mobile Endgeräte wie Smartphones oder Tablets sich zukünftig im Rahmen von Industrie-4.0-Entwicklungen in der Fertigung als technisches Handwerkszeug etablieren werden. Virtual-Reality-Brillen oder Datenbrillen wie z. B. Google Glass bieten sich an, um dem Nutzer gezielt umgebungsbezogene Informationen im Sinne einer „Augmented Reality“ zur Verfügung zu stellen.³³ All diese Endgeräte stellen die zentrale Schnittstelle der Systeme zum Mitarbeiter in der Fabrik dar. Durch sie wird die Vernetzung der Mitarbeiter untereinander verstärkt und ein ortsunabhängiges Arbeiten möglich gemacht. Dies ermöglicht den Einsatz neuer Arbeitstechniken und Kooperationsformen in der Produktion. „In der Interaktion mit technischen Systemen wird die Wahrnehmung des Menschen situationsgerecht durch zusätzliche visuelle, akustische oder taktile Informationen unterstützt.“³⁴ Bei Problemen können Informationen direkt auf ein Tablet eines Mitarbeiters geliefert werden, ohne dass diese jedes Mal ein Terminal aufsuchen müssen.³⁵ Die mobilen Geräte werden durch Assistenzsysteme ergänzt, die dem Nutzer kontext- und ortsgebundene Hilfestellungen und Assistenzdienste auf physischer und kognitiver Ebene für die jeweilige Produktionsumgebung anbieten.³⁶

²⁸ Vgl. McKinsey Global Institute (Hrsg.) (2011), a.a.O. S. 2.

²⁹ Vgl. Acatech (Hrsg.) (2011), a.a.O., S.13 und McKinsey Global Institute (Hrsg.) (2011), a.a.O. S. 1.

³⁰ Vgl. McKinsey Global Institute (Hrsg.) (2011): a.a.O., S. 78 und 81.

³¹ Anmerkung: engl. radio-frequency identification -[Identifizierung](#) mit Hilfe [elektromagnetischer Wellen](#).

³² Vgl. Geisberger, E.; Broy, M. (Hrsg.): a.a.O., S. 20.

³³ Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 59; DFKI Kaiserslautern: Technologien für die Stadt von morgen – DFKI eröffnet SmartCity Living Lab. URL: http://www.dfki.de/web/presse/pressemitteilungen_intern/2014/technologien-fur-die-stadt-von-morgen-2013-dfki-eroffnet-smartcity-living-lab (Stand: 30.04.2014)

³⁴ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Autonomik für Industrie 4.0, Berlin, 2012, S. 3.

³⁵ Vgl. ebd.

³⁶ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 37 und Spath, D.; Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a. (Hrsg.): a.a.O., S. 61 und 63.

Um eine effektive und effiziente Nutzung mobiler Endgeräte in der „Smart Factory“ sicherzustellen, sind jedoch bestimmte Rahmenbedingungen unabdingbar: Zum einen müssen die Nutzer im Umgang mit den jeweiligen Endgeräten geschult werden. Zum anderen wird die Entwicklung von spezifischen Benutzerschnittstellen und Software-Interfaces notwendig, um ein mobiles Gerät in ein mobiles Handwerkszeug umzuwandeln. Außerdem müssen Programme entwickelt werden, die den Nutzern eine gezielte Auswahl der darzustellenden Informationen auf Geräten mit relativ kleiner Bildschirm- bzw. Touchscreengröße ermöglichen.³⁷

2.3 Anwendungsfelder technologischer Neuerungen

„CPS können ihr Potenzial in vielerlei Szenarien entfalten.“³⁸ Anwendungsszenarien konstituieren sich in verschiedenen Industrien, Geschäftsbereichen, Prozessfeldern oder in Bezug auf die unterschiedlichen Stakeholder. „The industrial Internet promises to have a range of benefits spanning machines, facilities, fleets and industrial networks, which in turn influence the broader economy.“³⁹ Neben den Feldern der intelligenten Mobilität („Smart Mobility“), der Medizin („Smart Health“), intelligenten Formen der multimodale Interaktionstechnologien im häuslichen Umfeld („Smart Home“) sowie der Energienetze („Smart Grid“) werden vor allem im Bereich der intelligenten vernetzten Produktion („Smart Production“) Potenziale erwartet⁴⁰, die gleichzeitig große Herausforderungen an die organisatorische Ausgestaltung innerhalb und zwischen Unternehmen mit sich bringen: “(...) we examine how productivity trends have impacted economic growth over the last few decades and estimate what broad diffusion of the Industrial Internet could yield in the global economy over the next twenty years.”⁴¹ “In manufacturing, the potential for cyber physical systems to improve productivity in the production process and the supply chain is vast.”⁴²

Nimmt man vor diesem Hintergrund die produzierende Industrie mit ihren Geschäftsprozessen in den Fokus, muss zwischen Auftragsabwicklungs- und Produktentstehungsprozess unterschieden werden, wodurch auch die Idee des „Smart Engineering“ zum Tragen kommt. Grundsätzlich werden der Produktion von morgen über die Implementierung von CPS neue Erfolgsfaktoren – ergänzend zu ‚Qualität‘, ‚Zeit‘ und ‚Kosten‘ – zugeschrieben⁴³:

- Interoperabilität in der produktionsnahen IT (aufgrund der notwendigen Wandlungsfähigkeit für viele Produktvarianten),
- Echtzeitfähigkeit,
- Netzwerkfähigkeit.

³⁷ Vgl. Spath, D.; Weisbecker, A.(Hrsg.); Peissner, M. u.a.: Potenziale der Mensch-Technik Interaktion für die effiziente und vernetzte Produktion von morgen, Stuttgart, 2013, : a.a.O., S. 50.

³⁸ Geisberger, E.; Broy, M.(Hrsg.): a.a.O., S. 29.

³⁹ Evans, P.; Annunziata, M.; General Electric (Hrsg.): a.a.O., S. 19.

⁴⁰ Vgl. Geisberger, E.; Broy, M.(Hrsg.): a.a.O., S. 29.

⁴¹ Evans, P.; Annunziata, M.; General Electric (Hrsg.): a.a.O., S. 19.

⁴² Löffler, M.; Tschiesner, A.: a.a.O., S. 1.

⁴³ Vgl. Geisberger, E.; Broy, M.(Hrsg.): a.a.O., S. 53f.

3. Neue technologische Dimensionen mit Auswirkungen auf die Mensch-Technik-Interaktion

In Anbetracht der technologischen Neuerungen lassen sich drei Dimensionen herausstellen, von denen maßgebliche Änderungen auf die Mensch-Technik-Interaktion in produzierenden Unternehmen zu erwarten sind:

- Echtzeitinformationen und „Big Data“,
- (Teil-) autonome Prozesse und
- Vernetzung

3.1 Echtzeit-Informationen und Big data

Resultierend aus den technologischen Neuerungen im Rahmen von Industrie 4.0 ändern sich Modalitäten der Datengewinnung und -verarbeitungen: It „brings the power of ‚big data‘ together with the machine-based analytics in real time. Traditional statistical approaches use historical data gathering techniques where often there is more separation between the data, the analysis and the decision making.“⁴⁴ Ganze Wertschöpfungsnetzwerke können zukünftig in Sekundenschnelle überwacht und optimal gesteuert werden⁴⁵; eine flexible Berücksichtigung der Kundenwünsche und Berücksichtigung von wirtschaftlichen Kenngrößen wird gleichermaßen ermöglicht.⁴⁶ All dies setzt jedoch voraus, dass diese Analyse- und Steuerungsprozesse auf soliden Informationsmodellen basieren. Es muss entschieden werden, welche der großen Datenmengen relevant sind und wie sie weiterverarbeitet bzw. weitergeleitet werden.⁴⁷ Eine zentrale Herausforderung hierbei liegt in der Konzeption der Informationsmodelle vor dem Hintergrund der zunehmenden Komplexität der Systeme. Hierzu werden von den Mitarbeitern insbesondere mathematische und Analysekompetenzen benötigt, die heute bereits rar sind. Es stellt sich außerdem die Frage, ob bzw. wann bei fortschreitender Komplexität die Grenzen der Modellbildung erreicht werden und weiterhin valide Modelle abgebildet werden können.

“Datability” steht also für die die Fähigkeit, große Datenmengen in hoher Geschwindigkeit verantwortungsvoll und nachhaltig zu nutzen. Sowohl beim Aufbau als auch im wirtschaftlichen Betrieb von echtzeitgesteuerten Systemen mit großen Datenmengen sind spezielle Kompetenzen der verantwortlichen Mitarbeiter unerlässlich. “With all this new information available - about interdependencies, the flow of materials, the cycle time, and so on - manufactures can lower their inventor costs and reduce the amount. This involves huge amounts of data. To make the system stable and reproducable that requires analytical competencies in Mathematics which are already rare.”⁴⁸

⁴⁴ Evans, P.; Annunziata, M.; General Electric (Hrsg.): a.a.O., S. 12.

⁴⁵ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: a.a.O., S. 2.

⁴⁶ Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 45.

⁴⁷ Evans, P.; Annunziata, M.; General Electric (Hrsg.): a.a.O., S. 10.

⁴⁸ Löffler, M.; Tschiesner, A.: a.a.O., S. 6.

3.2 (Teil-)autonome Prozesse

Ein weiteres Kernmerkmal der Industrie-4.0-Entwicklungen ist der wachsende Autonomiegrad von Prozessen in und zwischen Unternehmen.⁴⁹ Wenngleich aus heutiger Sicht mit der Einführung von CPS keine vollständige Autonomie dezentraler Systeme erreicht werden kann, gilt es die Systeme, die sich autonom steuern lassen, zu optimieren und in weiterhin zentrale und durch den Menschen gesteuerte Prozesse zu integrieren.⁵⁰ Damit lassen sich lokale Optimierungen für einen bestimmten Bereich der Produktion erreichen. Das Prinzip soll sicherstellen, dass vor Ort dezentrale und schnelle Entscheidungen getroffen werden können, was optimalen Entscheidungen, die zu spät auf kurzfristige Veränderungen reagieren, vorzuziehen ist. Auf diese Weise werden Unternehmen in die Lage versetzt mit der zunehmenden Volatilität der Märkte umzugehen.⁵¹

Weiterhin lässt sich mit Hilfe der dezentral gesteuerten Systeme eine Verringerung der Planungskomplexität in der Produktion erreichen.⁵² Hinzukommt, dass intelligente Systeme in der Lage sind, Situationen automatisch zu erkennen und zu analysieren und auf Grundlage früherer Lösungen und Rahmenbedingungen optimale Handlungsalternativen und Steuerungsmaßnahmen vorzuschlagen. Mitarbeiter werden auf diese Weise in der Steuerung der Produktionsprozesse unterstützt.⁵³

3.3 Vernetzung

„Connectivity“ steht für die Fähigkeit der Vernetzung von Menschen, Computern, Produkten und Maschinen sowie mobilen Endgeräten über das Internet. Die Vernetzung in der Entwicklung hin zu Industrie 4.0 findet auf mehreren Ebenen statt. Zum einen wird es durch CPS möglich, dass Maschinen bzw. Produktionsanlagen untereinander kommunizieren und Vorgänge selbststeuernd abwickeln. Durch in Produkte eingebettete Sensoren wird die Kommunikation zwischen Produkten und Maschinen umsetzbar. Zum anderen werden Kooperationen zwischen Unternehmen, z.B. mit Zulieferern oder Logistikdienstleistern, in einem Wertschöpfungsverbund über Cloud-Dienste im Internet auf eine neue Ebene der Vernetzung gehoben. Eine unmittelbare Datenübertragung in Echtzeit und eine flexible Datenverarbeitung schafft die Voraussetzung für dynamisch agierende Wertschöpfungsverbünde.

