

bayme vbm /

Die bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber



Studie

Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie

Eine bayme vbm Studie, erstellt von der
Universität Bremen
Stand: April 2016
www.baymevbm.de

Vorwort

Aus- und Weiterbildung zukunftsfähig gestalten

Die Digitalisierung ist zentraler Treiber für unternehmerisches Wachstum und Wertschöpfung. Um die Wettbewerbsfähigkeit langfristig zu sichern und auszubauen, müssen bayerische Unternehmen für die Herausforderungen, die die Digitalisierung in allen Sektoren von Wirtschaft und Gesellschaft mit sich bringt, gerüstet sein.

Auf dem Weg zu Industrie 4.0 und einer Gesellschaft 4.0, in der alle wichtigen Lebensbereiche digitalisiert sind, ändern sich die Anforderungen an die Unternehmen wie an jeden einzelnen Arbeitnehmer. Daher sind passgenaue Ausbildungskonzepte und Qualifizierungsmaßnahmen heute und auch in Zukunft von zentraler Bedeutung. Vor diesem Hintergrund möchte ich Prof. Dr. Dr. h. c. Spöttl und seinem Team sowie allen an der Studie beteiligten Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und den der beruflichen Aus- und Weiterbildung nahestehenden Institutionen für ihr engagiertes Mitwirken an dieser zukunftsweisenden Untersuchung danken.

Unsere vorliegende Studie zeigt Entwicklungslinien auf und gibt Empfehlungen sowohl für die Berufsausbildung als auch für die Weiterbildung. Die Ergebnisse zeigen, dass die bestehenden Berufsbilder der betrieblichen M+E Ausbildung ein gutes Fundament für die Mitarbeiterqualifizierung bilden. Allerdings wird auch deutlich, dass wir keine Zeit verlieren dürfen, die Veränderungen, die die Digitalisierung mit sich bringt, auch in den Berufsausbildungen abzubilden, um sie dadurch weiterhin zukunftsfähig zu gestalten.

Daher ist jetzt ein aktives Handeln der Sozialpartner auf Bundesebene sowie aller an der beruflichen Aus- und Weiterbildung beteiligten Institutionen gefragt.

Bertram Brossardt
19. April 2016

Inhalt

Einleitung	1
1 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	3
2 Zielsetzung der Studie	17
3 Forschungsdesign der Studie	21
3.1 Untersuchungskonzept.....	21
3.2 Literaturanalyse	22
3.3 Expertengespräche	23
3.4 Fallstudien	23
3.5 Experten-Workshops	25
3.6 Deckungsanalyse	25
4 Industrie 4.0: Begriffsbestimmung und Beschäftigung.....	27
4.1 Begriffsbestimmung.....	27
4.2 Zielsetzung	29
4.3 Anwendungen.....	30
4.4 Beschäftigungssituation.....	31
4.4.1 Aussagen ausgewählter quantitativer Studien	31
4.4.2 Erkenntnisse aus den empirischen Erhebungen	40
4.4.3 Zusammenfassende Aussagen zum Fachkräftebedarf	43
4.5 Veränderungen der Arbeit und Arbeitswelt.....	45
4.5.1 Veränderungen der Arbeitsorganisation.....	45
4.5.2 Konsequenzen aus arbeitsorganisatorischen Entwicklungen für die Qualifizierung.....	47
5 Veränderungen in der Arbeitswelt	49
5.1 Technologische Veränderungen in den Unternehmen	49
5.2 Diffusion der Industrie 4.0-Technologien in Unternehmen	54
5.2.1 Bewertung der Diffusion der Technologie-Dimensionen durch Experten.....	58
5.2.2 Bewertung der Diffusion der Technologie-Dimensionen in untersuchten Unternehmen.....	59

5.3	Arbeitsorganisatorische Veränderungen in den Unternehmen.....	61
5.3.1	Veränderungen in der Arbeitsorganisation.....	61
5.3.2	Veränderungen der Mensch-Maschine-Interaktion in den Unternehmen.....	65
5.4	Diffusion verschiedener Arbeitsorganisationsformen in Unternehmen.....	66
5.4.1	Bewertung der Diffusion der Organisationsdimensionen	69
5.4.2	Bewertung der Diffusion der Organisationsdimensionen in untersuchten Unternehmen.....	71
5.5	Veränderungen in der Arbeitswelt und in der Facharbeit	72
5.5.1	Veränderungen in der Arbeitswelt	72
5.5.2	Veränderungen in der Facharbeit.....	77
5.6	Schlussfolgerungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung.....	84
6	Weiterbildungsstrukturen für Industrie 4.0.....	93
6.1	Analyse der Weiterbildungsangebote.....	93
6.2	Ergebnisse des Experten-Workshops	97
6.2.1	Übergreifende Kursangebote des Weiterbildungsanbieters	97
6.2.2	Übergeordnetes, multifunktionales Angebot eines Ingenieurdienstleisters ..	98
6.2.3	Arbeitsplatzbezogenes Weiterbildungskonzept eines Dienstleisters im Bereich technische Bildung	99
6.3	Aktueller Stand der Firmenlösungen für berufliche Weiterbildung mit Bezug zu Industrie 4.0.....	100
6.4	Handlungsfelder für die berufliche Weiterbildung.....	103
6.5	Umsetzungskonzepte für die Handlungsfelder.....	106
6.5.1	Kombination aus formalen und informellen Lernformen.....	107
6.5.2	Mobile Lerninsel	108
6.5.3	Lernfabriken.....	108
6.5.4	Zertifikate und Weiterbildungsbelege	109
7	Szenarien zur Weiterentwicklung der Berufsbildung im Rahmen von Industrie 4.0.....	111
7.1	Szenarien zu Berufsbildern bei Industrie 4.0.....	111
7.1.1	Szenario 1: Keine Veränderung von Berufsbildern	111
7.1.2	Szenario 2: Berufsbilder ändern und den Entwicklungen anpassen	113
7.1.3	Szenario 3: Kombination existierender Berufsbilder.....	115
7.1.4	Szenario 4: Ein Berufsbild Industrie 4.0 schaffen.....	116
7.1.5	Schlussfolgerungen aus den Szenarien.....	118
7.2	Empfehlungen zur weiteren Gestaltung von Berufsbildern	122

8	Ausbildung: Deckungsanalyse zwischen M+E Berufen und Industrie 4.0-Handlungsfeldern.....	125
8.1	Analyseansatz	126
8.2	Berufliche Handlungsfelder Industrie 4.0.....	126
8.2.1	Identifizierte generische Industrie 4.0-Handlungsfelder	126
8.2.2	Zusammenhänge zwischen Industrie 4.0-Handlungsfeldern und Deckungsanalyse	130
8.3	Deckungsanalyse: Verfahren zum Abgleich der Handlungsfelder	132
8.3.1	Auswertung der Ordnungsmittel	135
8.3.2	Bewertung von Berufen mittels Deckungsanalyse	140
8.4	Erkenntnisse aus der Deckungsanalyse	143
	Literaturverzeichnis.....	147
	Abkürzungsverzeichnis.....	151
	Danksagung.....	153
	Anhang	154
	Autoren	179
	Ansprechpartner / Impressum	181

Einleitung

Industrie 4.0 gewinnt in Bayern an Bedeutung

In Deutschland und Bayern hat sich in den vergangenen Jahrzehnten die Industriepolitik das Ziel gesetzt hochwertige Arbeitsplätze zu erhalten. Das hatte zur Folge, dass die Produktion wenigstens rund ein Viertel (in Bayern etwas über 40 Prozent) zur gesamten Bruttowertschöpfung beitrug. Gegenwärtig findet sogar eine noch intensivere Fokussierung auf die industrielle Arbeit unter dem Stichwort Industrie 4.0 statt. Der im 20. Jahrhundert proklamierte strukturelle Wandel hin zur Dienstleistungsgesellschaft wird damit wieder relativiert, obwohl es noch nicht lange her ist, dass die Industrie von vielen als Auslaufmodell bewertet wurde. Die Metall- und Elektro-Industrie (M+E Industrie) leistet dabei wichtige Beiträge. Sie ist eine der Schlüsselindustrien in Bayern und nimmt bundesweit eine Spitzenposition ein. Der Zukunftsrat der Bayerischen Wirtschaft mahnt allerdings an, dass trotz der guten Ausgangslage im Bereich des Maschinenbaus und der Produktionstechnologien „die Abwesenheit relevanter IKT-Akteure (Informations- und Kommunikationstechnik) ein Risiko für die weitere Entwicklung der bayerischen Schlüsselbranchen“¹ darstellt. „Daher ist die Behebung des Mangels an systemführenden IT-Unternehmen ebenso eine wesentliche Herausforderung wie die Sensibilisierung aller Unternehmen für die Herausforderungen der Digitalisierung.“² Dem Zukunftsrat geht es in letzter Konsequenz um eine enge Vernetzung von Gesellschaft und Innovations- und Technologieprozessen, um ein Klima für den Erfolg zu schaffen. Dabei wird auch die Bedeutung der richtigen Bildung betont. Eine geforderte breite Grundbildung und lebenslanges Lernen sind die Basis der Gesellschaft 4.0. Digitale Kompetenzen müssen zum selbstverständlichen Gegenstand jeder Ausbildung werden.

Die industrielle Produktion sowie die industriebasierte Dienstleistung sind nicht nur aus wirtschaftspolitischer Sicht von Bedeutung, sondern auch sinnbildlich für neue Formen der Arbeitsorganisation und Arbeit im Zuge fortschreitender Automatisierung und Digitalisierung.³ Industrie 4.0 ist in Deutschland zu einem neuen Leitbegriff im Kontext der „Zukunft der Arbeitswelt“ geworden.

Industrie 4.0 wird von Politik, Wirtschaft und Verbänden als die vierte industrielle Revolution postuliert, obgleich die technologische Entwicklung und Durchdringung in der Arbeitswelt sich noch in den Anfängen befindet. Die Diskussion um Industrie 4.0 pen-

¹ Zukunftsrat der Bayerischen Wirtschaft (2015): Bayerns Zukunftstechnologien Analyse und Handlungsempfehlungen. München: vbw, Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V., S. 76.

² ebd.

³ Wetzel, D. (2015): Arbeit 4.0. Was Beschäftigte und Unternehmen verändern müssen. Freiburg im Breisgau: Verlag Herder.

delt zwischen der Frage „alter Wein in neuen Schläuchen“⁴, der Vermutung eines IT-Hypes⁵ und der Ankündigung einer vierten industriellen Revolution. Die Bundesregierung hat Industrie 4.0 als Zukunftsprojekt in ihren Aktionsplan zur Hightech-Strategie aufgenommen und fördert die Entwicklung sogenannter Cyber-Physischer-Systeme (CPS)⁶. Die Verzahnung zwischen physischer und virtueller Welt in CPS, in welcher Produkte mit eingebetteter Hard- und Software über bisherige Anwendungsgrenzen hinweg miteinander interagieren, führt zu neuen, bisher nicht möglichen, dynamischen Produktionsprozessen.

