

Daniela Ahrens¹

**Neue Anforderungen im Zuge der Automatisierung von Produktionsprozessen:
Expertenwissen und operative Zuverlässigkeit**

Abstract: Mit Blick auf die durch die Digitalisierung entstehenden neuen Arbeitsprozesse und damit verbundenen Kompetenzanforderungen an die Beschäftigten bleiben die Aussagen im Industrie 4.0-Diskurs eher vage. Der Beitrag diskutiert anhand erster empirischer Ergebnisse des BMBF-Projekts „Berufliche Professionalität im produzierenden Gewerbe“ sich wandelnde Aufgaben und Kompetenzanforderungen der mittleren Qualifizierungsebene. Ziel des Aufsatzes ist es, die Diskussion um Industrie 4.0 auf der Arbeitsebene – Arbeiten 4.0 – mittels erster empirischer Daten zu konkretisieren. Die Rolle der menschlichen Arbeitskraft wird sich mittels Industrie 4.0 verändern. In welche Richtung dies gehen wird, ist noch ungewiss. Im Fokus stehen dabei die Kompetenzanforderungen auf der mittleren Qualifikationsebene.

1 Einleitung

Der strukturelle Wandel der Arbeitswelt ist eine verlässliche Konstante. Vor knapp vierzig Jahren titelte der Spiegel: „Die Computer-Revolution. Fortschritt macht arbeitslos“ (DER SPIEGEL 16/1978). Mittlerweile wissen wir, dass durch den flächendeckenden Einzug des Computers in die Arbeitswelt gleichermaßen neue Kompetenz- sowie Berufsprofile entstehen und sich das Substituierungspotenzial menschlicher Arbeit nicht allein aus der Technik ableiten lässt. Eine ähnlich auf- und angeregte Diskussion erleben wir gegenwärtig hinsichtlich der Wirksamkeiten einer vierten industriellen Revolution. Wirtschafts- und Technikverbände ebenso wie das Bundesministerium für Bildung und Forschung verkünden gegenwärtig eine vierte industrielle Revolution. Es wäre die erste Revolution, die bereits vorab postuliert wird:

„Für das verarbeitende Gewerbe bedeutet die Einführung cyber-physischer Systeme einen Epochenbruch, der nur mit den drei großen industriellen Revolutionen vergleichbar ist, die den Weg in die moderne Industriegesellschaft geebnet haben: der Einführung der Dampfmaschine Ende des 18. Jahrhunderts, der Erfindung des Fließbands als Voraussetzung für die industrielle Massenfertigung Ende des 19. Jahrhunderts und schließlich der Entwicklung der elektronischen Steuerung als Treiber der Industrieautomatisierung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Aus der nun anstehenden vierten Industrierevolution wird schon in einigen Jahren die „Industrie 4.0“ hervorgehen“ (BMBF 2013: 10).

Die technischen Potenzialitäten der Automatisierung und Digitalisierung sowie die Möglichkeit der Verknüpfung von virtueller und stofflicher Welt markieren einen wesentlichen Unterschied zu der Debatte vor rund zwanzig Jahren. Während in dem 1994 erschienenen Sonderband der „Sozialen Welt“ zum Thema „Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit“ (Beckenbach/van Treeck 1994) der Fokus auf betrieblichen Rationalisierungsstrategien lag, bezieht sich die gegenwärtige Debatte zum Wandel der Arbeit in erster Linie auf die technischen Potenzialitäten. Im Mittelpunkt stehen die

¹ Dr. Daniela Ahrens, Institut Technik & Bildung, Universität Bremen. E-Mail: dahrens@uni-bremen.de.

Cyber-Physischen Systeme (CPS), die als Weichensteller auf dem Weg zur vermeintlichen Industrie 4.0 betrachtet werden.

„Cyber-Physical Systems (CPS) sind gekennzeichnet durch eine Verknüpfung von realen (physischen) Objekten und Prozessen mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze“ (Geisberger/Broy 2012).

CPS können über Sensorik unmittelbar physikalische Daten erfassen und durch Aktorik auf physikalische Vorgänge wirken. Anspruch der CPS-Vernetzung ist es, auf Veränderungen in der Wertschöpfungskette oder dem Marktumfeld in Echtzeit zu reagieren. In den Produktionswelten von morgen tauschen Produkte, Maschinen und Betriebsmittel eigenständig Informationen aus und steuern sich selbstständig in Echtzeit. Folgt man dieser Vorstellung, entsteht schnell der Eindruck einer machine-to-machine-communication. Visionen gehen dahin, dass es zukünftig möglich sei, dass die Objekte miteinander „verhandeln“, um den effizientesten Ablauf sicherzustellen (Bauernhansl 2013: 30).

Derzeit ist Industrie 4.0 allerdings noch „mehr Diskurs als Realität“ (Pfeiffer/Suphan 2015: 205). Sabine Pfeiffer entzaubert in ihrer Diskursanalyse die vielzitierten revolutionären Umbrüche durch Industrie 4.0 und betont, dass es „die“ Industrie 4.0 nicht gibt (Pfeiffer 2015a: 19). Nicht die technischen Potenzialitäten, sondern Fragen der Wirtschaftlichkeit, der Produktkomplexität, der Wertschöpfungskette und bereits vorhandene Produktionstechnologien leiten als zentrale Faktoren die betrieblichen Umsetzungsmöglichkeiten neuer Technologien. Dass der Begriff „Industrie 4.0“ noch nicht bei den Unternehmen „angekommen“ ist, bestätigen auch die Ergebnisse einer Befragung bei rund 660 Unternehmen des produzierenden Gewerbes. Lediglich 16 Prozent der befragten Unternehmen gaben an, dass ihnen die Bedeutung Cyber-Physischer Systeme bekannt sei (Ganschar et al. 2013). Optimistischer ist hingegen eine Bitkom-Studie. Danach nutzen bereits vier von zehn Unternehmen in den industriellen Kernbranchen (Automobilindustrie, Maschinenbau, chemische Industrie, Elektroindustrie) Industrie 4.0-Anwendungen. Allerdings zeigen auch rund 14 Prozent der befragten Unternehmen kein Interesse an Industrie 4.0 (Holz 2015; Franken 2015). Ein ähnliches Ergebnis liefert eine Umfrage des Instituts für Angewandte Arbeitswissenschaft bei Fach- und Führungskräften der Mitgliedsunternehmen der Arbeitgeberverbände der Metall- sowie Elektroindustrie². Danach ist der Begriff Industrie 4.0 zwar 90 Prozent der Befragten bekannt, doch nur rund ein Drittel der Befragten hat auch ein Bild vor Augen, was mit Industrie 4.0 gemeint ist (ifaa 2015).