⁴⁹ Im Gegensatz zu dem Konzept „Computer Integrated Manufacturing“ (CIM 2.0) ist Industrie 4.0 auf eine dezentrale Steuerung ausgerichtet, während CIM noch einen zentralen, deterministischen Planungsansatz nutzen wollte. Die Ziele von CIM 2.0 und Industrie 4.0 unterscheiden sich jedoch nicht wesentlich voneinander: es sollen transparente Produktionsabläufe durch eine Informationstechnisch orientierte Steuerung erreicht werden und so die Produktion effektiver und effizienter gestaltet werden. Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 101 f..

⁵⁰ Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 52f..

⁵¹ Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 95f.

⁵² Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 97.

⁵³ Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 96.

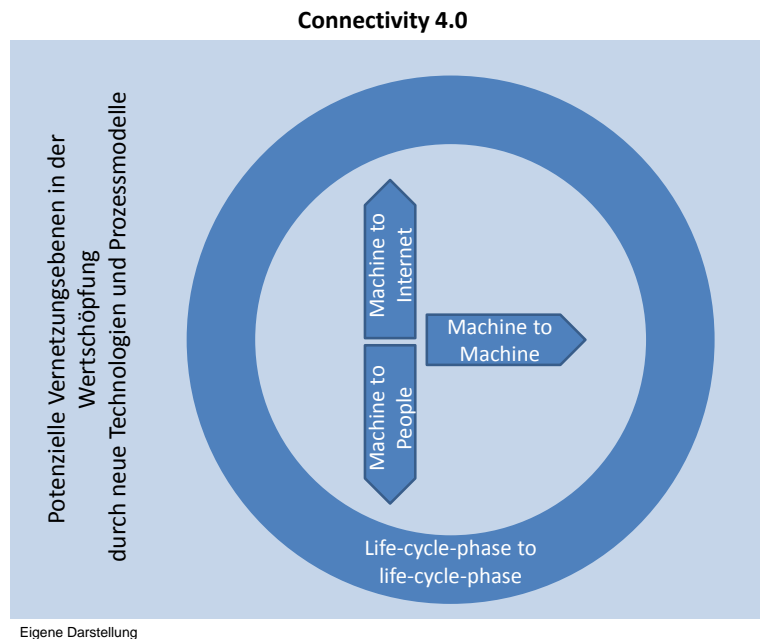


Abbildung 3 Vernetzungspotenziale Industrie 4.0

Intelligente Produktionssysteme sind Bestandteil des Prinzips, Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette stärker miteinander zu vernetzen. So wird beispielsweise die zeitnahe Integration von Teilkomponenten unterschiedlicher Hersteller in ein Produktionssystem möglich.⁵⁴ Intelligente und vernetzte Produkte können direkt mit Herstellern bzw. Lieferanten der Produktionsressourcen kommunizieren und so bei Bedarf beispielsweise Ersatzteile bestellen, die zur Vervollständigung benötigt werden, ohne eine Rücksprache mit einem Mitarbeiter halten zu müssen.⁵⁵ Dieses Vernetzungsprinzip lässt sich über den gesamten Produktlebenszyklus hin ausweiten, in dem lebenszyklusbegleitende Informationen am Produkt selbst verankert sind und in jeder Phase weiterverarbeitet werden.

Vernetzte Systeme bieten zudem die Möglichkeit globale Standorte und Produktionseinrichtungen miteinander zu verbinden und so Vergleiche der Produktionsprozesse umzusetzen und diese bei Bedarf aufeinander abzustimmen bzw. zu verbessern.⁵⁶ Ein Zusammenrücken von weit entfernten Produktionssystemen und Service- bzw. Wartungsleistungen kann mit Hilfe der zeitnahen Vermittlung von Aufträgen und Wartungsbedarfen ebenfalls stattfinden.⁵⁷

Neben diesen Ebenen spielt weiterhin die Vernetzung der Menschen im Rahmen der Arbeit mit Produktionssystemen eine Rolle. Dies betrifft zunächst die Vernetzung zwischen Mitarbeitern und autonomen Systemen und Produktionsanlagen, die durch mobile Endgeräte und Systemintelligenz ermöglicht wird. Außerdem ergeben sich aus den Änderungen hin zu Industrie 4.0 und der „Smart Factory“ veränderte Anforderungen an die Gestaltung der Zusammenarbeit der Menschen in der

⁵⁴ Vgl. Spath, D.; Weisbecker, A.(Hrsg.); Peissner, M. u.a.: a.a.O.

⁵⁵ Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 56.

⁵⁶ Vgl. Spath, D.; Weisbecker, A.(Hrsg.); Peissner, M. u.a.: a.a.O.

⁵⁷ Vgl. ebd.

Produktion untereinander: „Connecting people at work or on the move, any time to support more intelligent design, operations, maintenance and higher service quality and safety.“⁵⁸

Auf der Ebene der Vernetzung des Kunden mit dem Unternehmen wird es beispielsweise möglich, individuelle Produktwünsche direkt an das Unternehmen zu übermitteln und zeitnah ein individualisiertes Produkt zu erhalten. Über die Erfassung von Kundendaten durch Produkte, die mit entsprechenden Sensoren ausgestattet und vernetzt sind, können kundenspezifische Dienstleistungen als Ergänzung zu dem genutzten Produkt angeboten werden bzw. es kann schnell und flexibel auf Wartungs- bzw. Reparaturbedürfnisse reagiert werden.⁵⁹

Die zunehmende Vernetzung der Menschen untereinander innerhalb der Arbeitswelt macht schnellere und effizientere Abstimmungen über Arbeitsprozesse möglich. Gleichzeitig stellt die ständige Erreichbarkeit Herausforderungen an die Abgrenzung von Arbeit und Privatleben, aber eröffnet in diesem Zusammenhang auch Möglichkeiten für eine flexiblere Arbeitszeitgestaltung. Im Privatleben nimmt die persönliche Vernetzung über Social Media und mobile Endgeräte ebenfalls weiter zu und macht bspw. einen Austausch in Echtzeit über Produkte und Dienstleistungen sowie Unternehmen möglich, sodass z.B. Trends wesentlich schneller entstehen.

⁵⁸ Vgl. Hessman, T., a.a.O.

⁵⁹ Vgl. McKinsey Global Institute (Hrsg.) (2011): a.a.O., S. 78 und 81.

4 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen im Kontext von Industrie 4.0

Die technologischen Neuerungen und Dimensionen von Industrie 4.0 können nicht isoliert betrachtet werden. Erst im Zusammenspiel mit weiteren gesellschaftlichen (Mega-)Trends lassen sich die zentralen Handlungsfelder für eine organisatorische Ausgestaltung des Einsatzes neuer Technologien zielgenau ableiten. Dieser Abschnitt skizziert absehbare Entwicklungen, die in einem Wirkzusammenhang mit der sog. vierten industriellen Revolution stehen.

4.1 Demografischer Wandel und Fachkräftemangel

Der Begriff "Demografischer Wandel" definiert die Veränderung der Altersstruktur der Bevölkerung eines Landes. In Deutschland ist ein Trend hin zu einer alternden Gesellschaft zu verzeichnen. Grund dafür sind die sinkenden Zahlen an Neugeborenen und die steigenden Werte bezogen auf eine Bevölkerungsgruppe mit einem hohen Lebensalter. Zukunftsprognosen besagen in diesem Zusammenhang außerdem, dass die deutsche Bevölkerung bis zum Jahre 2050 um sieben Millionen Menschen auf insgesamt 75 Millionen sinken wird. Im Vergleich dazu gab es im Jahr 2012 noch etwa 82 Millionen Einwohner.⁶⁰

Der Rückgang der Gesamtbevölkerung wird sich besonders deutlich in der Gruppe der unter 20-Jährigen zeigen. 2030 soll es demnach nur noch etwa 12,9 Millionen unter 20-Jährige geben. Vor diesem Hintergrund ist mit einem zunehmenden Fachkräftemangel zu rechnen.⁶¹ In Verbindung mit den gewachsenen fachlichen Ansprüchen an die Arbeitskräfte in einer hochtechnisierten Industrie führt dies zu einem kompetitiven Werben um qualifizierte Fachkräfte.⁶² Unternehmen sind immer stärker gezwungen, sich als attraktive Arbeitgeber zu präsentieren. Unter anderem zählt dazu eine von Mitarbeitern geforderte Flexibilität, um die Verbindung von Arbeitszeit und Lebenszeit bzw. Privatleben und Arbeitseinsatz zur Deckung zu bringen.⁶³

Einerseits verstärkt die sog. vierte industrielle Revolution absehbar die Nachfrage nach speziell ausgebildeten Fachkräften (vgl. Kap. 0), andererseits bietet eine flexible Arbeitsorganisation infolge der neuen Technologien aber auch Potenziale im Wettbewerb um Hochqualifizierte, die bereits heute als rar gelten können.⁶⁴ Herausforderung für die berufliche Aus- und Weiterbildung wird es sein, das durchschnittliche Kompetenzniveau der Gesellschaft zu steigern, da Arbeitsplätze für gering qualifizierte Mitarbeiter durch Stellen im Bereich der System- und Prozessteuerung ersetzt werden. Das Bildungssystem muss dazu u.a. neue Lernmethoden einsetzen, die derartige Kompetenz sowie Kompetenzen im Umgang mit intelligenten Systemen und digitaler Kommunikation nach Möglichkeit im Training-on-the-Job fördern. Sollte eine Steigerung des Kompetenzniveaus nicht gelingen, muss die Gesellschaft sich mit einer wachsenden Zahl Arbeitsloser auseinandersetzen, deren Fähigkeiten und Kompetenzen aufgrund der Einführung intelligenter Systeme obsolet geworden sind.

⁶⁰ Vgl. Lexikon der Nachhaltigkeit, Demographischer Wandel. URL: http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/demographischer_wandel_1765.htm (14.01.2014).

⁶¹ Vgl. Braganza, A.; Price, J.; Bytheway, A. u.a.: Business Process Redesign in Context: An Empirically Derived Management Framework. In: Knowledge and Process Management 5 (2), 1998, S. 99–109 und Statistisches Bundesamt 2011, S. 8.

⁶² Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 68.

⁶³ Vgl. ebd., S. 73f.

⁶⁴ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 5.

