



**„Industrie 4.0“
– eine arbeitssoziologische Einschätzung**

Endbericht für die AK Wien

Ursula Holtgrewe, Thomas Riesenecker-Caba, Jörg Flecker

Wien, November 2015

Forschungs- und Beratungsstelle Arbeitswelt
A-1020 WIEN, Aspernbrückengasse 4/5
Tel.: +431 21 24 700
Fax: +431 21 24 700-77
office@forba.at
<http://www.forba.at>

INHALT

INHALT I

| | | |
|------|---|----|
| 1. | ZIELSETZUNG | 1 |
| 2. | DIE GESAMTERGEBNISSE IN KÜRZE | 4 |
| 3. | TECHNISCHE GRUNDLAGEN | 6 |
| | Das Wichtigste in Kürze | 6 |
| 3.1. | CIM, ERP und MES – der Traum der menschenleeren Fabrik | 7 |
| 3.2. | Cloud Computing – neue Orte der Datenhaltung | 9 |
| 3.3. | „Industrie 4.0“ als Fortschreibung der bisherigen Entwicklungen | 10 |
| 4. | TECHNIKGESTALTUNG IN BEZUG AUF DATENSCHUTZ UND DATENSICHERHEIT | 14 |
| | Das Wichtigste in Kürze | 14 |
| 4.1. | Safety – funktionale Sicherheit | 14 |
| 4.2. | Security – Datensicherheit | 14 |
| 4.3. | Privacy – Datenschutz | 16 |
| 5. | BESCHÄFTIGUNGSENTWICKLUNG | 18 |
| | Das Wichtigste in Kürze | 18 |
| 5.1. | Zahlen auf schwacher Grundlage | 18 |
| 5.2. | Die Oxford-Studie selbst: Konsequenz technikzentriert | 19 |
| 5.3. | Branchen und Berufe | 20 |
| 5.4. | Jenseits der Substitution durch Technik | 22 |
| 6. | ARBEITSORGANISATION | 23 |
| | Das Wichtigste in Kürze | 23 |
| 6.1. | „Mensch und Maschine“ | 24 |

| | | |
|------|--|----|
| 6.2. | <i>Arbeitsteilung, Kooperation und flexibler Personaleinsatz</i> | 26 |
| 6.3. | <i>„Ironien der Automation“ und Erfahrungswissen</i> | 28 |
| 7. | QUALIFIKATIONSANFORDERUNGEN | 30 |
| | <i>Das Wichtigste in Kürze</i> | 30 |
| 7.1. | <i>Höherqualifizierung und Automation</i> | 30 |
| 7.2. | <i>Lernen: wie und was?</i> | 32 |
| 7.3. | <i>Nichts Neues: Handeln unter Unsicherheit</i> | 34 |
| 7.4. | <i>Qualifizierung auf welcher Ebene?</i> | 35 |
| 8. | WORK-LIFE-BALANCE UND GESUNDHEIT | 37 |
| | <i>Das Wichtigste in Kürze</i> | 37 |
| 8.1. | <i>Flexibilität für wen?</i> | 37 |
| 9. | SCHLUSSFOLGERUNGEN | 41 |
| 10. | FORSCHUNGSBEDARF | 44 |
| | BIBLIOGRAPHIE | 45 |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | | |
|--------------|--|----|
| Abbildung 1: | Stufen der industriellen Entwicklung | 6 |
| Abbildung 2: | Komponenten (Module) eines ERP-Systems | 8 |
| Abbildung 3: | Architekturmodell von Cloud Services | 9 |
| Abbildung 4: | Referenzarchitekturmodell „Industrie 4.0“ | 12 |
| Abbildung 5: | Polarisierte Organisation vs. Schwarm-Organisation | 26 |
| Abbildung 6: | Schichtplanung mit dem Smartphone | 39 |

1. ZIELSETZUNG

Die Proponenten von „Industrie 4.0“ in Deutschland definieren diese Folge von Innovationsschritten folgendermaßen:

„Unter dem Schlagwort ‚Industrie 4.0‘ werden momentan Entwicklungen hin zu einem Produktionsumfeld diskutiert, das aus intelligenten, sich selbst steuernden Objekten besteht. Beispiele für CPS (Cyber-Physical Systems) sind Anlagen, Behälter, Produkte und Materialien. In einer Vision der flächendeckenden Durchdringung dieses Ansatzes steuern sich die Aufträge selbstständig durch ganze Wertschöpfungsketten, buchen ihre Bearbeitungsmaschinen und ihr Material und organisieren ihre Auslieferung zum Kunden.“ (Spath 2013)

Es geht also um die Ausstattung von Produkten und Maschinen mit „intelligenten“ Sensoren und Funkchips, die so mit teils betriebsübergreifenden Systemen der Produktionsplanung und Steuerung vernetzt sind, dass sich Produktions- und Wertschöpfungsprozesse quasi selber, zu einem großen Teil automatisiert steuern, ohne dabei Flexibilität und Reaktionsfähigkeit einzubüßen.

Diese Diskussion entstammt zum einen Teil der deutschen und europäischen Diskussion um die Erneuerung der Industriepolitik, zum anderen den überwiegend aus den USA stammenden Debatten um Automatisierung, Digitalisierung und „big data“. Auch in Österreich kommt die Diskussion langsam in Gang – mit einem eher industriepolitischen Akzent zwischen Hoffnungen auf Erhaltung der industriellen Basis und Befürchtungen von Arbeitsplatzverlusten infolge einer weit reichenden Automatisierung der Arbeit. Infrastruktur- und Wissenschaftsministerium etwa stellen Mittel für Forschung und Entwicklung bereit.

Sie fügt sich damit in den weiten Kontext von Debatten um die Zukunft der Arbeit, neue Technologien und deren Auswirkungen, Virtualisierung, Crowdsourcing, „Everything as a Service“ usw. Im vorliegenden Papier konzentrieren wir uns in unserer Bestandsaufnahme auf die „Industrie 4.0“ im engeren Sinne, nämlich die Produktion und die vor- und nachgelagerten Dienstleistungen, wie oben beschrieben.

Im Gegensatz zu früheren Diskussionen über die industrielle Automation ist heute im deutschsprachigen Raum weniger von einer menschenleeren Fabrik die Rede – in Kontrast zur angelsächsischen Literatur, die eher den disruptiven Charakter neuer Techniken und die Substitution menschlicher Arbeit durch Technik betont. Vielmehr sollen – so der deutschsprachige Konsens – die Fähigkeiten der Menschen aktiv genutzt werden. Allerdings rechnen viele AutorInnen mit Beschäftigungseinbußen. Eine adäquate Gestaltung der Technik muss wohl erst sichergestellt werden, damit Arbeitskräfte ihre Kenntnisse und Erfahrungen auch tatsächlich einbringen können. Für ArbeitnehmerInnen können darüber hinaus Probleme entstehen durch die noch stärkere Forcierung der Flexibilisierung oder im Hinblick auf die Verwendung personenbezogener Daten. Die derzeitige technikbezogene Diskussion muss erst noch in den Kontext des sozialwissenschaftlichen Wissensstandes über Implementation neuer

Technologien gestellt werden, um sinnvolle Aussagen über Auswirkungen, Einflussmöglichkeiten und Gestaltungsalternativen treffen zu können.

Der hier vorgelegte Literaturbericht nimmt eine Bestandsaufnahme der Diskussion um „Industrie 4.0“ mit besonderem Akzent auf den Auswirkungen auf die Arbeit und deren Gestaltungsmöglichkeiten vor. Wir stellen die aktuelle Diskussion um „neue“ Technologien in den Zusammenhang des sozialwissenschaftlichen Wissensstandes über Automation, Arbeit und die Implementation neuer Technologien. In dieser Sichtweise ergibt sich ein differenziertes Bild von Auf- und Abwertungsprozessen, Risiken und Problemzonen zukünftiger industrieller Arbeit sowie von Themen der Gestaltung und Regulierung. Diese Differenzierung trägt dazu bei, gegenwärtige und zukünftige Handlungsfelder von Interessenvertretung, Sozialpartnerschaft und Politik genauer zu konturieren.

Der größte Teil der hier behandelten Literatur besteht aus Berichten und Dokumenten industrienaher ExpertInnengruppen aus Deutschland, die auf der Basis von weiteren ExpertInnenbefragungen und gemeinsamer Diskussion Einschätzungen von Trends und Entwicklungsständen zusammentragen. Die deutschen Fraunhofer-Institute mit ihrer Tradition industrienaher Forschung spielen eine zentrale Rolle. Industrieverbände aus Maschinenbau, Informations- und Kommunikationstechnologie (VDMA, BITKOM), große Technologiezulieferer und Anwender, ingenieurwissenschaftliche Lehrstühle sowie Unternehmensberatungen sind hier vertreten – und auch die IG Metall ist präsent. Die meisten großen Unternehmensberatungen haben ihrerseits mehr oder weniger dramatische Papiere zu „Industrie 4.0“ veröffentlicht. Für Österreich finden sich bislang lediglich der Bericht der Akademie der Wissenschaften und des AIT für den Nationalrat (Aichholzer et al. 2015) und einige Präsentationen für die „Österreichische Plattform Industrie 4.0“. Ergänzend werfen wir einen schnellen Blick auf die einflussreichen englischen und US-amerikanischen Technologie- und Automationsprognosen (Brynjolfsson/McAfee 2011; Frey/Osborne 2013; Brynjolfsson/McAfee 2014; Zuboff 2014).

Die in diesem Zusammenhang diskutierten Prognosen sind derzeit sehr technologieorientiert. Auswirkungen auf die Arbeit und die Gesellschaft werden vielfach missverstanden als Anpassungsnotwendigkeiten der Beschäftigten und der Regelungsformen von Arbeit an eine neue technisierte Arbeitswelt. Damit aber unterschätzt man die Spielräume und Notwendigkeiten gesellschaftlicher Gestaltung. Dabei ist bei weitem nicht ausgemacht, wie sich Arbeit entwickelt. Einerseits hält die deutsche Diskussion überwiegend die Rolle qualifizierter Facharbeit für weiterhin zentral und aufwertungsträchtig. Andererseits finden sich Konzepte von „*augmented reality*“-Assistenzsystemen, die Arbeit eher abwerten, wenn etwa die Arbeitskräfte wie zum Teil in den Lagern des Online-Handels von Computersystemen gesteuert und als quasi menschliche Roboter mit detaillierten Vorgaben und Instruktionen eingesetzt werden.

Sozialwissenschaftlich belastbare Daten und Fallstudien gibt es bislang – logischerweise, weil es eben um zukünftige Entwicklungen geht – noch nicht. Es lassen sich jedoch einige Schlüsse aus der industriesoziologischen Beobachtung vorgängiger

Rationalisierungsprogramme und Technisierungsschritte ziehen (Pfeiffer 2010). Zu nennen sind einige Untersuchungen der Ganzheitlichen Produktionssysteme (Abel et al. 2013; Ittermann/Niehaus 2015), der sozio-technischen Arbeitssysteme (Deuse et al. 2015) und des Technikeinsatzes in Logistik und Lagerhaltung (Windelband et al. 2010; Ortman 2014). Auf dieser Basis beobachten einige deutsche IndustriosozioLogInnen, wie Sabine Pfeiffer (mit einer inhaltvollen Website, www.sabine-pfeiffer.de), Hartmut Hirsch-Kreinsen, Jörg Abel, Peter Ittermann und Jonathan Niehaus, die Diskussion kritisch. Der Sammelband „Digitalisierung industrieller Arbeit“, herausgegeben vom Team der TU Dortmund um Hirsch-Kreinsen (Hirsch-Kreinsen et al. 2015), fasst theoretische und anwendungsorientierte Sichtweisen zusammen.

2. DIE GESAMTERGEBNISSE IN KÜRZE

Die mit „Industrie 4.0“ bezeichneten technischen Neuerungen dürften in der betrieblichen Praxis nicht als revolutionärer Schritt ankommen. Vielmehr handelt es sich wie bisher um schrittweise Innovationen auf der Basis bisheriger Automation und informationstechnischer Vernetzung.

Welche Folgen die Innovationen haben, die unter „Industrie 4.0“ diskutiert werden, kann daher nicht allein aus den technischen Konzepten abgeleitet werden. Vielmehr geben die zu beobachtenden tatsächlichen Automationsschritte in den Betrieben, jene der Vergangenheit ebenso wie jene von heute, Hinweise auf die zu erwartenden Auswirkungen insbesondere auf die ArbeitnehmerInnen.

In der Gestaltung der Technik bestehen große Spielräume, es können unterschiedliche Optionen verfolgt werden. Diese beziehen sich auf unterschiedliche Formen von Cloud-Computing und die konkrete Auslegung cyber-physischer Produktionssysteme. Auf jeden Fall steigt die Komplexität der Systeme, und Schnittstellen, Kooperations- und Koordinationsnotwendigkeiten vervielfältigen sich.

In der Technikgestaltung ist auch aus Sicht der ArbeitnehmerInnen besonderes Augenmerk auf die betriebliche und die Arbeitssicherheit, auf die Datensicherheit und auf den Schutz personenbezogener Daten zu legen.

Die Folgen für Arbeit und Beschäftigung sind nicht aus der Technik, aber auch nicht aus ihrer konkreten Gestaltung und Auslegung oder den gewählten Technikoptionen ableitbar. Es verbleiben arbeitsorganisatorische Spielräume, in denen die Bedingungen für die Arbeit und die qualitativen und quantitativen Beschäftigungswirkungen erst zu bestimmen sind.

Die Prognosen über quantitative Beschäftigungswirkungen von „Industrie 4.0“ erweisen sich als widersprüchlich und wenig belastbar. Übereinstimmung gibt es bei eher naheliegenden Annahmen, wie etwa dem zunehmenden Bedarf an FertigungsingenieurInnen oder der Gefährdung verbliebener einfacher manueller Tätigkeiten. Auch „neben“ der unmittelbaren Produktion aber könnten Beschäftigungsfelder in Logistik, Produktionsplanung und anderen administrativen Aufgaben automatisiert werden.

Die Formen der Arbeitsteilung und Kooperation unter den Beschäftigten lassen Wahlmöglichkeiten erkennen. „Industrie 4.0“ kann als „polarisierte Organisation“ aus hochqualifizierten ExpertInnen einerseits und abgewerteten FacharbeiterInnen andererseits realisiert werden. Sie kann aber auch als Teamarbeit unter aufgewerteten FacharbeiterInnen und Hochqualifizierten und damit als ganzheitliche Arbeitsform ausgelegt werden.

Gegenüber den Versprechungen, „Industrie 4.0“ entlaste den Menschen von Routine und mache ihn frei für kreative Aufgaben, ist Skepsis angebracht. Es bleiben Automationslücken bestehen, die absehbar mit Einfacharbeit gefüllt werden. Es kann auch auf breiterer Basis zu tayloristischer Arbeitsgestaltung kommen mit Abwertung

von Qualifikationen und detaillierter technischer Steuerung und Überwachung der Beschäftigten.

Bei der Nutzung der vielfachen Gestaltungsmöglichkeiten sollte demnach die Humanisierung der Arbeit nicht vergessen werden. Sie ist keineswegs automatisch mit technischem Fortschritt verbunden. Vielmehr sind weiterhin besondere Anstrengungen nötig, um die Arbeit für die Beschäftigten sinnvoll und lernförderlich zu gestalten.

Die Automation weiterer Routinetätigkeiten und die steigende Komplexität der vernetzten, betriebsübergreifenden Produktionssysteme verschieben den Qualifikationsbedarf tendenziell in Richtung höherer und breiterer, insbesondere fachübergreifender Qualifikationen. In der Literatur überwiegen diesbezüglich aber recht allgemeine Wunschlisten. Besonders wichtig wird es sein, die auf verschiedene Beschäftigtengruppen (einschließlich der Un- und Angelernten) verteilte Produktionsintelligenz aktiv zu nutzen und günstige Bedingungen für die Weiterentwicklung von Erfahrungswissen im Umgang mit den Anlagen und Maschinen zu schaffen.

Die Interessenvertretungen der ArbeitnehmerInnen sind nicht nur in der Gestaltung der Technik und der Industriearbeit gefordert. Weitere Themen sind die forcierte Flexibilisierung, die Einhaltung von Arbeitszeitgrenzen u.a. bei zunehmend ortsunabhängiger Arbeit, die praktische Durchsetzung des Datenschutzes u.v.m.

Angesichts der großen Unsicherheiten im Hinblick auf die Verbindung unterschiedlicher Technologien, der technischen und organisatorischen Gestaltung neuer Produktionssysteme und im Hinblick auf Arbeitsorganisation und Personaleinsatz, ist die aktuelle Diskussion für die Interessenvertretungen aber auch eine Chance, aktiv Arbeitspolitik zu betreiben und die Humanisierung der Arbeit auf die Tagesordnung zu setzen.

3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

Das Wichtigste in Kürze

- Eine vierte industrielle Revolution stellt „Industrie 4.0“ wohl nicht dar. Sie ist eine logische Erweiterung der produktionstechnischen Systeme.
- Technisch neu ist die Einbindung physischer Objekte, die über „intelligentes“ Innenleben verfügen. Diese werden miteinander vernetzt und in Wertschöpfungsketten integriert.
- Durch die bereits bestehende Vielzahl unterschiedlicher Produktionsmaschinen wird bei der technischen Integration physischer Objekte die betriebliche Komplexität weiter steigen.
- Zu einer der größten Herausforderungen bei der Integration der verschiedenen (Sub-)Systeme zählen die technischen Schnittstellen. Hier sind vermehrt Anstrengungen zur Standardisierung bei der Datenübermittlung zu setzen.
- „Smarte“ Entwicklungen im Produktionsbereich bedürfen der Kommunikation von ExpertInnen aus Maschinenbau und Informatik, hier ist ein gemeinsames Sprachverständnis herzustellen.

Industrie 4.0 ist eines der Schlagworte, das derzeit vor allem im deutschsprachigen Raum als Synonym für technische Entwicklung im Produktionsbereich steht. Dabei soll die Zahl „4“, so der Wunsch der Initiatoren, verdeutlichen, dass sich diese Entwicklung in die bisherigen Stufen industrieller Revolution einreicht, wie Abbildung 1 darstellt.

Abbildung 1: Stufen der industriellen Entwicklung

Stufen industrieller Revolution

- Ende 18. Jahrhundert **1. industrielle Revolution**: Mechanische Produktion mithilfe von Wasser oder Dampf
- Beginn 20. Jahrhundert **2. industrielle Revolution**: arbeitsteilige Massenproduktion mithilfe elektrischer Energie
- Beginn 1970er Jahre **3. industrielle Revolution**: Automation der Produktion durch Einsatz von Elektronik und IT/EDV („CIM“)
- heute **4. industrielle Revolution**: Einsatz von cyber physical systems

Quelle: Referat Riesenecker-Caba, 23.06.2015, Kammer für Arbeiter und Angestellte für Niederösterreich

Zugleich lehnt sich die Zahlenkombination 4.0 an die Versionsverwaltung von Software an, wobei die Zahl Null auf die erste marktreife Version hindeutet – eine Version, die unter erfahrenen NutzerInnen meist mit Vorsicht betrachtet wird.