Die inflationäre Verbreitung des Begriffs Industrie 4.0 korrespondiert also keineswegs mit einem entsprechenden technologischen Status Quo. Im Gegenteil: Es handelt sich vielmehr um ein „professionelles Agenda-Building“ (ebd.: 20), das maßgeblich vom Weltwirtschaftsforum (WEF, World Economic Forum)³ initiiert wurde:

² Insgesamt nahmen 498 Personen an der Befragung teil.

³ In den Medien ist das Weltwirtschaftsforum alljährlich durch seine Treffen in Davos präsent. Finanziert wird das Forum durch seine rund 1000 Mitgliedsunternehmen. Seit 2005 bezahlt jedes Mitgliedsunternehmen eine Basis-

„Nicht primär technische Machbarkeiten haben Industrie 4.0 in Gang gebracht, sondern die von Eliten der Wirtschaft als relevant herausgestellten ökonomischen Notwendigkeiten“ (ebd.: 23).

Die Vermutung liegt daher nahe, dass gegenwärtige Industrie 4.0-Szenarien mehr über ihre Beobachter und deren normative Grundausrichtung aussagen als über die empirische Wirklichkeit.

Dennoch lässt sich sagen, dass mit den Begriffen „Industrie 4.0“ und „Arbeit 4.0“⁴ die Selbstbeschreibung der Gesellschaft als wissensbasierte Dienstleistungsgesellschaft abgelöst wird, und die industrielle Arbeit sowie die Produktionsprozesse – genauer: deren Automatisierung und Digitalisierung – in den Vordergrund rücken. Und dies obgleich Daniel Bell bereits Anfang der 1970er Jahre die postindustrielle Gesellschaft (Bell 1973) verkündet hatte. Dass wir Zeugen eines strukturellen Wandels der Erwerbsarbeit sind, ist unstrittig. Offen und durchaus widersprüchlich sind die Ausprägungen dieses Wandels. Hirsch-Kreinsen (2015) zieht in seiner tour d’horizon zur gegenwärtigen Diskussion um den Wandel von Arbeit angesichts zunehmender Digitalisierung und Automatisierung das Fazit, dass pauschale Antworten zu kurz greifen, dass es weniger um die Substituierung, sondern um die Ausdifferenzierung digitaler Arbeit geht. Digitalisierung von Arbeit lässt sich im Anschluss an Hirsch-Kreinsen als

„Informatisierung von Arbeit, die zu einer steigenden Verfügbarkeit einer großen Vielfalt von Informationen über laufende Prozesse führt“ (Hirsch-Kreinsen 2015: 9)

verstehen⁵.

Mit Blick auf die durch die Digitalisierung entstehenden neuen Arbeitsprozesse und damit verbundenen Kompetenzanforderungen an die Beschäftigten bleiben die Aussagen im Industrie 4.0-Diskurs eher vage. Die Schlagworte „Industrie 4.0“ und „Arbeit 4.0“ wecken ebenso viele Verheißungen wie Befürchtungen. Hoffnungen richten sich auf humanere Arbeitsbedingungen beispielsweise durch den Einsatz von soft robotics ebenso wie auf neue Möglichkeiten der Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben. Dem gegenüber stehen Ängste vor zunehmender Substituierung von Arbeitsplätzen durch immer intelligentere Technik und die Sorge um den gläsernen Mitarbeiter aufgrund digitaler (Leistungs-)überwachungstechnologien (Möller 2015).

Eine Studie des Fraunhofer-Instituts IAO im produzierenden Gewerbe unterstreicht die Bedeutung von Qualifizierung und Kompetenzentwicklung bei der Einführung von Industrie 4.0, bleibt aber bei den Qualifikationsanforderungen recht allge-

Jahresmitgliedsgebühr von 42.500 CHF und eine Gebühr von 18.000 CHF für die Teilnahme ihres Präsidenten am Jahrestreffen in Davos.

⁴ Im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales wurde im April 2015 das Grünbuch „Arbeiten 4.0“ herausgegeben. Als eine Art Gegenentwurf zum technologischen Bias der Plattform Industrie 4.0 steht hier der gesellschaftliche Dialog mit Sozialpartnern und Wissenschaftlern im Vordergrund. Dabei geht es unter anderem auch um die Frage nach einem neu zu definierenden Normalarbeitsverhältnis (BMAS 2015: 51), das die möglich gewordenen zeitlichen Flexibilitätspotenziale ebenso berücksichtigt wie sich ausdifferenzierende Gestaltungsspielräume zwischen Arbeit und Familie.

⁵ In der Wirtschaftsinformatik unterscheidet man zwei Interpretationen von Digitalisierung. Erstens Digitalisierung als die Überführung von Informationen von einer analogen in eine digitale Speicherung; zweitens den Prozess, der durch die Einführung digitaler Technologien bzw. der darauf aufbauenden Anwendungssysteme hervorgerufenen Veränderungen (Hess 2013). Die Debatte um Industrie 4.0 adressiert in erster Linie die zweite Interpretation. Digitalisierung beschränkt sich heute nicht mehr auf die Effizienzsteigerung administrativer Tätigkeiten, sondern auf die Vernetzung mit Kunden und Lieferanten sowie zwischen den Unternehmen.

mein. Angesprochen wird die Notwendigkeit zum lebenslangen Lernen, einem stärkeren interdisziplinären Denken und IT-Kompetenz (Schlund et al. 2014: 7). Ähnlich auch die Schlussfolgerungen der Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft, welche die Hightech-Strategie der Bundesregierung begleitet: In ihren Umsetzungsempfehlungen für das „Zukunftsprojekt Industrie 4.0“ prognostizieren die Autoren, dass den Beschäftigten ein sehr hohes Maß an selbstgesteuertem Handeln, kommunikativen Kompetenzen und Fähigkeiten zur Selbstorganisation abverlangt sowie die subjektiven Fähigkeiten und Potenziale der Beschäftigten noch stärker gefordert werden. Ob sich die damit verbundene Hoffnung auf

„qualitative Anreicherung, interessante Arbeitszusammenhänge, zunehmende Eigenverantwortung und Selbstentfaltung“ (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft 2012: 57)

einstellt, ist bislang jedoch noch völlig ungewiss. Zwar konstatiert der Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, dass der „Mensch im Mittelpunkt“ (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft 2012: 99) zukünftiger intelligenter Produktionsprozesse stehen wird, doch noch verbleiben solche Formeln im Allgemeinen. Insgesamt ergibt sich ein uneinheitliches Bild über zukünftige Arbeitswelten.