Mit dem Rückgang der Bevölkerungsgruppe der unter 20-jährigen kommt es zu einem starken Anstieg der Altersgruppe der 65-Jährigen und Älteren. Es wird geschätzt, dass sie im Jahre 2030 auf über 22 Millionen Personen anwächst.⁶⁵ Dabei wird ein kontinuierlicher Anstieg der Lebenserwartung für neugeborene Jungen auf etwa 81 Jahre und Mädchen auf 86 Jahre im Jahr 2030 angenommen.⁶⁶ In Verbindung mit dem Fachkräftemangel kann dies unter anderem dazu führen, dass es zu einer weiteren Erhöhung der Lebensarbeitszeit für Fachkräfte über das 67. Lebensjahr hinaus geben wird. Dabei gilt es, den Menschen durch Assistenzsysteme im physischen aber auch im kognitiven Bereich zu unterstützen, damit er ohne geistige und körperliche Gesundheitsbelastung seine Aufgaben erfüllen kann.⁶⁷ Intelligente Endgeräte, die im Zuge von Industrie 4.0 verstärkt zum Einsatz kommen werden, ermöglichen es, insbesondere die älteren Arbeitskräfte für eine längere Zeit produktiv ins Arbeitsleben einzubinden. Mitarbeiter in Industriebetrieben können sich dank intelligenter Assistenzsysteme stärker auf kreative, wertschöpfende Tätigkeiten konzentrieren und werden von Routineaufgaben entlastet.⁶⁸ Dies setzt voraus, dass Mitarbeiter, die bisher primär Routineaufgaben übernommen haben, in der Lage sind, ihre Kompetenzen und Fähigkeiten so weiterzuentwickeln, sodass sie anspruchsvollere Aufgaben bspw. im Bereich der Prozesssteuerung übernehmen können. Unternehmen sind daher gefordert, ihren Mitarbeitern entsprechende Weiterbildungsmöglichkeiten anzubieten. Andernfalls werden primär Arbeitsplätze, für die keine oder nur eine geringe Qualifizierung benötigt wird, verloren gehen.

Positive Effekte erwartet man aufgrund der Vermeidung von Stress, einer zusehends ergonomischen Gestaltung der Arbeit und durch die Möglichkeiten eines lebenslangen Lernens im Zusammenhang mit intelligenten Lernmodulen für die Mitarbeiter.⁶⁹

4.2 Nachhaltigkeit

Nachhaltige Entwicklung wird von den Vereinten Nationen definiert als “development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”⁷⁰ Eine Erweiterung dieses grundlegenden Verständnis von nachhaltiger Entwicklung umfasst die Idee, dass der Mensch im Zentrum der Betrachtung steht, intra- und intergenerationale Gerechtigkeit zu realisieren ist und dass wirtschaftliche, ökologische und soziale Ziele in gleicher Weise zu berücksichtigen sind.⁷¹

Im Zuge dieses Trends der Nachhaltigkeit wird die Lebensqualität in einer Gesellschaft zunehmend nicht mehr nur an finanziellem Wohlstand und wirtschaftlichem Wachstum ausgemacht.⁷² Vielmehr treten an die Stelle finanzieller Interessen vermehrt sogenannte immaterielle Güter, beispielsweise

⁶⁵ Vgl. Statistisches Bundesamt 2011, S. 8.

⁶⁶ Vgl. Statistisches Bundesamt 2009, S. 29–31.

⁶⁷ Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 129.

⁶⁸ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 5.

⁶⁹ Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 138.

⁷⁰ United Nations (WCED), 1987, Brundtland Report. URL: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> (15.01.2014)

⁷¹ Vgl. Zink, K. J. (2014): Designing sustainable work systems: The need for a system approach. Applied Ergonomics, 2014, 45(1), S.126.

⁷² Vgl. Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2011) OECD Better Life Index.; URL: <http://www.oecdbetterlifeindex.org> (14.01.2014)

die Zeitsouveränität oder das Gesundheitskapital jedes Einzelnen.⁷³ Gleichzeitig stärkt sich das Bewusstsein in der Gesellschaft, dass der individuelle Konsum als Teil des gesellschaftlichen Massenkonsums weitreichende globale, ökologische und soziale Folgen mit sich bringt. Dies zeigt sich unter anderem anhand eines vermehrten Strebens nach einer Reduzierung der Neuanschaffungen oder in der Kontrolle des ökologischen Fußabdrucks.⁷⁴

Als Resultat ergeben sich beispielsweise neue Geschäftsmodelle, die dem Gebot folgen „leihen statt besitzen“⁷⁵, „tauschen statt kaufen“ oder „Selber herstellen und reparieren“⁷⁶. Verantwortungsvoller Konsum ist das neue Leitbild einiger gesellschaftlicher Gruppierungen. Genau diese Veränderung im Kaufbewusstsein stellt die Unternehmen nicht nur vor die Frage, wie diesen Interessen mit adäquaten Angeboten zu begegnen ist, sondern auch, inwiefern sie durch eine Betonung der Nachhaltigkeit positive Effekte für ihr Image und somit auf die Kaufentscheidungen erzielen können.⁷⁷

Technologische Entwicklung im Zuge von Industrie 4.0 ermöglichen es, Informationen zu dem Nutzungsverhalten des Kunden in die Entwicklung der Produkte einfließen zu lassen, damit die Produkte nachhaltiger "agieren" können, bspw. dadurch, dass Sensoren eine ressourceneffizientere Steuerung eines Geräts ermöglichen (z.B. ein Smartphone, dass in den Stand-by-Modus versetzt wird, wenn der Nutzer es mit dem Display nach unten ablegt). In den herstellenden Unternehmen können menschenzentrierte Ansätze durch einen vermehrten Einsatz intelligenter Assistenzsysteme⁷⁸ zur körperlichen Entlastung der Mitarbeiter genutzt werden.

Möglichkeiten, einen energiesparenden und ressourcenschonenden Produktionsprozess lassen sich umzusetzen, in dem die individuellen Wünsche und Anforderungen der Kunden zielgerichtet bedient werden, ohne zusätzliche Kosten zu verursachen.

4.3 Individualisierung

Individualisierung steht für den Prozess des Übergangs von der Fremd- zur Selbstbestimmung des Menschen in modernen, industrialisierten Gesellschaften.⁷⁹ Damit verbunden ist eine Pluralisierung von Lebensstilen, die sich nicht zuletzt im Konsumverhalten widerspiegelt. Gleichzeitig impliziert das Phänomen der Individualisierung auch Veränderungen in der Arbeitswelt, etwa in Bezug auf das Bedürfnis nach mehr Zeitsouveränität.

„Der gesellschaftliche Trend zur Individualisierung ist allgegenwärtig. Von Handy über Automobil bis Werkzeugmaschine spielt die Erfüllung der verschiedensten Kundenwünsche eine immer

⁷³ Vgl. Friedli, T. M.: Business Process Redesign im Vergleich mit anderen Konzepten zur geplanten Organisationsänderung. Lizentiatsarbeit, Universität Bern, Bern. Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, 1994, S. 31f; Spath, D.; Weisbecker, A. (Hrsg.); Peissner, M. u.a.: a.a.O., S. 31.

⁷⁴ Vgl. OECD : The survey of adult skills. Reader's companion, 2013; Paper 1998, S. 11–16.

⁷⁵ Vgl. Paper 1998, S. 11–16.

⁷⁶ Vgl. Kuhlmann, S. (2013): Reparieren statt wegwerfen. Repair-Cafés bieten Hilfe zur Selbsthilfe. URL: <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/umwelt/2030330/> (14.01.2014).

⁷⁷ Vgl. Spath, D.; Weisbecker, A. (Hrsg.); Peissner, M. u.a.: a.a.O., S. 30f.

⁷⁸ Anmerkung: Unter Assistenzsystemen verstehen wir sowohl physische als auch kognitive Hilfestellungen, die einen Mitarbeiter bei der Erfüllung einer Arbeitsaufgabe unterstützen. Es kann sich dabei zum einen um Informationssysteme handeln, die auditive, haptische oder visuelle Informationen vermitteln oder um eine physische Hilfestellung bspw. zur Durchführung eines Handgriffes.

⁷⁹ Vgl. Beck, U.; Individualisierung in modernen Gesellschaften, S. 20.

bedeutendere Rolle.“⁸⁰ Die Auswirkungen der Individualisierung geben den Impuls für zwei bedeutsame Entwicklungspfade: zum einen der Trend hin zur individualisierten, flexiblen Produktion in Unternehmen und zum anderen die steigende Eigeninitiative und das Engagement des Einzelnen, Dinge selbst zu entwickeln und herzustellen („Selbermachen 2.0“).

Das hat zur Konsequenz, dass Entwicklung, Produktion und Marketing in den Unternehmen der Konsumgüterbranche mehr und mehr flexibel zu gestalten sind.

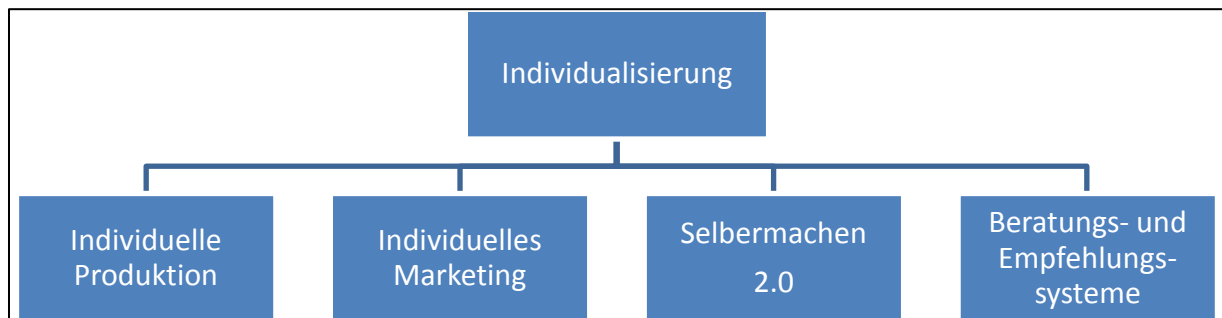


Abbildung 4 Auswirkungen der Individualisierung⁸¹

Der Wunsch nach individuellen Produkten wirkt sich in erster Linie auf die Unternehmen aus, die bislang in der kostengünstigen Massenproduktion ihre Kostenvorteile gesichert haben bzw. auf Unternehmen, deren Produkte ein großes Differenzierungspotenzial durch Individualisierung bieten können. Gleichzeitig bedeutet ein individualisiertes Produktangebot für Unternehmen Investitionen und z.T. umfassende organisationale Veränderungen, denn „die Herstellung solcher kundenindividueller Produkte erfordert zunehmend neue, angepasste Produktionsstrukturen und Herstellungsverfahren.“⁸² „Um auf Kundenwünsche auch bei der Serienfertigung individuell reagieren zu können, sind besondere Anforderungen an das Entwicklungsmanagement und die Herstellungsvorbereitung zu stellen.“⁸³ Außerdem muss die Gestaltung von Entwicklungsprozessen bei individualisierter Serienproduktion betrachtet werden. Hinzu kommt der Bedarf an neuen Wegen der Auftragsabwicklung individualisierter Produkte.

Das Informationsungleichgewicht mit steigender Anzahl an Produkten bzw. Varianten nimmt unter den genannten Voraussetzungen zu. Es wird für den Kunden daher schwieriger, das in Preis und Merkmalsausprägung für sich optimale Gut zu finden.⁸⁴ Ein Bedarf an Beratungs- und Empfehlungssystemen entsteht. Der Trend der Individualisierung wirkt sich aber auch vermehrt auf die Eigeninitiative und das Engagement des Einzelnen aus. „In Deutschland und weltweit beginnen immer mehr Personen wieder verstärkt damit, Produkte oder Dienstleistungen alleine oder in

⁸⁰ Reinhart, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin, Heidelberg, New York, 2003, Kurzzusammenfassung Einband hinten.

⁸¹ In Anlehnung an: Kaspar, C. M.: Individualisierung und mobile Dienste am Beispiel der Medienbranche. Ansätze zum Schaffen von Kundenmehrwert. Dissertation an der Universität Göttingen, Göttingen, 2006, S. 27.

⁸² Reichwald, R.; Piller, F. T.: Interaktive Wertschöpfung: Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. Wiesbaden, 2009.

