

Industrie 4.0: Anforderungen an Fachkräfte in der Produktionstechnik



MARTIN FRENZ
Prof. Dr., Abteilungsleiter
Fachdidaktik, Institut für
Arbeitswissenschaft der RWTH
Aachen University



SIMON HEINEN
Dipl.-Ing., wiss. Mitarbeiter
am Institut für Arbeitswis-
senschaft der RWTH Aachen
University



CHRISTOPHER M. SCHLICK
Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Dipl.-Wirt.-Ing., Leiter des
Instituts für Arbeitswissen-
schaft der RWTH Aachen
University

Das öffentlich diskutierte Phänomen Industrie 4.0 fasst technologische Entwicklungen für Produktion und Logistik der Zukunft zusammen. Für die berufliche Bildung gilt es, daraus die Folgen hinsichtlich Qualifikationsanforderungen, Kompetenzentwicklung sowie Qualifizierungsmöglichkeiten abzuschätzen, neue Konzepte zu entwickeln und umzusetzen. In diesem Beitrag wird geklärt, was unter Industrie 4.0 im Kontext der beruflichen Bildung verstanden werden kann, was Studien der Qualifikationsforschung hierbei zu leisten vermögen und welche Aufgaben für die berufliche Aus-, Fort- und Weiterbildung vor diesem Hintergrund weiterverfolgt werden sollten.

Industrie 4.0

Auf tief greifende gesellschaftliche Veränderungen, ausgelöst durch technologische Möglichkeiten in der Produktion und Logistik, hat die Bundesregierung mit einem längeren strategischen Projekt *Industrie 4.0* reagiert: »Industrie 4.0 meint im Kern die technische Integration von cyber-physischen Systemen in die Produktion und die Logistik sowie die Anwendung des Internets der Dinge und Dienste in industriellen Prozessen – einschließlich der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Wertschöpfung, die Geschäftsmodelle sowie die nachgelagerten Dienstleistungen und die Arbeitsorganisation.« (KAGERMANN/WAHLSTER/HELBIG 2013, S. 18)

Neue Entwicklungen in der Mikroelektronik und Sensortechnologie ermöglichen eine neue Qualität der Vernetzung. Cyber-physische Systeme können über *Sensorik* physikalische Daten erfassen und durch eine *Aktorik* neue Prozesse auslösen, d. h. erfasste Daten von Prozessen und Objekten können ausgewertet und gespeichert und in weitere, neue Prozessschritte umgesetzt werden, sodass reale und digitale Welt interagieren. Die Verständigung zwischen den cyber-physischen Systemen untereinander erfolgt über Kommunikationseinrichtungen, deren verfügbare Datendienste prinzipiell weltweit nutzbar sind. Kundenbedarfe können – technologisch betrachtet – in kürzeren Durchlaufzeiten, mit einer hohen Liefertermintreue und zunehmender Produkt- und Prozessvariantenvielfalt bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit bedient werden.

Konsequenzen technologischer Möglichkeiten für den Arbeitsmarkt

Die Konsequenzen der technologischen Innovationen für die Zukunft der Arbeit werden zurzeit in der Bundesrepublik Deutschland z. B. vor dem Hintergrund der amerikanischen Studie von FREY/OSBORNE (2013) diskutiert. Die Studie erfuhr in den USA große Aufmerksamkeit, da nach ihrer Einschätzung derzeit 47 Prozent der Beschäftigten in den USA in Berufen arbeiten, die in den nächsten zehn bis 20 Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von 70 Prozent automatisiert werden können. Eine Übertragung der Studie auf Deutschland führte zu dem Ergebnis, dass 42 Prozent der Beschäftigten in Deutschland in Berufen mit einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit arbeiten (vgl. BONIN 2015). Diese Ergebnisse erfordern eine vorsichtige Interpretation vornehmlich aus zwei Gründen:

- Die technischen Potenziale standen im Design der Studie im Vordergrund und könnten daher überschätzt worden sein. Zurzeit wird zwar auch in Deutschland die vierte industrielle Revolution (Industrie 4.0) postuliert, obwohl sich die technologischen Entwicklungen sowie deren Durchdringung mit Konsequenzen für den Arbeitsmarkt noch in den Anfängen befinden.
- Das technische Automatisierungspotenzial ist nicht mit möglichen Beschäftigungseffekten gleichzusetzen, weil sich Arbeitsplätze in der Produktion verändern können, ohne ersetzt zu werden. Die Beschäftigten können die gewonnenen Freiräume nutzen, um andere oder neue,

schwer automatisierbare Aufgaben zu übernehmen. Selbst wenn die Automatisierung zu unmittelbaren Arbeitsplatzverlusten führt, können durch den Wandel neue Arbeitsplätze entstehen, z. B. für die Herstellung der beschriebenen neuen Technologien.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Automatisierungswahrscheinlichkeit für Geringqualifizierte größer ist und sich das Aufgabenspektrum menschlicher Arbeit voraussichtlich stärker auf komplexe, nicht automatisierbare Aufgaben mit höheren Qualifikationsanforderungen verschieben wird (vgl. BONIN 2015).

Auch weitere Stellungnahmen im Kontext von Industrie 4.0 prognostizieren für alle Beschäftigten, insbesondere für die mittlere Qualifikationsstufe, höhere Qualifikationsanforderungen aufgrund größerer Komplexität, Abstraktion und umfassenderer Problemlösungen, da das Zusammenspiel von cyber-physischen Systemen in umfassenden Gesamtprozessen zunehmen wird. Herausforderungen in der beruflichen Weiterbildung stellen einerseits geringqualifizierte Beschäftigte dar, deren Arbeitsplätze einer hohen Automatisierungswahrscheinlichkeit unterliegen. Um deren Beschäftigungsfähigkeit zu sichern, wären vorausschauende umfassende Maßnahmen notwendig.

Andererseits wird eine Verschiebung der Tätigkeiten auf der mittleren Qualifikationsebene notwendig sein, deren Veränderungen von der Promotorengruppe Industrie 4.0 (vgl. KAGERMANN/WAHLSTER/HELBIG 2013) bereits durch zwei Trends beschrieben werden: »Zum einen werden herkömmliche, stark arbeitsteilige Produktionsprozesse in eine veränderte Aufbau- und Ablauforganisation eingebettet und mit Entscheidungs-, Koordinierungs-, Kontroll- sowie begleitenden Dienstleistungsfunktionen angereichert werden. Zum anderen ist das Zusammenwirken virtueller und realer Maschinen, Anlagensteuerungen sowie Fertigungsmanagementsystemen zu organisieren und aufeinander abzustimmen.« (S. 59)

Zusammengefasst wird der Bedarf deutlich, im Rahmen von Industrie 4.0 Qualifikationsanforderungen, Kompetenzentwicklung sowie Qualifizierungsmöglichkeiten zu diskutieren (vgl. auch AHRENS/SPÖTTL 2015; WINDELBAND/DWORSCHAK 2015).

Qualifikationsforschung im Kontext einer Industrie 4.0

In bereits vorliegenden Studien der Qualifikationsforschung wird die Debatte zur Industrie 4.0 zumeist mit drei Entwicklungsszenarien für die Mensch-Maschine-Interaktion zusammengefasst (vgl. AHRENS/SPÖTTL 2015):

- **Werkzeugscenario:** Dieses Szenario beschreibt die Entwicklung von Expertensystemen mit Werkzeugcharakter für qualifizierte Fachkräfte, z. B. ein Assistenzsystem

für die Produktionsfeinplanung, welches Fachkräften im Fertigungsbereich ermöglicht, Aufgaben mit besonderen Anforderungen auf Basis von Erfahrungswissen wahrzunehmen.