„Idealisierende Zukunftsvisionen von Industriearbeit stehen eher pessimistischen Trendaussagen gegenüber“ (Ittermann et al. 2015: 35).

Automatisierung allein ist jedoch keine hinreichende Voraussetzung, um auf die Ab- oder Aufwertung von Tätigkeiten zu schließen (Hirsch-Kreinsen 2015: 18). Es wird daher zu einer empirischen Frage, welche neuen Anforderungen an die Beschäftigten gestellt werden.

Der Beitrag diskutiert anhand erster empirischer Ergebnisse des BMBF-Projekts „Berufliche Professionalität im produzierenden Gewerbe“⁶ sich wandelnde Aufgaben und Kompetenzanforderungen der mittleren Qualifizierungsebene. Dem Projekt liegt die Ausgangsthese zugrunde, dass sich durch den Einsatz neuer Technologien die Arbeitsprozesse sowie die Arbeitsorganisation verändern und infolgedessen Fragen der Kompetenzentwicklung virulent werden. Durch Befragungen, Experteninterviews, Arbeitsplatzbeobachtungen⁷ und Interviews mit Fachkräften, Technikern, Meistern und Ingenieuren sowie Vertretern des Betriebsrates sind wir in der ersten Projektphase der Frage nachgegangen, welche Kompetenzanforderungen sich an Fachkräfte in technologie- und wissensbasierten Produktionsprozessen heute stellen. We-

⁶ Das Verbundprojekt Professio (www.professio.de) wird im Förderschwerpunkt „Betriebliches Kompetenzmanagement im demografischen Wandel“ vom BMBF gefördert und vom Projektträger DLR betreut. Laufzeit des Projektes: 01.10.2014 bis 30.09.2017.

⁷ Die Arbeitsplatzbeobachtungen wurden mit dem Betriebsrat abgestimmt und erfolgten offen mit Hilfe eines Beobachtungsleitfadens (Gniewosz 2015). Sie fanden halb- oder ganztätig statt und wurden von zwei Mitarbeitern durchgeführt, die ein sozial- bzw. ingenieurwissenschaftliches Studium absolviert hatten. Die Beobachtungen konzentrierten sich auf das konkrete Vorgehen des/der Mitarbeiters/-in im Arbeitsprozess, insbesondere auf den Umgang mit Störungen (notwendige Arbeitsgegenstände, Kommunikation mit Kollegen und Kolleginnen). Die Beobachtungen wurden – wenn es der Arbeitsprozess zuließ – durch Interviews ergänzt. Die Ergebnisse der Interviews sowie Beobachtungen der Arbeitsprozesse wurden im weiteren Untersuchungsverlauf den Beschäftigten vorgestellt und mit ihnen diskutiert. Diese Partizipation der Beteiligten gewährleistet eine höhere Akzeptanz und Passgenauigkeit für die im Projektverlauf zu entwickelnden arbeitsprozessorientierten Methoden der Kompetenzentwicklung.

sentliche Themenfelder der Interviews waren: Veränderungen der Arbeitsaufgaben durch Automatisierung und Digitalisierung sowie der Umgang mit Störungen und damit einhergehenden Zuständigkeiten bei der Störungsanalyse und -bewältigung. Letzteres zielt insbesondere auf die Frage, inwieweit es zu einer Verlagerung von Aufgaben und damit auch von Kompetenzbereichen zwischen beruflich qualifizierten Fachkräften und Ingenieuren kommt. Die Arbeitsbereiche umfassten die Produktionstechnik und die Instandhaltung. Die im Beitrag diskutierten Zwischenergebnisse haben explorativen Charakter und zielen darauf ab, die bislang eher vagen Annahmen über sich wandelnde Anforderungen im Zuge fortschreitender Digitalisierung zu konkretisieren. Ziel des Beitrages ist es, die bislang getrennt geführten Diskurse zu Industrie 4.0 und damit verbundene technologische als auch arbeitsorganisatorische Veränderungen und den Wandel an Kompetenzanforderungen zu verknüpfen.

2 Kompetenzanforderungen in automatisierten Arbeitsumgebungen: Spezialisierung und operative Zuverlässigkeit

Annahmen über umfassende autonome Produktionssysteme sind wenig realistisch (Hirsch-Kreinsen 2013). Auch ein hohes Automatisierungsniveau geht nicht mit der Vision einer menschenleeren Fabrik einher. Dass sich im Zuge fortschreitender Automatisierung und echtzeitorientierter Steuerung Arbeitsorganisationen, Arbeitsprozesse und Arbeitsinhalte ebenso wandeln wie die Interaktion sowie Kommunikation zwischen Mensch und Technik, ist unstrittig. Über das „Wie“ liegen bislang jedoch kaum empirische Ergebnisse vor (Bauer/Schlund 2015). Unsere Untersuchung zeigte, dass das „Wie“ maßgeblich von den Erwartungen abhängt, die an die neuen Technologien geknüpft werden. In dem von uns untersuchten Betrieb erhofft man sich durch die Automatisierung und Digitalisierung der Produktionsprozesse eine höhere Effektivität sowie eine Reduzierung der Fehleranfälligkeit entsprechend der Devise „je mehr Automatisierung, desto weniger Fehler“. Diese Funktionen der Technisierung von Arbeit haben zu einer Substituierung von Einfacharbeiten geführt, da beispielsweise kontrollierende Tätigkeiten – etwa die Qualitätskontrolle – jetzt durch Kamerasysteme ausgeführt werden. Diese Form der Technisierung, in der Aufgaben der Beschäftigten als potenzielle Fehlerquellen betrachtet werden, stößt spätestens bei der Störungsanalyse und -bewältigung an ihre Grenzen, da dieses Wissen und Expertise der Beschäftigten voraussetzen. Unsere Befragungen und Arbeitsplatzbeobachtungen zeigten, dass insbesondere die Störungsanalyse und -behebung eine hohe fachliche Herausforderung darstellen. Fehleranalysen werden gleichermaßen einfacher als auch anspruchsvoller und voraussetzungsvoller. Zwar gingen – so die Aussagen der Betriebsingenieure – die Produktfehler zurück, die Anlagenfehler hingegen werden komplexer. Es vollzieht sich insofern ein Wandel in der Fehlerqualität, dass die Fehler an der Anlage vielfach individuell sind: jede Maschine ist einzigartig und für einen gewissen Zweck konstruiert sowie programmiert. Standardisierte Lösungsstrategien können daher immer seltener Abhilfe schaffen und die Störungssuche wird aufwändiger. Die „Individualisierung“ der Anlagenfehler geht einher mit einer steigenden Komplexität, sodass neben dem Erfahrungswissen der Fachkräfte vielfach spezielles Expertenwissen – etwa für Lasertechnologie oder Robotik – zur Fehlerbehebung