⁸³ Gräßler, I.: Kundenindividuelle Massenproduktion: Entwicklung, Vorbereitung der Herstellung, Veränderungsmanagement. Berlin, 2004.

⁸⁴ Kaspar, C. M.: a.a.O., S. 27.

Gruppen herzustellen, statt sie zu kaufen. Die Entwicklung erstreckt sich auf vielerlei Güter – von Kleidung und Fahrrädern über Software und elektronische Steuergeräte bis hin zu Energie.“⁸⁵

„Produktindividualisierung kann neue Wachstums- und Ertragspotenziale erschließen, ist aber auch mit Risiken und Problemstellungen verbunden, die abgewogen werden müssen. Individualisierte Produkte und die damit verbundene Orientierung am Kunden und seinen spezifischen Bedürfnissen erfordern neue Wertschöpfungskonzepte in allen Unternehmensbereichen, denn die Komplexität der Anforderungen steigt überproportional. Detailliert werden

- Strategien und Konzepte für das kundenindividuelle Marketing,
- die Entwicklung flexibler Produktstrukturen,
- die Anpassung von Produkten an den einzelnen Kunden,
- die Planung kundenspezifischer Fertigungsprozesse sowie
- die Planung wandlungsfähiger Produktionseinrichtungen diskutiert.“⁸⁶

Die Technologien, die im Rahmen von Industrie 4.0 in der Entwicklung begriffen sind, bieten funktionale Voraussetzungen, diesem Gesellschaftstrend zu begegnen. Damit verbunden ist jedoch die Notwendigkeit Strategien, Organisation und Prozesse in Unternehmen mitunter grundlegend zu verändern. Zudem müssen Unternehmen entscheiden, welcher Individualisierungsgrad für die jeweiligen Produkte in ihrem Produktportfolio sinnvoll ist.

4.4 Digitalisierung und der Wandel im Informations- und Kommunikationsverhalten

Digitalisierung steht für die Speicherung und Verarbeitung von Informationen mit Hilfe von digitalen Speichermedien. Die Digitalisierung durchdringt unseren Alltag nicht nur im Bereich der Produktion. Auch Kommunikation, Bildung, Mobilität, Freizeit und Gesundheit sind von diesem Trend betroffen. In nahezu allen gesellschaftlichen Bereichen sind entsprechende Technologien Grundlage, Voraussetzung und Begleiter neuer Entwicklungen. Der Fortschritt bietet dabei Lösungen für aktuelle Probleme, aber auch eine Vielzahl neuer Herausforderungen auf dem Weg zu digitalen Gesellschaft.⁸⁷

Technikaffinität und ein vertrauter Umgang mit digitalen Medien können durchaus eine Chance bei der Gestaltung der Wandels der Arbeitswelt zu Industrie 4.0 sein. Die Einführung und Umsetzung von fortgeschrittenen Systemen, wie beispielsweise Cyber-Physical-Systems, erfordert eine systematische Entwicklung der Mitarbeiterkompetenzen, die auf diesem vertrauten Umgang mit digitalen Techniken aufzubauen vermögen; Kompetenzprofile der Arbeitskräfte unterliegen einem ständigen Wandel. Mitarbeiter müssen für die Anforderungen, die Industrie 4.0 mit sich bringt, qualifiziert werden.⁸⁸ Gleichzeitig sind bei der Konzeption und Entwicklung der intelligenten Systeme auch die Anforderungen der Mitarbeiter an eine humane Arbeitsgestaltung zur berücksichtigen.

Digitalisierung bietet die Möglichkeit des individuell angepassten, arbeitsplatznahen und zeitlich flexiblen Lernens. Denn insbesondere im Bereich Bildung bietet der verstärkte Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik sowie der digitalen Medien die Möglichkeit, eine neue Kultur des lebenslangen Lernens in der beruflichen Aus- und Weiterbildung zu entwickeln. Neue

⁸⁵ VDI-TZ, Fraunhofer ISI: BMBF-FS-Zwischenbericht 1. Gesellschaftstrends 2030. 2013, S. 57.

⁸⁶ Lindemann, U.; Reichwald, R.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Individualisierte Produkte - Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion. Berlin, Heidelberg, New York, 2006.

⁸⁷ Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung: Das Wissenschaftsjahr 2014 – die digitale Gesellschaft. 2014. URL: <http://www.bmbf.de/de/23173.php> (14.01.2014); Bundesministerium für Bildung und Forschung: Digitale Welten. 2013. URL: <http://www.bmbf.de/de/22272.php> (14.01.2014).

⁸⁸ Vgl. Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 123f.

Formen der Kommunikation, Kooperation und Vernetzung ermöglichen es, Bildungsprozesse aktiv und flexibel zu gestalten.⁸⁹

Mit den neuen Informations- und Kommunikationstechnologien hält auch ein Wandel des Informations- und Kommunikationsverhaltens Einzug. Mehr und mehr Lebens- und Arbeitsbereiche – insbesondere die Kommunikation - werden geprägt von der Digitalisierung und Vernetzung. Es wird online eingekauft, gechattet, gemailt, getwittert, Online-Banking getätigt, das Smartphone benutzt, Suchmaschinen befragt und das persönliche Profil in (Business-)Netzwerke eingestellt.

Die Auswirkungen dieses Wandels sind vielfältig. Aufgrund der Digitalisierung und Vernetzung können „Informations- und Kommunikationsvorgänge [...] mit größerer Reichhaltigkeit und Reichweite durchgeführt werden. Dadurch verbessern sich die Möglichkeiten für den Konsumenten, Angebotsinformationen über seinen Produktwunsch zu verarbeiten.“⁹⁰ Dies führt zu einer größeren Transparenz.

Zudem wird eine direkte Interaktion zwischen Endkunde und Hersteller ermöglicht: „In Verbindung mit dem Internet sind neue Möglichkeiten entstanden, Transaktionsprozesse vollständig mediengestützt zu verarbeiten. Als Folge dessen kommt es in einigen Branchen zur Ausschaltung von Intermediären zwischen Produzenten und Endkonsumenten. Beispielsweise im Musikgeschäft oder im Bereich der Sportartikelhersteller geschieht die Direktvermarktung der Erzeugnisse vom Hersteller ohne Zwischenhändler. Insofern dadurch die Vorselektion durch den Handel entfällt, erhöht sich jedoch die Menge an Informationen, die ein Konsument bei der Suche nach geeigneten Angeboten bzgl. seines Produktwunsches verarbeiten muss.“⁹¹

4.5 Transparenz vs. Datenschutz

Mit den Möglichkeiten von Web 2.0⁹² haben sich aber auch die Grenzen der Privatsphäre spürbar verändert. So hat sich das Internet zu einer Art „Spielwiese“ entwickelt, auf der jeder agieren und nahezu jeder zuschauen kann. Datenschutzprobleme ergeben sich nicht mehr allein durch den Missbrauch konkreter Datensätze, sondern zunehmend durch die Verknüpfung einzelner, isolierter und somit bis dato nicht verwertbarer Daten in großen Datenmassen (Big Data). Auf diese Weise wird neues Wissen über Personen generiert, ohne dass diese davon in Kenntnis gesetzt werden.

Negative Konsequenzen aus diesem Trend sind ein Zustand der „Hypertransparenz“, bei dem nahezu alles über eine Person offengelegt wird, und – damit einhergehend – ein anhaltender Kontrollverlust über (Teile) persönlichen Daten.

Die Einstellung von Personen zu diesen Gefahren des Webs wird sich in Zukunft zwischen zwei Polen bewegen: Die einen werden keine Bedenken haben immer mehr Informationen aus ihrem Privatleben preiszugeben, auch wenn der Zustand der Hypertransparenz von ihnen nicht unbedingt willentlich angestrebt wird. Die anderen werden sich aufgrund der Unüberschaubarkeit möglicher Konsequenzen von Datenmissbrauch mehr und mehr aus der digitalen Welt zurückziehen. Sie werden sich wieder nach einer einfacheren Welt sehnen. Aus diesem Abwenden können eine generelle Ablehnung vernetzter Technologien und damit eine Erosion des Fortschrittgefühls

⁸⁹ Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung: a.a.O., 2013.

⁹⁰ Kaspar, C. M.: a.a.O., S. 29.

⁹¹ Ebd.

⁹² Web 2.0 steht für ein interaktives Internet, bei dem der Nutzer nicht nur konsumiert, sondern auch selbst Inhalte einstellt.

resultieren. Die Konsequenzen wären für zahlreiche etablierte Dienstleistungen und Produkte mit spürbaren wirtschaftlichen Folgen verbunden.⁹³ Dies gilt umso mehr, wenn mit der vierten industriellen Revolution Dynamik und Komplexität der Datenverarbeitung steigen.

5 Entwicklung von Handlungsfeldern

Die Einführung von Industrie-4.0-Technologien innerhalb und zwischen Organisationen stellt ein maßgebliches Veränderungsvorhaben dar. Hieraus resultieren Herausforderungen, sowohl an die organisatorischen „Einbettung“ als auch an die konkrete Ausgestaltung der Mensch-Technik Interaktion. Dabei haben gesellschaftliche (Mega-)Trends einen maßgeblichen Einfluss. In einem ersten Schritt der Zusammenführung wurden die identifizierten gesellschaftlichen Rahmenbedingungen und neuartigen technologischen Lösungen im Rahmen von Industrie 4.0 in einer Matrix integriert und Interdependenzen herausgearbeitet.

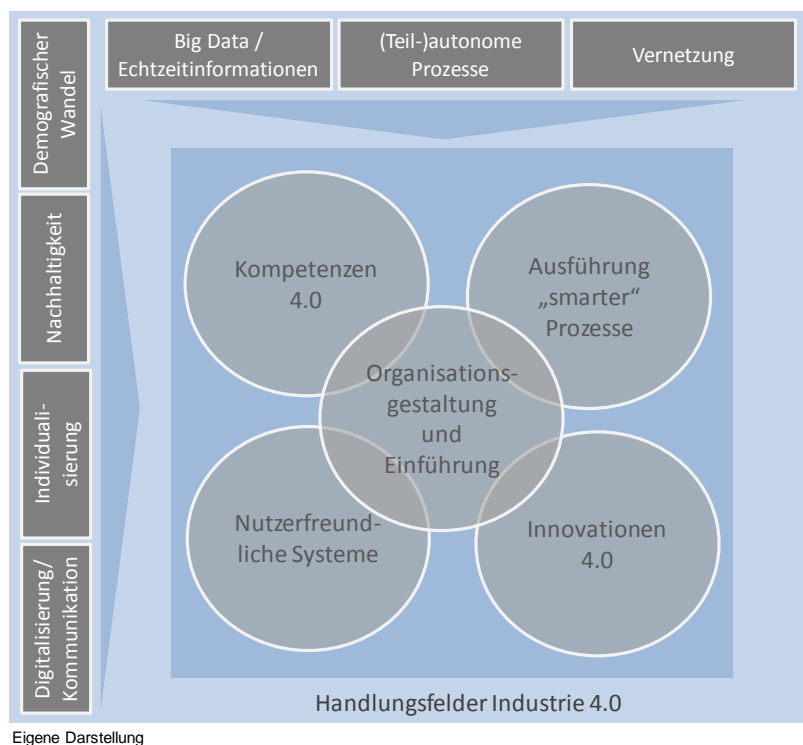


Abbildung 5 Ableitung von Handlungsfeldern Industrie 4.0

Die Aggregation der Ergebnisse der Verknüpfungsmatrix ist in fünf Handlungsfelder zusammengefasst, die für die Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 Vorhaben als erfolgskritisch eingeschätzt werden:

- Innovationen 4.0
- Smarte Prozesse
- Nutzerfreundliche Systeme im digitalisierten Arbeitsumfeld
- Kompetenzen 4.0

Organisationsgestaltung und Einführung von Industrie 4.0

⁹³ Vgl. Erhart, C. (2011): Hypertransparenz als Herausforderung und Chance. In: Kommunikations Manager Nr. 4 und Han, B. C. (2012): Transparenzgesellschaft. Berlin, Matthes &Seitz.