- **Automatisierungsszenario:** Es fokussiert das Vordringen intelligenter, sich selbst steuernder Technologien bei Anlagen und Maschinen, Produktion und Logistik (mehr Entscheidungen werden an intelligente, hochautomatisierte Systeme delegiert, konkrete Prozessschritte werden im Fertigungsbereich intransparent, funktionale und informationelle Distanz tritt ein, Eingreifen bei Störungen durch Menschen wird immer schwieriger).
- **Hybridszenario:** Menschen und Maschinen arbeiten zusammen, sodass neue Interaktions- und Kooperationsformen entstehen, die zu neuen Anforderungen an Fachkräfte führen.

Cyber-physische Systeme ermöglichen es, Prozessdaten zu erfassen und zu visualisieren, um so den Menschen Einblick in die Systemkomplexität zu verschaffen. Das Potenzial des Hybridszenarios wird selbst durch die Promotorengruppe Industrie 4.0 erkannt und sie prognostiziert, dass Beschäftigte durch die technologischen Innovationen weniger als Maschinenbediener eingesetzt werden (vgl. KAGERMANN/WAHLSTER/HELBIG 2013). AHRENS/SPÖTTL (2015) beschreiben die Rolle der Fachkräfte in diesen Szenarien als Erfahrungsträger, Entscheider und auch Koordinatoren, um für die Gestaltung der Arbeitsprozesse die richtige Balance zwischen Effizienz und Flexibilität zu finden.

Das Hybridszenario unterstreicht, dass die Einführung vernetzter technischer Systeme keineswegs einer Logik technikkissenschaftlicher Rationalität folgen muss. Welches Szenario sich durchsetzen wird, hängt auch von unternehmensspezifischen Entscheidungen ab (vgl. BRÖDNER in diesem Heft). Die Technologien bzw. die Mensch-Maschine-Schnittstellen werden sich nicht einheitlich mit der gleichen Geschwindigkeit in unterschiedlichen Produktionsbereichen entwickeln und verbreiten. Um ein differenziertes Bild der notwendigen Qualifikationen zu gewinnen, ist Qualifikationsforschung in unterschiedlichen Anwendungsfeldern auf Tätigkeitsebene erforderlich. Erst wenn die Veränderungen und Herausforderungen in den Tätigkeitsfeldern bekannt sind, können die Folgen für die berufliche Bildung abgeschätzt werden, um über die Zukunft der Produktionsberufe und insbesondere über neue Konzepte für die berufliche Aus-, Fort- und Weiterbildung nachzudenken.

Tätigkeitsanalysen in der Produktionsorganisation

Fachkräfte in der industriellen Produktion nehmen neben typischen Tätigkeiten der Herstellung, Instandhaltung etc. immer mehr auch Aufgaben der Produktionsorganisation wahr (vgl. HEINEN u. a. 2014; HEINEN u. a. 2015). Entsprechend wurde im Jahr 2008 ein Berufskonzept entwickelt, das die berufliche Ausbildung zur/zum Produktionstechnologin/Produktionstechnologen, Expertenprofile sowie eine Fortbildungsordnung zum Prozessmanager mit einschließt (vgl. BORCH/ZINKE 2008). Um für diese Strukturen der Beruflichkeit konkrete didaktische Hilfsmittel zu entwickeln, werden von den Autoren umfassende Studien zur Beschreibung der Erwerbsarbeit von Fachkräften in der Produktionsorganisation durchgeführt.