In der Literatur ist man sich jedoch nicht einig, was nun das „Revolutionäre“ der Vision „Industrie 4.0“ sein soll bzw., ob hier nun wirklich ein qualitativer Sprung in der

industriellen Entwicklung im Vergleich zu vorangegangenen Veränderungen vorliegt (Brödner 2015; Howaldt et al. 2015). Während der letzten Jahrzehnte hat der Produktionsbereich bereits einige weitreichende organisatorische und technologische Entwicklungen erfahren, an die „Industrie 4.0“ anschließt. Den Bezug dieser Vorgeschichte und ihrer Schlagworte (Internet der Dinge, Big Data, ...) zum Ansatz von „Industrie 4.0“ stellen wir im folgenden Kapitel her.

3.1. **CIM, ERP und MES – der Traum der menschenleeren Fabrik**

Entwicklungen in Elektronik und IT ermöglichten es in den 1980er Jahren unter dem Konzept der Computer Integrated Manufacturing (kurz CIM), (Teil-)Bereiche der in der Produktion eingesetzten Maschinen und IT-Systeme (u.a. Maschine/Betriebsdatenerfassung, Produktions-/Fertigungsplanung und -steuerung, Computer Aided Design [CAD]), auf horizontaler Ebene miteinander zu vernetzen, um einen verbesserten Datenaustausch zu ermöglichen, betriebliche Prozesse effizienter zu gestalten und Rationalisierungspotentiale zu erkennen. Schon damals wurde mit Bildern der „Fabrik der Zukunft“ bzw. der „menschenleeren Fabrik“ operiert. Technische Schranken aufgrund fehlender Leistungsfähigkeit der IT-Systeme hemmten jedoch dieses organisatorische Konzept der Automation. Hard- und Softwarehersteller achteten im Bereich der Produktion noch wenig auf gemeinsame Standards als Grundlage für ein integriertes Arbeiten.

In den folgenden Jahrzehnten konnten – neben „neuen“ Prinzipien der Lean Production – sowohl hardware- als auch softwareseitig immense Entwicklungsschritte umgesetzt werden. Industriebetriebe optimierten ihre Maschinen und die damit verbundenen IT-Anwendungen nicht nur in der Produktion, sondern auch auf gesamtbetrieblicher Ebene durch den Einsatz sogenannter ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning).

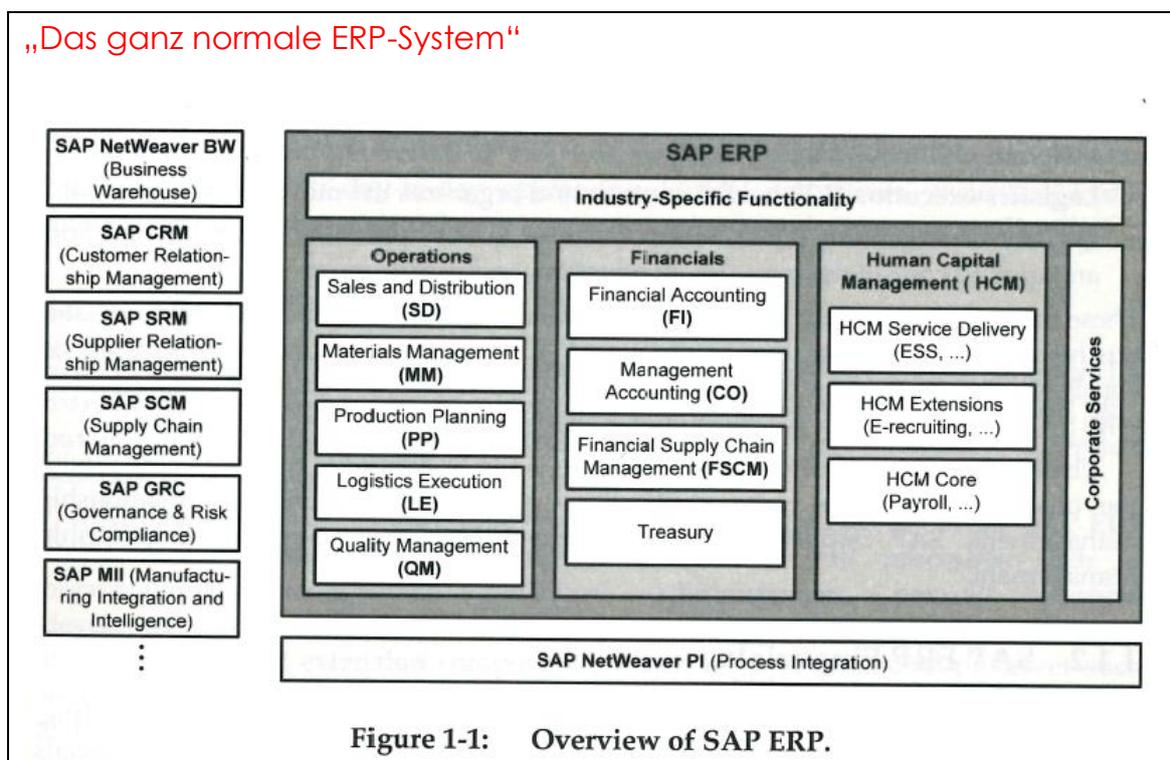
ERP-Systeme (s. Abbildung 2), der bekannteste Vertreter SAP ist in der Mehrzahl der (inter)nationalen Mittel- und Großbetriebe zu finden, ermöglichen es Betrieben:

- unternehmensweit mit einem einheitlichen Softwaresystem zu arbeiten – unabhängig von Abteilung oder Aufgabenbereich;
- eine zentrale Datenhaltung und somit leichtere Verfügbarkeit der Informationen für weitere Abteilungen zu erreichen;
- die Standardisierung betriebswirtschaftlicher Unternehmensprozesse in den betrieblichen Kernbereichen, wie Personalwirtschaft, Finanzwesen (Buchhaltung, Controlling, ...) und Logistik (Produktionsplanung und -steuerung, Lagerwirtschaft, Vertrieb, Qualitätssicherung), voranzutreiben.

Um den Austausch von Produktionsdaten (aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen) mit Daten der ERP-Systeme effizienter und softwaregestützt zu gestalten und somit eine vertikale Integration zu unterstützen, wurden in den letzten zehn Jahren vermehrt MES (Manufacturing Execution Systeme) als Bindeglied zwischen Produktion und Unternehmensmanagement eingesetzt. Es haben also durchaus bereits technische Veränderungen stattgefunden,

die das Konzept der vernetzten Fabrik (der Zukunft) unterstützen. Dazu zählen insbesondere Klarheit über die dezentral erhobenen und verfügbaren Daten aus Produktionsplanung und der Produktion innerhalb des Betriebes. Hier sind Datenschnittstellen bereits definiert. Prozessrelevante Informationen können innerhalb der Produktion, aber auch in Verbindung mit weiteren betriebswirtschaftlichen Systemen (Materialwirtschaft, Vertrieb, Finanzwesen, Personalwirtschaft), ausgetauscht werden. Die Anforderungen an solche Systeme werden sich jedoch durch die gewünschte Einbindung von sich selbst steuernden Werkstücken und Produkten massiv erhöhen.

Abbildung 2: Komponenten (Module) eines ERP-Systems



Quelle: Böder/Gröne 2013

Das Beispiel einer deutschen Maschinenfabrik (Schröder 2015) beschreibt dieses betriebliche Streben nach Transparenz und Vereinheitlichung der Prozesse sehr anschaulich:

„Unsere Produktion, sagen sie bei der Maschinenfabrik Reinhausen, ist ein Zoo. Ein Zoo mit zig Gattungen, Arten, Rassen, über die Jahre gewachsen und mit jedem Gerät, jeder neuen Fertigungsanlage. Was einen Wust unterschiedlicher Softwaresysteme bedeutet. Denn die Maschinen stammen von verschiedenen Herstellern mit jeweils eigenen Systemen. Technik, die sich im Laufe der Zeit weiterentwickelt, daher spielt auch das Alter der Anlagen eine Rolle. Den Systemzoo in den Griff kriegen, sagen sie bei Reinhausen, darauf komme es an.“

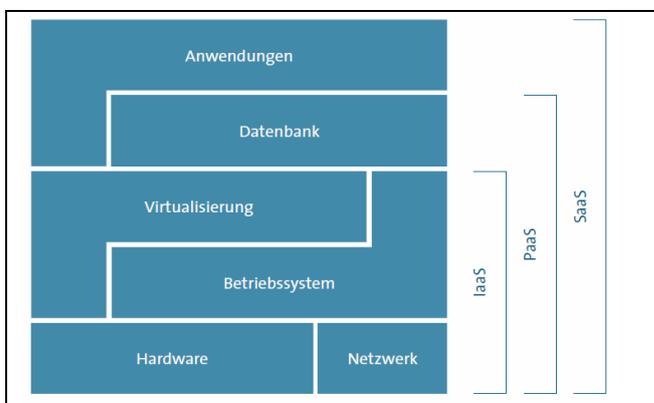
3.2. Cloud Computing – neue Orte der Datenhaltung

Ein Faktor, der bei der Weiterentwicklung der betrieblichen IT-Landschaft während der letzten Jahre eine gesteigerte Bedeutung erhielt, und der auch in der Diskussion rund um „Industrie 4.0“ eine wichtige Rolle spielt, ist die Möglichkeit, IT-Dienste unter Nutzung des Internets betriebsübergreifenden Anwendergruppen in einer gemeinsamen Umgebung anzubieten oder sie externen Dritten zu übertragen. Hier hat sich der Begriff Cloud Computing etabliert. Beispielhaft sei hier die Definition des Österreichischen Normungsinstituts¹ angeführt:

„Cloud Computing ist der Ansatz, IT-Infrastrukturen, Plattformen und Software zentral bereitzustellen und bedarfsbezogen über ein Netzwerk mit dem Endbenutzer zu verknüpfen. Zentralisierte Datenspeicherung und -verarbeitung bietet gegenüber Einzelspeicherung beim Benutzer Einsparpotentiale, ist aber gleichzeitig mit einer Reihe von Sicherheitsfragen verbunden. Einerseits wird vor einem Verlust der Kontrolle über die eigenen Daten gewarnt, andererseits wird eine Steigerung der Sicherheit durch die zentrale Verfügbarkeit der Daten hervorgehoben.“

Cloud Computing Ansätze (s. Abbildung 3) unterscheiden sich danach, welche **Art von Service** zur Verfügung gestellt bzw. von externer Seite bezogen wird und welche Vertrags- und Eigentums- und Nutzungskonstruktionen es gibt.

Abbildung 3: Architekturmodell von Cloud Services



Quelle: BITKOM (2013)

Folgende Ansätze (siehe auch Abbildung 3) werden in der Literatur beschrieben:

- *Infrastructure as a Service* (IaaS): Hier nutzt der Kunde die Computer-(Basis-) Infrastruktur von externer Seite.
- *Platform as a Service* (PaaS): Neben der Infrastruktur werden auch die Entwicklungsumgebung und die -werkzeuge zur Verfügung gestellt.

¹ <https://www.austrian-standards.at/infopedia-themencenter/specials/cloud-computing/> [zuletzt aufgesucht: 15. Juli 2015].

- *Software as a Service (SaaS)*: Hier wird mit Softwareprodukten gearbeitet, die von dritter Seite angeboten werden.

Bei der Definition neuer Geschäftsideen und Begriffe setzt sich die IT-Industrie, wie seit Jahrzehnten bewiesen, keine „kreativen“ Grenzen. So auch im Cloud Computing, wo der neueste Begriff *Everything as a Service (XaaS)* den Ansatz unterstreicht, „alles“ als Service zu nutzen bzw. anzubieten. Diese Dienstleistungsangebote können „aus einer Hand“ geschehen, aber Unternehmen oder deren IT-Dienstleister können auch Software, Plattform- und Hardwaredienstleistungen von verschiedenen Anbietern (z. B. projektbezogen) kombinieren.

Neben den genutzten Services sind vor allem unter vertrags-, aber auch aus datenschutz- und datensicherheitsrechtlichen Aspekten verschiedene Cloud-Formen zu unterscheiden. Hier haben sich in der Literatur (siehe NIST² Definition of Cloud Computing) vier Ausprägungen herausgebildet:

- *Public Cloud*: Die Infrastruktur befindet sich im Besitz eines IT-Dienstleisters, der Services über Internet für interessierte Kunden anbietet.
- *Private Cloud*: Die Infrastruktur ist eine unternehmenseigene Cloud-Lösung, die selbst oder durch einen Dienstleister in einer geschützten Umgebung betrieben wird und nur autorisierten MitarbeiterInnen, GeschäftspartnerInnen oder KundInnen zur Verfügung gestellt wird.
- *Hybrid Cloud*: Sie stellt eine Mischform der beiden oben beschriebenen Modelle unter Einbeziehung der eigenen IT-Umgebung dar.
- *Community Cloud*: Die Infrastruktur wird von Nutzergruppen mit identischen Anforderungen verwendet.

3.3. „Industrie 4.0“ als Fortschreibung der bisherigen Entwicklungen

Die Vision von „Industrie 4.0“ bzw. der Einsatz von cyber-physischen (Produktions-) Systemen (CP[P]S) verfolgt das Ziel, in einem nächsten Entwicklungsschritt, unter Nutzung des Internets (oder Cloud-Computing), Daten aus in Maschinen und Werkstücken eingebetteten Systemen vermehrt in betrieblichen IT-Systemen zu nutzen und Daten in kurzer Zeit auch über Unternehmensgrenzen hinweg auszutauschen. Geisberger/Broy (2012) definieren cyber-physische Systeme als eingebettete Systeme, die

- mittels Sensoren³ unmittelbar physikalische Daten erfassen und mittels Aktoren⁴ auf physikalische Vorgänge einwirken,

² NIST= US National Institute of Standards and Technology.

³ Ein Sensor ist ein technisches Bauteil, das bestimmte physikalische oder chemische Eigenschaften und/oder die stoffliche Beschaffenheit seiner Umgebung qualitativ oder als Messgröße quantitativ erfassen kann. Diese Größen werden mittels physikalischer oder chemischer Effekte erfasst und in ein weiter verarbeitbares elektrisches Signal umgeformt (Wikipedia).

- Daten auswerten und speichern sowie auf dieser Grundlage aktiv oder reaktiv mit der physikalischen und der digitalen Welt interagieren,
- mittels digitaler Netze untereinander verbunden sind, und zwar sowohl drahtlos als auch drahtgebunden, sowohl lokal als auch global,
- weltweit verfügbare Daten (Big Data) und Dienste nutzen,
- über eine Reihe multimodaler Mensch-Maschine-Schnittstellen verfügen, also für Kommunikation und Steuerung differenzierte und dedizierte Möglichkeiten bereitstellen, zum Beispiel Sprache und Gesten.

Die Idee im Bereich von Produktion und Logistik ist dabei, dass „intelligente“ Maschinen, Werkstücke, Lagersysteme und Betriebsmittel mittels fortgeschrittener Computertechnik befähigt werden, in „dezentraler Selbstorganisation“ selbsttätig Daten auszutauschen (M2M = *machine to machine* Kommunikation) und gegenseitig Aktionen auszulösen, um so eine weitgehend flexibel automatisierte „smarte Fabrik“ zu realisieren (vgl. Brödner 2015).

„Das heißt, wir haben drei Perspektiven auf das Internet: Einerseits vernetzen sich die Menschen in Social Networks [*Internet der Menschen*] (...). Andererseits vernetzen sich die Maschinen, die kommunikationsfähigen smarten Objekte [*Internet der Dinge*], und nutzen serviceorientierte Dienste im Internet [*Internet der Dienste*]. Sie nutzen Software-Tools, die mit Hilfe der Daten der CPS-Plattformen und der Intelligenz der Menschen dazu führen, dass man dezentral schnell echtzeitnah zu Lösungen in den verschiedensten Bereichen kommen kann“ (Bauernhansl 2014, S. 16).

Dass hier die Entwicklungen abseits der technischen Möglichkeiten noch am Anfang stehen und vor allem wirtschaftliche, organisatorische und (datenschutz- und datensicherheits-)rechtliche Fragen zu klären sind, verdeutlichen mehrere Beispiele.

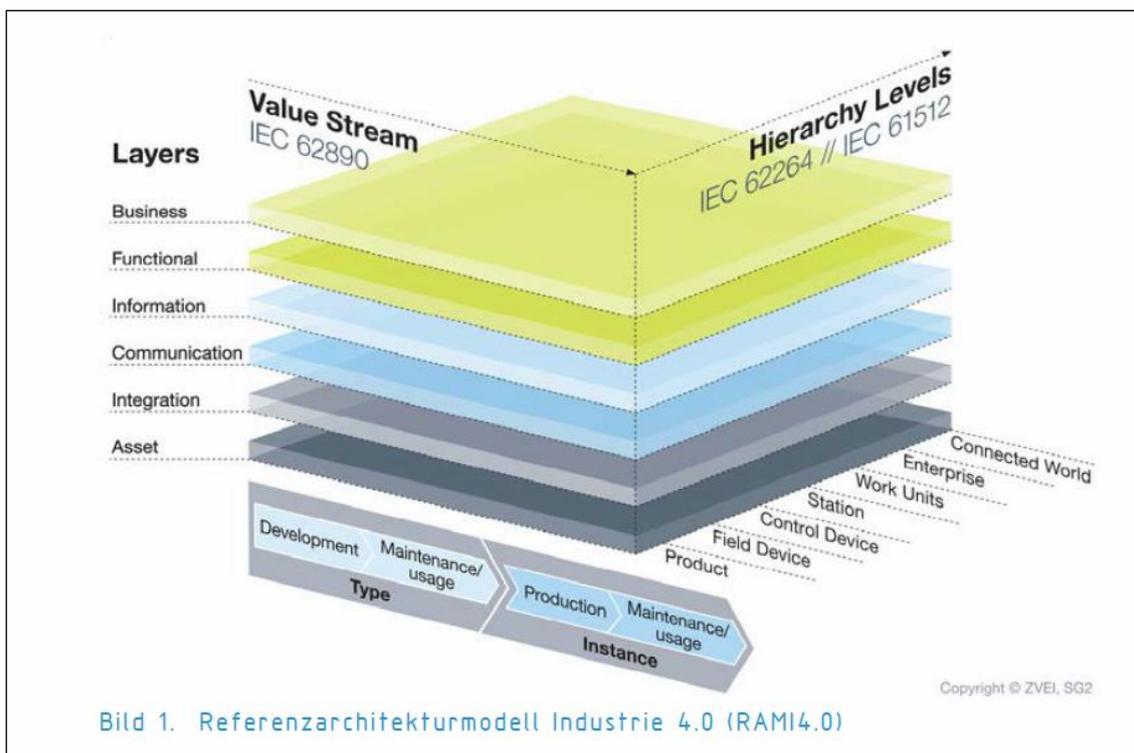
So beinhalten die vorhandenen technischen Lösungen und „smarten“ Produkte Entwicklungsansätze aus der Informatik und dem Maschinenbau. Das aber sind Disziplinen, die verschiedene betriebliche Rahmenbedingungen (z.B. Lebensdauer der Produkte, Möglichkeit laufend Versionsänderungen vorzunehmen, Ausfallssicherheit, ...) vorfinden, unterschiedliches fachliches Vokabular verwenden und aus unterschiedlichen Denkweisen und Kulturen kommen (Lange 2015). Auch aus diesem Grund arbeitet der Fachausschuss VDI/VDE-GMA 7.21 „Industrie 4.0“ an einem gemeinsamen Glossar, um die Kommunikation zwischen den Disziplinen und das Finden einer gemeinsamen Sprache zu erleichtern (VDI/VDE-GMA Fachausschuss 7.21 „Industrie 4.0“ 2015). Interessant erscheint es in diesem Zusammenhang, dass dieses doch nicht unbedeutende Thema erst jetzt stärker standardisiert wird.