5.1 Innovationen 4.0

Das Handlungsfeld „Innovationen 4.0“ zielt darauf ab, die Potenziale aus den technologischen Neuerungen im Zuge von Industrie 4.0 für die Entwicklung neuer Produkte, Dienstleistungen sowie für Prozessinnovationen zu nutzen. Die Entwicklung und Anwendung eines Suchfeldes (I. Schwerpunkt zur Erschließung des Handlungsfeldes) bildet die methodische Basis. Das Suchfeld stützt sich auf die Sharing-Philosophie und konstituiert sich aus der Achse 'private - öffentliche Anbieter' einerseits und der Achse 'Produkte und Services' andererseits. Im Ergebnis sollen Ansatzpunkte aufgezeigt werden, bei denen Netzwerke gemeinsam umfassende Produkte und Dienste („Leistungspaket“) für den Endkunden entwickeln und anbieten können. Neu hierbei ist die Verortung von CPS in dem Suchfeld, um den notwendigen dynamischen Datenaustausch zu realisieren. Als dritte Dimension zur Ausgestaltung des Leistungspakets kann die Schaffung von geeigneten Rahmenbedingungen für die Erbringung des Leistungspakets berücksichtigt werden.

In Anbetracht der gesellschaftlichen Trends wären Suchfelder für die Bereiche Betreuung, Gesundheit, Verkehr, Bildung, etc. denkbar. An der Schnittstelle zum Anwender soll insbesondere auch die Suche nach einfachen Produkten über sog. „frugale Innovationen“ Berücksichtigung finden. Diese reduzieren die Komplexität und Kosten eines Produktes, um so neue Märkte und „übersehene“ Kundensegmente zu erreichen.⁹⁴

Im zweiten Schritt der Innovationsentwicklung bedarf es zunächst der strukturierten Beschreibung (II. Schwerpunkt) des „Leistungspakets“, der Anbieter im Netzwerk sowie der Schnittstellen zum Kunden und einer Bewertung hinsichtlich der Markt- und Realisierungspotenziale. Hieran schließt sich nicht zuletzt die Frage an, welche Meta-Informationsmodelle die Grundlage für den dynamischen Datenaustausch im Netzwerk sein können. Dabei muss auch der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die Auswertung der Sensordaten Kundenanforderungen dauerhaft verwertbar macht: zum einen um das „Leistungspaket“ funktionsfähig zu halten und zum anderen um weitere Innovationen hervorzubringen.

Ebenfalls Bestandteil der Innovationsentwicklung ist die Integration eines Prozesses zur Datenfreigabe (III. Schwerpunkt), um von Beginn an den Bedarf an Vertrauensschutz der Endkunden zu berücksichtigen und diesen eine Möglichkeit zu geben, ihre Nutzerdaten zu schützen (vgl. Kap. 0). Auf diese Weise kann ein Vertrauensverhältnis zum Kunden aufgebaut werden, da dieser darüber entscheiden kann, welche seiner Daten der Hersteller eines Produktes nutzen kann und wozu. In diesem Zusammenhang müssen die rechtlichen Rahmenbedingungen des Datenschutzes ausgestaltet werden. Diese müssen zukünftig Lösungen für den Umgang mit dem Spannungsfeld liefern, das zwischen dem traditionellen Bestreben nach der Sicherung der Privatsphäre einerseits und dem gesellschaftlichen Trend hin zu einem Verzicht auf den Schutz privater Daten andererseits entsteht.

⁹⁴ Vgl. Bhatti, Y.A.; Khilji, S. E.; Basu, R.: Frugal Innovation. In: S. Khilji; C. Rowley (Hrsg.): Globalization, Change and Learning in South Asia. Oxford, 2013, S. 123-145, S. 131.

Anmerkung: „Frugal Innovation“ bezeichnet sparsame, bescheidene oder schlichte Neuerungen. Idee und wichtige Anwendungsbeispiele stammen aus Schwellenländern wie Indien, in denen ein enormes Marktpotenzial für erschwingliche Güter des Grundbedarfs existiert. Einfache Produkte haben jedoch positive Prognosen in einigen Segmenten hochentwickelter Volkswirtschaften. Das Konzept erreicht hierbei auch wichtige ökologische und soziale Ziele, da es die Grundbedürfnisse einer globalen Bevölkerungsmehrheit bedient, ohne die natürlichen Ressourcen überzustrapazieren. Vgl. Simon, E.: Frugal Innovation: Erfolgversprechender Managementansatz zur Optimierung des Innovationsprozesses?, Bachelor Thesis, Wiesbaden Business School der Hochschule RheinMain, 2014.

Weitere Herausforderungen, die sich für das Innovationsmanagement im Zuge von Industrie 4.0 ergeben liegen in der Integration der Themen *nachhaltige* Produktnutzung und -herstellung und der Entwicklung lebensbegleitender Produkte und Dienstleistungen (IV. Schwerpunkt). RFID-Technologie ermöglicht es Kunden, die komplette Herstellung eines Produktes nachzuverfolgen. Hersteller müssen darauf reagieren, dass Kunden verstärkt eine nachhaltige Herstellung, Nutzung und Verwertung ihrer Produkte fordern. Kunden entwickeln ein stärkeres Bewusstsein für die Rahmenbedingungen der Produktion der von ihnen genutzten Produkte und wollen die Möglichkeit haben, diese Bedingungen bei ihren Kaufentscheidungen zu berücksichtigen. Für Unternehmen stellt sich hier u.a. die Frage, wie sinkende Absatzzahlen, die durch langlebigeren Produkte ausgelöst werden, kompensiert werden können. Es ist bspw. zu prüfen, inwiefern Kunden bereit sind, für ein nachhaltigeres Produkt einen höheren Preis zu akzeptieren.

Im Rahmen der Nutzung von Sensordaten bietet es sich zudem für Unternehmen an, ihre Produkte durch produktnahe Assistenzsysteme für den Endkunden zu ergänzen (hybride Leistungsangebote aus Produkten und ergänzenden Assistenzsystemen). Diese erleichtern eine Kommunikation zwischen Endkunde und Unternehmen einerseits und liefern dem Kunden andererseits Hilfestellungen zum Umgang mit dem Produkt. Dadurch wird für Endkunden ein individualisiertes Nutzungserlebnis möglich und Unternehmen können ihr Leistungspaket aktualisieren und auf neue Nutzeranforderungen anpassen. Auch in diesem Kontext sind Unternehmen gefordert, sich mit Fragen in den Bereichen Datenschutz und Usability auseinander zu setzen.

Außerdem müssen Produkte, entsprechende Assistenzsysteme und Dienstleistungen so ausgestaltet werden, dass sie Nutzer in verschiedenen Lebensphasen optimal unterstützen und begleiten können, d.h. sie müssen bspw. Unterstützung bei Weiterbildung liefern oder auf unterschiedliche Gesundheitszustände und Altersstufen anpassbar sein. Außerdem sind Unternehmen gefordert, die Technikakzeptanz ihrer Kunden einzuschätzen und bei der Entwicklung passender Assistenzsysteme zu berücksichtigen. Zudem werden Unternehmen zunehmend Hard- und unterstützende Software entwickeln und hier ihre Kompetenzen erweitern müssen. Hierzu sollte ein Modell erarbeitet werden, das die Entwicklung von Assistenzsystemen für Endkunden exemplarisch beschreibt (V. Schwerpunkt) und produzierende Unternehmen bei der Einführung eines derartigen Geschäftszweiges begleitet.

Über Sensoren gesammelte Nutzerdaten können zudem systematisch analysiert und zur Entwicklung neuer innovativer Produkte und Dienstleistungen bzw. Leistungsangebote genutzt werden. Es gilt, eine Schnittstelle zwischen Produktentwicklung bzw. Innovationsmanagement und Service zu definieren, um diese Möglichkeiten auszuschöpfen.

Unternehmen stehen weiterhin vor der Herausforderung, die neuen Innovationsstrategien, die sich durch Industrie 4.0 ergeben, in ihr etabliertes Innovationsmanagement zu integrieren. Hier müssen Schnittstellen zwischen den Innovationsprozessen definiert werden, insbesondere zwischen den Bereichen Eigen- bzw. Auftragsentwicklung nach expliziten und individuellen Kundendesigns. Eine zentrale Forschungsfrage bzw. Herausforderung kann in der Ausgestaltung von Integrationsstrategien zur Verknüpfung von Industrie-4.0-basierten Innovationen und etabliertem Innovationsmanagement liegen (VI. Schwerpunkt). In diesem Kontext ist zu prüfen, inwiefern bestehende Innovationsmanagementsysteme im Rahmen von Innovationsprozessen, die durch Industrie 4.0-Entwicklungen verändert wurden, weiterhin kompatibel sind.

5.2 Ausführung smarter Prozesse

Das Handlungsfeld „Smarte Prozesse“ stellt die optimale Ausgestaltung von intelligenten Prozessen im Rahmen von Industrie 4.0 in den Fokus. Die Einführung von intelligenten, selbstgesteuerten Prozessen kann in mehreren Unternehmensbereichen vollzogen werden, z.B. in der Produktion, im Service oder im Qualitätsmanagement und zieht Veränderung in der Arbeitsgestaltung und in Prozessen weiterer Unternehmensbereiche nach sich z.B. in der Produktentwicklung. Im Handlungsfeld „Smarte Prozesse“ werden daher vier Schwerpunkte betrachtet, die eine organisations- und mitarbeitergerechten Arbeits- und Prozessgestaltung im Kontext intelligenter Prozesse betreffen: Ausgestaltung intelligenter (Produktions-)Prozesse allgemein inkl. der Schnittstellengestaltung (I.), individualisierte Produktentwicklung (II.), Ausgestaltung und Integration individualisierter Serviceprozesse (III.) sowie Umgang und Sicherung kundenbezogener Daten (IV.).

Im Rahmen der ersten Dimension gilt es primär intelligente Produktionsprozesse zu definieren und ihre Implementierung auszugestalten und zu erproben. Als Teilschritte der Einführung sind hier u. a. die Definition von Prozessschnittstellen und -verantwortlichen zu nennen. In Bezug auf das Schnittstellenmanagement intelligenter Prozesse gilt es insbesondere eine klare Definition von Schnittstellen zwischen Partnern eines selbstgesteuerten Wertschöpfungsnetzwerks herbeizuführen. Diese Dimension strebt eine beispielhafte Beschreibung und Aufbereitung eines Netzwerks intelligenter Prozesse an. Die Standardisierung von Prozessen in einem Wertschöpfungsnetzwerk bietet Unternehmen eine erhöhte Anschlussfähigkeit und erweiterte Kooperationsmöglichkeiten für eine individuelle Produktgestaltung. Gleichzeitig werden dadurch Prozesse zunehmend transparent. Dies ermöglicht einerseits Prozesse kontinuierlich zu optimieren, stellt aber auch Anforderungen an die rechtliche bzw. vertragliche Ausgestaltung des Informationsaustauschs im Wertschöpfungsnetzwerk.