notwendig wird. Die Folge ist, dass Probleme und Störungen zunehmend informationstechnischer Natur sind. Sie sind damit abstrakt und können immer weniger durch das körpergebundene, auf die sinnliche Wahrnehmung rekurrierende Erfahrungswissen bewältigt werden. Die Folge ist, dass hochautomatisierte Anlagen von den Fachkräften vielfach als eine Art „Geistermaschine“ empfunden werden, bei der sie zwar die Bedienelemente nutzen, ohne jedoch immer über das entsprechende Kontextwissen zu verfügen. Diese Beobachtungen knüpfen an die von Bainbridge bereits Anfang der 1980er Jahre formulierten Ironien der Automatisierung (Bainbridge 1983) an: Die Fachkräfte stehen vor der Herausforderung, dass ihnen durch die Automatisierung die konkreten Prozessschritte vielfach intransparent bleiben, sodass sich die „funktionale und informationelle Distanz“ (Hirsch-Kreinsen 2014: 2) vergrößert, gleichzeitig jedoch benötigen sie ein „Anlagenwissen“ – das Wissen darüber, wie die elektronischen, mechanischen, informationstechnischen Komponenten zusammenspielen und wo potenzielle Fehlerquellen liegen – um Störungen zu beheben. Angesprochen ist hier beispielsweise die Kompetenz, visuelle Signale aus der Maschinensteuerung – etwa digitale Fehleranzeigen oder Anzeigen der Prozessvisualisierung – zu interpretieren, zu priorisieren und entsprechende Aktionen einzuleiten. Dies beinhaltet beispielsweise auch, Anlagenfehler gemeinsam mit der Rufbereitschaft zu finden und zu beheben. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine Einschätzung des Problems. Dafür muss die Fachkraft nicht nur die Symptome der Störung über das Telefon nachvollziehbar beschreiben, sondern auch die mündlichen Hilfestellungen an der Anlage umsetzen können.

Grundlage der Störungssuche wird ein vernetztes Denken in komplexen Bedingungsfeldern. „Neu“ an der Automatisierung und Digitalisierung der Produktionsprozesse ist vielfach deren Unbestimmtheit hinsichtlich der tatsächlichen Problemlage, der daraus resultierenden Lösungsmöglichkeiten sowie der tatsächlich umsetzbaren Lösungen. Der Umgang mit Komplexität lässt sich mit Weyer und Grote (2012: 191) dahingehend konkretisieren, dass sich komplexe Systeme dadurch auszeichnen,

„dass sie aus einer großen Zahl von Komponenten bestehen, deren Mechanismen des Zusammenspiels auf der Mikroebene noch bekannt sind, aber auf der Makroebene vielfach überraschende und nicht vorhersehbare Effekte produzieren. Merkmale komplexer Systeme sind ihre Unvorhersehbarkeit und die Nicht-Kontrollierbarkeit der ablaufenden Prozesse“ (Weyer/Grote 2012: 191).

Damit verändern sich die Aufgabenzuschnitte bei den Bearbeitungsstrategien von Fehlern, Abweichungen vom Sollzustand sowie der Antizipation von Unwägbarkeiten. Unsere Untersuchungen zeigen, dass die beruflich qualifizierten Fachkräfte bei der Störungsbewältigung insbesondere dann auf die Ingenieure angewiesen sind, wenn sich die Fehlerursache nicht eindeutig lokalisieren lässt oder wenn der Fehler in der Anlagensteuerung liegt. Für das Aufgabenspektrum der Fachkräfte bedeutet dies, dass die Bedienung der Anlagen, deren Inbetriebnahme und Aufgaben der Umrüstung nach wie vor in ihren Kompetenzbereich fällt, die Bewältigung von Störungen sich jedoch zunehmend zu einer ingenieurwissenschaftlichen Aufgabe entwickelt. Gleichzeitig wird in den Interviews jedoch betont, dass dies keineswegs mit einer Dequalifizierung der mittleren Qualifizierungsebene einhergeht, sondern stattdessen

Kompetenzen der „Routinefestigkeit“ und der „operativen Zuverlässigkeit“ an Bedeutung gewinnen. Dazu gehören beispielsweise die Planung der Auftragsabfolge⁸ sowie die Sicherstellung des laufenden Betriebs. Für die Fachkräfte liegt somit die Anforderung darin, komplexe Anlagen am Laufen zu halten. Gefragt ist

„das Können, verschiedene Produktions- und Prozessschritte ökonomisch effektiv und unter Qualitätsgesichtspunkten robust aufeinander einzuspielen“ (Pfeiffer 2015: 33).

Ob diese Fähigkeiten aber als charakteristische Fähigkeiten für die Facharbeitsebene ausgewiesen werden – wie Pfeiffer (2015) betont – oder aber durch akademisch qualifizierte Personen erfolgen, ist in hohem Maße davon abhängig, wie die betriebliche Einbettung moderner Technologien erfolgt. Unsere bisherigen Ergebnisse zeigen, dass die Prozessverantwortung eher auf der Ingenieurs- als auf der Facharbeiterebene liegt. Wenn, wie in dem hier beschriebenen Fall eine technikzentrierte Sicht für die Prozessoptimierung handlungsleitend ist, rücken die Gestaltungspotenziale der Digitalisierung und Vernetzung in den Hintergrund.