Diese Studien ermöglichen einen umfassenden Einblick in ein Tätigkeitsfeld der Produktion, welches nur teilweise automatisierbar ist, weil unternehmensspezifische Erfahrungen der Fachkräfte zumeist in Entscheidungen eingebracht werden sollten, aber trotzdem Technologien einer Industrie 4.0 hohe Relevanz haben. Dafür wurden in der Produktion in sieben kleinen und mittleren Unternehmen des produzierenden Gewerbes aus unterschiedlichen Branchen insgesamt 27 Arbeitsprozesse in der Produktion erhoben (vgl. Abb.). Zu deren Beschreibung wurden in Expertenworkshops die entsprechenden Arbeitsprozesse mit der K3-Modellierungsmethode (vgl. NIELEN 2014) beschrieben. Ergänzt wurde die Erhebung um teilstandardisierte Interviews mit den jeweils diese Tätigkeiten ausübenden Fachkräften, um die Anforderungen an die Tätigkeitsausübung zu analysieren. In anschließenden Workshops mit Expertinnen und Experten aus der beruflichen Praxis und der Wissenschaft wurden die konkreten berufsfachlichen Zusammenhänge und zentralen Problemstellungen in der jeweiligen Tätigkeit systematisiert.

Digitalisierte Tätigkeiten in der Produktionsorganisation

In sechs Studien wurden Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung bei Zuliefererunternehmen der Automobilindustrie untersucht. Diese Aufgaben umfassten im Speziellen die Kapazitätsplanung, die Auftragsverfolgung sowie die Sicherung der Planungsqualität (vgl. Abb.). Es konnte festgestellt werden, dass für die Bewältigung dieser Aufgaben hochauflösende Produktionssteuerungen auf Basis kybernetischer Unterstützungssysteme und intelligenter Sensorik genutzt wurden. Durch die gestiegene Leistungsfähigkeit der Hardwarekomponenten werden in dieser Branche neuartige Möglichkeiten hinsichtlich der Aufnahme und Verarbeitung von großen Datenmengen im Produktionsumfeld erschlossen. Die intelligenten Steue-

rungen ermöglichen es, der Fachkraft die notwendigen Daten und Informationen so darzubieten, dass sie bei ihrer Entscheidungsfindung unterstützt wird. So zeigt sich dort ein hohes Optimierungspotenzial durch die Einbindung digitaler Endgeräte und die digitale Datenerfassung. Die Produktionsprozesse werden transparenter, wodurch Fachkräfte in die Lage versetzt werden, in Echtzeit auf Einflüsse zu reagieren und gegebenenfalls Produktionsparameter anzupassen. Zusätzlich ist mit der Transparenz der Produktionsprozesse auf Fertigungsebene eine Tätigkeitsverschiebung in den Unternehmen zu erkennen. Fachkräfte übernehmen Tätigkeiten der Produktionsplanung bzw. geben wichtige Informationen an die Produktionsplanung weiter.