Was allerdings fehlt ist eine „systematische Sicht auf das Ganze, also das Denken in Prozessketten.“⁷ Auch die Rolle der menschlichen Arbeitskraft wird sich mittels Industrie 4.0 merklich verändern. In welche Richtung das gehen wird, ist noch ungewiss. Auffällig ist, dass im Unterschied zur Debatte um Computer Integrated Manufacturing (CIM) in den 1980er Jahren in der Diskussion um Industrie 4.0 Fragen der Aus- und Weiterbildung, der Arbeitsgestaltung sowie die Frage des Zusammenspiels zwischen technischer und sozialer Intelligenz explizit gestellt werden.⁸ In der Roadmap für CPS wird eine „Qualifizierungsinitiative für Industrie 4.0“⁹ gefordert, damit die Beschäftigten rechtzeitig berufliche Handlungskompetenz erlangen können. In diesen Diskussionen wird deutlich, dass der Arbeitskultur unter Industrie 4.0 ein hoher Stellenwert eingeräumt wird.¹⁰ Deshalb sind Antworten zu diesem Komplex und vor allem für die berufliche Aus- und Weiterbildung notwendig.

⁴ Jasperneite, J. (2012): Alter Wein in neuen Schläuchen? In: computer-automation. http://www.ciit-owl.de/uploads/media/410-10%20gh%20Jasperneite%20CA%202012-12_lowres1.pdf (Zugriff:10.03.2015).

⁵ vgl. VDMA (2013): Industrie 4.0: Revolution, Zukunftsthema oder IT-Hype? VDMA-Nachrichten März 2013. <http://www.vdma.org/article/-/articleview/1178359> (Zugriff: 10.03.2015).

⁶ Cyber-Physische Systeme sind Objekte, Geräte, Gebäude, Verkehrsmittel, aber auch Produktionsanlagen, Logistikkomponenten usw., die eingebettete Systeme enthalten, die kommunikationsfähig gemacht werden. Diese Systeme können über das Internet kommunizieren und Internetdienste nutzen. CPS können ihre Umwelt unmittelbar mit ihrer entsprechenden Sensorik erfassen, sie mit Hilfe weltweit verfügbarer Daten und Dienste auswerten, speichern und sie können mit Hilfe von Aktoren auf die physikalische Welt einwirken.

⁷ Thoben, K.-D. (2014): Industrie 4.0. RFID im Blick, Sonderausgabe „Industrie 4.0 und Logistik 4.0 aus Bremen“. Bremen: Verlag & Freie Medien, S. 9.

⁸ vgl. Acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main und Hartmann, E. (2014): Arbeitsgestaltung für Industrie 4.0: Alte Wahrheiten, neue Herausforderungen. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: BMWi, S. 7-13.

⁹ vgl. Acatech (Hg.) (2011): Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion (acatech POSITION). Heidelberg: Springer Verlag, S. 38.

¹⁰ vgl. Ahrens, D.; Spöttl, G. (2015): Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden: edition sigma, S. 185-204.

1 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Die Digitalisierung erfordert eine Neuausrichtung der Aus- und Weiterbildung

Zusammenfassung

Industrie 4.0-Technologien befinden sich in Unternehmen der M+E Industrie in Bayern immer mehr auf dem Vormarsch. Die Diffusion schreitet kontinuierlich voran, allerdings von Unternehmen zu Unternehmen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und Schwerpunktsetzung. Die Wertschöpfung als Gesamtes, die die Logistik einschließt, ist bisher noch weniger im Blick. Vielmehr erfolgt eine Implementierung von Industrie 4.0-Technologien in einzelnen Teilbereichen der Unternehmen, aber dieses mit zunehmender Geschwindigkeit und mit starkem Bezug zu den Prozessabläufen. Das ist daran erkennbar, dass immer mehr Unternehmen einen hohen Durchdringungsgrad von CPS erreichen. Zudem ist bei Unternehmen im produzierenden Gewerbe eine hohe Veränderungsdynamik zu erkennen, die den Implementierungsprozess von Industrie 4.0 erheblich beschleunigen wird. Die verstärkte Einführung von Industrie 4.0 hat eine weitere Automatisierung zur Folge und wird vor allem bei größeren Produktionseinheiten zu einer weiteren Verringerung der Fehlerquoten führen.

Durch die empirischen Erhebungen im Rahmen der Studie ist belegt worden:

- Facharbeiter, Meister, Techniker, also Personen mit einer gewerblich-technischen Berufsausbildung und einer darauf aufbauenden Weiterbildung werden auch bei weiterer Verbreitung von Industrie 4.0 gute Beschäftigungschancen haben. Voraussetzung ist, dass sie in den zentralen, Industrie 4.0-relevanten Schwerpunkten qualifiziert sind, die Prozessabläufe in ihrer Komplexität beherrschen und einen störungsfreien Betrieb von Anlagen sicherstellen können. Die befragten Führungskräfte nehmen an, dass diese Personengruppe zahlenmäßig stabil bleiben wird oder sogar eine Zunahme von bis zu 30 Prozent erwartet werden kann.
- Ein wichtiger Punkt der Arbeitsplatzsicherheit für Fachkräfte ist das Vorhandensein von Erfahrung, das Beherrschen von Systemen mit dezentraler Intelligenz, das Beherrschen des Umgangs mit Daten und deren Analyse sowie die Fähigkeit, einen störungsfreien Anlagenbetrieb sicher zu stellen. Daneben wird als Selbstverständlichkeit erwartet, dass die nach wie vor vorhandenen traditionellen Facharbeitsaufgaben bewältigt werden können.
- Arbeitsplätze für Un- und Angelernte, so die übereinstimmenden Aussagen der Befragten, werden aufgrund der Automatisierung spürbar zurückgehen und in hoch automatisierten Bereichen teilweise vollkommen verschwinden.
- Neue Berufsbilder werden von den befragten Experten nicht für erforderlich gehalten. Jedoch sieht die Mehrheit der Befragten die Notwendigkeit, aufgrund der Betroffenheit zahlreicher gewerblich-technischer Berufe diese neu auszurichten. D. h., es geht nicht nur um Veränderungen, um eine Anreicherung von Berufsbildern um Industrie 4.0-Inhalte, sondern es geht um deren Neuausrichtung mit einer Prozess- und Digitalisierungsperspektive, wobei die Vernetzung, die Digitalisierung der Pro-

zesse und die Gestaltung intelligenter Arbeitsplätze im Mittelpunkt stehen müssen. Die aktuellen zukunftsorientierten Berufsbilder erlauben zwar Ergänzungen, aber nicht einen Perspektivenwechsel.

- Die Weiterbildungsangebote von Bildungsanbietern sind erheblich auszuweiten. Die bisherigen Schwerpunktsetzungen auf allgemeine Fragen zu Industrie 4.0 oder auf Managementaufgaben sind zu erweitern um technologische Schwerpunkte zu CPS, um arbeitsorganisatorische Fragen, um Fragen der Arbeitsgestaltung, der Datensicherheit, der Programmierverfahren, der Störungssuche und der Problemlösung mit Hilfe von Assistenzsystemen und Datenanalyse (weitere Handlungsfelder werden in der Studie aufgezeigt).

Die softwaretechnische Vernetzung mit den zugehörigen CPS-Elementen erfährt eine kontinuierliche Verbreitung. Anlagen und Maschinen müssen deshalb mit zunehmender Diffusion von Industrie 4.0 immer von

- der Vernetzung,
- den CP-Systemen,
- der Software her und
- der Prozesseinbettung her

gedacht und betrachtet werden. Dadurch verändert sich die Interaktion zwischen Mensch und Maschine erheblich. Äußerer Ausdruck davon ist die intensiver werdende Nutzung der Bildverarbeitung, die Informationsweitergabe mittels visueller Aufbereitung auf verschiedenen Nutzergeräten, die Nutzung von Videos, von audiovisueller Sprache usw. Mit anderen Worten: Es stehen kontextbezogene Daten im Mittelpunkt, die Auskunft über Anlagen, Fertigungsprozesse und Prozessabläufe geben. Mithilfe von integrierten Sensoren und Aktoren wird das Verhalten der Maschinen gesteuert, analysiert und dokumentiert. Die erfassten Daten werden zur Information für den Anlagenbetreiber, den Werker, die Fachkraft zusammengefasst. Die gesammelten Daten werden zu „Werkzeugen“, die von den Fachkräften situationsabhängig zu nutzen sind.

Das Zusammenwachsen von informationstechnischen Prozessen und Produktionsprozessen macht es erforderlich, die Aus- und Weiterbildung auf das veränderte technologische Niveau und vor allem auf die veränderte Perspektive auszurichten. Die mit Industrie 4.0 einhergehende dezentrale Intelligenz führt zu einer vermehrten Verfügbarkeit von Daten, die hochgradig prozessrelevant sind für Fachkräfte. Für die Prozessbeherrschung sind zwar traditionelle, handwerkliche Fertigkeiten und Fähigkeiten und die Beherrschung von SPS, Robotik, Pneumatik, Hydraulik, Antriebstechniken usw. noch relevant, aber nicht mehr allein ausreichend. Dies führt dazu, dass nicht mehr nur Ergänzungen in den Berufsbildern ausreichend sind, sondern die Prozessorientierung muss in den Berufsbildern massiv ausgebaut werden. Nicht mehr allein das Zusammenspiel von Anlagen und Maschinen machen die Prozesse aus, sondern deren informationstechnische Vernetzung mit den jeweiligen organisatorischen Verknüpfungen. Die Perspektive der Prozessbetrachtung, -betreuung und -optimierung muss verstärkt von der Informatisierung her betrachtet werden. Die Berufs- und Weiterbildungsprofile sind auf diese zentralen Entwicklungen auszurichten. Die herausgearbeiteten generischen Handlungsfelder, die Grundlage für die Kompetenzentwicklung sind, geben eine

klare Richtung an, um den beschriebenen Anspruch einzulösen. Die generischen beruflichen Handlungsfelder verdeutlichen das für M+E Berufe relevante „Neue“ aufgrund von Industrie 4.0 und den damit in Verbindung stehenden Wandel der Produktionsprozesse durch die Implementierung von CPS.

Bei den Bildungsträgern erscheint die Etablierung von Weiterbildungskonzepten besonders dringend, die einerseits

- produktbezogen und prozessbezogen sind und andererseits auf
- Karriereförderung ausgerichtet sein sollen.

Besonders dringend ist es auch, arbeitsprozessbezogene Weiterbildungsansätze weiter zu etablieren (Konzepte dafür existieren), um gezielt mit dem Blick auf konkrete Herausforderungen direkt am Arbeitsplatz qualifizieren zu können.

Eine innovative berufliche Aus- und Weiterbildung mit aktuellen, zukunftsorientierten Berufsbildern und Weiterbildungsprofilen ist eine der Grundvoraussetzungen, um sich den Herausforderungen von Industrie 4.0 stellen zu können. Dazu sind nicht nur die industriellen M+E Berufe weiter zu entwickeln, sondern die Art und Weise der Ausbildung in den Aus- und Weiterbildungseinrichtungen und den Unternehmen muss sich den neuen Herausforderungen stellen.