Die Definition der intelligenten Systeme und Prozesse setzt zudem Kompetenzen im Bereich der Modellbildung sowie umfassende Systemkenntnisse der zuständigen Mitarbeiter voraus. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Komplexität der Systeme stellt sich die Frage, ob eine umfassende Abbildung der Produktionsprozesse durch ein Prozess- bzw. Informationsmodell erreicht werden kann bzw. welche Probleme bei einer unzureichenden Modellbildung auftreten und wie diese zu lösen sind.

Die zweite Dimension des Handlungsfeldes „Smarte Prozesse“ setzt sich mit den veränderten Anforderungen an die Produktentwicklung und den Produktentwicklungsprozess auseinander, die vor allen aus der neuen Rolle des Kunden als Gestalter des eigenen Produkts resultiert. Zum einen wird eine Produktentwicklung auf Basis von Kundendesigns möglich (Losgröße 1), zum anderen können Nutzerdaten direkt zur Optimierung bestehender Produkte genutzt werden. In diesem Zusammenhang müssen sich Unternehmen mit der Ausgestaltung des Kundenkontaktes auseinandersetzen und Entscheidungen über die Intensität der Kooperation im Wertschöpfungsverbund treffen (Stufen zwischen Eigenentwicklung und Auftragsproduktion).

Die dritte Dimension bezieht sich auf die Gestaltung von Serviceprozessen, die auf Basis von Echtzeitinformationen über das Nutzungsverhalten der Kunden ebenfalls wesentlich individueller gestaltet werden können. Hier ergeben sich neue Kompetenzanforderungen an Servicemitarbeiter. Insbesondere Schnittstellen zwischen Service, Qualitätsmanagement und Marketing der Produkte unter Berücksichtigung von Echtzeitinformationen gilt es in diesem Kontext auszugestalten.

Das Handlungsfeld wirft außerdem Fragen im Hinblick auf den Umgang und die Nutzung kundenbezogener Daten auf. Abstimmungsprozesse mit dem Kunden müssen definiert und eingeführt werden, die eine vertrauenswürdige personenbezogener Daten zur Verbesserung der Produkte und Serviceleistungen der Unternehmen ermöglichen. Auch eine mangelnde Datensicherheit im Netzwerk von unternehmensübergreifenden intelligenten Prozessen kann zu Ablehnung von CPS durch Unternehmen führen.

Das Handlungsfeld „Smarte Prozesse“ stellt Unternehmen vor einige zentrale Herausforderungen bzgl. der Arbeits- und Organisationsgestaltung. Zum einen sind Kompetenzprofile der Mitarbeiter an die zukünftigen Kompetenzanforderungen, die durch Smarte Prozesse entstehen, anzupassen und Mitarbeiter sind entsprechend zu qualifizieren und zu entwickeln. Zum anderen bringen intelligente Prozesse Risiken mit sich, wie eine ansteigende Komplexität des Prozessmanagements. Diese zieht einen hohen Modellierungs-, Steuerungs- und Kontrollaufwand der komplexen Prozesssysteme und -netzwerke nach sich, der der erhöhten Flexibilität der Produktion als zentraler Chance smarter Prozesse gegenüberzustellen ist.

Weiterhin sind intelligente Prozesse in das etablierte Prozesssystem eines Unternehmens zu integrieren. Unternehmen müssen hier Entscheidungen treffen, welche Systeme dezentral über smarte Prozesse gesteuert werden können und welche weiterhin zentral bzw. durch den Menschen zu steuern sind (Entscheidung über die Allokation der Steuerungsfunktion). Zudem gilt es Lösungen für die Koordination der dezentral und zentral gesteuerten Teilsysteme eines Unternehmens zu entwickeln und zu erproben.

5.3 Nutzerfreundliche Systeme im digitalisierten Arbeitsumfeld

Mit der vierten Industriellen Revolution und der starken Durchdringung des Arbeitsalltags mit neuen Technologien verändert sich das Arbeitsumfeld des Menschen radikal:

- Neue Generationen von mobilen Endgeräten mit komplexen Möglichkeiten der Informationsaufbereitung erweitern die Möglichkeiten des ortsunabhängigen Arbeitens sowie Zugriff auf und Nutzung der zur Verfügung stehenden Echtzeitdaten,
- Intelligente Assistenzsysteme unterstützen den Menschen in seiner Arbeit und liefern ihm rund um seine Tätigkeiten hilfreiche Informationen („Augmented Reality“) und übernehmen (teil-) autonom körperlich belastende oder gefährliche Tätigkeiten,
- Neuartige Sensoren und Schnittstellen lassen die Technik immer näher an den Menschen heran wachsen und sogar eine direkte Kommunikation zwischen Mensch und Maschine wird zukünftig zum Arbeitsalltag gehören.⁹⁵

Vor diesem Hintergrund müssen ergonomische Aspekte ebenso wie weitere Anforderungen der Mitarbeiter an Schnittstellen zu intelligenten Systemen und Prozessen sowie an Assistenzsysteme bei der Ausgestaltung der Arbeitsumgebung Berücksichtigung finden. Insbesondere Gefahrensituationen bspw. im direkten Umgang mit Robotern und autonomen Produktionsmitteln sowie besondere

⁹⁵ Vgl. Bundesministerium für Bildung und Forschung, S. 28–31; Spath, D.; Weisbecker, A. (Hrsg.); Peissner, M. u.a.: a.a.O., S. 12–37; Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 57-59, 61-63 und 116-118; Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 27–28.

Belastungen und Belastungssituationen u.a. durch den Einsatz mobiler Endgeräte und individueller Assistenzsysteme sind zu betrachten.⁹⁶ Allerdings bieten sensorgestützte Assistenzsysteme auch neue Möglichkeiten besonderen Belastungs- bzw. Gefahrensituationen, die bei der Arbeitstätigkeit bzw. im Arbeitsumfeld entstehen können, entgegenzuwirken. Ebenso bieten mobile Endgeräte mit ubiquitärem Zugriff auf Echtzeitinformationen eine höhere Flexibilisierung und Individualisierung von Arbeitszeiten und -orten. Gerade diese Flexibilität kann aber durch eine Entgrenzung zwischen Arbeit und Freizeit neue Belastungen für die Mitarbeiter schaffen. Vor diesem Hintergrund sind Mitarbeiterkompetenzen bzgl. Selbstorganisation und Selbst- sowie Zeitmanagement zu entwickeln sowie unternehmensspezifische Richtlinien auszugestalten, um einer derartigen Belastung bzw. Überforderung der Mitarbeiter vorzubeugen.

Das Handlungsfeld „Digitalisiertes Arbeitsumfeld“ zielt darauf ab, Unternehmen, die Systeme und Prozesse im Rahmen von Industrie 4.0 einführen, dabei zu unterstützen, diese Systeme nutzerfreundlich auszugestalten. Dazu gilt es in einem ersten Schritt die Anforderungen der Mitarbeiter an Systeme und Prozesse im Rahmen von Industrie 4.0 zu analysieren sowie besondere Gefahrensituationen, Belastungen und Belastungssituationen zu ermitteln.⁹⁷ Insbesondere neuartige Anforderungen der digitalen Netzwerkumgebung spielen bei der Schaffung optimaler Arbeitsbedingungen eine zentrale Rolle. Dies bedeutet, dass Anforderungen der Mitarbeiter an die Systeme und ihre Bedienbarkeit sowie grundlegende ergonomische Kriterien in die Ausgestaltung der Systeme und Prozesse integriert werden müssen. Im Rahmen von Industrie 4.0 wird es zudem möglich, Informationen zum Nutzerverhalten bei Arbeitsmitteln in Echtzeit zu erhalten und so individuelle physische und kognitive Assistenzsysteme für die Mitarbeiter zu etablieren. Vorab muss auf Basis der Mitarbeiteranforderungen und Rahmenbedingungen geklärt werden, wann und für welche Tätigkeiten im Rahmen der Produktion, Entwicklung des Qualitätsmanagements oder des Services und weiterer Funktionsbereiche Assistenzsysteme benötigt werden. Dazu sollte parallel zur Systementwicklung ein Anforderungsraster entwickelt werden, mit dessen Hilfe sich ein Unterstützungsbedarf durch Assistenzsysteme für Mitarbeiter bestimmen lässt.

Auch wenn die technischen Rahmenbedingungen eine autonome Gestaltung ermöglichen, soll der Mitarbeiter in die Konfiguration des persönlichen Assistenzsystems aktiv eingebunden werden. Hierzu soll geklärt werden, inwiefern Assistenzsysteme individualisierbar sind oder inwiefern sie sich auf einen Norm-User beziehen müssen, um eine bestimmte Qualität der Unterstützung zu gewährleisten und ihren Entwicklungsaufwand gering zu halten. Aufbauend darauf kann ein Konfigurationskonzept für Assistenzsysteme entwickelt und eingeführt werden.

Neben der Definition von Anforderungen an ein digitalisiertes Arbeitsumfeld gilt es besondere Belastungen und Belastungssituationen durch mobile Endgeräte und individuelle Assistenzsysteme zu beschreiben und darauf aufbauend Lösungsvorschläge zur Vermeidung dieser Situationen bzw. Anpassung der Assistenzsysteme und Endgeräte abzuleiten. Die Erkenntnisse können im Anschluss in Form von Lastenheften für Assistenzsysteme und Endgeräte dokumentiert werden.

Ein zunehmendes digitales Arbeitsumfeld bietet u.a. umfangreiche Möglichkeiten für ein durch Informations- und Kommunikationstechnik gestütztes Lernen („On-the-Job“). Hier können ebenfalls

⁹⁶ Vgl. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): a.a.O., S. 50-55, 57-58 und 99-100; Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: a.a.O., S. 135.

⁹⁷ Vgl. ebd.

individualisierbare und intelligente Assistenzsysteme zum Einsatz kommen, die Mitarbeiter entsprechend ihrer Fähigkeiten und Kompetenzen durch den Arbeitsprozess begleiten. Gleichzeitig wirft auch hier die Individualisierbarkeit Fragen bzgl. des Schutzes der Mitarbeiterdaten auf. Es gilt v.a. eine Kontrolle der Mitarbeiter mit Hilfe der Daten, die ein Assistenzsystem sammelt zu vermeiden. Ein Gefühl der „ständigen Überwachung“ bei den Mitarbeitern muss verhindert werden. Diesbezüglich sind entsprechende unternehmensinterne Regelungen und Richtlinien zu definieren.

Weitere Risiken eines digitalen Arbeitsumfeldes sind in einer mangelnden Technikakzeptanz sowie einer fortschreitenden Verschiebung der Mensch-Technik-Grenze zu sehen. Hier stehen Unternehmen vor der Herausforderung, entsprechende Lösungsszenarien zu entwickeln, um eine „humane Arbeit im digitalisierten Arbeitsumfeld“ sicherzustellen. Dazu muss eine menschen- bzw. mitarbeiterorientierte Arbeitsgestaltung mit der technischen Systemgestaltung verbunden werden.