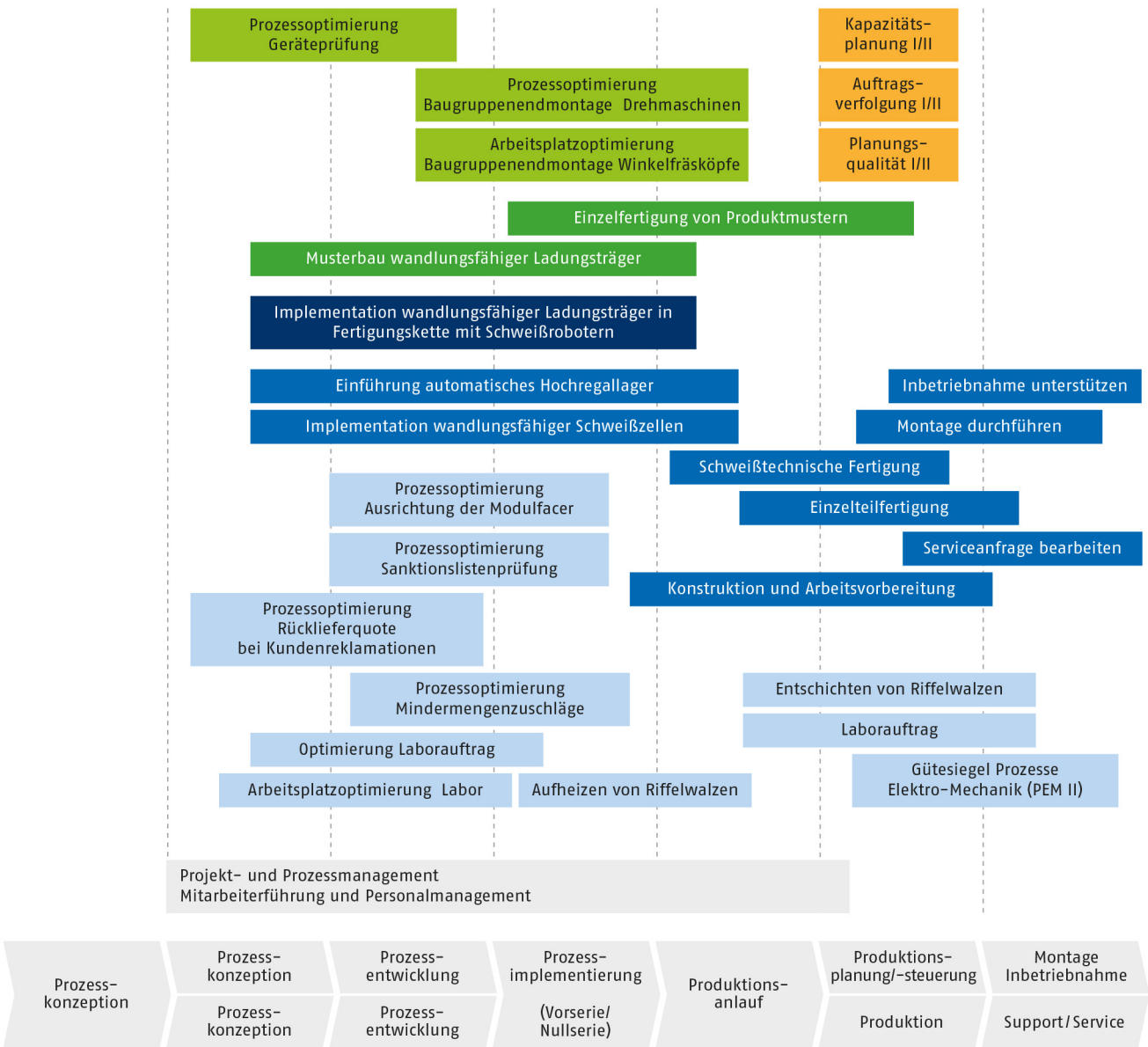
Herausforderungen jenseits einer Dominanz der Digitalisierung

Die in den weiteren 21 Studien erhobenen typischen Tätigkeiten der Fachkräfte umfassten insbesondere die Bearbeitung komplexer Projekte, welche den Aufgabenfeldern der Produkt- und Prozesskonzeption, der Prozessentwicklung und -implementierung, des Produktionsanlaufs sowie der Produktionsplanung und -steuerung zugeordnet werden konnten. Dazu zählen bspw. die Gestaltung des Arbeitsablaufs für ein neues Produkt, die Integration einer automatischen Schweißzelle in die Fertigungskette und deren Inbetriebnahme, die Gestaltung eines Arbeitsplatzes zur manuellen Montage einer Baugruppe oder die Qualitätssicherung für ein Produkt (vgl. Abb.). Auch Führungsaufgaben sind im Rahmen des zugehörigen Prozess- und Projektmanagements zu berücksichtigen.

In den erhobenen Arbeitsprozessen wurde insgesamt deutlich, dass diese Fachkräfte in der Produktion sowohl technologische Fragen beantworten als auch arbeitsorganisatorische Problemstellungen bewältigen müssen. Typische technologische Herausforderungen sind das Verstehen und Gestalten von komplexen, automatisierten Produktionssystemen in Prozessketten, z.B. die Integration und Inbetriebnahme einer neuen Produktionszelle in einer Fertigungskette. Organisatorische Herausforderungen beinhalten im Wesentlichen das Verstehen von komplizierten Fertigungsprozessen und Arbeitsabläufen und deren selbstständige Planung, Optimierung und Steuerung, bspw. die Konzeption von Fertigungsprozessen.