In diesem Kontext sind auch Arbeiten im Rahmen eines sogenannten Referenzarchitekturmodells zu „Industrie 4.0“ (RAMI4.0) zu sehen. Durch den im

⁴ Aktoren (oft auch Aktuatoren) setzen elektrische Signale (z. B. vom Steuerungscomputer ausgehende Befehle) in mechanische Bewegung oder andere physikalische Größen (z. B. Druck oder Temperatur) um und greifen damit aktiv in das Regelungssystem ein und/oder geben Sollgrößen vor (Wikipedia).

Rahmen von „Industrie 4.0“ verfolgten Ansatz, auch Daten der Produkte bzw. der Werkstücke (die über Sensortechnik erfasst werden) in betriebliche Abläufe zu integrieren und einen Datenaustausch unter Nutzung des Internets zu unterstützen, ist es notwendig, bisherige Modelle für den Aufbau von Computersystemen zu erweitern. Dieses erweiterte Referenzarchitekturmodell (ergänzt um „product“ und „connected world“, siehe dazu Abbildung 4) wurde im April 2015 in einer ersten Version veröffentlicht (VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik 2015).

Abbildung 4: Referenzarchitekturmodell „Industrie 4.0“



Quelle: ebd.

In der Einleitung wird der Ansatz des RAMI4.0 wie folgt erklärt:

„Einer der grundlegenden Gedanken zur Referenzarchitektur von Industrie 4.0 ist das Zusammenführen unterschiedlichster Aspekte in einem gemeinsamen Modell. Die vertikale Integration innerhalb der Fabrik beschreibt die Vernetzung von Produktionsmitteln z.B. von Automatisierungsgeräten oder Diensten untereinander. Als neuer Aspekt kommt bei Industrie 4.0 die Einbeziehung des Produkts bzw. Werkstücks hinzu. Das zugehörige Modell muss dies reflektieren. Doch Industrie 4.0 geht noch deutlich weiter. Mit durchgängigem Engineering über die ganze Wertschöpfungskette ist gemeint, dass technische, administrative und kommerzielle Daten, die rund um ein Produktionsmittel oder auch das Werkstück entstehen, über die komplette Wertschöpfungskette konsistent gehalten werden und jederzeit über das Netzwerk zugreifbar sind. Ein dritter Aspekt bei Industrie 4.0 ist die horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke, die über den einzelnen

Fabrikstandort hinausgeht und die dynamische Bildung von Wertschöpfungsnetzwerken ermöglicht.

Die Aufgabe, diese Aspekte in einem Modell darzustellen, war zu lösen. Schließlich sollen Regelkreise mit Abtastungen im Millisekundentakt die dynamische Kooperation mehrerer Fabriken untereinander innerhalb eines gemeinsamen Wertschöpfungsnetzwerks mit zusätzlichen kommerziellen Fragestellungen in einem Modell darstellbar sein. Hier galt es, die Sichtweisen aus den unterschiedlichen Anwendungsdomänen zu verstehen, das Wesentliche zu erfassen und in einem gemeinsamen Modell zu vereinen.“ (ebd., S. 5)

So sinnvoll diese Standardisierung im Bereich der Entwicklung von Hardware (Maschinen) und Software für den Produktionsbereich ist, eine Reduzierung der Komplexität auf betrieblicher Ebene ist wohl unmittelbar nicht zu erwarten. Eher wird das Gegenteil eintreten, da die transdisziplinäre Kommunikation (zwischen betrieblicher Informatik und Maschinenbau) schon bisher nicht trivial war und durch die geplante Öffnung der Wertschöpfungskette um weitere Prozessteilnehmer (Geschäftspartner, Kund, Dienstleister) wohl deutlich anspruchsvoller werden wird. Wenn zudem sensorgesteuerte Produkte mit vernetzten Anlagen kommunizieren, bedeutet dies auch für die Beschäftigten, die diese Anlagen entwickeln und in Stand halten, gesteigerte Qualifikationsanforderungen, wie in Kapitel 7 noch ausgeführt wird.

4. **TECHNIKGESTALTUNG IN BEZUG AUF DATENSCHUTZ UND DATENSICHERHEIT**

Das Wichtigste in Kürze

- Drei Themenbereiche sind zu unterscheiden: Safety, Security, Privacy
- Safety (funktionale Sicherheit der Maschinen): Von Maschinen und Anlagen darf keine Gefahr für den Menschen ausgehen. Dies ist auch beim möglichen Einsatz von Datenbrillen sicherzustellen.
- Security (Datensicherheit): Die Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Integrität und Vertraulichkeit der Daten muss auch in Cloud-Lösungen gewährleistet sein.
- Privacy (Datenschutz): Bei der vermehrten Verwendung personenbezogener Beschäftigendaten ist auf die Einhaltung des Datenschutzes zu achten. Betriebsräte sind bei der Regelung dieser Systeme durch Betriebsvereinbarungen aufgrund der gestiegenen Komplexität vermehrt gefordert.

Die zunehmende Digitalisierung der Produktion verbunden mit der betriebsübergreifenden Vernetzung von Maschinen, Werkstücken, Produkten unter Nutzung betrieblicher IT-Systemen führt zu Herausforderungen im Hinblick auf betriebliche Sicherheit (safety), Datensicherheit (security) und Datenschutz (privacy).

4.1. Safety – funktionale Sicherheit

Bei der funktionalen Sicherheit („Safety“) für Systeme ist sicherzustellen, dass von den Funktionen einer (Produktions-)Maschine oder Anlage keine Gefahr für Menschen oder Umwelt ausgeht (BITKOM e. V. et al. 2015). Für den Maschinenbau sind dabei Safety-Rules durch die ISO 9001-Sicherheitsrichtlinien definiert (Grauer/Pagel 2014). Autonom agierende Systeme und technische Entwicklungen im Bereich der Assistenzsysteme (z.B. Tablet-PC, Datenbrille, ...) können jedoch für die im direkten Umfeld Beschäftigten zu neuen Gefährdungspotentialen führen. Innovative Ideen zur Arbeiterleichterung z.B. durch den Einsatz interaktiver Datenbrillen, die Arbeitsanweisungen oder Warnhinweise für Beschäftigte im Gesichtsfeld einblenden, könnten zusätzliche Belastungen für diese Beschäftigten (z.B. virtual reality sickness „cybersickness“) bedeuten.

4.2. Security – Datensicherheit

Bei der Informations-/Datensicherheit („Security“) soll die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit, Integrität und die Vertraulichkeit der aufgezeichneten Daten sichergestellt werden. Dieser Bereich ist für eine überbetriebliche Zusammenarbeit von entscheidender Bedeutung, da wirtschaftliche Kerninteressen der Betriebe betroffen sind, wenn Dritte auf die technische Infrastruktur des eigenen Unternehmens zugreifen

können, wenn Daten in externen Umgebungen (Cloud) gespeichert werden, und wenn produktionsrelevante Daten zwischen Unternehmen ausgetauscht werden. Es steigen nicht nur die Anforderungen an die vertragliche Ausgestaltung, sondern auch das Risiko des Verlustes von Betriebsgeheimnissen in vernetzten Gemeinschaften. Der Bericht zur Umsetzungsstrategie der deutschen Plattform „Industrie 4.0“ führt dazu treffend aus:

„Security lässt sich nicht als Produkt fertig kaufen. Die notwendigen Ausprägungen der Sicherheitsmaßnahmen sind stark unternehmensspezifisch. Für das Thema Security ist daher grundsätzlich festzuhalten, dass es keine allgemeingültigen Lösungen gibt“ (BITKOM e. V. et al. 2015, S. 73).

Zu behandelnde Aspekte der Informations- und Datensicherheit sind dabei:

- Konzepte für Hochverfügbarkeit und Ausfallssicherheit (flächendeckender Ausbau von Breitbandinternet sowie Verfügbarkeit des Internetprotokolls IPv6 für das „Internet der Dinge“);
- Gesicherte Authentisierung und Autorisierung der Geräte in vernetzten Strukturen, gesicherte (verschlüsselte?) Kommunikation zwischen Geräten;
- Intelligente Steuerungslogik, welche Systeme und Geräte auch dann noch beherrscht, wenn tatsächlich Teile oder Komponenten ausfallen oder fehlerhafte Informationen senden (Kielinski 2015);
- Frühes Erkennen von Bedrohungsszenarien (bei Angriffen oder Datenmanipulation);
- Zugriffskontrollen und Berechtigungsvergabe (klar definierte Rollenkonzepte), zum Beispiel für dezentrale Leitstellen oder Fernwartungszugänge.

Vor allem in Industrieanlagen und deren Komponenten, die bisher nicht für eine außerbetriebliche Vernetzung konzipiert waren, bedeutet das Nachrüsten der Netzwerkschnittstellen einen nicht zu unterschätzenden Faktor.

„Zwar gibt es ausreichend bewährte Konzepte in der klassischen IT-Welt, diese lassen sich allerdings nicht ohne weiteres in den industriellen Kontext übertragen. Zum einen müssen die Sicherheitslösungen mit den bestehenden Standards der bestehenden Systeme kompatibel sein. Zum anderen laufen die Industriesysteme unter sehr strikten Realzeitbedingungen. Das Zeitfenster für die Ver- und Entschlüsselung der Daten oder die Authentifizierung von Nutzern und Geräten ist äußerst klein“ (Fallenbeck/Eckert 2014, S. 398)

Ein anschauliches Beispiel über mögliche Gefährdungssituationen führte das deutsche Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) – das auch eine Reihe an Vorschlägen zur Verbesserung der betrieblichen Security anbietet (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2013) – im Bericht „Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2014“ an, wo ein gezielter Angriff auf ein Stahlwerk in Deutschland dargestellt wird (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2014, S. 31):

„Methode: Mittels Phishing und ausgefeiltem Social Engineering erlangten Angreifer initialen Zugriff auf das Büronetz des Stahlwerks. Von dort aus arbeiteten sie sich sukzessive bis in die Produktionsnetze vor.“

Schadenswirkung: Es häuften sich Ausfälle einzelner Steuerungskomponenten oder ganzer Anlagen. Die Ausfälle führten dazu, dass ein Hochofen nicht geregelt heruntergefahren werden konnte und sich in einem undefinierten Zustand befand. Die Folge waren massive Beschädigungen der Anlage.“

Das deutsche Magazin für professionelle Informationstechnik iX kommentierte dies in seiner Ausgabe 4/2015 salopp:

„Das BSI empfiehlt in dieser Studie die üblichen Maßnahmen zur Verbesserung der IT-Sicherheit: Sensibilisierung, regelmäßige Updates und so fort. Was das BSI nicht hinterfragt: Was macht ein Hochofen am Internet?“

Es wird bei der Umsetzung der Vision „Industrie 4.0“ und der Akzeptanz der Unternehmen entscheidend darauf ankommen, welche Lösungen zur Datensicherheit gefunden werden können und wie eine ausfallsichere und gesicherte Kommunikation über betriebliche Grenzen gewährleistet werden kann, um leistungsstarke, sichere und flächendeckende digitale Infrastrukturen zur Verfügung zu stellen (siehe z.B. Diskussion Breitbandausbau).

4.3. Privacy – Datenschutz

Schlussendlich wird die Verwendung personenbezogener Beschäftigtendaten („privacy“) bei technologischen Entwicklungen im Produktionsbereich, dem Einsatz von cyber-physischen Systemen, der Datenhaltung in Cloud-Lösungen oder dem Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg eine neue Komplexität erfahren. Anforderungen an betriebliche Mitbestimmung und datenschutzkonformen Gestaltung dieser Systeme werden absehbar steigen. Auch die Bereitstellung elektronischer Dokumente am Arbeitsplatz oder im Training, zum Beispiel über mobile Endgeräte oder Datenbrillen, kann ein Datenschutzthema werden: Wenn solche Dokumente „kontextsensitiv“ den Beschäftigten die genau benötigten Informationen zur Verfügung stellen sollen (Stich et al. 2015), muss dazu deren Arbeitskontext und/oder ihr Qualifikations- und Kenntnisstand elektronisch zutreffend abgebildet sein.

Die Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen, einerseits des Datenschutzes – in naher Zukunft geregelt durch die Datenschutzgrundverordnung auf europäischer Ebene – und andererseits der Arbeitsverfassung, die die Mitwirkungsrechte des Betriebsrates bei der Verwendung personenbezogener Beschäftigtendaten regelt, erfordert unter anderem die Regelung folgender Punkte:

- Zweckbindung bei der Verwendung personenbezogener Beschäftigtendaten, Datensparsamkeit, Verwendung des geringsten Mittels zur Erreichung der Zwecke;
- Transparenz über die verwendeten personenbezogenen Daten. „Personenbezogen“ sind Daten dann, wenn der Bezug zu einer Person bestimmt ist, oder der Bezug durch die Verknüpfung von Daten (z.B. Maschinendaten und Zuordnung der Beschäftigten zu Maschinen laut Schichtplan) bestimmbar ist;

- Innerbetriebliche Regeln darüber, in welcher Form Daten personenbezogen analysiert werden dürfen (z.B. zur Leistungs- und Verhaltenskontrolle oder einfach nur als „Abfallprodukt“ der Maschinenanalysen) und wann der Personenbezug gelöscht werden kann;
- Definition der technischen Schnittstellen, d.h. zwischen welchen Komponenten bzw. IT-Systemen werden personenbezogene Daten ausgetauscht;
- Klare Regeln über Zugriff auf personenbezogene Daten (Berechtigungskonzept);
- Form der Protokollierung von Datenverwendungen (zur Überprüfung der Einhaltung von betrieblichen „Spielregeln“ und zur Datensicherheit);
- Bei Einbeziehung Dritter Abschluss von Dienstleistervereinbarungen im Sinne der §§ 10 und 11 Datenschutzgesetz und Verpflichtung dieser Dritten zur Einhaltung betrieblicher Regelungen.

Ein letzter Aspekt, der Fragen von Datensicherheit und Datenschutz ansprechen kann und der derzeit bei neuen Geschäftsmodellen globaler Anbieter wie SAP oder IBM zu erkennen ist, ist, dass auch diese Global Player vermehrt in das App-Geschäft einsteigen, da die betriebliche Bedeutung mobiler Endgeräte stetig steigt und sich ihre Einsatzgebiete vervielfältigen. Dabei sind aber wiederum Fragen der Zugriffssicherheit auf betriebliche Daten und Strategien beim Verlust dieser Geräte zu regeln.

5. **BESCHÄFTIGUNGSENTWICKLUNG**

Das Wichtigste in Kürze

- Die Prognosen zur Beschäftigungsentwicklung sind widersprüchlich. Manche erwarten große Verluste, manche Gewinne an Arbeitsplätzen.
- Häufig wird die sogenannte Oxford-Studie (Frey/Osborne 2013) zitiert. Sie definiert das Automationsrisiko von Berufen eher entlang der technischen Möglichkeiten als der tatsächlichen Arbeitsinhalte.
- Generell wird ein Verlust von Arbeitsplätzen bei den einfacheren Produktionsarbeiten und in Disposition, Lagerhaltung und Logistik erwartet, Zuwächse hingegen bei den Ingenieurleistungen.
- Berücksichtigt man, dass technische Innovationen in organisatorische und soziale Prozesse „eingebaut“ werden müssen, zeigt sich jedoch, dass auch Routinearbeit nur begrenzt automatisierbar ist und menschliche Produktionsintelligenz weiterhin gebraucht wird.
- Auch die Erfahrungen mit vorgängigen Technisierungsprozessen zeigen, dass auch dort, wo Substitution und Automatisierung beschworen werden, oftmals eher Komplementarität von Technik und Arbeit notwendig ist. Neue technische Möglichkeiten eröffnen auch neue Kommunikationen, Interaktionen, Marktchancen, die wiederum neue Aufgaben stellen oder solche Aufgaben an bestehende Berufsbilder anlagern.

5.1. Zahlen auf schwacher Grundlage

Von Interesse für politische Akteure sind immer wieder Prognosen zur Beschäftigungsentwicklung in Folge von „Industrie 4.0“. Hier ist jedoch die Bandbreite gewaltig, was die reinen Zahlen angeht. Die meisten Schätzungen beziehen sich auf Deutschland. Das Fraunhofer-Institut (Spath 2013, S. 46ff.) bzw. die dort befragten Industrie-ExpertInnen rechnen ohne konkrete Zeitangabe mit 1,5 Millionen mehr oder auch weniger Arbeitsplätzen in Deutschland durch die vernetzte Produktion. Die Boston Consulting Group (Rüßmann et al. 2015) erwartet ein Beschäftigungsplus von bis zu 390.000 neuen Jobs in Deutschland innerhalb der nächsten zehn Jahre. Schon daran wird deutlich, dass diese Prognosen wenig robust sind.

Ein besonders einflussreiches Subgenre der Arbeitsmarktprognosen ist um die sogenannte „Oxford-Studie“ von 2013 (Frey/Osborne 2013) herum entstanden: Diese wurde für ihre Einschätzung bekannt, dass etwa 47% aller Arbeitsplätze in den USA in den nächsten Jahren automatisierbar seien. Europäische Thinktanks und Beratungsunternehmen haben die Methode dieser Autoren (s.u., Kap. 5.2) auch für europäische Länder zum Einsatz gebracht. Bowles etwa (2014) rechnet mit noch höheren Zahlen in Europa (zwischen 46,7% der Jobs in Schweden und 61,9% in

Rumänien). Hier liegt Österreich bei 54,1%, Deutschland bei 51,1%. Das Team der IngDIBA (Brzeski/Burk 2015) bietet mit 59% automatisierbarer Jobs für Deutschland noch mehr. Alle diese Berechnungen lassen den Zeithorizont weitgehend offen, gehen zentral von den technischen Möglichkeiten der Automatisierung aus und nehmen an, dass die Technik automatisierbare Jobs eher schnell substituiert.