Handlungsempfehlungen

Bei den Überlegungen und Planungen zur Implementierung von Industrie 4.0 in den Unternehmen und der gesamten Wertschöpfungskette von der Logistik bis zum After Sales wird davon ausgegangen, dass sich letztlich die Cyber-Physischen Systeme¹¹ mit sehr unterschiedlicher Konfiguration in verschiedenen arbeitsorganisatorischen Zusammenhängen in die Arbeitsprozessstrukturen integrieren lassen. Dieses führt zu einer Neuausrichtung von Arbeitsprozessen und den damit im Zusammenhang stehenden arbeitstechnischen, kommunikativen und sozialen Strukturen. Die „intelligenter“ werdende Produktion geht einher mit einer engen Verflechtung menschlicher und technischer Aktivitäten, vorausgesetzt, die Menschen werden auf den Umgang mit offenen, hybriden und vernetzten Systemen vorbereitet, die die Grenzen soziotechnischer Systeme und deren Abgeschlossenheit übersteigen. Es kommt zu einer neuen Verteilung von Entscheidungen und Handlungen zwischen Menschen und CPS, die gekennzeichnet ist von einer

- Verlagerung fester Ablaufstrukturen hin zu einer lockeren Koppelung,
- situativen Verteilung von Aktivitäten auf Menschen, Maschinen und Programme,

¹¹ Cyber-Physische Systeme sind Objekte, Geräte, Gebäude, Verkehrsmittel, aber auch Produktionsanlagen, Logistikkomponenten usw., die eingebettete Systeme enthalten, die kommunikationsfähig gemacht werden

- sequentiellen Problembearbeitung hin zu einer selbst organisierten und
- durch Programmstrukturen vorgegebenen Produktion hin zu einer interaktivitätsge-
steuerten Mensch-Maschine-Umwelt Beziehung.

Es ist naheliegend, dass derartige Entwicklungen nicht ohne Folgen für die erforderlichen Kompetenzen der Beschäftigten bleiben. Mit den qualitativen empirischen Erhebungen im Rahmen der Studie (von Fallstudien über Expertengespräche bis zu Workshops) konnten veränderte und neue berufliche Handlungsfelder identifiziert werden, die im Zusammenhang mit den Industrie 4.0-Entwicklungen stehen, hoch relevant sind und nachstehend als Grundlage für Empfehlungen dienen.

Die Empfehlungen schließen an die empirisch festgestellten Veränderungen an und verfolgen die Absicht, Entscheidern Hinweise zu geben, wie es gelingen kann, die Entwicklungen in der Berufsbildung mit Blick auf Industrie 4.0 anschlussfähig zu machen. Der Zeitpunkt dafür ist günstig, weil aktuell und vorausschauend mitgestaltet werden kann.

Bei den Fallstudien und Expertengesprächen wurde deutlich, dass sich Unternehmen intensiv Gedanken über die Digitalisierung der Produktion und damit der Arbeitswelt machen, jedoch die Implementierung von CPS nur sehr vorsichtig und in kleinen Schritten vorangetrieben wird. Sehr wichtig ist für Unternehmen, bereits im Vorfeld zu klären, ob sich andere Unternehmen, sogenannte „Treiber“, identifizieren lassen, von denen sie lernen können und von denen sie Hinweise für geeignete Lösungen für eine effiziente Gestaltung der eigenen Produktion erhalten können. Ursache für dieses Verhalten ist, dass bei allen an der Studie beteiligten Unternehmen die Digitalisierung und die stärkere Vernetzung der Produktionsprozesse bei laufender Produktion vorgenommen werden muss, um die Produktionsziele einhalten zu können. Es lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass die Digitalisierung dann schneller und erfolgreicher vorangetrieben werden kann, wenn es „beste Praxisbeispiele“ gibt, bei welchen sich auch der betriebliche Nutzen qualitativ und quantitativ schnell belegen lässt.

Weitere wichtige Aussagen waren, dass es auf die „kontinuierliche Weiterentwicklung der Produktionsprozesse“ ankommt, „hochqualifizierte Facharbeiter im Mittelpunkt stehen und weiter qualifiziert werden müssen“, „Datenanalytiker und Fachkräfte mit Prozesswissen immer wichtiger werden“, um hier nur ein paar Aussagen aus den empirischen Analysen zu zitieren. In diesem Zusammenhang lassen sich zwei Feststellungen treffen:

- Alle untersuchten Unternehmen beschäftigen sich mit Industrie 4.0. Der Entwicklungsstand in der Umsetzung ist jedoch unterschiedlich. Einige Unternehmen nutzen noch sehr traditionelle Produktions- und Organisationsformen, versuchen jedoch, sich parallel auf Industrie 4.0 vorzubereiten (vgl. Kapitel 5).
- Eine Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachkräften (bspw. Maschinenbediener, Instandhalter, Arbeitsvorbereiter und Ingenieure) wird immer wichtiger und entscheidender, was voraussetzt, dass alle Beteiligten ein Grundverständnis von

Produktionsprozessen und Anforderungen von und durch Industrie 4.0 haben müssen.

Industrie 4.0 wird als eine Weiterentwicklung bisheriger Produktionskonzepte verstanden, die bestehende Automatisierungstechniken auf der Basis von Informatik, Netzwerktechnik, Kybernetik oder der Mikrosystemtechnik in einem engen Zusammenspiel nutzt. Eine größere Rolle spielen in den Unternehmen dabei Datenbanksysteme, Daten-Analyse, Sensorik / Aktorik sowie in Zukunft vermehrt auch kollaborative Robotersysteme. Anknüpfungspunkte liegen bei den Produktionskonzepten wie Computerintegriertes Manufacturing (CIM), mit dem markanten Unterschied, dass nicht mehr davon ausgegangen wird, dass es in Richtung einer menschenleeren Fabrik geht. Vielmehr werden die Menschen zu einem wichtigen Leistungsträger einer vollautomatisierten Fabrikation, wobei die Einsatzgebiete von Facharbeitern bis zu Ingenieuren reichen. Ob dabei Rollen und Aufgaben von Facharbeitern und Ingenieuren konvergieren werden oder ob das Gegenteil der Fall sein wird, kann mittels der bisherigen Befragungsergebnisse noch nicht beantwortet werden. Es wird jedoch deutlich, dass über die Entscheidungen zur Arbeitsorganisation in den Unternehmen bestimmt wird, von welchen Beschäftigtengruppen Aufgaben der Prozessplanung, Prozessoptimierung, Prozessausführung und Prozessbegleitung ausgeführt werden.

Im Rahmen von Industrie 4.0, d. h. der Diffusion neuer Technologien und veränderter Produktionsstrukturen wurden auch die Beschäftigtenprofile und in der Folge die Berufsprofile verändert. Die letzten großen Neuordnungswellen in der Metall- und Elektroindustrie fanden in den Zeiträumen 1987 bis 1989 und 2003 bis 2004 statt. Auslöser waren die intensive Verbreitung der Computer-Technologien und die zunehmenden Qualitätsansprüche, die von der Einführung von Qualitätsmanagementkonzepten flankiert wurden. Aktuell befinden wir uns in einer weiteren Umstrukturierungswelle, die von Digitalisierung geprägt ist. Sie hat inzwischen ebenfalls sichtbaren Einfluss auf die Beschäftigungsfelder in der Metall- und Elektroindustrie.

Wie in den Kapiteln 5, 7 und 8 beschrieben, konnten mittels der empirischen Erhebungen neun berufliche Handlungsfelder identifiziert werden, die bereits heute von der Implementierung von Industrie 4.0 soweit beeinflusst werden, dass sich die Arbeitsanforderungen an die Fachkräfte verändern. Die generischen „Industrie 4.0-Handlungsfelder“ werden im Detail dargestellt. Es sind im Einzelnen:

1. Anlagenplanung
2. Anlagenaufbau
3. Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme
4. Anlagenüberwachung
5. Prozessmanagement
6. Datenmanagement
7. Instandhaltung
8. Instandsetzung
9. Störungssuche und Störungsbehebung

In einem weiteren Schritt erfolgte ein Abgleich, eine Deckungsanalyse, zwischen den identifizierten Industrie 4.0-Handlungsfeldern und den Ordnungsmitteln der M+E Berufe sowie von zwei IT-Berufen (vgl. Kapitel 8). Das Ergebnis dieses Abgleiches ergab, dass die untersuchten 22 Berufe und deren Berufsbildpositionen eine unterschiedliche Nähe (Affinität) zu den Industrie 4.0-Handlungsfeldern aufweisen. Im Industrie 4.0-Berufe-Atlas von Abbildung 22 ist die jeweilige Nähe der einzelnen Berufe zu den Industrie 4.0-Handlungsfeldern aufgezeigt. D. h., die Berufe im inneren Kern des Industrie 4.0-Berufe-Atlas (nachstehend als Kategorie 1 bezeichnet), weisen eine sehr hohe Deckung zwischen den Anforderungen des Berufsprofils und den Handlungsfeldern für Industrie 4.0 auf. Bei den Berufen außerhalb des inneren Kerns (nachstehend als Kategorie 2 bezeichnet) nimmt der Deckungsumfang und damit die Nähe zu den Handlungsfeldern bereits ab. Die Berufe am Rande oder außerhalb des Kreises (nachstehend bezeichnet als Kategorie 3 und 4) spielen bei den Industrie 4.0-Handlungsfeldern bisher nur eine untergeordnete Rolle, es gibt also nur eine geringe Deckung. D. h., die Veränderungen von Industrie 4.0 beeinflussen diese Berufsbilder bisher nur zu einem sehr geringen Maße. Diese Bewertungskategorien bilden die Grundlage für nachstehende Empfehlungen, wobei insgesamt von vier Kategorien ausgegangen wird. Die gemeinsamen Kernqualifikationen oder vergleichbaren Positionen (Berufsbildpositionen 1 bis 12) der industriellen Metall- und Elektroberufe sind in Teilen für die veränderten Anforderungen durch Industrie 4.0 relevant, wurden jedoch in die Bewertung nicht einbezogen. Der Grund dafür ist, dass sie von übergeordneter Bedeutung sind. Insbesondere das Planen, Organisieren und Bewerten der Arbeit, die betriebliche und technische Kommunikation, die Steuerungstechnik und die Kundenorientierung sind für das Arbeiten in der vernetzten Produktion in allen generischen Handlungsfeldern relevant.