3 „Verkehrter Achter“

Für die zukünftige Arbeitswelt entwirft Hirsch-Kreinsen zwei Organisationsmodelle: die polarisierte Organisation und die Schwarmorganisation. Letztere kennzeichnet sich durch eine „lockere Vernetzung sehr qualifizierter und gleichberechtigt agierender Beschäftigter“ (2014: 4).

„Zentrales Merkmal dieses Musters ist, dass es keine definierten Aufgaben für einzelne Beschäftigte gibt, vielmehr ist die Arbeitsteilung zwischen den Beschäftigten fließend, das Arbeitskollektiv selbst organisiert und in hohem Maße informell, hoch flexibel und situationsbestimmt“ (Hirsch-Kreinsen 2015: 12).

In der polarisierten Organisation hingegen kommt es zu einer Kluft zwischen einer geringen Zahl von Beschäftigten für einfache Tätigkeiten mit wenig oder keinem Handlungsspielraum – die standardisierte Überwachungs- und Kontrollaufgaben ausführen – und einer steigenden Zahl hoch qualifizierter Experten und technischer Spezialisten, deren Qualifikationsniveau deutlich über dem bisherigen Facharbeiterniveau liegt. Anzunehmen ist, dass die empirische Wirklichkeit zwischen diesen Polen liegt – dass es gleichermaßen Schwarm- als auch polarisierende Tendenzen in der Arbeitsorganisation geben wird. Vernachlässigt werden in diesen Szenarien vielfach die vorhandenen betrieblichen Strukturen, und hier insbesondere die Konsequenzen operativer Dezentralisierung, die organisationalen Beharrungskräfte sowie die damit verbundenen Kompetenzclaims. In unserer Studie haben wir danach gefragt, ob und welche Veränderungen sich in der Arbeitsorganisation zwischen beruflich Qualifizierten und Ingenieuren vollziehen. Dabei zeigte sich, dass diese Frage nicht losgelöst von den betrieblichen Reorganisationskonzepten und Lean Management-Methoden betrachtet werden kann. Durch die Einführung verschiedener Lean-Methoden wie etwa Operational Excellence als Optimierungsprogramm – das alle Prozesse auf Kundenbedürfnisse, Qualität und Effizienz ausrichtet – rücken die Be-

⁸ Zwar gibt die Produktionsplanung Fertigungslose und eine Rüstreihenfolge für die einzelnen Tage vor, aber es wird erwartet, dass die Fachkräfte selbstständig von der Reihenfolge abweichen, wenn dadurch Rüstzeiten eingespart werden können.

schäftigten als Bestandteil sowie treibende Kraft des fortwährenden Entwicklungs- und Verbesserungsprozesses in den Vordergrund. Es geht im Sinne eines ganzheitlichen Produktionssystems um das abgestimmte Zusammenspiel von Qualitätsmanagement, Lean Management, Prozessmanagement, Führung (im Sinne von Leadership-Excellence), Teamwork, Verbesserungsmanagement, Kommunikation und Motivation. Gleichzeitig erhöht sich durch die Digitalisierung der Produktionsprozesse die Menge an Dokumenten und elektronischen Daten. Für die Beschäftigten – und hier insbesondere auf der Technikerebene – steigen damit nicht nur die Kooperations- und Kommunikationsarbeit, sondern auch die Analyse, Interpretation sowie Dokumentation der zunehmenden Prozessdaten. Stellvertretend hierzu die Aussage eines Technikers, der den Wandel in Analogie zum Rudersport anhand des Bildes des „verkehrten Achters“ beschreibt:

„Früher ruderten acht und einer steuerte, heute ist es umgekehrt: acht steuern, einer rudert“.

Da in den Unternehmen die „Musik nicht mehr ausschließlich von vorne kommt“, ist eine Erweiterung des Aufgabenspektrums der Fachkräfte zu beobachten, wie sie in dem folgenden Interviewzitat deutlich wird:

„Denn es ist ja eben nicht mehr so wie früher, die Musik von vorne. Also irgendwie autoritär geführte Organisation, sondern das läuft mittlerweile ganz anders. Dem Mitarbeiter wird schon sicherlich einiges abverlangt, Strukturierung und Priorisierung von Aufgaben, Antizipation von Problemen, „aktives Mitdenken“, vernetztes Denken, aber eben auch das Thema Mitdenken (...) heute ist die aktive Beteiligung an Prozessen gewünscht.“

Zukünftig werden die Fachkräfte mehr überwachen, steuern, Probleme identifizieren und beheben, koordinieren, managen – und weniger drehen, fräsen und bohren. In den Interviews wurde deutlich, dass insbesondere die mittleren Führungskräfte mit wachsenden administrativen Tätigkeiten und Dokumentationsaufgaben konfrontiert sind. Die enorme Kennzahlenorientierung sowie die synchrone Dokumentation von Material- und Informationsflüssen führen zu einer Intensivierung der innerbetrieblichen Kommunikation zu den jeweiligen Zielparametern über die verschiedenen Hierarchiestufen hinweg. Dabei komme – so die Aussagen der Interviewten – neben dem berufsfachlichen Wissen zunehmend kaufmännisches Wissen (insbesondere der Umgang mit Abrechnungssystemen, Budgetplanung und -verwaltung) sowie Kenntnisse im Arbeitsrecht zum Tragen. An die Fachkräfte werden neue Anforderungen hinsichtlich des „unternehmerischen Denkens“ („Organisation lernen“) gestellt. Die Fachkräfte sehen sich dabei mit widersprüchlichen Anforderungen konfrontiert: Auf der einen Seite die Zunahme einer diskursiven Koordinierung, auf der anderen Seite das Verfolgen einer marktorientierten Steuerungslogik durch die Kennzahlenorientierung.