Wir sind diesen Zahlen und ihrem Realitätsgehalt gegenüber hochgradig skeptisch, hauptsächlich aus dem Grund, dass die Zahl und Beschaffenheit von Arbeitsplätzen nicht zum größten Teil von technischen Möglichkeiten abhängt. Diese sind notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzungen für den faktischen Technikeinsatz und dessen Auswirkungen am Arbeitsmarkt. Wie dieser aussieht und welche Jobs wann und wie entstehen oder verschwinden oder sich auch inkrementell verändern, hängt ab von strategischen und ökonomischen Entscheidungen von Unternehmen, von überbetrieblichen Wertschöpfungsketten und Koordinationsnotwendigkeiten und auch von gesellschaftlichen Gestaltungsprozessen, in denen „Arbeit“ definiert, verteilt und bewertet wird. Auch neue Technologien werden weiterhin in reale Produktions- und Dienstleistungsprozesse eingebaut, und technische und soziale Schnittstellen und Standards sowie institutionelle Einpassungen beeinflussen diese Diffusion (Orlikowski 2007) – man denke etwa an fahrerlose Autos oder robotisch aufgewertete Transportbehälter. Auch die historische Erfahrung mit gewaltigen Automationsprognosen zeigt, dass diese eher nicht oder nicht in dieser Form eintreffen, weil die Nutzung neuer Techniken eher andere und neue Anforderungen an menschliche Arbeit stellt als diese „einfach“ zu substituieren.

5.2. Die Oxford-Studie selbst: Konsequenz technikzentriert

Es lohnt sich jedoch, exemplarisch die „Oxford-Studie“ selbst noch einmal näher in den Blick zu nehmen, um die Konstruktionsweise der Prognosen zu verstehen – die ja das gesellschaftliche Nachdenken über Technik durchaus prägen. Die Autoren gehen von den Befunden der Literatur über den „skill biased technological change“ (Autor et al. 2003; Goos et al. 2009; Fernández-Macías/Hurley 2014) aus, die annimmt, dass insbesondere Informations- und Kommunikationstechnologien auf unterschiedliche Typen von Arbeitsplätzen unterschiedliche Auswirkungen haben: Bei den Hochqualifizierten komplementieren und ergänzen Computer, Netze usw. die Arbeit, sie werden produktiver und begehrter am Arbeitsmarkt. Niedrigqualifizierte Beschäftigte konzentrieren sich zunehmend in den nicht oder schwer automatisierbaren Tätigkeiten. Bei den Beschäftigten mit mittlerer Qualifikation, etwa FacharbeiterInnen oder auch manchen administrativ Beschäftigten, kommt es am ehesten zur Substitution von Arbeitsplätzen durch neue Technologien. Im Ergebnis erklären diese AutorInnen Polarisierungsprozesse auf den Arbeitsmärkten der USA und Europas also mit den sozial ungleich wirkenden Auswirkungen technischen Wandels – wiewohl dabei die nicht-technologischen, etwa institutionellen, strategischen und nachfragegetriebenen Aspekte sozialen Wandels ausgeblendet bleiben.

Frey und Osborne beziehen nun neuere Entwicklungen in Informatik und Telekommunikation ein, insbesondere aus Maschinenlernen und Künstlicher Intelligenz, Sensorik und Robotik. Wie die Autoren des „skill biased technological change“, unterscheiden sie zwischen routine- und nichtroutinehaften Aufgaben und kognitiven und manuellen Tätigkeiten. Traditionell betrachtet man routinehafte und manuelle Tätigkeiten als automatisierbar, doch Frey und Osborne zufolge verschiebt sich diese Trennlinie: Aktuelle und neu entstehende Informationstechnologien seien in der Lage, auch Nicht-Routinetätigkeiten in wohldefinierte Probleme umzuwandeln, die als solche nunmehr doch zu automatisieren seien – etwa das klassische Beispiel des Autofahrens oder auch Sprach- und Schriftenerkennung, juristische Recherche, medizinische Diagnostik usw. (Mayer-Schönberger/Cukier 2013; analog, mit vielen eindrucksvollen Beispielen etwa Brynjolfsson/McAfee 2014). Dennoch gibt es, so Frey und Osborne, technische Engstellen, die sie über ExpertInnenworkshops und -befragungen identifizieren, die eine Automatisierung vorerst verhindern. Diese lägen bei sozialer Intelligenz und Kreativität sowie im (auch manuellen) Bereich der Wahrnehmung und Manipulation. Diese Engstellen derzeitiger Automatisierung werden in der Studie dann auf berufliche Tätigkeitsbeschreibungen abgebildet – Berufe, in denen automatisierbare Tätigkeiten vorkommen, sind mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten automatisierbar. Frey und Osborne nutzen die US-amerikanische Datenbank ONET, die für die Standard Classification of Occupations typische Tätigkeiten und Aufgaben der Berufe auflistet, und klassifizieren diese Tätigkeiten im Hinblick auf die entsprechenden Engstellen. Entsprechend werden Berufe mit hohem, mittlerem und niedrigem Automationsrisiko identifiziert. Brzeski und Burk (2015) nutzen die deutsche „Klassifikation der Berufe“, Bowles (2014) die SOC und ISCO-Klassifizierungen und den Europäischen Labour Force Survey.

Der Ansatz von Frey und Osborne ist wohlgermerkt bewusst technikzentriert und unhistorisch, während sonstige Beschäftigungsprognosen (z. B. CEDEFOP 2012) eher von gegenwärtigen Beschäftigungsstrukturen und Tendenzen aus extrapolieren, aber nicht explizit die Industrie 4.0 zum Gegenstand haben. Allerdings suggerieren die Zahlen – und noch mehr die Zehntel- und Hundertstelprozente, die die daran anschließenden Analysen ausweisen – eine Genauigkeit, die mit höchster Vorsicht zu genießen ist, wenn man das Vorgehen der Autoren näher betrachtet. Das Verdienst der Oxford-Studie besteht trotz dieser Bedenken darin, von der Pfadabhängigkeit anderer Beschäftigungsprognosen abzuweichen und Aufmerksamkeit auf mögliche Brüche und disruptivere Veränderungen zu richten.

5.3. Branchen und Berufe

Bei den Branchen und Berufen, die von technischen Veränderungen betroffen sind (auch wenn diese viele Jobs wahrscheinlich eher verändern oder verschieben als ersetzen), besteht mehr Einigkeit unter den ExpertInnen. Alle AutorInnen, die sich auf Beschäftigungsprognosen einlassen und auch die, die das nicht tun, sehen einen Wegfall der eher „einfachen“ Jobs. Konsens besteht, dass Berufe in Verkehr, Transport und Logistik sowie im Büro- und Verwaltungsbereich automatisierungsanfälliger werden.

Auch Dienstleistungs-, Verkaufs- und Bauberufe erscheinen nunmehr als automatisierbar – durch Selbstbedienungsschnittstellen, Roboter und beim Bau durch zunehmend vorgefertigte Bauteile.

In der Industrie gelten die (verbliebenen) einfachen manuellen Tätigkeiten als gefährdet ebenso wie die vor- und nachgelagerten Angestelltenjobs, die es mit Disposition, Produktionsplanung und -vorbereitung zu tun haben (so auch Aichholzer et al. 2015 für Österreich). Hier allerdings dürfte die Frage sein, wie weit solche Prozesse tatsächlich automatisierbar sind oder in welchem Maß es weiterhin Menschen braucht, die die „intelligenten“ und sich selbst steuernden Prozesse überwachen, nachregulieren, ihr Funktionieren gewährleisten und die anfallenden Daten interpretieren.

Den IngenieurInnen in Forschung und Entwicklung und der Produktionsplanung, den IT-Fachleuten und ManagerInnen sowie den DienstleisterInnen „um die Produktion herum“ (Spath 2013) sagt man übereinstimmend wachsende Beschäftigungszahlen voraus. Direkt durch Techniken der „Industrie 4.0“ getrieben dürften Veränderungen in Transport und Logistik sein, wo eher Beschäftigung wegfallen dürfte. Dort könnten die Auswirkungen des „Internets der Dinge“, des Einsatzes von Sensoren und der ortsunabhängigen Datenverfügbarkeit noch stärker sein als in der Produktion selbst – auch wenn Päckchen noch nicht allzu bald durch Drohnen ausgeliefert werden.

Gering gefährdet und bei anderen AutorInnen desgleichen eher expansionsträchtig erscheinen bei Frey und Osborne (2013) Berufe, die es mit Kunst und Kreativität oder Originalität, Verhandeln, Überzeugen und sozialer Wahrnehmung sowie Sorgearbeit zu tun haben – eine Sicht der Dienstleistungsgesellschaft, die an Daniel Bells „Spiel zwischen Personen“ erinnert (Bell 1976).

In der Sicht von Frey und Osborne (und auch Brynjolfsson und McAfee 2014) ändert sich das bisherige Muster technologiegetriebener Arbeitsmarktentwicklung. Das sowohl in den USA als auch in Europa beobachtete Muster des „skill-biased technological change“ meinte eine relative Abnahme der mittelqualifizierten Jobs, während sowohl die technisch unterstützten Hochqualifizierten als auch die eben nicht automatisierbaren Einfachjobs expandieren, also eine Polarisierung. In Europa findet sich diese Polarisierung nach Daten von Eurofound freilich mehr bei den Löhnen als bei der Qualifikation selbst, und in Deutschland und Österreich ist sie geringer ausgeprägt (Fernández-Macías/Hurley 2014). Nunmehr aber würden sich Arbeitsmärkte nicht weiter polarisieren, sondern mittlere und einfache Tätigkeiten würden in einem Maß wegfallen, das bisher durch Automatisierungsschranken begrenzt war. Das betreffe – so auch Brzeski und Burk von der IngDIBA (2015) – auch und gerade jene „einfachen“ und mittelqualifizierten Dienstleistungsjobs in Handel, Reinigung oder Gastgewerbe, die zum Teil erst in den letzten Jahren expandiert sind (Holtgrewe et al. 2015), aber nunmehr durch „Koch-/Garten- und Serviceroboter“ (Brzeski/Burk 2015, S.1) zu ersetzen seien. Die Möglichkeiten des Robotereinsatzes in Dienstleistungen für Gebäude oder Menschen freilich werden durchaus kontrovers gesehen, sprengen aber den Rahmen dieser Bestandsaufnahme. Aktuell aber dürften Polarisierungstendenzen in den Pflege- und Sozialbereichen weniger mit Technik als mit Kostensenkungsstrategien und Professionspolitiken zu tun haben (Dwyer 2013).

5.4. *Jenseits der Substitution durch Technik*

Kritiken an der technikzentrierten Automatisierungssicht haben neuerdings die Industriesoziologinnen Sabine Pfeiffer und Barbara Suphan (2015a) und die Innovationsforscher der Dortmunder Sozialforschungsstelle (Howaldt et al. 2015) sowie der Produktionssystem-Experte Peter Brödner (Brödner 2015) vorgelegt. Sie insistieren auf dem grundsätzlich sozialen und kooperativen Charakter von Arbeit, welcher nicht in deren Automatisierbarkeit aufgehe. Vielmehr müssen technische Innovationen in soziale Prozesse eingebettet und „eingebaut“ werden, und erst diese komplementären sozialen und organisatorischen Innovationen brächten sozio-technische Systeme zum Laufen. Auch „Routinetätigkeiten“ sind demnach weiterhin nicht ohne weiteres automatisierbar. Die Untersuchung früherer Rationalisierungsschritte und technologieintensiver Arbeitsfelder (z. B. Bauer et al. 2006) zeigt immer wieder, dass Visionen menschenleerer Fabriken nicht funktionieren,

„ihre erheblichen Umsetzungsprobleme einschneidende Kurskorrekturen erforderten und sich die gewünschten Nutzenerwartungen unterschiedlicher Akteursgruppen erst durch umfassende arbeitsorientierte Korrekturen einstellten“ (Howaldt et al. 2015, S. 264f.).

Technik steigert Komplexität eher als sie zu reduzieren, und dementsprechend muss (an Schnittstellen, die sich verschieben können) menschliche Produktionsintelligenz auf allen Qualifikationsebenen zum Einsatz kommen. Vor dem Hintergrund des deutschen industriesoziologischen Forschungskonzepts des „subjektivierenden Arbeitshandelns“ (Böhle/Rose 1992; Böhle 1994, 2010) wird Routine als erfahrungshaltige, dauerhafte Improvisations- und Anpassungsleistung *zwischen* standardisierten Prozessen und komplexen Anforderungen betrachtet (vgl. dazu bereits Suchman 1987).

In der Tat zeigen die Erfahrungen mit vorgängigen Implementierungsprozessen „neuer“ Technologien, dass auch dort, wo Substitution und Automatisierung beschworen werden, oftmals eher Komplementarität von Technik und Arbeit notwendig ist und absehbar sein wird. Hinzu kommt, dass neue technische Möglichkeiten auch neue Kommunikationen, Interaktionen, Marktchancen usw. eröffnen, die wiederum neue Aufgaben stellen oder solche Aufgaben an bestehende Berufsbilder anlagern. Das wird umso deutlicher, wenn wir uns im nächsten Kapitel der Arbeitsorganisation zuwenden. All dies muss nicht bedeuten, dass Jobs nicht automatisiert werden. Jedoch dürfte es aus den skizzierten Gründen in der Tat zu Fehlschlüssen führen, technische Potenziale unmittelbar auf bestehende Arbeitsmärkte umzurechnen.

6. ARBEITSORGANISATION

Das Wichtigste in Kürze

- Die Technik und die unter Industrie 4.0 diskutierte Anwendung neuer Technik legen die Folgen für die Arbeit nicht fest. Diese ergeben sich erst aus der konkreten Ausgestaltung der Technik und der Wahl arbeitsorganisatorischer Optionen.
- Die Möglichkeiten der Arbeitsgestaltung bestehen auf der Ebene des Automationskonzept (Wie weitreichend wird automatisiert?), der Arbeitsorganisation (Wie wird Arbeit aufgeteilt?) und der Beziehung zwischen Produktion und anderen Abteilungen.
- Im Automationskonzept wird zwischen einem „Automationsszenario“ und einem „Werkzeugszenario“ unterschieden.
- Im Hinblick auf die Arbeitsorganisation kann es zu einer stark arbeitsteiligen Gestaltung mit großen Unterschieden zwischen Hoch- und Niedrigqualifizierten oder aber zu einer teamförmigen, funktional flexiblen Organisation mit lauter Gleichberechtigten kommen....
- Da es weiterhin menschlicher Arbeit und Umsicht bedarf, die technischen Systeme in Gang zu halten, ist es sowohl notwendig als auch effektiv, Arbeit so zu gestalten und zu organisieren, dass die Menschen dabei unterstützt werden und „mit“ dem vernetzten System statt gegen es arbeiten können.

Die Gestaltung der Arbeit in der Produktion und insbesondere die Arbeitsorganisation spielen in der aktuellen Debatte über „Industrie 4.0“ eine untergeordnete Rolle. Dennoch beziehen sich einige recht allgemeine Aussagen über die Auswirkungen dieses neuen Automatisierungsschrittes genau auf diese Ebene. So heißt es häufig: Die Menschen werden von körperlich anstrengenden Tätigkeiten und repetitiven Teilarbeiten entlastet, sie werden dadurch frei für kreativere Arbeiten. Diese Diskussion ist jedoch keineswegs neu. Sie lässt sich mit fast wortgleichen Aussagen bis zur Automationsdebatte der 1950er Jahre zurückverfolgen, und den Entlastungsthese stehen auf der anderen Seite Thesen der Entfremdung und Missachtung gegenüber. Wie für alle Wellen dieser Debatte seither gilt auch für die aktuelle Auseinandersetzung über „Industrie 4.0“, dass solche allgemeinen Aussagen über die Auswirkungen auf die Arbeitsorganisation und die Qualifikationsanforderungen relativiert werden müssen.

So besteht in der arbeits- und industriesoziologischen Forschung Einigkeit darüber, dass sich Arbeitsfolgen dieser Art nicht aus der Technik selbst, sondern aus der Technikgestaltung und aus der Auslegung der Arbeitsorganisation ergeben. Auf jedem Technisierungsniveau, sei es die Mechanisierung, die Automation oder die computergesteuerte integrierte Fertigung, verbleiben arbeitsorganisatorische Spielräume. Erst die Entscheidungen über die Nutzung dieser Spielräume führen zu bestimmten Formen der Arbeitsorganisation. Die Folgen der technischen

Rationalisierung oder Innovation – im positiven wie im negativen Sinne – ergeben sich letztlich aus der gewählten Arbeitsorganisation im Zusammenhang mit Formen des Personaleinsatzes, also den Entscheidungen darüber, welche Kategorien von Beschäftigten mit welchen Qualifikationen an den im Rahmen der Festlegung der Arbeitsorganisation entstandenen Arbeitsplätzen eingesetzt werden.

6.1. „Mensch und Maschine“

Entsprechend dem Schlagwort „Mensch und Technik“ konzentriert sich die aktuelle Diskussion auf die Arbeitsteilung zwischen dem Arbeiter oder der Arbeiterin und der Maschine: Welche Arbeitsschritte werden automatisiert, welche Tätigkeiten und Handgriffe sind vom Menschen auszuführen? Wie sind die Vorrichtungen für die Bedienung der Maschinen, Anlagen und Computer ausgestaltet (aus ingenieurwissenschaftlicher Perspektive auch „Mensch-Maschine-Schnittstelle“ genannt)? Im Hinblick auf „Industrie 4.0“ wird dabei gern ein „Werkzeug-“ und ein „Automatisierungsszenario“ unterschieden: „Kennzeichen für das Automatisierungsszenario ist ein höchstmöglicher Grad der Automatisierung in Form sich selbst steuernder, dezentraler Produktionsressourcen“, wodurch sich für die Beschäftigten bloß ausführende Tätigkeiten ergeben, die sozusagen vom cyberphysischen System gesteuert werden (Windelband/Spöttl 2012; Deuse et al. 2015).

Dagegen wird die neue Technologie im Werkzeugszenario als Möglichkeit zur Unterstützung der ArbeiterInnen in der Form gesehen, dass die vernetzten Systeme Informationen liefern, welche den Arbeitskräften als Grundlage von Entscheidungen dienen und erst auf diese Weise Arbeitshandlungen auslösen. Der Schwerpunkt der Tätigkeit von ProduktionsarbeiterInnen ist in diesem Zusammenhang die Steuerung, Überwachung und Regulierung der komplexen Anlagen (ebenda). Auch diese Charakterisierung ist keineswegs neu: So haben Horst Kern und Michael Schumann Mitte der 1980er Jahre in ihrer einflussreichen Studie „Das Ende der Arbeitsteilung“ für die automatisierte Produktion den Arbeitstyp des „Systemregulierers“ in einer ähnlichen Form beschrieben (Kern/Schumann 1984).

Eine solche Aufwertung der menschlichen Arbeit im Zuge der Automation war aber schon bisher kein genereller Trend. In den 2000er Jahren wurde versucht, die vielfältigen Einzelinitiativen zur Rationalisierung der industriellen Produktion (von Total Quality Management über den kontinuierlichen Verbesserungsprozess bis zu Just in Time) durch sogenannte „Ganzheitliche Produktionssysteme“ zu integrieren (Lay/Neuhaus 2005). In ihrer Untersuchung über Ganzheitliche Produktionssysteme aber haben Abel et al. (2013) keine konsistente „high road“ menschenzentrierter Arbeitsorganisation in Richtung Höherqualifizierung aufgefunden. Hier geht es in der Tradition der am Toyotismus orientierten „Lean-Production“ um Vermeidung von Verschwendung und um die flexible Standardisierung von Produktionsprozessen. Dies kann zwar zu ganzheitlichen und angereicherten Aufgaben führen, kann solche aber auch untergraben und eine Dequalifizierung bedeuten (vgl. Baethge-Kinsky/Tullius 2005).