Kategorie 1: Berufe mit einer großen Nähe zu den Industrie 4.0-Handlungsfeldern

- Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik
- Mechatroniker/-in
- Industriemechaniker/-in
- Fachinformatiker/-in

Kategorie 2: Berufe mit einer mittleren Nähe zu den Industrie 4.0-Handlungsfeldern

- Elektroniker/-in für Betriebstechnik
- Zerspanungsmechaniker/-in
- Elektroniker/-in für Geräte und Systeme
- IT-Systemelektroniker/-in
- Elektroniker/-in für Informations- und Systemtechnik

Kategorie 3: Berufe mit einer geringen Nähe zu den Industrie 4.0-Handlungsfeldern

- Produktionstechnologe/-in
- Anlagenmechaniker/-in
- Werkzeugmechaniker/-in

Kategorie 4: Berufe ohne Nähe zu den Industrie 4.0-Handlungsfeldern

- Fertigungsmechaniker/-in
- Fachkraft für Metalltechnik

- Industrieelektriker/-in
- Maschinen- und Anlagenführer/-in
- Konstruktionsmechaniker/-in
- Technischer Produktdesigner/in
- Technische Systemplaner/in
- Elektroniker/-in für Maschinen- und Antriebstechnik
- Elektroniker/-in für Gebäude und Infrastruktur

Handlungsempfehlung 1: Kurzfristige Überarbeitung von Berufsprofilen (binnen zwölf Monaten)

Berufe der Kategorien 1 und 2 zeichnen sich bereits durch eine große bzw. mittlere Nähe (hohe Deckung der Handlungsfelder) zu den einzelnen Industrie 4.0-Handlungsfeldern aus.

Die Untersuchungsergebnisse belegen einen geringen Überarbeitungsbedarf, um den Entwicklungen von Industrie 4.0 auf dem Shop-Floor (Hallenboden) gerecht zu werden und die Implementierung von Industrie 4.0 erfolgreich zu unterstützen. Auf der anderen Seite zeigen die Ergebnisse, dass die Berufe der beiden Kategorien eine hohe Relevanz bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Entwicklungen haben. Es wird empfohlen, die in Kategorie 1 und 2 genannten Berufsbilder möglichst kurzfristig zu überarbeiten und den Herausforderungen der generischen Industrie 4.0-Handlungsfelder anzupassen. Es ist vor allem die neue Perspektive der Prozessbetrachtung, -betreuung und -optimierung, die aus Sicht der Informatisierung in den Berufsbildern verstärkt werden muss. Die Berufsprofile sind auf diese zentralen Entwicklungen auszurichten.

Mit diesem Schritt wäre es möglich, Berufsbilder mit hohen Ausbildungszahlen verhältnismäßig zügig auf die neuen Herausforderungen auszurichten. Hinweise für eine Überarbeitung und Anpassung an die Herausforderungen von Industrie 4.0 werden im Kapitel 8 gegeben.

Der geringe Überarbeitungsbedarf bei den angesprochenen Berufsbildern resultiert aus der Tatsache, dass bei den vergangenen Neuordnungsverfahren bereits der Prozessbezug in die Berufsbilder integriert wurde. Darüber hinaus betrifft die Überarbeitungsnotwendigkeit nicht die den Ausbildungsberufen zugrunde liegenden Kernqualifikationen.

Ein pragmatisches Vorgehen wäre, die Kategorien 1 und 2 nach einer Prioritätenliste abzuarbeiten. Ein Grund, der dafür spricht, ist die Tatsache, dass die Berufe der Kategorie 1 aufgrund der großen Nähe zu den Industrie 4.0-Anforderungen verhältnismäßig schnell überarbeitet sein dürften, vorausgesetzt, die Sozialpartner verständigen sich zügig auf ein gemeinsam getragenes Verfahren.

Handlungsempfehlung 2: Mittelfristige Überarbeitung von Berufsprofilen (binnen 24 Monaten)

Die Berufe der Kategorie 3 weisen eine geringe Nähe (geringe Überdeckung der Handlungsfelder) zu den Industrie 4.0-Handlungsfeldern auf, sind jedoch von der fortschreitenden Implementierung von Industrie 4.0 betroffen. Die Untersuchungsergebnisse belegen einen Bedarf an einer Überarbeitung der Berufe der Kategorie 3, weil die Diffusion der Digitalisierung in den Unternehmen aller Branchen voranschreitet und alle Auszubildenden grundlegende Fertigkeiten und Fähigkeiten im Umgang mit der Informatisierung und der Vernetzung der Produktion und deren Basistechnologien innerhalb der Facharbeit entwickeln müssen.

Es wird empfohlen, alle Berufe der Kategorie 3 in den nächsten 24 Monaten zu überarbeiten und für die Herausforderungen von Industrie 4.0 vorzubereiten. Die generischen Handlungsfelder Industrie 4.0 (vgl. Kapitel 8) geben Hinweisen auf die Schwerpunkte der Überarbeitung.

Handlungsempfehlung 3: Langfristige Überarbeitung von Berufsprofilen (binnen 36 Monaten)

Berufe der Kategorie 4 weisen keine besondere Nähe zu den generischen Industrie 4.0-Handlungsfeldern auf. D. h., dass diese bisher kaum von den Entwicklungen von Industrie 4.0 betroffen sind. Entsprechend gering ist die identifizierte Deckung zwischen den zur Kategorie 4 zählenden Berufsbildern und den generischen Handlungsfeldern Industrie 4.0 (vgl. Kapitel 8).

Es wird jedoch empfohlen, im Rahmen von zukünftigen Überarbeitungsverfahren „Grundlagen von Industrie 4.0 und Digitalisierung“ in die Berufsbilder mit aufzunehmen. Das Profil dieser Grundlagen ist noch genauer zu definieren. Genannt wurde bei den Befragungen sehr oft: „eine breite und fundierte technologische Grundausbildung in Mechanik, Elektrik und Elektronik, IT-Technik, Hydraulik, freiprogrammierbaren Steuerungen usw.“. Diese Benennungen müssen allerdings konkretisiert werden, weil sie über den aktuellen Stand der Ordnungsmittel nicht hinausgehen. Es muss eine Erweiterung um eine softwaretechnische und informationstechnische Vernetzung und dem digitalisierten Betrieb der Komponenten und Anlagen stattfinden, weil dieses das Neue von Industrie 4.0 darstellt. Zudem kommt es sehr darauf an, dass in der Erstausbildung die Prozesszugänge noch mehr Beachtung finden und die Basis für den Aufbau eines Prozessverständnisses geschaffen wird.

Der Grund für diese Empfehlung ist, dass die Implementierung von Industrie 4.0 zu einer Digitalisierung aller Felder des produzierenden Gewerbes führt und in jeder Form von Berufsausbildung darauf vorbereitet werden sollte:

- a) den Paradigmenwechsel hin zu einer digitalisierten Arbeits- und Lebensweise zu fördern und

- b) damit sicherzustellen, dass einzelne Gruppen von dieser Entwicklung nicht abgehängt werden.

Handlungsempfehlung 4: Sofortige Initiative für Zusatzqualifikationen

Die Notwendigkeit einer schnellen Reaktion auf die veränderten Anforderungen durch Industrie 4.0 wurde an vielen Stellen bei den Erhebungen immer wieder hervorgehoben, da Umsetzungen bspw. über ein Neuordnungsverfahren als sehr langwierig betrachtet wurden. Das Instrument der „Zusatzqualifikation“ wurde deshalb von den Gesprächspartnern oft als Möglichkeit benannt, eine sofortige Lösung herbei zu führen. Im zweiten Experten-Workshop wurde dieses unterstrichen. Inhalte, die als Zusatzqualifikation favorisiert wurden, waren z. B. die Vernetzung der Produktion, Datenanalyse und -management, Datensicherheit und Datenschutz innerhalb der Facharbeit und Prozesssicherheit.

Nach § 5 Abs. 2, Nr. 5 und § 49 Abs. 1 BBiG können in den Ausbildungsordnungen kodifizierte Zusatzqualifikationen eingebettet werden. Die Auszubildenden können dabei in der Regel eine Zusatzqualifikation wählen, die zusätzlich neben der Abschlussprüfung geprüft werden kann.

Zusatzqualifikationen sollten dann eingeführt werden, wenn es

- zu keiner Überarbeitung von Berufsbildern kommt,
- keine bundesweiten Lösungen für andere Initiativen in Sicht sind oder
- einzelbetriebliche Anforderungen aufgrund einer besonderen Sachlage nötig sind.

Zusatzqualifikationen ermöglichen den Unternehmen eine sofortige, flexible Ausgestaltung der betrieblichen Ausbildung im Hinblick auf die aktuellen Qualifikationserfordernisse des Unternehmens. Somit können die Unternehmen kurzfristig auf veränderte Qualifizierungsbedarfe durch die Entwicklungen der Digitalisierung und von Industrie 4.0 reagieren.

Nachteilig ist allerdings, dass bei einzelbetrieblichen Lösungen mit Zusatzqualifikationen diese nicht in den Rahmenlehrplänen für die beruflichen Schulen, die immer landesweit gelten, verankert werden können. D. h., dass nur dann, wenn es zu abgestimmten Lösungen zwischen Betrieben und beruflichen Schulen kommt, die beruflichen Schulen im betreffenden regionalen Einzugsgebiet die Ausbildung von Zusatzqualifikationen unterstützen können.

Ein Weg zur Beteiligung der Unterstützung durch berufliche Schulen könnte darin bestehen, dass Betriebe einer Region gemeinsam sicherstellen, dass genügend Auszubildende zur Verfügung stehen, um eine Klasse zu füllen, damit die beruflichen Schulen gezielt in den Schwerpunkten der Zusatzqualifikationen ausbilden können.

Zusatzqualifikationen können im Bedarfsfalle vom Ordnungsmittelgeber auch bundesweit eingeführt werden. In solchen Fällen liegt allerdings ein Neuordnungsverfahren auf der Hand.

Bei der Weiterbildung konnten neben zahlreichen Einzelangeboten verschiedener Anbieter, die sich zumeist mit übergeordneten Themen oder Managementfragen von Industrie 4.0 beschäftigten (z. B. Entwicklung der Methodenkompetenz, der Teamkompetenz, der kommunikativen Kompetenz, dem Verständnis für Digitalisierung, dem Verständnis für Prozesse usw.), nachstehende Richtungen für eine Konsolidierung der Weiterbildungsangebote festgestellt werden:

- Aufbauend auf eine breite technologische Grundausbildung folgt eine Weiterbildung auf Meister- oder Technikerniveau mit Spezialisierung.
- In der Erstausbildung wird möglichst breit ausgebildet, um gegen Ende der Berufsausbildung und in den ersten Berufsjahren über eine innerbetriebliche Weiterbildung für den Anlagenbetrieb spezialisiert zu werden.
- Durchführung produktbezogener Weiterbildung bspw. bei den Lieferfirmen von Anlagen.
- Durchführung arbeitsprozessbezogener Weiterbildung in den Unternehmen selbst.

Auffallend war, dass es bezüglich der Prozesszugänge und des Prozessverständnisses für die Befragten selbstverständlich war, dass sowohl Auszubildende als auch bereits Ausgebildete nicht nur Zugänge zu Arbeitsprozessen haben müssen, sondern diese auch beherrschen müssen. Deshalb dominierten mit Blick auf Weiterbildung Vorschläge, die arbeitsprozessnah gestaltet werden sollen.

Neben den seminaristischen Weiterbildungsangeboten der verschiedenen Anbieter im Feld, die ihre Angebote Jahr um Jahr auf dem Markt anbieten und von allen Interessierten wahrgenommen werden können, werden spezifische Industrie 4.0-Weiterbildungsaktivitäten empfohlen, die in den Unternehmen stattfinden und sehr gezielt auf Industrie 4.0 vorbereiten.