Konkret zeigt sich dies in der Zunahme projektorientierten Arbeitens. Aufgrund ihrer Unterschiedlichkeit lässt sich Projektarbeit nur schwer eindeutig bestimmen. Allgemein lassen sich Projekte als

„zeitlich befristete und ergebnisorientierte Kooperationszusammenhänge zur Bewältigung nicht-alltäglicher Aufgaben“ (Minssen 2012: 87)

kennzeichnen. Da Projektarbeit in der Regel als „add-on“ zum Alltagsgeschäft erfolgt, wird eine systematische Herangehensweise an die Projektumsetzung umso notwendiger. Neben Fragen der Strukturierung und Priorisierung von Aufgaben wird dabei der Aspekt der Mitarbeiterführung als besonders herausfordernd betrachtet. Projektarbeit erfolgt vielfach in abteilungsübergreifenden Gruppen, wobei die Rolle der Projektleitung nicht mit der Rolle des fachlichen Vorgesetzten zusammenfallen muss. Da sich Führung in der Projektarbeit vielfach nicht aufgrund der Hierarchie legitimiert, muss sie durch Argumente immer wieder neu hergestellt und stabilisiert werden. Neben dem berufsfachlichen Wissen erfordert projektorientiertes Arbeiten daher zusätzliche methodische sowie soziale Kompetenzen der Beschäftigten. Angesprochen sind hier beispielsweise Anforderungen hinsichtlich der Planung (insbesondere: Termine, Material, Aufwand, Kosten) sowie der Präsentation von Projekt(zwischen-)ergebnissen vor Gruppen unterschiedlicher Größe und Zusammensetzung einschließlich der Schulung der Beschäftigten bezüglich der Projektergebnisse.

Auffällig ist hier die Parallele zu der Diskussion am Ende der 1990er Jahre. In ihrer „Facharbeiterstudie“ hinterfragte die Autorengruppe des Soziologischen Forschungsinstituts SOFI (Baethge et al. 1998) die berufs- und funktionsbezogene Arbeitsorganisation angesichts deren zunehmender Prozessorientierung. In Abgrenzung zum eher industriegesellschaftlich geprägten „Herstellungsarbeiter“ werden – so die These der Autoren – neue Anforderungen an die berufliche Facharbeit durch die Qualifikationsprofile „Systemregulierer“ und „Problemlöser“ notwendig. Während beim industriegesellschaftlich (Industrie 2.0?) geprägten „Herstellungsarbeiter“ noch handwerkliche Präzision und durch langjährige Berufspraxis erworbenes Erfahrungswissen über Eigenschaften von Stoffen sowie Methoden ihrer Bearbeitung (Baethge et al. 1998: 86) zentral sind, kennzeichnen sich die Aufgaben des „Systemregulierers“ (ebd.) durch ein Verständnis für ökonomische Zusammenhänge wie auch erweiterte Wissensqualifikationen (Methodenkompetenz, Fähigkeit zur Wissensaneignung, Analyse- und Interpretationsvermögen). Eine zentrale Überlegung in diesem Zusammenhang war, dass sich die Aufgabenprofile der Facharbeiter zugunsten einer stärkeren Prozessorientierung verändern, dass Problembekämpfung, Überwachung und Regulierung der Arbeitssysteme ebenso nachgefragt werden wie die Adaption von Fehlern und Störungen sowie die kontinuierliche Optimierung des Arbeitsprozesses. Lohnenswert ist der Blick auf die damalige Diskussion mindestens in dreierlei Hinsicht. Erstens werden auch in der aktuellen Debatte neue Qualifikationsprofile diskutiert (Ahrens/Spöttl 2015; Frenz et al. 2015). Zweitens lässt sich eine Parallele zur Prozessorientierung und Prozessverantwortung ziehen, wobei im Kontext von Arbeit 4.0 eine andere Schwerpunktsetzung erfolgt. Während die Autorengruppe um Baethge (Baethge et al. 1998) ihre Argumentation auf die zunehmende Prozessorientierung auf der Organisationsebene stützte und als Gegenentwurf zur tayloristischen Arbeitsorganisation formulierte, geht es heute um die Frage der Prozessorientierung auf der Organisations- und Handlungs- bzw. Aufgabenebene aufgrund der technischen Vernetzung. Drittens steht heute wie damals die Frage nach einer innovativen Arbeitspolitik im Raum, allerdings unterscheiden sich die Legitimations Hintergründe: Die damalige Debatte lässt sich als die Weiterführung des Mitte der 1970

Jahre gestarteten staatlichen Forschungsprogramms „Humanisierung der Arbeit“ (HdA) lesen. Dabei ging es um die Konturen einer posttayloristischen Arbeitsorganisation und um die Frage, inwieweit es zu einer Erosion beruflich organisierter Arbeit angesichts sich wandelnder Formen der Arbeitsorganisation kommt. Gerade Letzteres hat sich nicht bestätigt. Durch die Modernisierung der Ausbildungsberufe wurden die Berufsbilder vielmehr an die neue Entwicklung angepasst. Hervorzuheben ist, dass auch in der aktuellen Debatte nicht das Berufsprinzip in Frage gestellt wird, sondern sich der Blick auf die Identifizierung sich wandelnder Aufgabeninhalte der Fachkräfte richtet (Ahrens/Spöttl 2015). In diesem Kontext argumentiert auch die in den Jahren 2013 und 2014 durchgeführte Berufsfeldanalyse zu den industriellen Elektroberufen. Danach wird sich die Bedeutung von Technologien und Techniken, die bislang die (gewerblich technischen) Berufsfelder bestimmen (insbesondere: Mechatronik, Elektrotechnik, Mechanik, Automatisierungstechnik, Betriebstechnik) zugunsten neuer überfachlicher Kristallisationspunkte von Facharbeit relativieren (Zinke/Schenk 2014). Ein Ergebnis der Studie ist, dass betriebliche Rekrutierungspraktiken den Fokus weniger auf die Domänenzugehörigkeit legen (Elektro oder Metall), sondern ein system- und prozessorientiertes Berufsprofil bevorzugen. Der Legitimationshintergrund der gegenwärtigen Debatte um Industrie 4.0 als auch Arbeit 4.0 speist sich in erster Linie über die technologischen Potenzialitäten. Zentrale Akteure der Plattform Industrie 4.0 waren zu Beginn die Verbände BITKOM, VDMA sowie der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., kurz ZVEI (www.plattform-i40.de). Erst mit Beginn des Jahres 2015 erfolgte eine Umgestaltung der Plattform zugunsten einer stärkeren Einbeziehung der Gewerkschaften (IG Metall) und der Wissenschaft (Fraunhofer-Gesellschaft).