Die durchgeführten Arbeitsprozessanalysen haben bestätigt, dass für die untersuchten Tätigkeiten in der Produktion auch auf Fachkräfteebene gut ausgebildete Beschäftigte benötigt werden, die in der Lage sind, Arbeitsprozesse aktiv mitzugestalten, kontinuierlich zu optimieren und Entwicklungen im Unternehmen bewusst zu reflektieren. Sie müssen über umfassende Kenntnisse bspw. des Projektmanagements, des Lean Managements oder des Total

Abbildung
 Übersicht über die erhobenen Arbeitsaufgaben in der Produktionsorganisation
 und deren Zuordnung zur Prozesskette (2010–2014)



Prozesskette für die Produktionsorganisation

- Sondermaschinenbauer
- Automobilzulieferer I
- Automobilzulieferer II
- Stahlbauer
- Fertigungsspezialist für Automobilindustrie
- Stahl- und Metallbauer
- Sondermaschinenbauer

Quelle: HEINEN u. a. (2015)

Quality Managements verfügen über die einschlägigen Methoden und können diese anwenden. Die Arbeitsaufgaben sind zumeist sehr komplex und geprägt durch oft widersprüchliche Anforderungen aus den Perspektiven der Qualitätsansprüche an ein Produkt, der zu berücksichtigenden Terminvorgaben und einzuhaltender Kostenvorgaben. Zudem ist eine intensive Interaktion mit Vorgesetzten, anderen Mitarbeitenden und Kunden erforderlich.

Interpretation der Tätigkeitsanalysen im Kontext von Industrie 4.0

Die Fallstudien in der Produktionsorganisation zeigen, dass sich die untersuchten Tätigkeiten v. a. durch grundlegende Herausforderungen, z. B. bei der realen Gestaltung unternehmensspezifischer Prozesse und Produktionsabläufe, auszeichnen. Eine virtuelle Abbildung dieser Rah-

menbedingungen konnte bei den Automobilzulieferern weitgehend umgesetzt werden, während in den weiteren Branchen dies zumeist nicht möglich war, bzw. nicht effizient wäre. Somit ergab sich für die meisten Fälle (21 von 27), dass die Tätigkeiten zwar unter Verwendung einzelner digitaler Werkzeuge, z. B. Projektmanagementsoftware, gelöst wurden. Jedoch wurden Potenziale der Vernetzung dieser unterschiedlichen Werkzeuge im Sinne einer Industrie 4.0 nicht genutzt.

Die sechs Fallstudien im Automobilzulieferer-Bereich erforderten den Umgang mit einem komplexen Feinplanungssystem, in welchem u. a. über RFID-Chips Produktdaten in Echtzeit ausgelesen, automatisch in das Feinplanungssystem übertragen und dort weiterverarbeitet wurden, um der Fachkraft Lösungsvorschläge zur Gestaltung des Produktionsablaufs geben zu können. Diese Feinplanungssysteme waren so gestaltet, dass ein umfassendes Grundverständnis der Prozesse und ein unternehmensspezifisches Erfahrungswissen zur Prozessoptimierung von den Fachkräften eingebracht werden konnte, um die notwendigen Entscheidungen zu treffen. Die Fallstudien im Automotive-Sektor zur Prozessfeinplanung können damit als Hybridszenarien einer Industrie 4.0 interpretiert werden. Aufgrund der Gestaltung der untersuchten Feinplanungssysteme haben sich die Anforderungen an die nicht automatisierbaren Tätigkeiten nicht grundlegend verändert. Sie wurden lediglich durch die Assistenzsysteme im Bereich der Produktionsplanung erweitert.

Gestaltung von Produktionsberufen in Zeiten von Industrie 4.0

Derzeit sind differenzierte Aussagen zur Zukunft der Berufe in der industriellen Produktion im Rahmen der existierenden Qualifikationsforschung zur Industrie 4.0 noch nicht möglich, weil entsprechende Studien mit dem Schwerpunkt auf metall- und elektrotechnischen Ausbildungsberufen nicht hinreichend sind.