Die generischen Handlungsfelder für die Weiterbildung im Rahmen von Industrie 4.0 geben die inhaltliche Richtung für die Ausgestaltung von Weiterbildungsmaßnahmen an (vgl. Kapitel 6).

Handlungsempfehlung 5: Lernkonzepte für Großunternehmen

Für große Unternehmen wird empfohlen, für die Weiterbildung die Einführung produktionsnaher Lernfabriken zu unterstützen. Dabei handelt es sich um spezifische, für das Lernen ausgestaltete Lernräume direkt in der Produktionsumgebung von Unternehmen, um bei auftretenden Kompetenzlücken oder in Abhängigkeit von der Personalentwicklungsplanung produktionsnah und hoch flexibel zu qualifizieren. Modelle dazu existieren in idealisierter Form an einzelnen Hochschulen oder aber als sehr realitätsnahe Variante in ausgewählten Unternehmen.

Der Vorteil von Lernfabriken ist die Möglichkeit einer realitätsnahen bzw. didaktisch-reduzierten Abbildung von Fertigungsprozessen in einer betrieblichen Lernumgebung. Lernfabriken dienen dazu, das für die Bewältigung von Arbeitsaufgaben im Arbeitsprozess benötigte Wissen und Können zu vermitteln. Aufgrund ihrer nicht nur räumlichen Nähe zu den Arbeitsplätzen der Lernenden haben Lehr-Lern-Arrangements in Lernfabriken das Potenzial, die Lücke zwischen grundlegendem theorie- und praxisgebunde-

nem Erfahrungswissen zu schließen und die Lernenden zum kompetenten Arbeitshandeln zu befähigen. Lernfabriken bieten in vielfältiger Hinsicht Vorteile gegenüber Veranstaltungen in außerbetrieblichen Bildungseinrichtungen. Hierzu zählen insbesondere der ausgeprägte Praxisbezug, die flexible, unternehmensspezifische Durchführbarkeit von Lernmodulen sowie die verhältnismäßig kurzen Lernzeiten in der Lernfabrik.

Handlungsempfehlung 6: Lernkonzepte für kleine und mittlere Unternehmen (KMU)

Für kleine und mittlere Unternehmen wird empfohlen, die Einführung sogenannter Lerninseln zu unterstützen. Lerninseln zeichnen sich dadurch aus, dass sie im herkömmlichen Sinne durch die Verknüpfung der bestehenden Arbeitsinfrastruktur mit einer Lerninfrastruktur arbeiten, so dass die Bearbeitung realer Arbeitsaufträge und eine Qualifizierung gleichzeitig stattfinden. Danach sind Lerninseln eine Qualifizierungs- und Lernform inmitten der Arbeitswelt: „In der Lerninsel werden reale Arbeitsaufgaben in Gruppenarbeit weitgehend selbstständig bearbeitet, wobei es sich um die gleichen Arbeitsaufgaben handelt wie sie auch im Lerninselumfeld wahrgenommen werden“ (Experte).

Es handelt sich hierbei um innerbetriebliche Qualifizierungsmaßnahmen, die vor allem auf methodische und soziale Aspekte beruflicher Handlungskompetenz zielen. Die Idee einer flexiblen Lerninsel greift diese zentralen Merkmale auf, wobei eine stärkere Ausrichtung auf die Anforderungen informationeller Arbeit erfolgt. Der Zusatz „mobil“ bezieht sich auf die räumlich und zeitlich unabhängige Nutzung der Lerninsel im Sinne des mobilen Lernens innerhalb eines Betriebs.

Lerninseln und Lernfabriken eignen sich, lernförderliche Arbeitsorganisationsformen zu etablieren und diese mit Trainingskonzepten, Analysemethoden und Führungskonzepten zu verbinden. Insgesamt sind damit erhebliche Herausforderungen für die Aus- und Weiterbildung angesprochen, die neben der flächendeckenden Notwendigkeit kontinuierlicher Weiterbildung auch eine zumindest in Teilen veränderte Ausbildungssystematik einschließen. Die Lerninsel ist sowohl mit den zur Bewältigung der Arbeitsaufgaben erforderlichen Arbeitsmitteln auszustatten, als auch darüber hinaus mit einer geeigneten Lerninfrastruktur wie Zugang zu Wissensdatenbanken, Visualisierungsmöglichkeiten und digitalisierten Informationen zu den Produktionsprozessen, um innerhalb der Lerninseln auf die Anforderungen in einer digitalisierten Arbeitswelt vorzubereiten.

Handlungsempfehlung 7: Betriebsspezifische Angebote durch Bildungsanbieter

Neue digitale Vernetzungs- und Kommunikationsmöglichkeiten und Medien beeinflussen das Verhalten von Kunden, Führungskräften und Mitarbeitern auf allen Ebenen. Oft mangelt es den Unternehmen aber an aktuellem, praxisrelevantem Wissen zur Digitalisierung, um Anwendungen von Industrie 4.0 und die Vernetzung betrieblicher Prozesse zusammenzuführen und weiterzuentwickeln.

Es wird deshalb empfohlen, dass Bildungsanbieter verstärkt spezifisch ausgerichtete Qualifizierungsangebote für Mitarbeiter in kleinen und mittleren Unternehmen offerieren, um Fachkräfte in einem ersten Schritt an die Potenziale von Industrie 4.0-Lösungen heran zu führen. Der Nutzen von Industrie 4.0 für die Unternehmensprozesse sollte dabei im Mittelpunkt stehen. Eine Orientierung über unternehmensrelevante und zu entwickelnde generische Handlungskompetenzen findet sich in Kapitel 6.

In einem zweiten Schritt sollten die Unternehmen darin unterstützt werden, konkrete Strategien zur Umsetzung von Industrie 4.0 für ihr Unternehmen zu erarbeiten. Die Beurteilungskompetenz in den Unternehmen rund um die Chancen und Risiken von Industrie 4.0 soll dadurch verbessert und die Veränderungsbereitschaft gefördert werden.

Voraussetzung für beide Schritte ist, dass die Bildungsanbieter über die notwendige Kompetenz verfügen, um Mitarbeiter von Unternehmen für die genannten Anliegen zu qualifizieren. Neben dem fachlichen Know-how sind für diese Aufgaben aktuelles, praxisrelevantes Wissen zur Digitalisierung, zur Anwendung von Industrie 4.0 und zur Vernetzung betrieblicher Prozesse und deren Zusammenführung notwendig. Um dieses Wissen und Können bei den Bildungsträgern aufzubauen ist es naheliegend, deren Ausbilder bzw. Trainer weiterzubilden. Denkbar ist, dass die Bildungsträger dabei mit geeigneten Kompetenzzentren bei verschiedenen Organisationen kooperieren und Unterstützung von Förderern wie dem Bund, Stiftungen, europäischen Programmen und anderen in Anspruch nehmen.

Sogenannte Querschnittskompetenzen spielen bei Mitarbeitern auf der Shop-Floor-Ebene eine immer wichtigere Rolle. Gemeint sind damit die Entwicklung von Problemlösedenken, von methodischen Fähigkeiten, von Selbstlernkompetenzen, vom Umgang mit Komplexität, von systematischer Störungsdiagnose und vieles mehr. Zum einen geht es um die Weiterqualifizierung an netzbasierten Anlagenkonzepten und zum anderen um das Erlernen der Interaktion zwischen Mensch und Maschine, wobei der Zustand der Maschine visuell mittels Bildern, Videos usw. dargestellt werden soll.

Handlungsempfehlung 8: Breite Angebote für alle Qualifikationsniveaus

Empfohlen wird, bei allen Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen das Fördern von kontextbezogenen Querschnittskompetenzen zu verankern. Ziel muss dabei sein, die Weiterbildungsmaßnahmen so anzulegen, dass die Komplexität der Wirklichkeit unmittelbarer Gegenstand der Weiterbildung wird. Die unternehmensinternen Maßnahmen der Kompetenzentwicklung dürfen der Realität in der Produktion nicht hinterherhinken. D. h., dass beispielsweise Steuerungstechnik, Software, dynamische Antriebstechnik und damit verknüpfte IT-Systeme in der Produktion und deren Zusammenwirken in einem Netzwerk Mittelpunkt der Aus- und Weiterbildung sein müssen. Es sollen also nicht die einzelnen Technologien im Mittelpunkt stehen, sondern die Vernetzung und das Zusammenwirken innerhalb eines Netzwerkes. Es kommt auch darauf an, im Umgang mit den Anlagen während der Qualifizierung Erfahrungen im realen Kontext zu sammeln.

Handlungsempfehlung 9: Inhaltliche und didaktische Weiterbildung des Qualifizierungspersonals

Ein Schlüssel, um bereits Auszubildende an Industrie 4.0 heranzuführen, ist das Vorhandensein von ausreichend qualifiziertem Ausbildungspersonal. Ausbilder in den Betrieben und Lehrkräfte in den beruflichen Schulen sind intensiv weiterzubilden, damit sie in der Lage sind, den von ihnen betreuten Berufsgruppen das notwendige Wissen und Können zu vermitteln, um qualifizierte Facharbeiter heranzubilden. Schwerpunkte für eine inhaltliche Ausrichtung der Weiterbildung sind in Kapitel 5.6 genannt. Eine Aufbereitung für die Zielgruppe müsste noch erfolgen.

In den Erhebungen konnte festgestellt werden, dass bisher weder die Rahmenlehrpläne noch die Lehrkräfte beruflicher Schulen auf Industrie 4.0 vorbereitet sind. Es wird deshalb empfohlen:

- Bereits in der Ausbildung von Lehrkräften die Hochschul-Curricula so anzulegen, dass die Entwicklungen von Industrie 4.0 ausreichend zum Tragen kommen.
- Für die bereits aktiven Lehrkräfte sind Weiterbildungsmaßnahmen in enger Kooperation mit der Industrie zu initiieren, um die Grundlagen zu schaffen, die Schwerpunkte zu und um Industrie 4.0 herum unterrichten zu können.

Um möglichst alle betroffenen Lehrkräfte qualifizieren zu können, ist es naheliegend, die bereits existierenden Multiplikatorenkonzepte (Schlüsselpersonen qualifizieren Kollegen weiter) in den einzelnen Ländern dafür intensiv zu nutzen und dort auszubauen, wo diese noch nicht existieren. Hier ist eine engere Zusammenarbeit zwischen Hochschulen, beruflichen Schulen und den Ausbildungsbetrieben sehr zu empfehlen.

Für Ausbilder, die im betrieblichen Zusammenhang in der Regel mit Industrie 4.0 und der Digitalisierung konfrontiert werden, kommt es in erster Linie darauf an, sie didaktisch weiter zu qualifizieren, damit sie hoch komplexe, digitalisierte Inhalte vermitteln können. Diese Weiterqualifizierung sollte über Bildungsträger und andere Weiterbildungsanbieter initiiert werden. Bisher existieren noch sehr wenige ausgearbeitete didaktische Beispiele für die Weiterbildung zu Industrie 4.0.