Das ITA hat unter Berücksichtigung der Chancen, Risiken und Herausforderungen folgende weitere Forschungsfragen im Handlungsfeld „digitalisiertes Arbeitsumfeld“ identifiziert:

- Balance zwischen Kontrolle der Technik durch den Menschen und Steuerung des Menschen durch die Technik?
- Wie kann eine zielgruppenspezifische bzw. individuelle Ausgestaltung von Schnittstellen zwischen intelligenten Systemen und Menschen aussehen? (Inklusion)
- Für welche Bereiche bzw. unter welchen Rahmenbedingungen macht ein Digitales Arbeitsumfeld Sinn?
- Wie sehen nachhaltige Arbeitssysteme im Kontext von Industrie 4.0 aus?
- Wie kann einer Fremdsteuerung der Mitarbeiter in intelligenten Systemen entgegengewirkt werden?
- Welche Auswirkungen hat die zunehmende Dominanz technisch vermittelter Informations- und Kommunikationsprozesse auf die Arbeitstätigkeit bzw. -gestaltung?

5.4 Neue Arbeitsinhalte und Kompetenzen in Industrie 4.0

Zentrale Herausforderung an die Gestalter von autonomen Systemen und „Smart Factories“ wird es sein, die Rolle des Menschen in diesen komplexen Systemen zu definieren und in diese zu integrieren. Es kommt darauf an, die Fähigkeiten des Mitarbeiters durch technische Systeme zu erweitern, seine Rolle vom reinen „Bediener“ einer Maschine hin zu einer Steuerungsrolle zu entwickeln. Hierzu werden von den Mitarbeitern neue Fähigkeiten in den Bereichen Selbstorganisation- und Verantwortung und im systemischen Denken verlangt. Die Beschäftigten werden dezentrale Führungsaufgaben übernehmen müssen und mit verstärkt kollaborativen Arbeitsformen umzugehen haben. Arbeitsorganisation und -gestaltung sowie Kompetenzentwicklung für die Mitarbeiter sind daher zentrale Säulen einer Einführungsstrategie in Unternehmen und sollten als dauerhafte Forschungsfelder im Themenfeld Industrie 4.0 etabliert werden.

Das Handlungsfeld „Neue Kompetenzen 4.0“ zielt darauf ab, Unternehmen, die neue Technologien aus dem Bereich Industrie 4.0 einführen, bei der erforderlichen Kompetenzentwicklung ihrer Mitarbeiter zu unterstützen und den Kompetenzeinsatz sowie -erhalt im Rahmen von Industrie 4.0-Systemen zu gestalten. Hierbei sind zwei zentrale Dimensionen relevant. Die erste Dimension umfasst den Aufbau von Kompetenzen, um teilautonome Prozesse zu steuern. Mit dem Einsatz von

CPS werden in der Smart Factory Prozesse in Echtzeit und datengestützt derart gestaltet werden, dass weitaus weniger Verarbeitungsprozeduren von den Mitarbeitern zu vollziehen sind. Vielmehr ist es an definierten Schnittstellen von teilautonomen Prozessen erforderlich, Daten zu interpretieren und Entscheidungen zu treffen, ohne an vorhergehenden Prozessschritten beteiligt gewesen zu sein. Im Smart Engineering wandeln sich Aufgaben, wenn Prozessschritte bei der Produkt-/ Dienstleistungsentwicklung vom Kunden (oder Netzwerkpartnern) übernommen werden: hier wird die Beratung, Machbarkeitsprüfung und Koordination der Produkthanforderungen an Bedeutung gewinnen. D. h., für die genannten Mitarbeitergruppen ändern sich Rollen, Aufgaben und Verantwortlichkeiten, die Interaktion mit der Technik und Kooperationserfordernisse (z. T. über die Unternehmensgrenzen hinweg). Diese absehbare Veränderung geht einerseits mit gesellschaftlichen Mega-Trends einher ("Ubiquitärer Zugriff auf Wissen und Informationen"), ist andererseits jedoch auch sehr relevant für Vorbereitung der (älter werdenden) Mitarbeiter auf diese neuen Aufgaben.

Die Ausarbeitung von zukünftigen Kompetenzprofilen baut auf Rollen- und Aufgaben-Definitionen auf. Eine Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 muss ebenfalls die Ergebnisse eines Abgleichs zwischen zukünftigen Anforderungen und vorhandenen Kompetenzen bei der Bestimmung des Entwicklungsbedarfes berücksichtigen. Um die Beziehungsebene neu zu entwickeln, sind - etwa unter Zuhilfenahme eines adaptierten interaktiven Soziogramms - Mitarbeiter einzubinden und vorzubereiten.

Die zweite Dimension im Feld der Kompetenzentwicklung stützt sich auf technische Möglichkeiten der mobilen Endgeräte und Assistenzsysteme. Hier sollten adaptive Lernbausteine integriert werden. Die Systeme ermöglichen unter Beteiligung des Mitarbeiters, Lernelemente in den Gebrauch zu integrieren, entweder auf Abruf oder autonom, wenn bestimmte Anwendungsfehler (vermehrt) auftreten. Anforderungsanalysen sowie Lastenhefte können die Implementierung und Anwendung von derartigen Lernbausteinen vorbereiten. Im Wechsel können auch Systeme vom Anwender lernen und damit adaptiv gestaltet werden.

Chancen für Mitarbeiter im Rahmen der Kompetenzentwicklung für Industrie 4.0 liegen in der Steigerung der Eigenverantwortung, die potentiell mit einer höheren Zufriedenheit mit der Arbeitstätigkeit unter den Mitarbeitern einhergeht. Weiterhin können Mitarbeiter sich auf Tätigkeiten konzentrieren, die nicht automatisierbar sind wie bspw. zwischen-menschlicher Austausch von Erfahrungen und kreative Tätigkeiten. Damit einhergehende Risiken sind bspw. Überforderung durch neue Arbeitsinhalte oder eine mangelnde Bereitschaft oder Fähigkeit zum Lernen neuer Kompetenzen. Die Kompetenzentwicklung im Kontext von Industrie 4.0 steht zudem vor der Herausforderung einer Entkopplung des Menschen vom realen Umfeld entgegenzuwirken, um einen Verlust von Entscheidungs- und Steuerungskompetenzen zu verhindern. Derartige Kompetenzen werden zukünftige in Bezug auf das Arbeiten in intelligenten Systemen insbesondere dann benötigt, wenn ein System keine Lösung für eine Problemsituation findet. Der Mitarbeiter wird zum Entscheider und Optimierer in Extremsituationen ("Troubleshooter") und muss auf diese Rolle vorbereitet werden. Intelligente Systeme erschweren es Mitarbeitern aber durch ihrer Autonomie entsprechende Erfahrungen und Kompetenzen aufzubauen. Diesem Spannungsfeld muss die Kompetenzentwicklung mit geeigneten Methoden und Systemen entgegenwirken.

Weitere Herausforderungen im Handlungsfeld „Kompetenzen 4.0“ sind in der Integration möglichst aller Arbeitskräfte sowie der Entwicklung zukunftsfähiger Kompetenzprofile und Strategien zur entsprechenden Aus- und Weiterbildung zu sehen. Weiterhin sind Lernbausteinen in das

Arbeitsumfeld zu integrieren, bspw. mit Hilfe individualisierbarer Assistenzsysteme und digitaler Arbeitsmittel.

Folgende zentrale Forschungsfragen wurden in diesem Handlungsfeld identifiziert:

- Wie verändern sich Rollen und Funktionen des Menschen im Kontext von Industrie 4.0? Wie sind die neuen Rollen zu definieren? Welche Unterstützung können Expertensysteme für die Rollen und Funktionen der Mitarbeiter bieten?
- Welche Kompetenzen werden im Industrie 4.0 Kontext relevant? Welche Kompetenzen werden in spezifischen Industrie 4.0-Anwendungsfällen relevant?
- Inwiefern lösen neue Kompetenzanforderungen eine Veränderung des sozialen Status von Arbeitstätigkeiten aus?
- Wie sehen Lösungsstrategien zum Umgang mit Entgrenzung aus?

5.5 Organisationsgestaltung im Rahmen von Industrie 4.0

Über alle Handlungsfelder hinweg zeigt sich ein Bedarf nach „Organisationsgestaltung für Industrie 4.0“.

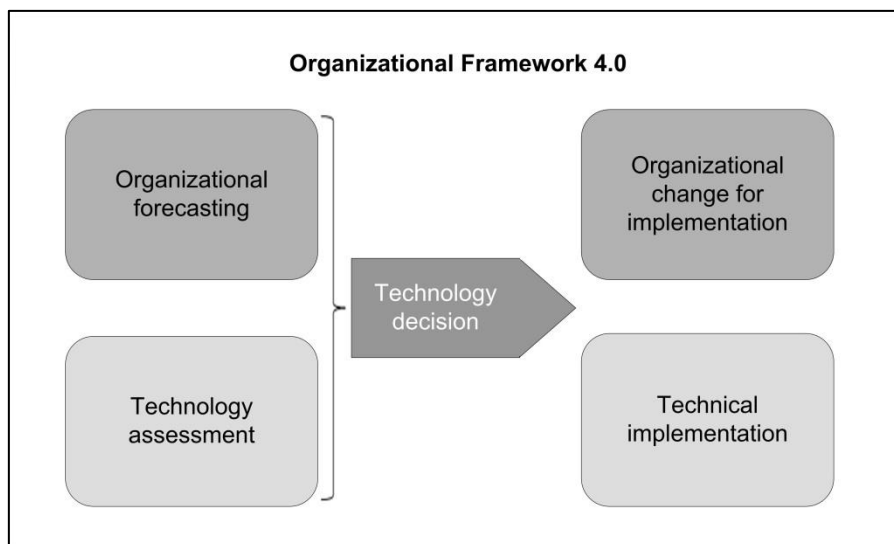


Abbildung 6 Handlungsfeld Organisationsgestaltung 4.0⁹⁸

Hohe Einführungskosten (und ein hoher Einführungsaufwand) sowie Ungewissheit über den Nutzen schrecken Unternehmen, insbesondere KMU, häufig vor einer Investition in neue technologische Entwicklungen ab. Falsche Erwartungen an eine Technologie können außerdem zu wirtschaftlichen Fehleinschätzungen führen. In einem ersten Schritt erscheint daher im Rahmen der Organisationsgestaltung für Industrie 4.0 eine „softe“ Technologiebewertung für Unternehmen sinnvoll. Sie trägt dazu bei, organisationbezogene „Folgekosten“ zu bestimmen, die bei der Einführung eines Systems bzw. Prozesses im Rahmen von Industrie 4.0 auftritt. Diese Aufwände werden in der Regel gar nicht oder nur unzulänglich analysiert, wohingegen klassische betriebswirtschaftliche Schlüsselindikatoren im Zusammenspiel mit den technologischen Potenzialen Entscheidungen bei einer Technologieeinführung leiten. Die Entwicklung eines Konzepts für eine solche „softe“ Technologiebewertung berücksichtigt strukturelle, prozessuale und personale

⁹⁸ Eigene Darstellung.

Kriterien und wird als „organizational forecasting“ zusammengefasst und ist eine der Herausforderungen in diesem Handlungsfeld.