Auch Windelband et al. (2010) haben in ihrer empirischen Untersuchung des Technikeinsatzes in der Logistik zwei Pfade der Technisierung aufgefunden, die sie als „Werkstatt-“ oder „Fließbandmodell“ bezeichnen. FahrerInnen können durch Tourenmanagementsysteme unterstützt werden, die es gestatten, die Reihenfolge von Aufträgen selbst zu bestimmen, eigenständig neue anzunehmen und direkt mit den Kunden und Abnehmern zu kommunizieren.

„Hier gewinnt der gut ausgebildete Mitarbeiter an Bedeutung, der in der Lage ist, diszipliniert und fehlerfrei nötige Dateneingaben zu machen und der zugleich ein gutes Verständnis für den Prozess hat.“ (ebd., S. 102)

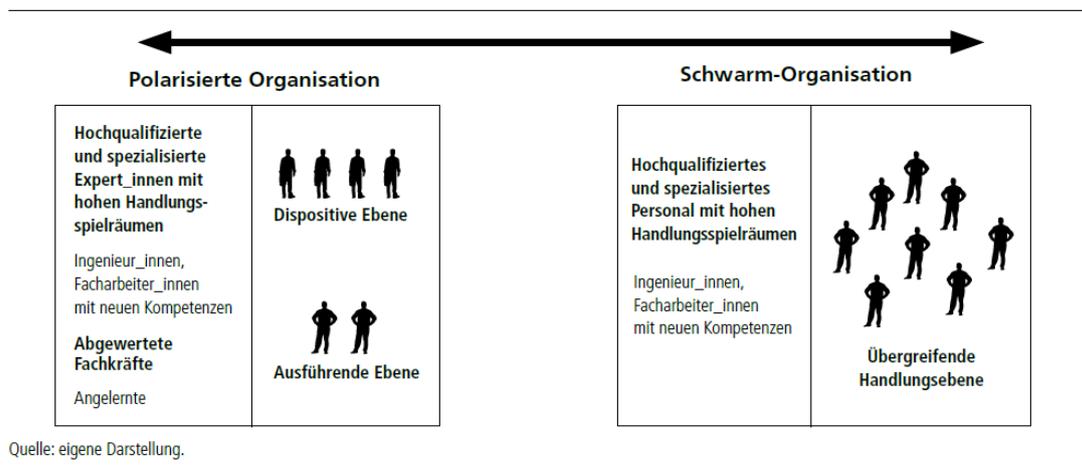
Wenn aber Daten automatisiert ausgelesen und übertragen und Touren vom System geplant werden, muss die FahrerIn weniger planen und kommunizieren. Vernetzte LKWs, GPS-Systeme und SIM-Karten erledigen Disposition und Routenplanung an der FahrerIn „vorbei“, die Spielräume und Möglichkeiten direkter Interaktion einbüßt. Selbst in der Nutzung einer Technologie finden sich unterschiedliche Pfade: Leichtbauroboter sind leichte, tragbare Industrieroboter, die einfach zu programmieren sind, z. B. über eine Positionierung per Hand und quasi „Vormachen“, und die man „kollaborativ“ mit und neben den Beschäftigten einsetzen kann. Beim Einsatz von Leichtbaurobotern beim Schweißen obliegt in den von Windelband/Dworschak (2015) untersuchten Fällen die Programmierung und Fehlerbehebung nicht den SchweißerInnen, sondern höherqualifizierten ProgrammiererInnen. Die SchweißerIn hat es mit einer „black box“ zu tun. In der Montage von schweren Kleinstflugzeugbauteilen hingegen werden Leichtbauroboter als Assistenten der MonteurInnen eingesetzt. Die MonteurInnen behalten Planung und Kontrolle in der Hand und werden ergonomisch entlastet.

Die Gestaltung der Arbeitsorganisation und auch des Qualifikationsgehalts hängt mit der Personaleinsatzstrategie zusammen: Unternehmen, die Lohnkosten sparen wollen, werden Aufgaben dann nicht anreichern, wenn das zu Höhergruppierungen führt oder man sich auf Randbelegschaften aus LeiharbeiterInnen verlassen will. Wer sichergehen will, interne Flexibilität und Kompetenz auf breiterer Basis aufzubauen und zu erhalten, wird die Arbeit ganzheitlicher und lernförderlicher gestalten und den Beschäftigten entsprechende Handlungsspielräume einräumen. So betrachtet, sind die Ersetzung der Menschen durch Maschinen oder deren wechselseitige Ergänzung und Unterstützung, wie erwähnt, nicht zwingende Ergebnisse des technischen Wandels, sondern Ergebnis der Verfolgung unterschiedlicher Organisations- und Gestaltungskonzepte. Zugleich kann die Auseinandersetzung über die Bewertung von Tätigkeiten nicht getrennt von der arbeitsorganisatorischen Gestaltung und vom Personaleinsatz gesehen werden: Wenn es zu einer Höherqualifizierung oder Dequalifizierung kommt, muss die höhere oder niedrigere Einstufung im Lohnschema erst durchgesetzt werden. Deshalb sind diese Diskussionen auch im Zusammenhang mit dem generellen Wandel der Arbeitsbewertung, etwa von Facharbeit, zu sehen (siehe z. B. Bahnmüller 2014).

6.2. Arbeitsteilung, Kooperation und flexibler Personaleinsatz

Arbeitsorganisation ist allerdings sowohl aus arbeitssoziologischer als auch aus sozio-technischer Perspektive mehr als „Mensch-Maschine-Interaktion“. Für die Arbeitsanforderungen und die Arbeitsfolgen sind darüber hinaus die Formen der Arbeitsteilung, der Kooperation und der Kontrolle entscheidend. Für die „Industrie 4.0“ schlägt Hirsch-Kreinsen (2015) unter Rückgriff auf Neef und Burmeister (2005) vor, zwischen einer „Schwarm-Organisation“ und einer „polarisierten Organisation“ zu unterscheiden.

Abbildung 5: Polarisierte Organisation vs. Schwarm-Organisation



Quelle: Hirsch-Kreinsen 2014b

Die Schwarm-Organisation „ist durch eine lockere Vernetzung qualifizierter und gleichberechtigt agierender Beschäftigter gekennzeichnet“, einfache und niedrige Qualifikationen erfordernde Tätigkeiten sind weitgehend automatisiert. Es gibt keine festen, gleichbleibenden Aufgaben für die einzelnen ArbeiterInnen. Vielmehr handelt das gesamte Arbeitskollektiv flexibel, selbstorganisiert und situationsabhängig im Rahmen der betrieblichen Zielvorgaben (Hirsch-Kreinsen 2015, S. 18). Im entgegengesetzten Szenario steht die Polarisierung der Qualifikationen im Vordergrund, die aus der Ausdünnung der mittleren Facharbeiterebene hervorgeht. Die Arbeitsorganisation spitzt sich auf die ausgeprägte Arbeitsteilung zwischen „der dispositiven Ebene“ und der „ausführenden Ebene“ zu. Auf der dispositiven Ebene finden sich hochqualifizierte technische SpezialistInnen, auf der ausführenden Niedrigqualifizierte (ebenda: 19f.). Während die Hochqualifizierten für die Steuerung der Anlagen und das Produktionsmanagement zuständig sind, führen die Niedrigqualifizierten einfache manuelle Arbeiten und standardisierte Überwachungs- und Kontrolltätigkeiten aus.

Auch die Frage nach der Gestaltung der Arbeitsteilung, der Kooperation und der Kontrolle in der automatisierten Produktion ist keineswegs neu. So unterschieden Popitz u.a. (1964) zum Beispiel im Hinblick auf die Kooperation auf Basis von

Untersuchungen der industriellen Automation der 1950 Jahre zwischen einer „teamartigen“ und einer „gefügeartigen“ Kooperation. Während in der teamartigen Kooperation Handlungsspielräume für die ArbeiterInnen vorgesehen sind und eine Abstimmung zwischen ihnen möglich und erforderlich ist, kooperieren die ArbeiterInnen in der gefügeartigen Kooperation „auf dem Umweg über die technische Anlage“, d.h. der Zusammenhang zwischen den Teilaufgaben wird, wie am Fließband, durch die Technik hergestellt. In dieser Kooperationsform fehlt es an Bewegungsmöglichkeiten und Handlungsspielräumen, eine gegenseitige Unterstützung ist nicht möglich.

Auch auf dem Technologieniveau von „Industrie 4.0“ ist es vorstellbar, dass die cyberphysischen Systeme die von den ArbeiterInnen ausgeführten Tätigkeiten steuern und integrieren. Ein Beispiel dafür ist die Organisation der Arbeit in den Lagern des Online-Handelsunternehmens Amazon (Wallraff 2014). Das Einsammeln bestellter Artikel aus den Regalen des im Chaossystem organisierten Lagers erfolgt über Computersystem: Die LagerarbeiterInnen bekommen kleinteilige Anweisungen für ihre Bewegung durch die Halle. Dies könnte durch „*augmented reality*“ mit der Verwendung von Datenbrillen insofern noch gesteigert werden, als den Arbeitskräften sozusagen unmittelbar in ihrem Blickfeld vorgezeigt werden kann, welche Handgriffe erforderlich sind. Die Arbeitskraft wird damit noch stärker zum Anhängsel und ausführenden Organ eines computergesteuerten Prozesses. Die Arbeit kann zerstückelt sein, zwischen den Beschäftigten ist keine unmittelbare Kooperation erforderlich und die Kontrolle besteht aus kleinteiligen Anweisungen und detaillierter Überwachung.

Ein zentraler Aspekt der Arbeitsorganisation im Zusammenhang mit „Industrie 4.0“ ist die Flexibilisierung. So wird in der Debatte ständig betont, dass es ein Ziel der technischen Innovation sei, kleine Losgrößen effizient produzieren zu können. Aber die Flexibilität der Produktionstechnik soll auch durch einen flexiblen Personaleinsatz genutzt werden. So ist in einem Bericht der Fraunhofer-Gesellschaft von der „Zunahme der Schwankungen des personalseitigen Kapazitätsbedarfs während eines Tages“ die Rede (Ramsauer 2013). Bei diesem Thema werden die Vorteile von „Industrie 4.0“ aufgezeigt und zugleich Gestaltungsoptionen propagiert, die Tendenzen in Richtung „Arbeit auf Abruf“ beinhalten. Neben der zeitlichen Flexibilität ist im Hinblick auf Arbeitsorganisation und Personaleinsatz die funktionale Flexibilität zu berücksichtigen: Wie können Beschäftigte, insbesondere Niedrigqualifizierte, zwischen Abteilungen und Teams nach Bedarf versetzt werden? Hier zeigt sich ein enger Zusammenhang mit Fragen der Qualifizierung, aber auch der Work-Life Balance (s. Kap. 8).

Die Analyse und die Gestaltung der Arbeitsorganisation beziehen sich nicht nur auf die zeitliche, sondern auch auf die räumliche Dimension. Diskutiert wird in dieser Hinsicht die Frage der „Fernbedienung“, also der Steuerung von Anlagen über Distanz. So heißt es einerseits, dass einige Tätigkeiten der MaschinenbedienerInnen nicht an der Maschine erledigt werden müssen, sondern an irgendeinen Ort mit Internetzugang verlegt werden können (Ramsauer 2013). Andererseits wird betont, dass Vorteile der deutschen Industrie gerade in der engen Kooperation und der sozialen Nähe zwischen

den Entwicklungsabteilungen und den Produktionsbereichen liegen und daher eine physische Nähe wichtig sei (Spath 2013).

6.3. „Ironien der Automation“ und Erfahrungswissen

Hochkomplexe, aber qualifikatorisch ausgehöhlte Fertigungssysteme, die „am Menschen vorbei“ lediglich technisch integriert gedacht sind, machen sich anfällig für die Reihe von Widersprüchen, die aus Überwachungstätigkeiten in automatisierten Prozessindustrien als „Ironien der Automation“ (Bainbridge 1987) bekannt und – so auch Baxter et al. (2012) Pfeiffer/Suphan (2015a) und Senderek et al. (2015) – weiterhin aktuell sind: Wenn Prozesse zu weit oder falsch automatisiert werden, büßen die Menschen, die sie überwachen und im Notfall einschreiten müssen, eben die manuellen, kognitiven und Überwachungsfähigkeiten ein, die sie dann dringend brauchen, wenn etwas schiefgeht. Solches Wissen und Gespür entwickelt sich in der alltäglichen Wechselwirkung mit der jeweiligen Anlage oder dem Prozess. Das als Qualifikationsanforderung gern beschworene Prozessverständnis ist in hochkomplexen, eng gekoppelten Prozessen, die *machine-to-machine* kommunizieren, also gar nicht leicht zu entwickeln und zu erhalten:

„Die am weitesten automatisierten Systeme, die nur selten manuelle Eingriffe erfordern, erfordern die größten Investitionen in die Ausbildung der AnlagenbedienerInnen, damit sichergestellt ist, dass die Beschäftigten angemessen reagieren können, wenn etwas schief geht.“ (Baxter et al. 2012, S. 66, Übersetzung durch die AutorInnen)

Das ist umso mehr der Fall, wenn sich ein cyber-physikalisches Produktionssystem aus Produkten und Dienstleistungen über eine Wertschöpfungskette mit mehreren Betrieben, Standorten und Betreibern erstreckt.

„Es kann sehr schwierig sein Verlässlichkeit von einem Ende zum anderen zu sichern, wenn die Verantwortlichkeiten für das Gesamtsystem auf mehrere Beteiligte aufgeteilt ist.“ (ebd., S. 69)

Der Umgang mit solchen komplexen Systemen erfordert nun nicht nur abstraktes und theoretisches Wissen, sondern praxisbasiertes Erfahrungswissen, das Intuition, Gespür und sinnliche, körpergebundene Wahrnehmung einbezieht. Das gilt nicht nur für praktische Maschinen- oder Handwerksarbeit (Sennett 2008) oder für Dienstleistungs-Interaktionen, sondern solche Anforderungen entstehen immer wieder neu, auch und gerade für abstrakte Tätigkeiten in informatisierten Räumen, bei Entwicklungs-, Innovations- und Planungsarbeiten (Pfeiffer 2014). Erfahrungswissen und „Gespür“ wird gerade zur Bewältigung unvorhergesehener Situationen und zum Machen neuer Erfahrungen in komplexen Systemen benötigt (Bauer et al. 2006).

Wenn es also zutrifft, dass Automation und Vernetzung weder technisch noch organisatorisch absehbar „glatt“ funktionieren, und es weiterhin menschlicher Arbeit und Umsicht bedarf, die technischen Systeme in Gang zu halten, so ist es sowohl notwendig als auch effektiv, Arbeit so zu gestalten und zu organisieren, dass die

Menschen dabei unterstützt werden und „mit“ dem vernetzten System statt gegen es arbeiten können. Da man Unsicherheit und Komplexität nicht wegplanen kann, muss man sie bewältigen, und Betriebe und Produktionssysteme werden umso sicherer, flexibler und resilienter, wenn die Beschäftigten die Kapazitäten und Ressourcen dazu haben und nutzen können, aber auch alle Beteiligten sich über die Grenzen des sozio-technisch Kontrollierbaren klar sind (Grote 2015). Das ist Gegenstand der Perspektive auf sozio-technische Systeme (Emery/Trist 1960), die für die vernetzten und dichtgekoppelten Industrie-4.0-Systeme wieder an Aktualität gewinnt (Deuse et al. 2015; Grote 2015).

7. QUALIFIKATIONSANFORDERUNGEN

Das Wichtigste in Kürze

- Generell ist mit einer Verschiebung in Richtung höherer und breiterer Qualifikationen zu rechnen. Das beinhaltet auch fächerübergreifendes Wissen (Informatik, Maschinenbau etc.).
- „Industrie 4.0“-Szenarien sind dabei Anlass, bekannte Anforderungen an Modernisierung und Durchlässigkeit schulischer und beruflicher Bildungssysteme erneut zu artikulieren.
- Neben der überwiegend erwarteten Höherqualifizierung finden sich auf den zweiten Blick auch Einschätzungen einer Dequalifizierung von Arbeit. Je nach datentechnischer Unterstützung können manche Arbeitsprozesse auch hoch standardisiert und dann von Angelernten mit informationstechnischer Unterstützung oder Steuerung erledigt werden. .
- Die Höherqualifizierung wird eher in Form von aufgewerteten FacharbeiterInnen als durch den Einsatz von IngenieurInnen erwartet. Wichtig wird es sein, Strategien für die Beschäftigung Un- und Angelernter zu finden.
- Betriebliche Weiterbildung und Lernen wird vermehrt *on-the-job* erwartet und soll desgleichen informationstechnisch unterstützt werden. Unterbelichtet bleiben einstweilen die hohen Anforderungen an die informationstechnische Aufbereitung von Lern- und Unterstützungsunterlagen für Assistenz- und Qualifizierungssysteme.

7.1. Höherqualifizierung und Automation

Über die Qualifikationsanforderungen der „Industrie 4.0“ besteht weitgehende Einigkeit unter den ExpertInnen, wiewohl manche unter ihnen unterschiedliche Pfade unterschiedlich akzentuieren. Zu beachten ist beim Blick auf die deutsche Diskussion, dass ExpertInnen in Deutschland in den nächsten Jahren mit einem größeren Fachkräftemangel rechnen, der sich aufgrund der unterschiedlichen Migrationsprozesse in Österreich nicht unbedingt abzeichnet. Die meisten BeobachterInnen rechnen, wie gesehen, damit, dass einfache Tätigkeiten schnell und bald automatisiert werden. Datenerfassung, Kommissionierungs- und auch Dispositionstätigkeiten in Lagern und Logistik könnten durch funkende Chips und Sensoren ersetzt werden, Maschinenbedienung durch Roboter oder räumlich entfernte Steuerung. In der deutschen und deutschsprachigen Diskussion rechnen die institutionellen AutorInnen aus Fraunhofer-Instituten, Acatech usw. übereinstimmend damit, dass die Kernbelegschaften der „Industrie 4.0“ aufgewertete FacharbeiterInnen sein werden – wiewohl ein Teil dieser Einschätzung der Funktion der Diskussion geschuldet sein mag,

eine Modernisierungsallianz unter Einbezug der Gewerkschaften herzustellen und ein entsprechend konsensfähiges Szenario zu entwickeln.