Handlungsempfehlung 10: Ausstattungsiniciativen in den Bundesländern

Für die berufliche Erstausbildung in den beruflichen Schulen ist es naheliegend, einen starken Anwendungsbezug sicherzustellen. Das macht es erforderlich, dass die beruflichen Schulen über eine angemessene technische Ausstattung verfügen, die den Anforderungen der Arbeitswelt von Industrie 4.0 sehr nahe kommt. Es wird empfohlen, eine länderspezifische Bestandsaufnahme zu betreiben und ausgehend von den festgestellten Bedarfen länderspezifische Förderprogramme zu initiieren, die auch die Lehrerfortbildung mit einschließen.

In Baden-Württemberg wurde mit einer Förderung von 15 Lernfabriken in beruflichen Schulen ein Grundstein für eine Industrie 4.0-Initiative gelegt. Auf diesen Erfahrungen aufbauend könnten Konzepte für die anderen Länder entwickelt werden.

2 Zielsetzung der Studie

Gewerblich-technische Berufe im Mittelpunkt

Mehr und mehr spielen in der Diskussion um Industrie 4.0 auch die Kompetenzentwicklung, die Qualifizierungsmöglichkeiten und die sich wandelnden Aufgabenprofile von Fachkräften eine zentrale Rolle.

An dieser Stelle setzt die Studie in der bayerischen M+E Industrie im Auftrag der bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeberverbände bayme vbm an und untersucht die sich verändernden Kompetenzanforderungen an Mitarbeiter der industriellen M+E Berufe mit Schwerpunktsetzung bei den gewerblich-technischen Berufe ohne akademische Ausbildung. Das sind vor allem Fachkräfte, Meister und Techniker. Sie sind alleamt von der Einführung intelligenter Produktionsprozesse intensiv betroffen. Das gilt in besonderem Maße für Beschäftigte der M+E Industrie, die eine der Schlüsselindustrien in Bayern darstellt. Mit der Eingrenzung der Studie auf Berufe des produktiven, gewerblich-technischen Bereiches soll die Aussagekraft erhöht werden.

Experten gehen von neuen „sozialen Infrastrukturen der Arbeit in Industrie 4.0“¹² aus. Flexible und dezentrale Steuerungsmöglichkeiten der Produktionsprozesse setzen nicht nur voraus, dass Maschinen weitgehend anwendungsoffen konzipiert werden und erst durch spezifische Software-Applikationen ihre Spezialisierung erfahren, dabei lassen sie auch höhere „Komplexitäts-, Abstraktions-, Problemlösungs- und Lernanforderungen für die Beschäftigten“¹³ erwarten.

Im Zuge der „individualisierten Produktion“¹⁴ werden die Arbeitsaufgaben gleichermaßen in technologischer, organisatorischer und kommunikativer Hinsicht anspruchsvoller:

„Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird die Arbeit in Industrie 4.0 an alle Beschäftigten deutlich erhöhte Komplexitäts-, Abstraktions- und Problemlösungsanforderungen stellen. Darüber hinaus wird den Arbeitnehmern ein sehr hohes Maß an selbstgesteuertem Handeln, kommunikativen Kompetenzen und Fähigkeiten zur Selbstorganisation abverlangt. Kurzum: Die subjektiven Fähigkeiten und Potenziale der Beschäftigten werden noch stärker gefordert sein. Das bietet Chancen auf qualitative Anreicherung, interes-

¹² Acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main, S. 7.

¹³ Kurz, C. (2013): Qualität der Arbeit wird sich ändern. In: VDMA Nachrichten, März 2013, S. 26.

¹⁴ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2013): Zukunftsbild Industrie 4.0. Berlin http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf (letzter Zugriff: 21.03.2014).

sante Arbeitszusammenhänge, zunehmende Eigenverantwortung und Selbstentfaltung.“¹⁵

Studien zu den Anforderungen an Automationsarbeit heben die „ironies of automation“ hervor. Als „Ironien der Automation“¹⁶ bezeichnet man das Dilemma, dass der Mensch in hochautomatisierten Umgebungen kontrollierend und steuernd eingreifen soll, gleichzeitig jedoch gerade aufgrund der Automatisierung die Prozesse immer weniger kognitiv durchdringen und nachvollziehen kann und damit das notwendige Erfahrungswissen für Problemlösungen nur schwer aufbauen kann. Es ist anzunehmen, dass auch zukünftig die Beschäftigten in der Produktion verschiedener Branchen eine wichtige Rolle innehaben werden. Die zentralen Fragestellungen sind:

- Wie werden die Mitarbeiter mit der neuen Anlagengeneration interagieren, die nach allen Beschreibungen „intelligenter“ sein wird als die heutigen Anlagen?
- Wie werden sich die Qualifikations- und Kompetenzprofile verändern? und
- Warum wird das so sein? Was also sind die wesentlichen und bestimmenden Einflussfaktoren?

Angesprochen ist damit auch, inwieweit bislang getrennte Disziplinen wie beispielsweise Maschinenbau und die Informatik als hybride Kompetenzbündel nachgefragt werden, um intelligente Produktionsprozesse steuern zu können.¹⁷

Das zentrale Ziel der Studie ist die Identifikation veränderter Kompetenzanforderungen an die Mitarbeiter auf der Shop-Floor-Ebene (Hallenboden) und der mittleren Beschäftigungsebene im produzierenden Gewerbe der Metall- und Elektroindustrie, ausgelöst durch die Einführung von Prinzipien von Industrie 4.0 in den Produktionsprozessen. Davon ausgehend wird ein „Berufe-Atlas“ für die Weiterentwicklung von Qualifizierungsansätzen für die Aus- und Weiterbildung entwickelt.

Die Studie liefert auch Empfehlungen, ob gegebenenfalls eine Weiterentwicklung der produktionstechnisch relevanten Berufe bzw. Berufsbilder angestoßen werden soll und mit welchen Schwerpunktsetzungen diese zu verfolgen ist. Darüber hinaus werden Empfehlungen für Ausbilder in Unternehmen und Qualifizierungseinrichtungen sowie für Lehrkräfte an beruflichen Schulen für „neues Lernen“ und Ausstattungserfordernisse gegeben. Folgende Themenkomplexe sind Mittelpunkt der Untersuchung:

- Auswirkungen vernetzter und dynamischer Produktionsprozesse auf Qualifikations-, Kompetenz- und Berufsprofile in der Metall- und Elektroindustrie
- Identifizierung von Kompetenzen, die für das Arbeiten in hochautomatisierten Anlagen und vernetzten Produktionssystemen erforderlich sind

¹⁵ Promotorengruppe (2012): Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft - Bericht: IM Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Handlungsempfehlung zur Umsetzung. Berlin, März 2012.

¹⁶ Brainbridge, L. (1983): Ironies of Automation. In: Automatica, No. 6, Vol. 19, pp. 775-779.

¹⁷ vgl. Gorldt, C.; Pflaum, A. (2014): Auf dem Weg zur Industrie 4.0. In: Industrie Management, Jg. 30, Heft 1, S. 15-18..

- Konsequenzen veränderter Arbeitsorganisationsformen und daraus resultierende neue Formen des Wissens und Könnens
- Anforderungen seitens der Unternehmen der M+E Industrie an Fachkräfte, um die Potenziale von Industrie 4.0 umsetzen zu können

Die Zielsetzungen ermöglichen eine gründliche Erschließung der Shop-Floor-Ebene der M+E Industrie und Aussagen dazu, wie aufgrund der Entwicklungen von Industrie 4.0 reagiert werden soll, um qualifiziertes Personal verfügbar zu haben.

Dass die M+E Industrie in Bayern eine hervorgehobene Bedeutung hat, lässt sich bereits aus wenigen Zahlen ablesen: Laut Statistischem Bundesamt lag die Zahl der Beschäftigten der Metall- und Elektroindustrie deutscher Unternehmen innerhalb der letzten zehn Jahre zwischen 3,4 und 3,7 Millionen Personen. Ergänzend werden jährlich um die 70.000 neue Ausbildungsverträge in dieser Branche abgeschlossen. Der bayerische Anteil der Beschäftigten lag Ende 2015 bei 810.000 Personen. Dies ist eine Spitzenposition in Deutschland. Gemäß dem bayerischen Industriebericht arbeiten 41,4 Prozent aller Beschäftigten des verarbeitenden Gewerbes in den Branchen Maschinenbau, Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen sowie der Herstellung elektrischer Ausrüstungen. Bundesweit liegt der Anteil dieser drei Branchen lediglich bei 36,3 Prozent. Insbesondere die Metall- und Elektroindustrie ist durch eine überdurchschnittliche Internationalisierung und Forschungsintensität gekennzeichnet, so dass die Spezialisierung der bayerischen Industrie auf diese Domäne ein wesentlicher Vorteil ist. Die Metall- und Elektroindustrie bilden damit den Schwerpunkt hochrelevanter Wertschöpfungsketten.¹⁸

Insgesamt wurden in Bayern branchenübergreifend im Jahre 2015 genau 92.091 Ausbildungsverträge abgeschlossen.¹⁹ Davon 14.669 neu abgeschlossene Ausbildungsverträge in der bayerischen M+E Industrie.

Beim Mechatroniker nehmen die Zahlen weiter zu (1.677 im Jahre 2015 gegenüber 1.656 Neuabschlüsse im Jahre 2014)²⁰ (vgl. Tabelle 1). Bei den elektrotechnischen Berufen ist ein unterschiedliches Bild zu erkennen. Hier ist der Elektroniker der Beruf mit den meisten Neuabschlüssen und einem weiteren Wachsen der Ausbildungsabschlüsse. Die Entwicklungen auf Bundesebene korrespondieren mit den Entwicklungen in Bayern.

¹⁸ vgl. Statista (2015): <http://de.statista.com/> (Zugriff: 03.03.2016) und Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (Hrsg.) (2014): Industriebericht Bayern, S. 20.

¹⁹ BIBB (2015a): Ausbildungsverträge Gesamt Bayern. Bundesinstitut für Berufsbildung. Erhebung zum 30. September 2015 (<https://www.bibb.de/de/39437.php>).

²⁰ vgl. BIBB (2015b): Ausbildungsberufe nach Neuabschlüssen in Bayern / Deutschland (<https://www.bibb.de/de/24561.php>).