4 Fazit

Die Diskussion um Industrie 4.0 ist bislang in erster Linie eine ingenieurwissenschaftlich geführte Debatte – und dies obwohl der Mensch „im Mittelpunkt“ steht. Um die sozialen Herausforderungen verstehen zu können, ist der Fokus auf die konkrete Arbeitsprozessebene und sich wandelnde Aufgabenprofile von Fachkräften ebenso notwendig wie die Frage nach den Ausprägungen der Arbeitsorganisation, durch die technische Potenzialitäten „in Form“ gebracht werden. Auch wenn die hier vorgestellten empirischen Aussagen nur von begrenzter Reichweite sind, lässt sich erstens festhalten, dass im Zuge der Automatisierung und Digitalisierung von Produktionsprozessen die Gefahr einer Dequalifizierung bei beruflich qualifizierten Fachkräften besteht. Am Beispiel der Störungsanalyse und -bewältigung wurde aufgezeigt, dass sich im Zuge der Digitalisierung die Fehlerqualität verändert und in deren Folge vielfach die Verlagerung von Kompetenzen der Fachkräfte an akademisch qualifizierte Spezialisten erfolgt. Es kann als ein Downgrading in dem Sinne verstanden werden, dass die Fachkräfte die Anlagen nur bei störungsfreiem Verlauf bedienen, nicht aber komplexe Störungen bewältigen können. Hier entstehen neue Kompetenzanforderungen im Bereich der Elektro- und Automatisierungstechnik sowie Informatik zugunsten eines umfassenden Anlagenverständnisses. So bestätigen unsere bisherigen Untersuchungen die Annahmen steigender Qualifikationsanforderungen, die aber keineswegs allein die Facharbeiterebene adressieren, sondern vielmehr – so

unsere vorliegenden Analysen – zu einer Aufgabenverlagerung zwischen Facharbeitern und Ingenieuren führt.

Herkömmliche Qualifizierungsmaßnahmen können dieser Entwicklung nur unzureichend entsprechen, sodass ein arbeitsorientiertes Lernen an Bedeutung gewinnt. Zudem gehen Einschätzungen dahin, dass die in der Ausbildung erworbenen Wissensbestände im Berufsleben nur noch etwa zehn Jahre hinreichend aktuell sind (Stich et al. 2015: 112). In diesem Zusammenhang zeigen unsere Untersuchungen, dass Automatisierung nur in geringem Maße kompetenzaktivierend ist. Kompetenzentwicklung im Arbeitsprozess muss stattdessen über die Frage der Arbeitsorganisation erfolgen. Dies erscheint insbesondere mit Blick auf die Rede der überfachlichen Kompetenzen als bedeutsam, denn oft bleiben diese zu vage und benötigen eine arbeitsweltliche Einbettung.

„Kontexte bestimmen dabei nicht nur mit, was Kompetenzen sind, wem sie zugesprochen werden, wer welche Chancen erhält, Kompetenzen zu entwickeln. Sie geben auch Bedingungen dafür vor, wie Kompetenzen produziert und reproduziert werden können. Umgekehrt interpretieren Akteure Kontexte nicht nur im Handeln. Sie bringen die Kontexte auch aktiv mit hervor, schreiben diese durch ihre Aktivitäten mit fort oder verändern sie“ (Winderler 2014: 10).

Die Arbeitssoziologie könnte in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie das Verhältnis zwischen Technik und (Produktions-)Arbeit diskutiert. Mit der berechtigten Kritik an technikdeterministischen Ansätzen dominierten Ende der 1990er Jahre organisations- und subjektbezogene Ansätze. Technisierung wurde in erster Linie hinsichtlich ihrer betrieblichen Konsequenzen thematisiert und Informatisierung aus historischer Perspektive bereits vor dem Aufkommen von Computern als ein „Prozess der Rationalisierung von Arbeit“ (Kleemann/Matuschek 2008: 44) verstanden. Darüber, wie sich aktuell Arbeit und Technisierung wechselseitig „in Form bringen“ und welche Konsequenzen dies auf der Ebene der Arbeitsorganisation hat, liegen bislang kaum empirische Studien vor. Am Beispiel der Störungsbewältigung konnte in unseren Untersuchungen die Ambivalenz der Automatisierung und Digitalisierung aufgezeigt werden. Von besonderer Bedeutung ist hier erstens die Entgrenzung berufsfachlichen Wissens zugunsten eines komplexen Anlagenwissens. Zweitens führt die synchrone Dokumentation von Material- und Informationsflüssen zu einer Intensivierung der Kommunikation sowie zur Mitarbeit in abteilungsübergreifenden Projekten über verschiedene Hierarchiestufen hinweg. Angesprochen ist hier auch die Teilnahme an Runden zur Reflexion von Herausforderungen in den zu verantworteten Arbeitsprozessen – beispielsweise KVP-Runden, Qualitätszirkel zur Identifizierung qualitätsrelevanter Mängel, des Wartungsbedarfs etc. Da in den Unternehmen die „Musik nicht mehr ausschließlich von vorne kommt“, ist eine Erweiterung des Aufgabenspektrums der Fachkräfte in Richtung „Organisation gestalten“ zu beobachten.

Literatur

- Abel, J. et al. 2013: Wandel von Industriearbeit. Herausforderungen und Folgen neuer Produktionssysteme in der Industrie. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 32/2013, Dortmund
- Ahrens, D./Spöttl, G. 2015: Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, H. et al. (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden, S. 185-205
- Baethge, M. et al. 1998: Facharbeit – Auslaufmodell oder neue Perspektive? SOFI-Mitteilungen Nr. 26. Internet: http://sofi.uni-goettingen.de/fileadmin/SOFI-Mitteilungen/Nr._26/kupka-ua.pdf [zuletzt aufgesucht am 23.10.2015]
- Bainbridge, L. 1983: Ironies of Automation. In: Automatica Jg. 19, (6), S. 775-779
- Bauer, W./Schlund, S. 2015: Wandel der Arbeit in indirekten Bereichen – Planung und Engineering. In: Hirsch-Kreinsen, H. et al. (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden, S. 53-71
- Bauernhansl, T. 2013: Forschen für agile IT-Infrastrukturen. In: VDMA-Nachrichten März 2013, S. 30-31. Internet: http://www.vdma.org/documents/105628/1169735/03-2013+VDMA-Nachrichten_BP.pdf/7bd7949e-de7e-412d-afc3-ba011eba6af1 [zuletzt aufgesucht am 21.10.2015]
- Beckenbach, N./van Treeck, W. (Hg.) 1994: Umbrüche gesellschaftlicher Arbeit. Soziale Welt, Sonderband 9, Göttingen
- Bell, D. 1973: Die nachindustrielle Gesellschaft. Frankfurt a. M.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) 2015: Grünbuch Arbeiten 4.0. Berlin
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2013: Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Berlin. Internet: https://www.bmbf.de/pub/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf [zuletzt aufgesucht am 21.03.2016]
- DER SPIEGEL Nr. 16, 1978
- Franken, S. 2015: Arbeitswelt 4.0: Arbeit und Führung in der Industrie 4.0. In: Ders. (Hg.): Industrie 4.0 und ihre Auswirkungen auf die Arbeitswelt, Aachen, S. 112-154
- Frenz, M. et al. 2015: Industrie 4.0: Anforderungen an Fachkräfte in der Produktionstechnik. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP), (6), S. 12-16
- Ganschar, O. et al. (2013): Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Stuttgart
- Geisberger, E./Broy, M. (Hg.) 2012: Integrierte Forschungsagenda. Cyber Physical Systems. Acatech Studie März 2012, München
- Gniewosz, B. 2015: Beobachtung. In: Reinders, H. et al. (Hg.): Empirische Bildungsforschung. Wiesbaden, S. 109-117
- Heidmann, W. 2015: Trendbericht: Betriebliche Weiterbildung. 2. aktualisierte Ausgabe. Hans-Böckler-Stiftung Report Nr. 9. Düsseldorf
- Hess; T. 2013: Digitalisierung. In: Stichworte Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik: Online-Lexikon. Internet: <http://194.97.159.218:8080/wi-enzyklopaedie/lexikon/>