„Gerade weil die *Smart Factory* als hochkomplexes, wandlungsfähiges und flexibles System gestaltet sein wird, braucht sie Beschäftigte, die als Entscheider und Steuerer agieren (können). Dazu müssen sie durch breitqualifizierte, kundenorientierte Aufgabenprofile, eine lernförderliche Arbeitsorganisation sowie eine breit angelegte Weiterbildung unterstützt werden, die selbstständiges Arbeiten fördert und als aktives Instrument systematischer Personalentwicklung und Aufstiegsförderung konzipiert ist“ (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013, S. 57).

In der programmatischen Befragung des Fraunhofer IAO (Spath 2013) stimmten dann auch 80% der befragten Industrieunternehmen der Aussage zu „um den Anforderungen an die Flexibilität des Personaleinsatzes in fünf Jahren gerecht zu werden, müssen Ihre Produktionsmitarbeiter zusätzlich qualifiziert werden“ (S. 86), 58% halten für die Einführung von CPS „zukünftig eine systematischere Entwicklung der Kompetenzen der Mitarbeiter“ für notwendig (ebd., S. 124).

Allerdings merkt der Montagetechniker Gunther Reinhart an, dass erhöhte funktionale Flexibilität nicht unbedingt Höherqualifizierung meint, sondern auch durch Technikunterstützung gewährleistet werden müsse:

„Die Flexibilität muss von den Mitarbeitern vertikaler genutzt werden. Mit den entsprechend aufbereiteten und ausreichenden Informationen kann ein Mitarbeiter zukünftig viele verschiedene Aufgaben durchführen. Hierfür sollten die technischen Möglichkeiten so angepasst werden, dass der Mensch auch ohne spezielle Ausbildung die gewünschte Aufgabe kompetent durchführen kann.“ (zit. ebd., S. 86)

In der Tat finden sich auf den zweiten Blick auch Einschätzungen einer Dequalifizierung von Arbeit. Je nach datentechnischer Unterstützung können manche Arbeitsprozesse auch hoch standardisiert und dann von Angelernten erledigt werden. Zu denken sei etwa an den Einsatz von Datenbrillen und Virtueller Realität, um Arbeitenden detaillierte Vorgaben und Anleitungen für standardisierte, aber eben noch nicht von Robotern zu erledigende Aufgaben in der Montage, Wartung oder Qualitätssicherung einzuspielen (Rüßmann et al. 2015). Stich et al. (2015) stellen dazu fest, dass die Technologien virtueller Realität zwar neue Möglichkeiten des „Lernens in der Arbeit“ bieten, die Entwicklung von didaktischen und methodischen Ansätzen dafür aber noch aussteht.

Empirisch erfahrene BeobachterInnen aus der Industriesoziologie zeichnen dementsprechend ein differenziertes Bild der Qualifikationsentwicklung. Für Hartmut Hirsch-Kreinsen etwa (2014a) haben die unterschiedlichen möglichen Pfade der Arbeitsorganisation, die „polarisierte“ oder die „Schwarm-Organisation“ (s. o.) auch unterschiedliche Auswirkungen auf die Qualifikationsanforderungen, je nachdem, ob Überwachungsaufgaben standardisiert und Planungstätigkeiten abgetrennt werden oder man auch anspruchsvollere Aufgaben an die Jobs der operativen Ebene anlagert.

7.2. Lernen: wie und was?

Problemlösungsfähigkeiten, selbstgesteuertes Handeln, Kommunikationsfähigkeiten werden neben den technischen Sach- und Anwendungskennnissen gefordert, insbesondere dann, wenn die Facharbeit durch Planungs- und Entscheidungsaufgaben angereichert wird. Auch die BeraterInnen von Roland Berger erwarten steigende Anforderungen an „enhanced technical and social skills, design thinking rather than production thinking, ... cross-cultural and collaborative skills“ (Blanchet et al. 2014, S. 12). Der Akzent liegt schon seit einigen Jahren auf Schlüsselqualifikationen, Lernbereitschaft und Flexibilität, aber auch auf der Facharbeiterebene sollen Kenntnisse und Kompetenzen der Gestaltung von Innovationsprozessen entwickelt werden. Ahrens und Spöttl (2015) vermerken allerdings, dass einige der immer wieder geforderten Schlüsselqualifikationen, wie Teamfähigkeit, Zuverlässigkeit, Mobilität, Präzisionsvermögen, Verhandlungsfähigkeit sowie Lern- und Kooperationsbereitschaft, in den deutschen Ausbildungen der Metall- und Elektroberufe bereits enthalten sind. Als charakteristisch für die „Industrie 4.0“ sehen sie spezifischere, technische Kenntnisse:

- „generelles Verständnis für Maschineninteraktionen,
- allgemeine interdisziplinäre Methodenkenntnisse,
- grundlegende statistische Kenntnisse (Datenanalyse/-interpretation)“ (S. 198).

Ein besonderer Akzent liegt auf transdisziplinären Fähigkeiten und Kompetenzen, die Informations- und Produktionstechnik verzahnen – bei den Hochqualifizierten, aber auch auf der mittleren Ebene. InformatikerInnen sollen befähigt werden, Probleme in der Produktion zu lösen, ProduktionstechnikerInnen und MaschinenbauerInnen brauchen Kenntnisse der Informations- und Kommunikationstechnik, und alle brauchen systemischen Überblick oder die Kompetenzen, sich diesen zu verschaffen. Flexibilität, Agilität und Problemlösefähigkeiten gelten dann als zentral, wenn Produkte in kleinen Serien kundenspezifisch konfiguriert werden, Produktionsplanungen zwischen Dingen und PlanerInnen ausgehandelt und entsprechend kurzfristig adaptiert werden. Für die berufliche Ausbildung meint das, nicht unbedingt neue Berufe und Spezialgebiete oder auch Ingenieursdisziplinen zu schaffen, aber die Durchlässigkeit zwischen schulischen/tertiären und betrieblichen Ausbildungen und Lernformen zu erhöhen (Aichholzer et al. 2015).

Die Qualifikationsanforderungen werden in der Literatur (mit Ausnahme der Beiträge in Hirsch-Kreinsen et al. (2015)) also bislang auf der Ebene vergleichsweise unspezifischer und generischer Wunschlisten verhandelt. „Industrie 4.0“-Szenarien sind Anlass, bekannte Anforderungen an Modernisierung und Durchlässigkeit schulischer und beruflicher Bildungssysteme erneut zu artikulieren. Spath selbst fordert eine weniger selektive als fördernde Ausrichtung beruflicher Bildung und „kompakte zertifizierte Inhalte, die *on-the-job* erworben werden können“ (Spath 2013, S. 125f.).

In der Tat erhoffen sich auch die AutorInnen, die überwiegend mit Höherqualifizierung rechnen, bei der Qualifizierung selbst technikgestützte Einsparungen. Digitale Lerntechniken und Qualifizierung nahe am Arbeitsplatz sollen dabei helfen, „die immer knapper werdende Zahl der Mitarbeiter möglichst wenig zur Ausbildung aus dem

Unternehmen zu reißen“ (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013, S. 100). Ein Grund dafür ist, dass die Autoren in Deutschland mit qua Demographie abnehmenden Zahlen an „frisch“ auszubildenden BerufsanfängerInnen rechnen. Schon deswegen soll ein guter Teil des lebenslangen Lernens jedenfalls der Kernbelegschaften *on-the-job* stattfinden. Das ist weitgehend Konsens in der Literatur (Senderek et al. 2015). Senderek et al. sehen hier in erster Linie neue technische Möglichkeiten, in „Industrie 4.0“-Lösungen kontextsensitive Benutzerschnittstellen oder Assistenzsysteme zu integrieren, die nach Bedarf mehr oder weniger zusätzliche Informationen bereitstellen,.

Wir vermuten allerdings ebenso wie Stich et al. (2015) vor dem Hintergrund der aus der IT und der Telekommunikation bekannten Engpässe bei Dokumentation und Wissensmanagement, dass der Extra-Aufwand für die zeitnahe Erstellung von digitalen, multimedialen und virtuellen Lern- und Unterstützungsmaterialien dabei unterschätzt wird. Dieser Aufwand wird weiter steigen – was einerseits Kosten an Zeit und Geld bedeutet, andererseits wiederum Markt- und Beschäftigungschancen auf der Seite der Anbieter technischer Lösungen oder bei spezialisierten Dienstleistern nahelegt. Das gilt sowohl dann, wenn diese Materialien zur Qualifizierung eingesetzt werden als auch (womöglich noch kritischer), wenn sie „statt“ Beschäftigte zu qualifizieren, unmittelbar deren Arbeit in Qualitätskontrolle, Wartung oder Instandhaltung über Datenbrillen oder andere Devices anleiten.

„Diese gezielte Aufbereitung der Daten und Informationen in den komplexen Systemen für die Instandhaltung der Fachkraft zur Verfügung zu stellen, wird eine der Schwierigkeiten für die Zukunft“, meinen auch Windelband und Dworschak (2015, S.80).

Umso mehr ist das der Fall, wenn sich Innovationszyklen weiter beschleunigen, und damit auch der Zeitdruck für Dokumentenerstellung und Qualifizierung mit neuen Medien und Methoden zunimmt. Hier könnten auch die angestrebten transdisziplinären Skills und Kooperationen zwischen industrieller und informatischer F&E, Dokumentation und Didaktik überfordert werden, zumal Firmen diese Aufwände dann, wenn es ökonomisch eng wird, gern als Kosten statt als Investitionen behandeln.

Soll also das Lernen nahe an der unmittelbaren Arbeit stattfinden oder sollen vielfältige Datenbestände und situations- und kompetenzbezogene, kontextsensitiv präsentierte Informationen die unmittelbare Arbeit anleiten? In der Erstellung und Systematisierung solcher Informationen zum Lernen und Arbeiten dürfte für beide Pfade eine unterschätzte Engstelle der Gestaltung von „Industrie 4.0“ liegen, die sich möglicherweise erst im Gebrauch der komplexen Technologien schmerzvoll zeigen wird. Qualifikationsreserven, die man in voreiliger Hoffnung auf Automationsgewinne vernachlässigt oder erodiert hat, stehen dann auch nicht mehr zur Verfügung, um diese Lücken zwischen Technik- und Kompetenzentwicklung zu überbrücken.

In die berufliche Bildung sind dabei Ansätze, die Erfahrungswissen und subjektivierendes Arbeitshandeln entwickeln, durchaus eingegangen (Sevsay-Tegethoff 2007). Es fragt sich in der Diskussion um „Industrie 4.0“ aber, ob die Entwicklung von

Qualifizierungs- und Arbeitsunterlagen selbst den „ironies of automation“ unterliegt: Wenn Kompetenzen für den Betrieb von „Industrie 4.0“-Systemen in kleinteiligen, arbeitsbegleitenden Modulen geschult werden sollen, könnten diese Module so virtuell und standardisiert ausfallen, dass sie den Aufbau praktischen Erfahrungswissens und der Fähigkeit, explorativ zu handeln, eher behindern als ermöglichen. Komplexe, datenintensive Prozesse kompetent steuern und dirigieren zu können, wird sowohl beim Lernen als auch beim Entwickeln entsprechender Lernformen wesentlich mehr Zeit und Ressourcen brauchen, als es die Verheißungen der Automatisierung und allumfassender Datenverfügbarkeit nahelegen.

7.3. Nichts Neues: Handeln unter Unsicherheit

Die gute Nachricht ist jedoch, dass die Kompetenzen, erfahrungsbasiert Probleme zu lösen und mit Unsicherheit und Komplexität umzugehen, den Beschäftigten nicht erst von der „Industrie 4.0“ abverlangt werden. Pfeiffer und Suphan (2015) skizzieren, wie sich diese Sicht empirisch umsetzen lässt, um einer technologiezentrierten und „defizitgetriebenen“ Perspektive auf Routine eine ressourcenorientierte entgegenzusetzen. Sie werten die deutsche BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung über Arbeitsbedingungen, Beanspruchungen, Gesundheit, Bildung und Beschäftigung (n= 20.036) aus und bilden einen „Arbeitsvermögensindex“ (AV-Index), der den Nicht-Routinegehalt der Arbeit misst. Dazu haben sie Indikatoren ausgewählt, die situativen Umgang mit Komplexität (z.B.: „Wie oft kommt es vor, dass Sie auf Probleme reagieren und diese lösen müssen?“), situativen Unwägbarkeiten, Zunahme von Komplexität und Relevanz von Erfahrungslernen messen und daraus einen Index gebildet. Es ergibt sich aus dieser Sicht auf die Gegenwart, dass lediglich 19,7% der Befragten tatsächlich einfache Tätigkeiten ohne Lern- und Problemlöseanforderungen und ohne Handeln unter Unsicherheit ausüben, und dass 71,2% aller Erwerbstätigkeiten einen relativ hohen „Arbeitsvermögensindex“ haben, also Probleme lösen müssen.

„Die Mehrheit der Beschäftigten in Deutschland hat demnach informelle Fähigkeiten im Umgang mit Unwägbarkeiten und Komplexität entwickelt, kann also situativ handeln, auch wenn nicht alle Informationen für dieses Handeln zur Verfügung stehen“, fassen die Autorinnen zusammen (S. 23).

Wie zu erwarten, steigen diese Anforderungen mit dem Qualifikationsniveau, aber auch die Aufgaben der Geringqualifizierten reichen in den höheren Bereich. Interessanterweise liegen allerdings auch in dieser Analyse gegenwärtiger Anforderungen die rationalisierungsgefährdeten „Lager- und TransportarbeiterInnen“ und die „WarenprüferInnen“ eher am unteren, standardisierten und weniger komplexen Ende mit niedrigem AV-Index, ebenso wie Bauberufe und Metall- und Anlagenbau.

Einwenden könnte man gegen das Modell, dass der Index zwischen Anforderungen an die Beschäftigten und deren Ressourcen, „Müssen“ und „Können“ nicht klar unterscheidet. Jedoch ist die Studie geeignet, zur Entdramatisierung von Qualifikations- und Kompetenzlücken und Beschäftigungsprognosen beizutragen und auch der symbolischen Entwertung von Arbeitsvermögen, die in der technikzentrierten

Perspektive ein Stück weit mitschwingt, etwas entgegenzusetzen. Die Autorinnen legen den Beschäftigten Selbstbewusstsein nahe:

„Wer den erfahrungsbasierten Umgang mit Komplexität beherrscht und dies im alltäglichen Arbeitshandeln beweist, wird die durch Industrie 4.0 notwendige formale Weiterqualifizierung und informelle Kompetenzentwicklung ohne Probleme bewältigen können“ (S. 27).

7.4. Qualifizierung auf welcher Ebene?

Dabei zeichnet sich eine Bewegung der Berufsbildungsdiskussion insgesamt ab, sich angesichts der anstehenden Umstrukturierungen von Arbeit vom Vorrang der Akademisierung und tertiären Bildung zu entfernen (z.B. Hirsch-Kreinsen 2013). Die derzeitigen Vorteile von AkademikerInnen, wie höheres Lebenseinkommen, geringere Arbeitslosigkeit und bessere Gesundheit, lassen sich womöglich bei weiter steigender Zahl akademischer Abschlüsse nicht fortschreiben, und die Jugendarbeitslosigkeit und unterqualifizierte Beschäftigung von HochschulabsolventInnen insbesondere in Südeuropa mahnen zur Vorsicht. Steigende Qualifikationsanforderungen erschöpfen sich nicht in formalen Zertifikaten, sondern betreffen alle Qualifikationsgruppen, und selbst Einfacharbeiten kommen nicht ohne Umsicht, Durchblick und soziale Kompetenzen aus. Dabei verliert die berufliche Bildung an Attraktivität, während gleichzeitig beachtliche Zahlen von Studierenden ihr Studium abbrechen. In Deutschland etwa halten sich seit etwa 2010 Berufsausbildung und Studium die Waage unter jungen Leuten. Quoten akademischer Abschlüsse in Relation zu Studierenden liegen dort bei 75%, in Österreich bei 65%, in Norwegen bei 59% (Quinn 2013). Hier ebenso wie in Norwegen (SINTEF 2015) befürchtet man in unterschiedlichem Ausmaß einen Fachkräftemangel im Bereich der (ausbaufähigen) beruflich Qualifizierten, insbesondere unter ElektrikerInnen, ProduktionsarbeiterInnen und BauarbeiterInnen.

In der Akademisierung liegen Risiken für Teufelskreise: Die AbsolventInnen und ÄbbrucherInnen von Hochschulen werden eher in die Dienstleistungen drängen, die für Polarisierungsprozesse am Arbeitsmarkt anfälliger sind, während die Berufsausbildungen sich bis auf einige Leuchtturm-Firmen schwertun, jene talentierten und ambitionierten Menschen zu rekrutieren, die als „aufstiegsorientierte FacharbeiterInnen“ Schlüsselkräfte der diversifizierten Qualitätsproduktion des deutschsprachigen Raumes oder auch Nordeuropas waren (Lutz 1984; Hirsch-Kreinsen 2013). Nach der Ausbildung konkurrieren verbliebene AufsteigerInnen aus dem dualen System und akademisch Ausgebildete um die mittleren Positionen oder diese verarmen qualifikatorisch. Wenn die qualifizierten „FacharbeiterInnenPlus“ nicht ausgebildet werden, die die menschenzentrierten „Schwarm-Organisationen“ tragen können, entstehen weitere Anreize für Betriebe, sich für polarisierte Organisationsformen, standardisiertere und tayloristischere Arbeitsformen zu entscheiden. In allen diesen Konstellationen würden durch die Erosion betrieblicher Erfahrungs- und Wissensbasen Reibungen und Humankapitalverluste entstehen, die durch „smarte“ Technik nicht zu substituieren sind.

Ausgeblendet bzw. sich selber überlassen bleiben in der „Industrie 4.0“-Diskussion die Einfachqualifizierten und Angelernten. Sie tauchen in den Hightech-Visionen als absehbare RationalisierungsverliererInnen und Problemgruppen für soziale Inklusion und Integration auf. Aus anderen Untersuchungen (Abel et al. 2014; Krenn et al. 2014; Holtgrewe et al. 2015) wissen wir jedoch, dass diese Beschäftigtengruppen durchaus in manchen Branchen die Struktur prägen und unterhalb einschlägiger Qualifizierung durchaus nicht nur anspruchslose Aufgaben erfüllen. In der Automobilindustrie etwa „haben sich die für Facharbeit typischen Anforderungen durch Gruppenarbeit und Produktionssysteme längst in die scheinbar einfache und repetitive Arbeit ausgedehnt, die damit höchst ambivalenten Handlungsanforderungen ausgesetzt ist“, berichten Pfeiffer und Suphan (2015, S. 24). Wenn die Automatisierung langsamer und hindernisreicher verläuft, als die technikorientierten Prognosen das vorsehen, ist es wahrscheinlich, dass sich diese Entwicklung fortsetzt, nicht für alle Einfachqualifizierten, aber für nicht wenige unter ihnen. Einfacharbeit könnte dann darin bestehen, weniger oder mehr technisch kontrolliert und angetrieben die Lücken vor, nach und zwischen automatisierten und vernetzten Produktionsschritten zu überbrücken, hinter den Robotern herzuräumen usw. – desgleichen Arbeit, die sich durchaus mit angemessenen und praktikablen Handlungsspielräumen, ganzheitlicher und lernförderlicher gestalten ließe.