Tabelle 1

Neuabschlüsse bei ausgewählten Metall- und Elektroberufen

	Bayern					Bund				
	2010	2011	2012	2014	2015	2010	2011	2012	2014	2015
<i>Industrielle Metallberufe</i>										
Industriemechaniker/-in	2.539	2.818	2.925	2.769	2.752	12.903	14.183	14.310	13.302	13.026
Werkzeugmechaniker/-in	662	732	729	756	738	3.123	3.509	3.519	3.411	3.471
Zerspanungsmechaniker/-in	842	1.114	1.233	1.086	1.104	5.105	6.806	6.963	6.207	6.282
Mechatroniker/-in	1.329	1.477	1.596	1.656	1.677	6.783	7.704	7.998	7.590	7.623
Maschinen- und Anlagenführer/-in	457	496	507	480	483	3.122	3.578	3.717	3.657	3.690
Produktionstechnologe/-in	6	9	15	9	9	50	55	60	48	39
<i>Industrielle Elektroberufe</i>										
Elektroniker/-in für Betriebstechnik	915	1.120	1.218	1.173	1.218	5.535	6.179	6.315	6.114	6.189
Elektroniker/-in für Maschinen- und Antriebstechnik	73	87	84	78	66	392	461	462	429	462
Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik	343	346	381	297	375	1.728	1.819	1.959	1.875	1.944
Fachinformatiker/-in	1.565	1.880	1.962	2.115	2.244	8.705	9.884	10.479	10.737	11.073
Elektroniker/-in für Informations- und Systemtechnik (Systeminformatiker/-in)	20	31	36	18	24	159	146	162	93	111
Elektroniker/-in	2.153	2.207	2.148	2.259	2.316	11.044	11.728	11.622	12.099	12.675

Quelle: BiBB, 2015b

3 Forschungsdesign der Studie

Fragestellungen und Konzept der Untersuchung

3.1 Untersuchungskonzept

Die Studie ist auf einen Bereich ausgerichtet, der bislang kaum erforscht ist: der Implementierung von Industrie 4.0-Technologien in den Unternehmen und deren konkrete Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der Metall- und Elektroindustrie. Deshalb wurde die Untersuchung als qualitative empirische Erhebung durchgeführt. Es geht darum, welche Ziele und Absichten mit Blick auf Aus- und Weiterbildung vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 in Unternehmen verfolgt wurden und werden. Das machte es erforderlich, die Geschehnisse in den Unternehmen zu hinterfragen und sich nicht auf Annahmen und Planungen zu verlassen, die in der Zukunft liegen. Auf diesem Wege gelang es, Erkenntnisse über zukünftige Einsatzgebiete von Mitarbeitern zu gewinnen, um daraus Rückschlüsse auf eine Um- oder Neugestaltung von Aus- und Weiterbildungsprofilen und die dazu erforderlichen Kompetenzentwicklungsinitiativen ziehen zu können.

Die Untersuchungen zu Veränderungen auf der Shop-Floor-Ebene und zu Entwicklungen von Kompetenzveränderungen und -anforderungen durch die Einführung intelligenter Produktionsprozesse wurden mehrstufig und mehrperspektivisch angelegt. Die zu untersuchenden Forschungsfragen sind nachstehend aufgelistet:

1. Was sind die aktuellen und zukünftigen Veränderungen durch Einführung von Prinzipien der Industrie 4.0 im produzierenden Gewerbe? Wie groß ist deren Reichweite? Wie viele Mitarbeiter betrifft dies zukünftig? Welche Anforderungen bedingt die Steuerung intelligenter Produktionsprozesse? Wachsen IT- und Produktionskompetenzen zusammen?
2. Welche Auswirkungen hat die Einführung vernetzter und dynamischer Produktionsprozesse auf Qualifikations-, Kompetenz- und Berufsprofile sowie auf die Facharbeiter, Meister und Techniker des produzierenden Gewerbes der Metall- und Elektroindustrie?
3. Welche Kompetenzen erfordert ein Arbeiten in hochautomatisierten, vernetzten Produktionssystemen? Welche Konsequenzen ergeben sich aus veränderten Arbeitsorganisationsformen? Werden neue „Wissens- und Könnens“-Formen notwendig?
4. Welche Anforderungen stellen Unternehmen der M+E Industrie an Fachkräfte, um die Potenziale der Industrie 4.0 umsetzen zu können?
5. Was sind die relevanten Berufsbilder und Weiterbildungsprofile, die mit Prinzipien der Industrie 4.0 in Berührung kommen? Welche Gestaltungsprinzipien für Berufsbilder und Lehrpläne leiten sich daraus ab?

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein qualitatives, berufswissenschaftliches Instrumentarium eingesetzt. Dieses ist darauf ausgerichtet, Einflüsse und Verän-

derungen auf der Shop-Floor-Ebene zu identifizieren, um damit die Grundlage zu schaffen, oben genannte Fragestellungen zu beantworten. Die große Kooperationsbereitschaft der Unternehmen und Experten ermöglichte es, die notwendigen Einblicke zu bekommen.

Im ersten Schritt wurde eine Literaturanalyse durchgeführt, um den aktuellen Stand der Forschung in dem Bereich Industrie 4.0 zu analysieren. Im zweiten Schritt wurden Expertengespräche geführt, um Informationen über Veränderungen in der Produktion und zu erwartende Kompetenzveränderungen und -anforderungen zu bekommen. Parallel dazu fanden berufswissenschaftliche Einzelfallstudien²¹ in ausgewählten Unternehmen statt, um Schlussfolgerungen zu möglichen Umsetzungen von Industrie 4.0 in Unternehmen, zu Konsequenzen für die Arbeitswelt und zu veränderten Kompetenzanforderungen ziehen zu können.

Diese Ergebnisse aus den ersten drei Erhebungsschritten wurden innerhalb von Experten-Workshops überprüft und verifiziert. Auf dieser Grundlage konnten berufliche Handlungsfelder definiert werden, die aus der Implementierung von Industrie 4.0 resultieren und für Aus- und Weiterbildung relevant sind. Diese Ergebnisse bildeten in einem fünften Erhebungsschritt die Basis für eine Deckungsanalyse als Abgleich mit den Ordnungsmitteln der M+E Berufe.

Eine Dokumentierung der Situation vor Ort in den Betrieben und die detaillierte Wiedergabe der Diskussion mit Experten und den Workshop-Teilnehmern zu den vorgefundenen Gegebenheiten ist unverzichtbar. Zur Betonung der Authentizität wurden sowohl die Zitate von Experten, als auch die Erkenntnisse aus den Fallstudien in Anführungszeichen gesetzt. Die Bezeichnung am Ende der jeweiligen Aussage weist auf die Quellen hin, und zwar „E“ auf Expertenaussage und „Fall“ auf Erkenntnisse aus den Fallstudien. Durchgeführt wurden sechs Fallstudien mit insgesamt 29 Beteiligten, 16 Expertengespräche mit 42 Experten und drei Expertenworkshops mit insgesamt 36 Teilnehmern.

Allen Teilnehmern, Unternehmen, Hochschuleinrichtungen und Berufsbildungseinrichtungen sei an dieser Stelle nochmals herzlich für die Beteiligung gedankt.

3.2 Literaturanalyse

Mithilfe der Literaturanalyse wurde zunächst geklärt, wie weit der Stand der technologischen und arbeitsorganisatorischen Entwicklung zu Industrie 4.0 fortgeschritten ist. Die Ergebnisse dienen dazu, die Entwicklungsmöglichkeiten für die Umsetzung von In-

²¹ vgl. Becker, M.; Spöttl, G. (2015): Berufswissenschaftliche Forschung. Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis. Frankfurt a. M., u.a.: Peter Lang Verlag, S. 88.

dustrie 4.0 in die Praxis leichter abschätzen sowie den Entwicklungsstand in den Unternehmen besser einordnen zu können.

Der Fragenblock zu den veränderten Kompetenzanforderungen konnte auf der Basis der aktuellen Veröffentlichungen nicht beantwortet werden, da die Auswirkungen auf die Arbeitswelt und die daraus resultierenden Konsequenzen für die Aus- und Weiterbildung bisher nicht im Mittelpunkt der Betrachtungen standen.

3.3 Expertengespräche

Die Experteninterviews erforderten den Zugriff auf Schlüsselpersonen, die über ein hohes Kompetenz- und Erfahrungsniveau bezüglich der Umsetzung von Industrie 4.0 im Bereich der M+E-Industrie verfügten. Es wurden insgesamt 15 Experten (teilweise auch Expertengruppen) aus unterschiedlichen Bereichen mit Hilfe eines leitfadengestützten Interviews detailliert befragt:

- Unternehmen:
Maschinenbau (E 2, E 10, E 12), Metallindustrie und -verarbeitung (E 3), Automobilindustrie (E 4, E 9), Kommunikationstechnik (E 7),
- Berufliche Bildung und Verbände:
Maschinenbau / Ausbildung (E 1), Automatisierungstechnik / Weiterbildung (E 5), Weiterbildungsanbieter (E 13, E 14, E 15),
- Technologieentwicklung / Forschungseinrichtungen / Hochschulen:
Hochschule Berufsbildung (E 6), Technologientwickler (E 11), Forschungseinrichtung Mensch-Maschine-Schnittstelle (E 8).²²

Die Auswahl der Experten erfolgte bei den Unternehmensvertretern in enger Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber. An den Expertengesprächen waren 16 Einrichtungen und 42 Personen beteiligt.

3.4 Fallstudien

Die Einzelfallstudien wurden in ausgewählten Unternehmen durchgeführt, die sich an Entwicklungsaktivitäten zu Industrie 4.0 beteiligen oder beginnen, Industrie 4.0 ein- und umzusetzen. Im Mittelpunkt steht die Metall- und Elektroindustrie. Es stand dabei die Befragung von verschiedenen Zielgruppen in den Unternehmen mittels leitfadengestützter Interviews im Fokus. Ein weiteres Instrumente bei den Fallstudien war eine Unternehmensbesichtigung, um einen Überblick über das gesamte Unternehmen oder den betrachteten Bereich bzw. die Organisationseinheit zu erhalten. Die Besichtigung

²² Die Abkürzungen E 1 bis E 15 werden für die Kodierung von Experten-Aussagen verwendet.

dient der Erleichterung der Einordnung der auf Industrie 4.0 bezogenen Aktivitäten des jeweiligen Unternehmens.

Die Unternehmen wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber ausgewählt. Zielsetzung war dabei, ein Abbild der betrieblichen Strukturen im M+E Sektor zu erzielen. Berücksichtigt wurden vor allem solche Unternehmen, die einzelne Komponenten von Industrie 4.0 bereits umsetzen oder darin schon fortgeschritten waren.

In Anbetracht der begrenzten Anzahl von Fallstudien (vgl. Tabelle 2) kann kein flächendeckendes Bild über die Umsetzung von Industrie 4.0 und deren Konsequenzen für die Aus- und Weiterbildung dargestellt werden. Aufgrund der Vielfalt der Erhebungen können jedoch eindeutige Entwicklungsrichtungen identifiziert und verhältnismäßig zuverlässig beschrieben werden.

Tabelle 2

Einordnung der Unternehmen nach Branche, Größe und Kodierung

<i>Branche</i>	<i>Größe des Unternehmens²³</i>	<i>Produktionsbereiche</i>
Maschinen- und Aggregatbau	ca. 1.000 Beschäftigte am Standort	Automatisierungstechnik
Anlagenbau, Elektronik- und Antriebstechnik	ca. 2.400 Beschäftigte am Standort	Antriebstechnik
Elektroindustrie	ca. 5.000 Beschäftigte am Standort	Automatisierungstechnik
Automobilzulieferer	ca. 1.800 Beschäftigte am Standort	Mechatronische Systeme
Maschinen- und Aggregatbau	ca. 4.000 Beschäftigte am Standort	Antriebs- und Fahrwerktechnik / Automatisierungstechnik
Elektrotechnik	ca.107 Beschäftigte	Antriebstechnik

Die Befragung der Zielgruppen zielte darauf ab, die Auswirkungen der Industrie 4.0-Technologien in der Arbeitswelt und deren Konsequenzen für die Beschäftigten aufzuzeigen. Durch die Befragung der leitenden Ebene, von Fachkräften auf der mittleren

²³ Die Fallbenennungen wie Fall A, Fall B usw. beziehen sich auf die hier untersuchten Unternehmen.