Eine Qualifikationsforschung, die technologische Beschreibungskriterien von Industrie 4.0 und kompetenzorientierte Erwartungen an die Fachkräfte vereint, sollte die Frage klären, welche Kompetenzen von Fachkräften für spezifische Tätigkeiten in der Produktion auch in Zukunft notwendig bzw. auch in Zukunft nicht effizient automatisierbar sind.

Mit den Studien der Tätigkeiten von Fachkräften in der Produktionsorganisation konnte gezeigt werden, dass Expertise von Fachkräften in gestaltungsoffenen, mit Zielkonflikten behafteten Aufgabenkomplexen, in welchen aktive Entscheidungen des Menschen erforderlich sind, gefragt ist. Dabei spielt der Umgang mit technologischen Hilfsmitteln bei den Kompetenzanforderungen nur eine vergleichsweise nachgeordnete Rolle.

Vergleichbare Studien sollten für Handlungsfelder weiterer metall- und elektrotechnischer Berufe durchgeführt werden. Auf dieser Grundlage kann dann die Frage nach dem »Wie?« einer Qualifizierung von Fachkräften oberhalb eines »Maschinenbedieners« beantwortet werden. Das »Wie?« umfasst die Frage nach der Gestaltung von Berufsbildern genauso wie das Aufzeigen konkreter didaktischer Konsequenzen, z. B. die Entwicklung von Modellen zur Kompetenzentwicklung und -diagnose, Strategien zur Curriculumentwicklung und -gestaltung, Konzepte in der Aus- und Weiterbildung sowie Unterrichts- und Prüfungskonzepte. ◀

Literatur

- AHRENS, D.; SPÖTTL, G.: Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: HIRSCH-KREINSEN, H.; ITERMANN, P.; NIEHAUS, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden 2015, S. 185–203
- BONIN, H.: Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Mannheim 2015
- BORCH, H.; ZINKE, G.: Aus- und Fortbildung aus einem Guss – Berufsbildung in der Produktionstechnologie. In: BWP 37 (2008) 4, S. 43–47 – URL: www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/bwp/show/id/1373 (Stand: 06.10.2015)
- FREY, C. B.; OSBORNE, M. A.: The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? Oxford 2013 – URL: www.oxfordmartin.ox.ac.uk/publications/view/1314 (Stand: 09.10.2015)
- HEINEN, S. u. a.: Tätigkeitsanforderungen und Weiterbildungskonzepte für Mitarbeiter. In: KAMPKER, A.; BURGGRÄF, P.; MAUE, A.: ProAktiW – Produktionssysteme aktiv wandeln. Ergebnisbericht des BMBF-Verbundprojekts ProAktiW. Aachen 2014, S. 28–51
- HEINEN, S. u. a.: Studien der Qualifikationsforschung für die Entwicklung eines Kompetenzmodells zur arbeitsintegrierten Förderung reflexiver Handlungsfähigkeit im Fortbildungsberuf »Geprüfte/-r Prozessmanager/-in«. In: FRENZ, M.; UNGER, T.; SCHLUCK, C.: Wandel der Erwerbsarbeit – Berufsbildgestaltung und Konzepte für die gewerblich-technischen Didaktiken. Berlin 2015 (im Druck)
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J.: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main 2013 – URL: www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf (Stand: 06.10.2015)
- NIELEN, A.: Systematik für die leistungs- und zuverlässigkeitsorientierte Modellierung von Arbeitsprozessen mit kontrollflussorientierten Notationssystemen. Aachen 2014
- WINDELBAND, L.; DWORSCHAK, B.: Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien, Instandhaltung und Leichtbau-robotik. In: HIRSCH-KREINSEN, H.; ITERMANN, P.; NIEHAUS, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Baden-Baden 2015, S. 71–86