Bestandsaufnahmen der Arbeitsanforderungen im Verhältnis zu vorhandenen Qualifikationen und Kompetenzen wären also übergreifend weiter zu verfolgen, um jenseits der Dequalifizierungs- oder Aufwertungspfade im Wechselspiel zwischen Arbeitsorganisation und Qualifikationsentwicklung Chancen für eine menschengerechte Arbeits- und Systemgestaltung zu identifizieren, die „Smartness“ nicht allein den Systemen zuschreibt und die menschliche Intelligenz einsetzt.

8. WORK-LIFE-BALANCE UND GESUNDHEIT

Das Wichtigste in Kürze

- In der Diskussion über „Industrie 4.0“ wird – eher implizit – den Beschäftigten mehr Flexibilität abverlangt, auch und gerade wenn Arbeit ortsunabhängig geleistet werden kann.
- Wenn vernetzte, ggf. betriebsübergreifende Produktionsprozesse auch ortsunabhängig gesteuert werden können, stellen sich Fragen der Regelung, Abgrenzung und Honorierung von Rufbereitschaften oder kurzfristigen Anforderungen.
- Die problematischsten Auswirkungen auf die Beschäftigten dürften sich ergeben, wenn in bekannten Mustern Anforderungen und Arbeitsintensität steigen, also die Produktivitätsgewinne der hoch technisierten Produktion auf Kosten der Beschäftigten erzielt werden – oder wenn diese bei knappem Personalstand die Reibungsverluste im technologischen Übergang kompensieren müssen.

8.1. Flexibilität für wen?

Insgesamt ist deutlich geworden, dass es unter der Überschrift der „Industrie 4.0“ eine Vielzahl an soziotechnischen Entwicklungspfaden gibt, die entsprechend unterschiedliche Auswirkungen entfalten. Dementsprechend ist es auch schwerlich möglich, eindeutige Prognosen zu den Auswirkungen der neuen Konzepte auf die Beschäftigten, ihre Lebensführung und Gesundheit abzugeben. Absehbar ist, dass die Risiken sich nicht grundsätzlich von denen gegenwärtiger technisierter Arbeit unterscheiden.

Ein nicht detailliert entfalteter Konsens der ExpertInnen besteht, dass die „Industrie 4.0“ ihren Beschäftigten weiterhin und eher „mehr“ Flexibilität abverlangt. Wie diese aber ausgestaltet wird, bleibt Gegenstand von Konflikten und Verhandlungen auf sozialpartnerschaftlicher, betrieblicher und auch individueller Ebene. Wenn vernetzte, ggf. betriebsübergreifende Produktionsprozesse auch ortsunabhängig gesteuert werden können, stellen sich Fragen der Regelung, Abgrenzung und Honorierung von Rufbereitschaften oder kurzfristigen Anforderungen. Die AutorInnen der eher programmatischen Veröffentlichungen sehen hier tendenziell verbesserte Chancen der Work-Life-Balance – allerdings kann Arbeit genau so weiter entgrenzt werden, wenn die Familien- und Freizeit unter dem Vorbehalt steht, dass im Betrieb nichts anfällt.

Eine solche Entgrenzung wird unbeabsichtigt in einem hübschen Szenario zur urbanen, dezentralisierten Produktion deutlich, das Michael Hertwig im Blog des Fraunhofer IAO entfaltet:⁵

„Das Telefon vibriert. Martin zieht sein Smartphone aus der Tasche. Mirja schaut ihn fragend an. Er winkt entspannt ab und meint: ‚Ich sollte in ca. 30 Minuten noch mal im Geschäft vorbei.‘ Mirja schaut ungläubig: ‚Ich dachte, Du arbeitest in der Produktion?‘ Sie war bisher noch nie bei einem Date sitzen gelassen worden. Enttäuscht möchte sie aufstehen und gehen. Martin jedoch erklärt ihr gelassen, dass die Produktion nur ums Eck ist. Jetzt ist Mirja neugierig...[...]

Die Digitalisierung von Produktionsabläufen macht solche Situationen möglich: Eine Maschine stellt durch Sensoren selbst fest, in welchem Zustand sie sich befindet. Sie erfasst z.B. den Materialbestand, die Fertigungszeit bis zur nötigen Wartung, Werkzeugstandzeiten und vieles mehr. Als vollständig vernetzte Einheit kann sie ihr Bedürfnis automatisch mit Hilfe eines unternehmensinternen Nachrichtendienstes an die Mitarbeiter übermitteln. Diese sind in einer autonomen Datenbank geführt, in der sie ihre Verfügbarkeiten selbst planen und eintragen. Somit sendet die Maschine die Information nur an die verfügbaren, geeigneten und entsprechend qualifizierten Mitarbeiter. Durch Abstimmung untereinander entscheiden sie, wer die Aufgabe bearbeitet. Gleichzeitig können die Mitarbeiter Maschinendaten abrufen und Programme und Prozesse anpassen.

In dem Unternehmen, bei dem Martin beschäftigt ist, ist der Materialbestand der Maschine, die kundenindividuelle Gehäuse fertigt, niedrig. Für die korrekte Abarbeitung der für die Nacht eingestellten Aufträge muss Material hinzugefügt werden. Dieses ist gerade angekommen, jetzt müssen die Bevorratungsbehälter ausgetauscht werden. Mirja ist ganz begeistert, als sie Martin durch einen Hauseingang zur Produktion im Wohnhaus folgt. Bevor Martin die Tür öffnet, ist nicht mehr als ein lauter Fernseher zu hören. Auch das Innere der Produktion ist sauber und aufgeräumt. Mirja erinnert sich an ihren Ex-Freund, einen Maschinenbau-Ingenieur, der ihr immer von Ultraeffizienz-Methoden und verschwendungsfreien Prozessen vorgeschwärmt hat. So einen Anblick muss er gemeint haben. Nach 20 Minuten sitzen Martin und Mirja gemütlich beim Rotwein. Die Gehäuseproduktion läuft da schon wieder.“

Aus Beschäftigtensicht ist der Sexappeal einer solchen Konstellation wohl überschaubar – ganz abgesehen vom retrofuturistischen Charme eines Bildes, in dem die entgrenzte Verfügbarkeit von Männern für den Job auch noch die Chancen auf weibliche Bewunderung erhöht. Beschäftigte wie Betriebe aber müssen Verfügbarkeiten und Unverfügbarkeiten aushandeln – und die Verteilung von Flexibilität und Arbeitszeiten in überbetrieblich vernetzten Systemen dürfte eine weiterhin komplexer werdende Machtfrage sein (Flecker/Holtgrewe 2008). Dass hier Entlastungen bei den

⁵ <http://blog.iao.fraunhofer.de/digitalisiert-gelingt-die-produktion-auch-im-staedtischen-umfeld/>, geprüft am 15. Juli 2015.

Beschäftigten ankommen, setzt voraus, dass diese gesicherte Freiräume und Spielräume der Selbstbestimmung haben.

In der Tat finden sich in der deutschen, gestaltungsorientierten Forschung zur „Industrie 4.0“ auch Projekte zur vernetzten Schicht- und Einsatzplanung, wie z.B. www.kapaflexcy.de – die freilich merklich weniger ambitioniert sind als das obige Szenario vernetzter Koordination. Hier bekommen Beschäftigte im Schichtbetrieb Anfragen nach Zusatzschichten aufs Smartphone übertragen (s. Abbildung 6). Die ForscherInnen stellten jedoch bald fest, dass nicht jedeR ArbeiterIn ein Smartphone oder einen privaten Internetzugang hatte – und womöglich möchte auch nicht jedeR jederzeit und quasi auf Zuruf seine oder ihre Arbeitszeiten disponieren. Die bewährten Stechuhren wurden in einem zweiten Schritt in das System einbezogen, auch dort können am Arbeitsplatz Anfragen beantwortet werden (<http://blog.iao.fraunhofer.de/die-stechuhr-schlaegt-zurueck>).

Abbildung 6: Schichtplanung mit dem Smartphone

Das Bild zeigt zwei Ansichten der Kapaflexcy Einsatzplanungscockpit-Software. Links ist ein Smartphone-Schnittbild dargestellt, rechts die Desktop-Ansicht.

Smartphone-Schnittstelle (links):

- Titel: Antwort auf Einsatz...
- Überschrift: Zusatzschicht
- Datum: Samstag, 31. Mai 2014
- Zeitraum: 06:00 - 14:00 Uhr, 08:00 Stunden
- Text: Zusatzschicht in der Getriebemontage erforderlich.
- Text: Ihre Antwort bis: Freitag, 30. Mai 2014 12:00
- Buttons: Ja, klar! (Zusagen), Nein, leider nicht! (Absagen)
- Text: Zusatzinformation (optional)
- Text: Ihr Kommentar ...
- Callout (grün): Ich kann diesen Samstag arbeiten.
- Callout (orange): Samstag geht leider nicht.

Desktop-Ansicht (rechts):

Übersicht über die Einsatzliste mit den Spalten: Anfragetitel, Beginn Schicht, Status Anfrage, Rückmeldungen, Zusagen, Restlaufzeit, Details.

| Anfragetitel | Beginn Schicht | Status Anfrage | Rückmeldungen | Zusagen | Restlaufzeit | Details |
|---|------------------|----------------|---------------|---------|--------------|---------|
| KW 19 (05.05 - 11.05.2014) - 2 | | | | | | |
| KW 20 (12.05 - 18.05.2014) - 4 | | | | | | |
| KW 21 (19.05 - 25.05.2014) - 4 | | | | | | |
| KW 22 (26.05 - 01.06.2014) - 4 | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Schicht | 27.05.2014 06:00 | versendet | 0/4 | 0/3 | 43 Stunde(n) | ... |
| <input type="checkbox"/> Nachtschicht am | 27.05.2014 22:00 | versendet | 1/3 | 0/2 | Abgelaufen | ... |
| <input type="checkbox"/> Zusatzschicht 29 | 29.05.2014 06:00 | versendet | 1/5 | 1/2 | 19 Stunde(n) | ... |
| <input type="checkbox"/> Zusatzschicht | 31.05.2014 06:00 | versendet | 1/7 | 1/3 | 67 Stunde(n) | ... |

Callout (blau): Status der Anfragen und Rückmeldungen

Buttons: Löschen, Einsatzliste aktualisieren

Quelle: <http://blog.iao.fraunhofer.de/die-stechuhr-schlaegt-zurueck>

Auch zu den gesundheitlichen Auswirkungen wissen wir bislang wenig. Arbeitsunfälle mit Robotern bekommen breite öffentliche Aufmerksamkeit (zuletzt Anfang Juli 2015 im VW-Werk im deutschen Baunatal), aber die unfallträchtigsten Branchen, Bau und Güterbeförderung, sind nicht gerade die technologieintensivsten. Möglich ist, dass die Risiken zunehmen, wenn etwa Leichtbauroboter mobiler und dezentraler eingesetzt werden – aber umgekehrt können diese den Arbeitenden auch riskante und belastende Arbeit ersparen. Freilich sind die Sicherheitsanforderungen für den kollaborativen Betrieb dieser Roboter (EN ISO 10218-1:2006) durchaus geregelt (Windelband/Dworschak 2015, S. 82). Ein genuin neues Gesundheits- und Sicherheitsrisiko ist die in Kap. 4 erwähnte „virtual motion sickness“ bei der Nutzung

von Datenbrillen. Wobei man Schwindel und Übelkeit gewiss gerade dann nicht gebrauchen kann, wenn die Datenbrille sicherheitskritische Anwendungen unterstützen soll.

Wir vermuten, dass sich die problematischsten Auswirkungen auf die Beschäftigten ergeben, wenn in bekannten Mustern Anforderungen und Arbeitsintensität steigern, das heißt, die Produktivitätsgewinne der hoch technisierten Produktion auf Kosten der Beschäftigten erzielt werden – oder wenn diese bei knappem Personalstand die Dysfunktionalitäten und Reibungsverluste im technologischen Übergang kompensieren müssen. Die Automatisierungsverheißungen können dann direkt gesundheitsschädlich werden.

Erweiterte Verantwortlichkeiten für weiter ausgreifende oder beschleunigte Prozesse und Ketten können auch Stress und Ängste auslösen. Fehlende Sicherheit, die auf Erfahrungswissen und „Gespür“, aber auch auf funktionierenden Kooperationen und sozialer Unterstützung basiert, wird umso riskanter, wenn die Kompetenzbasis im Betrieb ausgedünnt ist. Multitasking zwischen Arbeits- und Lernanforderungen, für die die Zeit fehlt, kann die Konzentration stören und Arbeit überproportional anstrengender machen. All dies sind gute Gründe, eine Vielzahl technologischer Übergänge nicht an den Beschäftigten vorbei zu forcieren und „der Technik“ oder „der Cloud“ nicht die Lösung jener genuin sozialen Koordinations- und Kooperationsprobleme zuzutrauen, die das industrielle Wirtschaften seit seiner Entstehung begleiten.

9. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Wir kommen also aus technischer, organisatorischer und sozialwissenschaftlicher Sicht zu analogen Schlüssen: Die „Industrie 4.0“ nimmt sich im Kontext vorgängiger Produktionskonzepte und bereits existierender Technologien auf die kürzere bis mittlere Sicht ein Stück weniger „revolutionär“ aus als in den emphatischeren Darstellungen. Auf der anderen Seite steigt die Komplexität vernetzter Technologien beachtlich, und es vermehren sich Schnittstellen- und Koordinationsprobleme. Anforderungen an bekannte und neue Funktionen steigen, und lokale und ortsübergreifende Fertigungssysteme werden enger gekoppelt und damit anfälliger.

Die Sicht eines revolutionären Umbruchs freilich weckt eher mediale Aufmerksamkeit. Wenn Unternehmensberatungen, Technologielieferanten und deren Industrieverbände sie vertreten, sind dabei offensichtliche Eigeninteressen dieser Akteure im Spiel. Neben diesen keineswegs illegitimen Interessen am Ausbau der eigenen Geschäftsfelder und der Mobilisierung von Ressourcen für Forschung, Entwicklung und Vernetzung kommen dabei auch die branchenspezifischen Perspektiven und „Berufskrankheiten“ der IngenieurInnen zum Ausdruck: etwa das sonnige Vertrauen in technische Lösungen und Kapazitäten und die eher düstere Unterschätzung der arbeitsalltäglichen Leistungen der damit Arbeitenden, technische Abläufe erst am Laufen zu halten. Es handelt sich jedoch nicht nur um einen folgenlosen Technologie-Hype. Die Verknüpfung und Vernetzung unterschiedlicher Produktionstechnologien mit immer leistungsfähigeren Informations- und Kommunikationstechnologien wird für Arbeit und Beschäftigung Folgen haben – aber diese Folgen resultieren nicht direkt aus der Technik selbst, sondern aus den Bedingungen und Modalitäten ihres Einsatzes.

Zunächst einmal ist die Entstehung und Entwicklung der neuen vernetzten Technologien genauer in den Blick zu nehmen. Es ist zwar deutlich geworden, dass es eindrucksvolle Beispiele und rapide technische Neuerungen gibt, aber die funktionierende Vernetzung und Verbindung all dieser Technologien ist noch längst nicht flächendeckend gegeben. Technischer Fortschritt insgesamt, gerade bei der Integration unterschiedlicher Technologien mit unterschiedlichen Beschaffenheiten, regionalen Schwerpunkten, Ingenieurskulturen usw., verläuft langsamer und mit mehr Hindernissen als es das Moore'sche „Gesetz“ exponentiell steigender Rechenkapazitäten suggeriert. Dass deutsche Maschinenbauer, Elektroindustrie und IT-Branche mit wissenschaftlicher Unterstützung an einem aktuell gerade 13-seitigen Glossar (Version vom März 2015) zur transdisziplinären Verständigung arbeiten, macht das deutlich. Und auch „die“ Cloud muss mit hohen Anforderungen an Sicherheit, Verlässlichkeit und Verfügbarkeit erst gebaut und dann bis zur „letzten Meile“ an die physische Welt und räumlich verteilte Produktion angeschlossen werden. Über die Geschäftsmodelle und Arbeitsteilungen von „Everything as a Service“ ist man sich dabei aktuell auch in der Welt der Informations- und Kommunikationstechnologien noch keineswegs sicher (Zysman/Kenney 2015). Absehbar also wird die Welt der „Industrie 4.0“ ebenso wie die der vorgängigen industriellen Revolutionen auf lange

Zeit einen Flickenteppich aus großen und kleinen, potenziell globalen und lokal „zusammengestrickten“ Lösungen, Entwürfen und Workarounds darstellen.

Die hauptsächliche Botschaft der vorliegenden Literaturstudie ist daher: Es gibt Alternativen und diese hängen nicht von der Technik ab. Man kann die Pfade des Taylorismus fortsetzen, Industriearbeit inhaltlich entleeren, Beschäftigte durch vernetzte Technologien kleinteilig kontrollieren und steuern und das „Dirigieren“ ortsübergreifend vernetzter Wertschöpfungsprozesse kleinen Gruppen von Hochqualifizierten oder ManagerInnen überlassen. Man kann intelligente sozio-technische Systeme gestalten, in denen Beschäftigte ergonomisch entlastet sind und die Techniken eigenverantwortlich, qualifiziert und selbstorganisiert als „smarte“ Werkzeuge nutzen. Und man kann – und wird wahrscheinlich – verschiedenste Mittelwege und Mischformen „kontrollierter Autonomie“ oder „hybrider Steuerung“ einschlagen.

Die Einsicht in die „ironies of automation“ in der Arbeitsorganisation ebenso wie in der Qualifizierung legt dabei nahe, dass es nicht nur inhaltlich falsch, sondern auch dysfunktional sein kann, Automatisierungspotenziale kurzfristig zu überschätzen oder das Automatisierungsszenario allzu rabiāt zu verfolgen. Wenn hochkomplexe, vernetzte Systeme zu steuern und zu bedienen sind, die aus physischen und virtuellen Komponenten bestehen, brauchen sie unvermeidlich menschliche Umsicht und Durchblick und die Bereitschaft der Beschäftigten, diese einzusetzen – spätestens dann, wenn die Systeme Fehler machen oder melden. Solche Produktionsintelligenz den vermutlich weiterhin teuren und zeitknappen Hochqualifizierten vorzubehalten, könnte also eher riskant als effizient sein. Da aber Beschäftigte (auch in Einfach- und Anlernjobs) solche Fähigkeiten durchaus haben und entwickeln können, wenn sie die Möglichkeit dazu bekommen und man diese anerkennt und honoriert (Krenn et al. 2014), dürfte es die weniger riskante Strategie sein, Arbeit für alle Beschäftigten gleichermaßen sinnvoll und lernförderlich zu gestalten statt hinterher nachzubessern. Das bedeutet, technische und soziale Innovation parallel und im Zusammenhang zu verfolgen (Buhr 2015; Howaldt et al. 2015).