Mit Hilfe der Erkenntnisse des „organizational forecasting“ kann der Einführungsprozess optimiert werden. Bei der Ausgestaltung einer umfassenden Einführungsstrategie von Industrie 4.0-Konzepten geht die technische Implementierung und Prozessgestaltung einher mit adaptierten Methoden und Vorgehensweisen des Change Managements (Ausgestaltung der Transformationsprozesse hin zu Industrie 4.0). Die eingesetzten Vorgehensweisen des Changemanagements können mit Hilfe eines Katalogs von Situationsbeschreibungen bzw. Best Practices ergänzt werden, der eine höhere Nachvollziehbarkeit des Nutzens der Change-Management-Methoden im spezifischen Kontext von Echtzeitinformationen, Gestaltung teilautonomer Prozesse und der wachsenden Vernetzung möglich macht. Auf Basis der Methoden- und Situationsbeschreibungen werden Erkenntnisse zu Problemen bzw. Hemmnissen bei der Einführung der neuen Technologien, wie z.B. mobiler Endgeräte und Assistenzsysteme oder netzwerkbasierter Wissensmanagementsysteme, gewonnen und auf übergeordneter Ebene zusammengefasst. Ein Schwerpunkt der Transformationsprozesse sollte dabei in der Analyse und Gestaltung geeigneter Rahmenbedingungen für die Industrie-4.0-Systeme (Systemgestaltung) liegen. Die Bedeutung von Rahmenbedingungen, wie z.B. Kompetenzen, Technik-Akzeptanz und Datenschutz, bei der Einführung neuer Technologien wird häufig unterschätzt. Zentrale Herausforderung dieses Schwerpunkts liegt in der Entwicklung von Konzepten zur sinnvollen Einführung von Industrie 4.0, die eine menschen- bzw. mitarbeiterorientierte Arbeitsgestaltung ermöglichen. Um dies sicherzustellen ist auf eine partizipative Vorgehensweise bei der Gestaltung der Einführungsprozesse zu achten. Hierzu müssen die relevanten Mitarbeitergruppen identifiziert und informiert werden und eine Möglichkeit erhalten, ihre Sichtweisen und Anforderungen an die System- und Arbeitsgestaltung einzubringen.

Bei der Gestaltung der Transformation ist aufgrund der Komplexität der mit Industrie 4.0 verbundenen technologischen und organisatorischen Neuerungen auf eine sozio-technische Systemgestaltung sowie integrierte Veränderungsprozesse auf allen Ebenen und Funktionsbereichen der Unternehmen zu achten.

Übergeordnete Erfolgsfaktoren für ein Change Management im Rahmen von Industrie 4.0 (bezogen auf veränderungsintensive Funktionsbereiche in Unternehmen) können im Rahmen des Handlungsfeldes ermittelt werden und tragen dazu bei, das Change-Management-Methodenset für den Kontext Industrie 4.0 zu verfeinern. Der Einsatz von Change-Management-Methoden und die systematische Gestaltung der Transformationsprozesse stellen die Einführung von Industrie 4.0-Konzepten sicher und tragen zu ihrer Verbreitung bei. Die Einbeziehung von Humanfaktoren und sozialen Faktoren stärkt die Wirtschaftlichkeit der Konzepte weiter. Damit leisten die Schwerpunkte des Handlungsfeldes „Organisationsgestaltung“ einen entscheidenden Beitrag für den Ausbau Deutschlands als Leitmarkt im Bereich Industrie 4.0.

Ein weiterer Forschungsbereich bzgl. der Organisationsgestaltung für Industrie 4.0 liegt in der Konzeption und Beschreibung geeigneter kollaborativer Arbeitsformen mit Einsatz mobiler Endgeräte.

6 Fazit und Ausblick

Technologische Neuerungen und Potenziale für Unternehmen und Kunden im Zuge der vierten industriellen Revolution stehen im Zentrum der Fachdebatte und der aktuellen

Forschungslandschaft. Diese eindeutige Schwerpunktsetzung verliert aus dem Auge, welche Implikationen sich hieraus für die beteiligten Organisationen und die betroffenen Menschen ergeben. Die Analyse von Neuerungen an der Schnittstelle von Mensch und Technik sowie der flankierenden gesellschaftlichen Entwicklungen führen einen eindeutigen Handlungsbedarf zutage. In den fünf aufgezeigten Handlungsfeldern sind erste Ansatzpunkte, Chancen sowie Herausforderungen für die organisations- und mitarbeitergerechte Gestaltung von Industrie 4.0-Initiativen zusammengefasst. Die weiterführende Entwicklung dieser Handlungsfelder bedarf einerseits einer Fundierung anhand einschlägiger Wissenschaftsdisziplinen (Arbeitswissenschaften, Innovationsforschung, Organisations- und Personalentwicklung etc.) und andererseits einer Anbindung an technologiegetriebene Initiativen von Unternehmen oder Unternehmensverbänden. Erst im Zusammenspiel dieser Betrachtungen kann eine ganzheitliche, erfolversprechende Steuerung des Wandels von statten gehen.

Literatur

Acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. Acatech Position, November 2011.

Beck, U.; Individualisierung in modernen Gesellschaften - Perspektiven und Kontroversen einer subjektorientierten Soziologie. In: Beck, U.; Beck-Gernsheim, E.(Hrsg.): Riskante Freiheiten. Individualisierung in modernen Gesellschaften, 9.Aufl., Frankfurt a. M., 2015, S. 10-39.

Bhatti, Y.A.; Khilji, S. E.; Basu, R.: Frugal Innovation. In: Khilji, S.; Rowley, C. (Hrsg.): Globalization, Change and Learning in South Asia. Oxford, 2013, S. 123-145.

Braganza, A.; Price, J.; Bytheway, A. u.a.: Business Process Redesign in Context: An Empirically Derived Management Framework. In: *Knowledge and Process Management* 5 (2), 1998, S. 99–109.

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Digitale Welten. 2013. URL: <http://www.bmbf.de/de/22272.php> (14.01.2014)

Bundesministerium für Bildung und Forschung: Das Wissenschaftsjahr 2014 – die digitale Gesellschaft. 2014. URL: <http://www.bmbf.de/de/23173.php> (14.01.2014)

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): Autonomik für Industrie 4.0. Berlin, 2012; URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/autonomik-fuer-industrie-4-0,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (11.12.2013).

DFKI Kaiserslautern: Technologien für die Stadt von morgen – DFKI eröffnet SmartCity Living Lab. URL: http://www.dfki.de/web/presse/pressemitteilungen_intern/2014/technologien-fur-die-stadt-von-morgen-2013-dfki-eroffnet-smartcity-living-lab (30.04.2014)

Erhart, C.: Hypertransparenz als Herausforderung und Chance. In: *Kommunikations Manager* Nr. 4 /2011.

Evans, P.; Annunziata, M.; General Electric (Hrsg.): Industrial Internet: Pushing the boundaries of minds and machines. 2012; URL: http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf (11.12.2013).

Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft; Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Hrsg.): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. – Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt/Main, 2013; URL: http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf (11.12.2013).

Friedli, T. M.: Business Process Redesign im Vergleich mit anderen Konzepten zur geplanten Organisationsänderung. Lizentiatsarbeit, Universität Bern, Bern. Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, 1994.

Geisberger, E.; Broy, M.(Hrsg.): Agenda CPS, Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. München, 2012; URL: http://www.acatech.de/fileadmin/userupload/Baumstruktur_nach_Web-site/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/acatech_STUDIE_agendaCPS_Web_20120312_superfinal.pdf (11.12.2013).

Gräßler, I.: Kundenindividuelle Massenproduktion: Entwicklung, Vorbereitung der Herstellung, Veränderungsmanagement. Berlin, 2004.

Han, B. C.: Transparenzgesellschaft. Berlin, Matthes &Seitz, 2012.

Hessman, T.: The dawn of the smart factory. In: Industry Week, Vol.262, 2 (2013), S. 14-16 URL: <http://www.industry.usa.siemens.com/topics/us/en/Manufacturing-Renaissance/Documents/ManufacturingRenaissance-SmartFactory.pdf> (09.04.2014)

Hirsch-Kreinsen, H.: Welche Auswirkungen hat die Zukunftsindustrie auf die Beschäftigten? (Interview). In: RKW Magazin 4/2013- Schwerpunkt: Die Zukunft der Industrie, S. 20-23.

Kaspar, C. M.: Individualisierung und mobile Dienste am Beispiel der Medienbranche. Ansätze zum Schaffen von Kundenmehrwert. Dissertation an der Universität Göttingen, Göttingen, 2006.

Kuhlmann, S.: Reparieren statt wegwerfen. Repair-Cafés bieten Hilfe zur Selbsthilfe. URL: <http://www.dradio.de/dlf/sendungen/umwelt/2030330/> (14.01.2014).

Lexikon der Nachhaltigkeit, Demographischer Wandel. URL: http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/demographischer_wandel_1765.htm (14.01.2014).

Lindemann, U.; Reichwald, R.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Individualisierte Produkte - Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion. Berlin, Heidelberg, New York, 2006.

Löffler, M.; Tschiesner, A.: The Internet of Things and the future of manufacturing.(Interview) 2013. URL: http://www.mckinsey.com/Insights/Business_Technology/The_Internet_of_Things_and_the_future_of_manufacturing? (09.04.2014).

McKinsey Global Institute (Hrsg.): Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, McKinsey & Company 2011.

Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) : The survey of adult skills. Reader's companion, 2013.

Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD): OECD Better Life Index 2011 URL: <http://www.oecdbetterlifeindex.org> (14.01.2014).

Paper, D.: Business Process Reengineering and Improvement: A Comparison of US and Japanese Firms. In: Knowledge and Process Management Volume 5 (3), 1998, S. 185–191.

Reichwald, R.; Piller, F. T.: Interaktive Wertschöpfung: Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung. Wiesbaden, 2009.

Reinhart, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin, Heidelberg, New York, 2013.

Schlick, J.; Stephan, P.; Zühlke, D.: Produktion 2020. Auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. In: IM – die Fachzeitschrift für Information, Management und Consulting, Vol. 27, 3 (2012).

Simon, E.: Frugal Innovation: Erfolgversprechender Managementansatz zur Optimierung des Innovationsprozesses?, Bachelor Thesis, Wiesbaden Business School der Hochschule RheinMain, 6.3.2014

Spath, D. (Hrsg.); Ganschar, O.; Gerlach, S. u. a.: Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0. Stuttgart, 2013a; URL: http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft_-_Industrie_4.0.pdf (11.12.2013).

Spath, D.; Schlund, S.; Gerlach, S. u. a.: Produktionsprozesse im Jahr 2030. In: IM - die Fachzeitschrift für Information, Management und Consulting, Vol.27, 3 (2012).

Spath, D.; Weisbecker, A. (Hrsg.); Peissner, M. u.a.: Potenziale der Mensch-Technik Interaktion für die effiziente und vernetzte Produktion von morgen. Stuttgart,2013b; URL: http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/iao-news/studie_future_hmi.pdf (09.04.2014).

Statistisches Bundesamt (2009): Bevölkerung Deutschlands bis 2060. 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2011): Demografischer Wandel in Deutschland. Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung im Bund und in den Ländern. Hg. v. Statistische Ämter des Bundes und der Länder.

United Nations (WCED), 1987, Brundtland Report. URL: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> (15.01.2014)

VDI-TZ, Fraunhofer ISI: BMBF-FS-Zwischenbericht 1: Gesellschaftstrends 2030. 2013.

Wende, J.: Industrie 4.0 – die vierte industrielle Revolution: Digitalisierung verändert unsere Welt. URL: <http://www-05.ibm.com/de/events/solutionsconnect/pdfs/SolCon2013Industrie4JoergWendeIBM14062013.pdf>. (09.04.2014)

Zink, K. J.: Designing sustainable work systems: The need for a system approach. In: Applied Ergonomics, Vol. 45, 1 (2014), S. 126-132.

Anschrift der Verfasser

Institut für Technologie und Arbeit e.V. und
Center for Human Factors Kaiserslautern
TU Kaiserslautern
Trippstadter Straße 110
D-67663 Kaiserslautern