- technologien-methoden/Informatik--Grundlagen/digitalisierung/index.html [zuletzt aufgesucht am 23.10.2015]
- Hirsch-Kreinsen, H. 2000: Industriesoziologie in den 90ern. Arbeitspapier des Lehrstuhls Technik und Gesellschaft. Nr. 6/2000. Universität Dortmund.
- Hirsch-Kreinsen, H. 2012: Industrielle Einfacharbeit. In: Schilcher, C./Will-Zocholl, M. (Hg.): Arbeitswelten in Bewegung. Wiesbaden, S. 211-240
- Hirsch-Kreinsen, H. 2013: Industrie 4.0. Die menschenleere Fabrik bleibt eine Illusion. VDI-Nachrichten vom 20.09.2013
- Hirsch-Kreinsen, H. 2014: Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt? WISO Direkt, Dezember 2014. Internet: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11081.pdf> [zuletzt aufgesucht am 20.03.2016]
- Hirsch-Kreinsen, H. 2015: Digitalisierung von Arbeit: Folgen, Grenzen und Perspektiven. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 43/2015, Dortmund
- Holz, W. 2015: Vortrag bei der Pressekonferenz Industrie 4.0 auf der Hannover Messe. Internet: <https://www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2015/04-April/BITKOM-PK-Industrie-40-Vortrag-Holz-13-04-2015-final1.pdf> [zuletzt aufgesucht am 20.01.2016]
- Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (ifaa) (2015): Industrie 4.0 in der Metall- und Elektroindustrie. Düsseldorf
- Ittermann, P. et al. 2015: Arbeiten in der Industrie 4.0. Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf
- Kleemann, F./Matuschek, I 2008: Informalisierung als Komplement der Informatisierung von Arbeit. In: Funken, C./Schulz-Schaeffer, I. (Hg.): Digitalisierung der Arbeitswelt. Zur Neuordnung formaler und informeller Prozesse in Unternehmen. Wiesbaden, S. 43-69
- Lüdtke, A. 2015: Wege aus der Ironie in Richtung ernsthafter Automatisierung. In: Botthof, A./Hartmann, E. A. (Hg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin/Heidelberg, S. 125-146
- Minssen, H. 2012: Arbeit in der modernen Gesellschaft. Wiesbaden
- Möller, J. 2015: Verheißung oder Bedrohung? Die Arbeitsmarktwirkungen einer vierten industriellen Revolution. IAB-Discussion Paper 18. Internet: <http://doku.iab.de/discussionpapers/2015/dp1815.pdf> [zuletzt aufgesucht am 22.02.2016]
- Pfeiffer, S. 2010: Technisierung von Arbeit. In: Böhle, F. et al. (Hg.): Handbuch Arbeitssoziologie. Wiesbaden, S. 231-261
- Pfeiffer, S. 2015: Warum reden wir eigentlich über Industrie 4.0? Auf dem Weg zum digitalen Despotismus. In: Mittelweg 36, (6) „Von Maschinen und Menschen – Arbeit im digitalen Kapitalismus“, S. 14-36
- Pfeiffer, S. 2015a: Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung. ITA-manu:scripts ITA-15-03. Österreichische Akademie der Wissenschaften. Wien. Internet: http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_15_03.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, H. et al. (Hg.):

- Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Berlin, S. 203-228
- Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft (Hg.) 2012: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Berlin. Internet: http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Umsetzungsempfehlungen%20Industrie4.0_0.pdf [zuletzt aufgesucht am 21.10.2015]
- Schlund, S. et al. 2014: Industrie 4.0 – Eine Revolution in der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden. Ulm/Stuttgart
- Stich, V. et al. 2015: Arbeiten und Lernen in der digitalisierten Welt. In: Hirsch-Kreinsen, H. et al. (Hg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden, S. 109-131
- Schumann, M. 2013: Einleitung. Das Jahrhundert der Industriearbeit. In: Ders. (Hg.): Das Jahrhundert der Industriearbeit. Soziologische Erkenntnisse und Ausblicke. Weinheim/Basel, S. 7-42
- Weyer, J./Grote, G. 2012: Grenzen technischer Sicherheit. Governance durch Technik, Organisation und Mensch. In: Böhle, F./Busch, S. (Hg.): Management von Ungewissheit. Neue Ansätze jenseits von Kontrolle und Ohnmacht. Bielefeld, S. 189-212
- Windeler, A. 2014: Kompetenz. Sozialtheoretische Grundprobleme und Grundfragen. In: Windeler, A./Sydow, J. (Hg.): Kompetenz, Organisation und Gesellschaft. Wiesbaden, S. 7-18
- Zinke, G./Schenk, H. 2014: Berufsfeldanalyse zu industriellen Elektroberufen als Voruntersuchung zur Bildung einer möglichen Berufsgruppe (Abschlussbericht). BIBB. Internet: <https://www.bibb.de/dokumente/pdf/Workshopprotokoll-2014.pdf> [zuletzt aufgesucht am 10.12.2015]