Für Beschäftigte und ihre Interessenvertretungen und Organisationen dürften – neben der grundsätzlichen (Macht-)Frage der Verteilung der erwarteten Produktivitäts- und Innovationsgewinne – die Themen der Flexibilität und ihrer Abgeltung, der Grenzen zwischen Arbeit und Nichtarbeit, der Qualifizierung und der Verantwortung dafür und des Datenschutzes von Bedeutung sein – wie gesehen, selten mit fundamental neuen Akzenten, aber womöglich in einer anderen Qualität. Die Fragen der Arbeitsgestaltung, der Handlungsspielräume und Verantwortlichkeiten dürften an Gewicht eher gewinnen. In einer Situation, in der die Unsicherheit hoch ist und man angesichts einer beachtlichen Steigerung technischer Komplexität absehbar doch nicht ohne die Beschäftigten auskommt, eröffnen sich hier womöglich neue Chancen, Arbeitsgestaltung und Partizipation auf die arbeitspolitische Tagesordnung zu setzen. Wenn dies so ist, ist es für ArbeitnehmerInnen und ihre InteressenvertreterInnen nicht zielführend oder vielleicht eher lähmend, sich an technikgetriebenen Automationsprognosen abzarbeiten, statt sich der Gestaltungsmöglichkeiten und –

potenziale industrieller Arbeit zu vergewissern und diese auch in der Un- und Angelerntenarbeit ausfindig zu machen.

10. FORSCHUNGSBEDARF

Die aktuell vorliegende Literatur ist gekennzeichnet durch eine gewisse Engführung auf den zukunfts- und innovationsorientierten, gewissermaßen „visionären“ Aspekt des Themas. Jedoch wird dieser etwas einseitig von industriell-technischen ExpertInnen bestimmter Branchen bespielt, die mittels verschiedener Expertenbefragungen und Diskurse ihr Wissen zusammentragen. Eine gewisse Redundanz ist in der Literatur nicht zu übersehen. Schon diesen Aspekt der „Zukunftsfragen“ um andere Expertise etwa aus den Bereichen Nachhaltigkeit, Konsum, Dienstleistung zu erweitern, könnte neue Anregungen und Hinweise zur Kontextuierung der „Industrie 4.0“ bringen.

Die gehaltvollsten Einsichten und Hypothesen zu wahrscheinlichen Nutzungsweisen und Auswirkungen der Industrie 4.0 entstammen jedoch unserer Einschätzung nach den zitierten aktuellen industriesoziologischen Untersuchungen zum Einsatz jener Technologien, die Bestandteile der Industrie 4.0 sind oder werden: RFID-Chips, Roboter, Produktionsplanungs- und Steuerungssysteme, Industriesoftware, Ganzheitliche Produktionssysteme usw. Hier ist in Österreich so gut wie keine Forschung vorhanden. Die Unterschiedlichkeit im Einsatz solcher Technologien, die wir bereits in Deutschland finden, lässt es jedoch umso notwendiger erscheinen, den Kenntnisstand über betriebliche Einsatzformen und -strategien und deren Auswirkungen auf die Beschäftigten, deren Lern-, Gestaltungs- und Partizipationschancen in unterschiedlichen betrieblichen und regionalen Kontexten in Österreich zu verbessern. Ein industriesoziologisches Forschungsprogramm, das die Besonderheiten der österreichischen Sozialpartnerschaft einbezieht, wäre hier wünschenswert und könnte den Forschungen zu Arbeitsplatz- und Qualifikationsentwicklung, die derzeit ausgeschrieben werden, weitere Substanz verleihen.

Auf der Ebene von Beschäftigungs- und Qualifikationsentwicklung scheint uns eine Weiterentwicklung des Ansatzes von Pfeiffer und Suphan (2015a; 2015b) aussichtsreich, der faktische Anforderungen und Kompetenzen der Arbeitenden in die Bestandsaufnahme von Tätigkeiten und Automationspotenzialen einbezieht. So könnten die Erfahrungen der formal niedrig Qualifizierten erkannt und genutzt werden, was zugleich deren Risiko des Arbeitsplatzverlustes verringert. Auswertungen der in Österreich vorhandenen Daten aus Arbeitskräfteerhebung, EWCS und Arbeitsklimaindex, verbunden mit weiteren Erhebungen zu Bildung und Informationstechnologie, könnten hier weiterführen. Auf einem ähnlichen Weg könnten die in den Betrieben vorhandenen derzeitigen Einsatzformen von Technologien und organisationalen Innovationen (ggf. über den European Company Survey) in Bezug zu den Prognosen der „Industrie 4.0“ gesetzt werden.

BIBLIOGRAPHIE

- Abel, J./Hirsch-Kreinsen, H./Ittermann, P. 2014: Einfacharbeit in der Industrie. Strukturen, Verbreitung und Perspektiven. Berlin
- Abel, J./Ittermann, P./Steffen, M. 2013: Wandel von Industriearbeit. Herausforderungen und Folgen neuer Produktionssysteme in der Industrie. Zwischenbericht des Forschungsprojektes „Neue Formen von Industriearbeit“, gefördert von der Hans-Böckler-Stiftung. Soziologische Arbeitspapiere Nr. 32. Internet: http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/de/forschung/soz_arbeitspapiere/AP-SOZ-32.pdf [zuletzt aufgesucht am 09.06.2015]
- Ahrens, D./Spöttl, G. 2015: Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 183–202
- Aichholzer, G./Rhomberg, W./Gudowsky, N./Saurwein, F./Weber, M. 2015: Industrie 4.0. Hintergrundpapier für den 1. Workshop am 4. Mai 2015. Internet: <http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-AIT-1.pdf> [zuletzt aufgesucht am 10.06.2015]
- Autor, D. H./Levy, F./Murnane, R. J. 2003: The skills content of recent technological change: an empirical exploration. In: Quarterly Journal of Economics, Jg. 118 (2003), H. 4, S. 1279–1333
- Baethge-Kinsky, V./Tullius, K. 2005: Produktionsarbeit und Kompetenzentwicklung in der Automobilindustrie - was geben flexibel standardisierte Produktionssysteme für den Einsatz qualifizierter Fachkräfte her? In: SOFI-Mitteilungen (2005), H. 33, S. 39–54
- Bahn Müller, R. 2014: (Neu)Bewertung und Eingruppierung von Facharbeit in der chemischen Industrie und in der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württembergs. In: WSI-Mitteilungen, Jg. 67 (2014), H. 1, S. 14–24
- Bainbridge, L. 1987: Ironies of automation. In: Rasmussen, J./Duncan, K./Leplat, J. (Hg.): New Technology and Human Error. Chichester, S. 276–283
- Bauer, H. G./Böhle, F./Munz, C./Pfeiffer, S./Woicke, P. 2006: Hightech-Gespür - erfahrungsgelitetes Arbeiten und Lernen in hoch technisierten Arbeitsbereichen. Ergebnisse eines Modellversuchs beruflicher Bildung in der chemischen Industrie. Bielefeld
- Bauernhansl, T. 2014: Die Vierte Industrielle Revolution - Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Bauernhansl, T./Hompel, M. ten/Vogel-Heuser, B. (Hg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung - Technologien - Migration. Wiesbaden, S. 5–35
- Baxter, G./Rooksby, J./Wang, Y./Khajeh-Hosseni, A. 2012: The ironies of automation ... still going strong at 30? In: Proceedings of the 30th European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE'12), S. 65–71
- Bell, D. 1976: Die nachindustrielle Gesellschaft. Frankfurt/Main, New York

- BITKOM e. V./VDMA e. V./ZVEI e. V. 2015: Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Berlin
- Blanchet, M./Rinn, T./Thaden, G. v./Thieulloy, G. de 2014: Industry 4.0. The new Industrial Revolution. How Europe will succeed. Internet: https://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_20140403.pdf [zuletzt aufgesucht am 10.06.2015]
- Böder, J./Gröne, B. 2013: The Architecture of SAP ERP. Understand how successful software works. Hamburg
- Böhle, F. 1994: Negation und Nutzung subjektivierenden Arbeitshandelns bei neuen Formen qualifizierter Produktionsarbeit. In: Beckenbach, N./van Treeck, W. (Hg.): Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit. Soziale Welt-Sonderband 9. Göttingen, S. 183–206
- Böhle, F. 2010: Arbeit als Handeln. In: Böhle, F./Voß, G./Wachtler, G. (Hg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Wiesbaden, S. 151–176
- Böhle, F./Rose, H. 1992: Technik und Erfahrung - Arbeit in hochautomatisierten Systemen. Frankfurt, New York
- Bowles, J. 2014: The computerization of European jobs. Internet: <http://www.bruegel.org/nc/blog/detail/article/1394-the-computerisation-of-european-jobs/> [zuletzt aufgesucht am 17.04.2015]
- Brödner, P. 2015: Industrie 4.0 und Big Data - wirklich ein neuer Technologieschub? In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 231–250
- Brynjolfsson, E./McAfee, A. 2011: Race against the machine: how the revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy. Lexington, Mass.
- Brynjolfsson, E./McAfee, A. 2014: The second machine age. Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies. New York, London
- Brzeski, C./Burk, I. 2015: Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt. Internet: https://www.ing-diba.de/imperia/md/content/pw/content/ueber_uns/presse/pdf/ing_diba_economic_research_die_roboter_kommen.pdf [zuletzt aufgesucht am 22.05.2015]
- Buhr, D. 2015: Soziale Innovationspolitik für die Industrie 4.0. Expertise im Auftrag der Abteilung Wirtschafts- und Sozialpolitik der Friedrich-Ebert-Stiftung. Internet: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11302.pdf> [zuletzt aufgesucht am 10.11.2015]
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2013: ICS-Security-Kompodium. Bonn
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik 2014: Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2014
- CEDEFOP 2012: Future skills supply and demand in Europe. Forecast 2012. Luxembourg

- Deuse, J./Busch, F./Weisner, K./Steffen, M. 2015: Gestaltung sozio-technischer Arbeitssysteme für Industrie 4.0. In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 145–162
- Dwyer, R. E. 2013: The Care Economy? Gender, Economic Restructuring, and Job Polarization in the U.S. Labor Market. In: *American Sociological Review*, Jg. 78 (2013), H. 3, S. 390–416
- Emery, F. E./Trist, E. L. 1960: Sociotechnical systems. In: Churchman, C./Verhulst, M. (Hg.): *Management sciences: models and techniques*. Oxford, S. 83–97
- Fallenbeck, N./Eckert, C. 2014: IT-Sicherheit in der Cloud. In: Bauernhansl, T./Hompe, M. ten/Vogel-Heuser, B. (Hg.): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung - Technologien - Migration*. Wiesbaden, S. 437–498
- Fernández-Macías, E./Hurley, J. 2014: Drivers of recent job polarisation and upgrading in Europe. *European Jobs Monitor 2014*. Luxembourg
- Flecker, J./Holtgrewe, U. 2008: Überbetriebliche Arbeitsteilung: Auslagerung von Unternehmensfunktionen und die Folgen für Arbeit und Beschäftigung. In: *Wirtschaft und Gesellschaft*, Jg. 34 (2008), H. 3, S. 307–336
- Frey, C. B./Osborne, M. A. 2013: *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation*. Oxford
- Geisberger, E./Broy, M. 2012: > agendaCPS. *Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems*. München
- Goos, M./Manning, A./Salomons, A. 2009: Job polarisation in Europe. In: *American Economic Review: Papers and Proceedings*, Jg. 99 (2009), H. 2, S. 58–63
- Grauer, M./Pagel, P. 2014: „IT ist heute ein Thema, das uns alle angeht, nicht nur die IT-Abteilung“. In: *Wirtschaftsinformation & Management*, Jg. 2014 (2014), H. 5, S. 20–24
- Grote, G. 2015: Gestaltungsansätze für das komplementäre Zusammenwirken von Mensch und Technik in Industrie 4.0. In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 129–144
- Hirsch-Kreinsen, H. 2013: Wie viel akademische Bildung brauchen wir zukünftig? Ein Beitrag zur Akademisierungsdebatte. *Soziologisches Arbeitspapier 37-2013*. Internet: http://www.kas.de/wf/doc/kas_36053-544-1-30.pdf?131114122814 [zuletzt aufgesucht am 16.06.2015]
- Hirsch-Kreinsen, H. 2014a: Wandel von Produktionsarbeit - „Industrie 4.0“. In: *WSI-Mitteilungen*, Jg. 67 (2014), H. 6, S. 421–429
- Hirsch-Kreinsen, H. 2014b: Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt? *WISODirekt* Dezember 2014
- Hirsch-Kreinsen, H. 2015: Einleitung: Digitalisierung industrieller Arbeit. In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 7–28

- Hirsch-Kreinsen, H./Ittermann, P./Niehaus, J. (Hg.) 2015: Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden
- Holtgrewe, U./Kirov, V./Ramioul, M. (Hg.) 2015: Hard work in new jobs. The quality of work and life in European growth sectors. Houndmills, London
- Howaldt, J./Kopp, R./Schultze, J. 2015: Zurück in die Zukunft? Ein kritischer Blick auf die Diskussion zu Industrie 4.0. In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 249–266
- Ittermann, P./Niehaus, J. 2015: Industrie 4.0 und Wandel von Industriearbeit. Überblick über Forschungsstand und Trendbestimmungen. In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 31–50
- Kern, H./Schumann, M. 1984: Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion. München
- Kielpinski, H. v. 2015: Chancen, Risiken und technische Herausforderungen. In: S@PPORT (2015), S. 7–9
- Krenn, M./Papouschek, U./Gächter, A. 2014: Die Verbesserung der Erwerbschancen gering Qualifizierter durch lernförderliche Gestaltung einfacher Arbeit. FORBA-Forschungsbericht 2/2014. Wien
- Lange, B. 2015: Babylon 4.0. Vernetzung in der Produktion: Die Begegnung zweier Welten. In: iX, Jg. 2015 (2015), H. 7, S. 98–101
- Lay, G./Neuhaus, R. 2005: Ganzheitliche Produktionssysteme (GPS) – Fortführung von Lean Production? In: Angewandte Arbeitswissenschaft (2005), H. 185, S. 32–47
- Lutz, B. 1984: Der kurze Traum von der immerwährenden Prosperität. Frankfurt/Main, New York
- Mayer-Schönberger, V./Cukier, K. 2013: Big data. A revolution that will transform how we live, work and think. London
- Neef, A./Burmeister, K. 2005: Die Schwarm-Organisation - ein neues Paradigma für das e-Unternehmen der Zukunft. In: Kuhlin, B./Thielmann, H. (Hg.): Real-Time Enterprise in der Praxis. Fakten und Ausblick. Berlin, S. 563–572
- Orlikowski, W. J. 2007: Sociomaterial practices: Exploring technology at work. In: Organization Studies, Jg. 28 (2007), H. 9, S. 1435–1448
- Ortmann, U. 2014: Arbeiten mit RFID. Zum praktischen Umgang mit unsichtbaren Assistenten. Berlin
- Pfeiffer, S. 2010: Technisierung von Arbeit. In: Böhle, F./Voß, G./Wachtler, G. (Hg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Wiesbaden, S. 231–262
- Pfeiffer, S. 2014: Erfahrungswissen, oder: Von der Bedeutung des sinnlichen Lernens in der „Wissensgesellschaft“. In: denk-doch-mal.de, Jg. 8 (2014), H. 4
- Pfeiffer, S./Suphan, A. 2015a: Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015 #1 (draft

- v1.0 vom 13.04.2015). Internet: <http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-draft.pdf> [zuletzt aufgesucht am 10.11.2015]
- Pfeiffer, S./Suphan, A. 2015: Industrie 4.0 und Erfahrung - das Gestaltungspotenzial der Beschäftigten anerkennen und nutzen. In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 203–229
- Popitz, H./Bahrtdt, H. P./Jüres, E. A./Kesting, H. 1964: Technik und Industriearbeit. Tübingen
- Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt a. Main
- Quinn, J. 2013: Dropout and Completion in Higher Education in Europe among students from underrepresented groups. Internet: <http://www.nesetweb.eu/sites/default/files/HE%20Drop%20out%20AR%20Final.pdf> [zuletzt aufgesucht am 10.11.2015]
- Ramsauer, C. 2013: Industrie 4.0 - Die Produktion der Zukunft. In: WINGbusiness, Jg. 2013 (2013), H. 3, S. 6–12
- Rüßmann, M./Lorenz, M./Gerbert, P./Waldner, M./Justus, J./Engel, P./Harnisch, M. 2015: Industry 4.0. The future of productivity and growth in manufacturing industries. Internet: https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf [zuletzt aufgesucht am 20.04.2015]
- Schröder, D. 2015: Was nicht passt wird, passend gemacht. In: Brand Eins, Jg. 2015 (2015), H. 7, S. 62–67
- Senderek, R./Mühlbradt, T./Buschmeyer, A. 2015: Demographiesensibles Kompetenzmanagement für die Industrie 4.0. In: Jeschke, S. (Hg.): Exploring demographics. Wiesbaden, S. 281–295
- Sennett, R. 2008: The Craftsman. Newhaven, Conn
- Sevsay-Tegethoff, N. 2007: Bildung und anderes Wissen. Zur „neuen“ Thematisierung von Erfahrungswissen in der beruflichen Bildung. Wiesbaden
- SINTEF 2015: SKILLS - Future industrial worker in skilled practice. Unpublished project description. Trondheim
- Spath, D. (Hg.) 2013: Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0. Stuttgart
- Stich, V./Gudergan, G./Senderek, R. 2015: Arbeiten und Lernen in der digitalisierten Welt. In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 107–128
- Suchman, L. 1987: Plans and situated actions: The problem of human-machine communication. Cambridge
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik 2015: Statusreport: Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0). April 2015. Düsseldorf

VDI/VDE-GMA Fachausschuss 7.21 „Industrie 4.0“ 2015: Glossar Industrie 4.0, Stand 16.03.2015. Düsseldorf

Wallraff, G. (Hg.) 2014: Die Lastenträger. Arbeit im freien Fall - flexibel schuften ohne Perspektive. Köln

Windelband, L./Dworschak, B. 2015: Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In: Hirsch-Kreinsen et al. 2015, S. 69–84

Windelband, L./Fenzl, C./Hunecker, F./Riehle, T./Spöttl, G./Städtler, H./Hribernik, K./Thoben, K.-D. 2010: Internet der Dinge in der Logistik. Qualifikationserfordernisse durch das Internet der Dinge in der Logistik. Bremen

Windelband, L./Spöttl, G. 2012: Diffusion von Technologien in der Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des „Internet der Dinge“. In: Faßhauer, U./Fürstenau, B./Wuttke, E. (Hg.): Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen - Aktuelle Forschungen zur beruflichen Bildung. Opladen [u.a.], S. 205–219

Zuboff, S. 2014: The human factor. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung (2014)

Zysman, J./Kenney, M. 2015: Where will work come from in the era of the cloud and Big Data? Will escaping the commodity trap be our undoing? BRIE Working Paper 2014-6. Internet: <http://www.brie.berkeley.edu/wp-content/uploads/2015/02/Where-Will-Work-Come-from-in-the-Era-of-the-Cloud-and-Big-Data.pdf> [zuletzt aufgesucht am 09.07.2015]