Beschäftigungsebene, Experten der technischen Entwicklung und Fachkräften auf der produktiven Ebene (Facharbeiter, Techniker, Meister) wurde sichergestellt, dass Einzelaussagen nicht das Erhebungszentrum darstellten. Es wurde vielmehr großer Wert auf mehrere Blickwinkel gelegt, um Selbst- und Fremdeinschätzung zu den Auswirkungen und Umsetzungen der Technologien mit unterschiedlichem Kontextbezug zu erhalten.

An den Fallstudien waren insgesamt 29 Personen aus sechs Unternehmen beteiligt.

3.5 Experten-Workshops

Als weitere Methode wurden insgesamt drei Experten-Workshops durchgeführt: Der erste setzte sich mit Fragen der Technologieentwicklung in den Unternehmen auseinander, der zweite mit der Veränderung von Arbeit und Aus- und Weiterbildungsprofilen und der dritte mit dem Weiterbildungsbedarf. Ziel der Workshops war es, das Fachwissen von Experten und Schlüsselpersonen (z. B. Wissenschaftlern, Vertretern von Unternehmen und Experten der Berufsbildung) so weit wie möglich für eine Konkretisierung und Erhärtung der in den vorherigen Forschungsphasen gewonnenen Erkenntnisse nutzbar zu machen und auch die bis dahin erarbeiteten Ergebnisse zu validieren.

Konkret wurden im ersten Experten-Workshop die Konsequenzen der Industrie 4.0-Technologien für die Arbeitswelt und Arbeitsorganisation diskutiert. Zugleich diente der Workshop zur Validierung der empirischen Ergebnisse zu den technologischen und arbeitsorganisatorischen Strukturen bei der Implementierung von Industrie 4.0 (insgesamt elf Experten).

Der zweite Experten-Workshop konzentrierte sich auf die Frage einer möglichen oder notwendigen Umgestaltung von Berufsbildern aufgrund technologischer und arbeitsorganisatorischer Veränderungen in den Betrieben durch Industrie 4.0. Zugleich diente er zur Validierung der empirischen Ergebnisse zur Frage der Entwicklungsrichtung von Berufsbildern, die in Form von Szenarien präsentiert wurden. Ein dritter Schwerpunkt war die Diskussion von Weiterbildungsansätzen in den Unternehmen. Der Teilnehmerkreis setzte sich aus Unternehmensvertretern, Berufsbildungsexperten, Ministerialvertretern und Hochschulvertretern zusammen (insgesamt 22 Experten).

Im dritten Experten-Workshop ging es explizit um Fragen der Weiterbildung, weil die Datenlage dazu verbessert werden sollte. An dieser Runde nahmen drei Vertreter teil (ein Unternehmensvertreter und zwei Bildungsanbieter).

3.6 Deckungsanalyse

Bei der Deckungsanalyse handelte es sich um einen systematischen Abgleich ausgewählter Berufe und der Inhalte der Berufsbilder mit den generischen Handlungsfeldern von Industrie 4.0, die auf der Basis der empirischen Erkenntnisse erarbeitet wurden.

Die empirischen Untersuchungen mit den Fallstudien, Expertengesprächen und Experten-Workshops belegen Veränderungen in der Aufgabenwahrnehmung von Fachkräften auf der mittleren Beschäftigungsebene, auf der Facharbeitsebene also. Ausgehend von den identifizierten Arbeitsanforderungen wurden die für Industrie 4.0 relevanten generischen beruflichen Handlungsfelder definiert.

4 Industrie 4.0: Begriffsbestimmung und Beschäftigung

Vielseitige Entwicklungsrichtungen: Technologie, Fachkräfte, Arbeit

4.1 Begriffsbestimmung

Für den Begriff Industrie 4.0 gibt es zahlreiche Definitionen. Geprägt wurde dieser durch die Hightech-Strategie der Bundesregierung sowie der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (kurz: acatech). Mit der Hightech-Strategie will die Bundesregierung Deutschland zum Vorreiter bei der Lösung von globalen Herausforderungen (z. B. Klimawandel, demografische Entwicklung) machen und somit überzeugende Antworten auf die drängenden Fragen des 21. Jahrhunderts geben. Industrie 4.0 ist als zentrales Zukunftsprojekt definiert, um den digitalen Wandel voranzutreiben.

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt eine Stufenunterteilung von intelligenten Produkten in Abhängigkeit der Fähigkeiten und verdeutlicht die Entwicklung hin zu CPS.

Die Autoren unterscheiden dabei intelligente Produkte nach deren Fähigkeiten. Dabei können die CPS mit den Eigenschaften Ad-hoc-Vernetzbarkeit, Selbstkonfiguration und dezentrale, intelligente Datenverarbeitung als intelligente Objekte der Klasse 4 definiert werden. Gemäß dieser Einteilung werden technologische Potenziale im industriellen Kontext ermöglicht, die aktuell auch aus dem Umfeld der Consumer-Elektronik bekannt sind. Produkte und Produktionsanlagen die gemäß Klasse 4 eingestuft werden können sind als intelligent zu benennen und schaffen die Basis für sogenannte Cyber-Physische Produktionssysteme (CPPS).




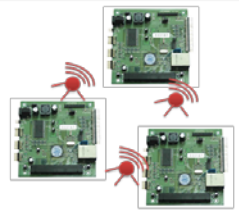
Werden diese technologischen Gegebenheiten mit betrieblichen Belangen zusammen geführt, dann ergibt sich nachstehende Definition von Industrie 4.0.

Definition

Gegenstände von Industrie 4.0 sind physische Komponenten, sogenannte Objekte wie z. B. Werkzeugmaschinen, die durch die Integration von Rechnerleistung und einer Verbindung mit dem Internet sogenannte Cyber-Physische Systeme bilden. Damit wird das Objekt zu einem intelligenten, aktiven Objekt, welches seine Umgebung wahrnimmt und beeinflusst. Basis zur Verknüpfung der Maschinen, Gegenstände und Räume bildet das „Internet der Dinge“, welches die interagierenden CPS mit der digitalen Welt vernetzt. Um dies zu erreichen, müssen die Objekte mit Kommunikationsmodulen ausgestattet werden, die es erlauben, Daten zu senden und / oder zu empfangen. Bei Industrie 4.0 geht der Vernetzungsgedanke weiter, in dem der gesamte Wertschöpfungsprozess einer Produktion von der Planung bis zur Verwertung des Produktes in-

nerhalb und außerhalb des Unternehmens vernetzt wird. Dabei organisieren intelligente Maschinen selbstständig die Fertigungs- und Logistikprozesse.

Abbildung 1
Stufen intelligenter Objekte

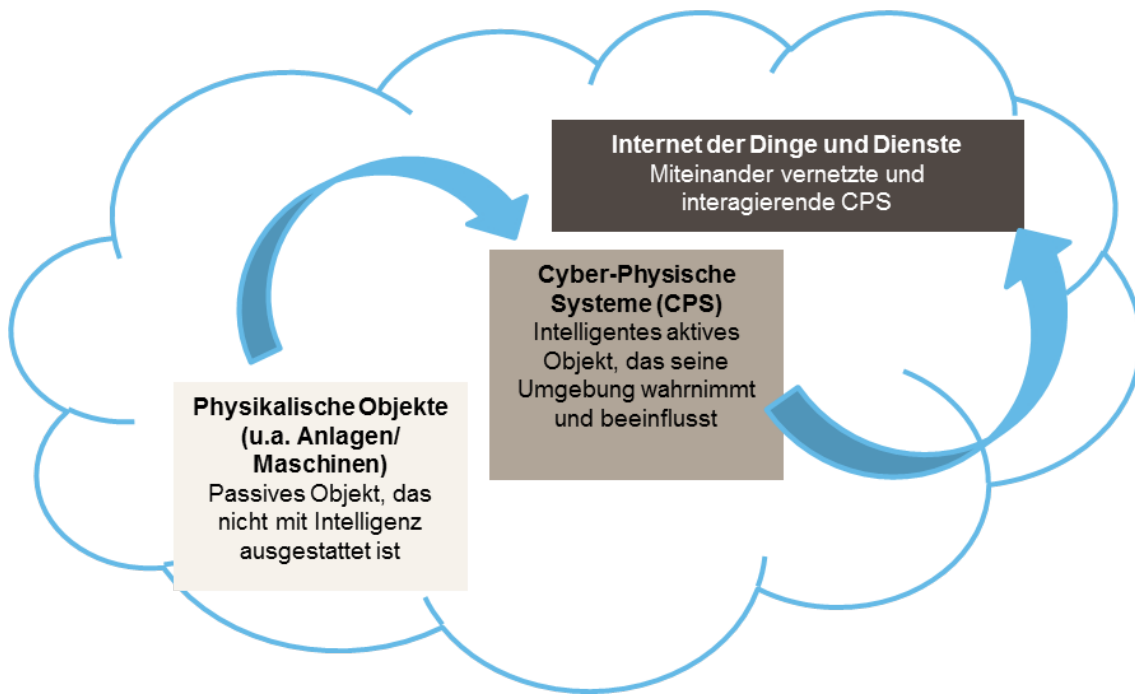
Intelligente Produkte				
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
	 0 123456 789005 Quelle:barcode	 Quelle: rfidnet	 Quelle: industry	
Fähigkeiten	Identifikation	Identifikation	Identifikation	Identifikation
	—	Speicherplatz	Speicherplatz	Speicherplatz
	—	—	Datenverarbeitung	Datenverarbeitung
	—	—	—	Interaktion/ Kommunikation
→ Zunehmender Grad an Fähigkeit				

Quelle: Zbib u. a. 2008

Über das Unternehmen hinaus werden Produktions- und Logistikprozesse künftig weltweit über das Internet verzahnt, um den Materialfluss zu optimieren. Der Mensch nimmt innerhalb von Industrie 4.0 eine zentrale Rolle als Lenker und Denker ein, die jedoch je nach Anwendungsfall differenzieren kann (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 2

Industrie 4.0 – Kernelemente und deren Vernetzung



Quelle: Eigene Darstellung

4.2 Zielsetzung

Industrie 4.0, die Kombination physischer Komponenten (beispielsweise von einer Werkzeugmaschine) mit Rechnerleistung und dem Internet, baut auf dem Internet der Dinge auf. Dabei werden Alltagsgegenstände der physischen Welt mit der digitalen Welt verknüpft.²⁴ Industrie 4.0 kann als eine Konkretisierung des Internet der Dinge mittels Cyber-Physischer-Systeme verstanden werden, die miteinander vernetzt werden.

Industrie 4.0 ist durch einen umfassenden Vernetzungsgedanken gekennzeichnet: Die Vernetzungszintelligenz soll die gesamte Fabrik umfassen, wobei die intelligenten Ma-

²⁴ vgl. Windelband, L.; Dworschak, B. (2015): Veränderungen in der industriellen Produktion – Notwendige Kompetenzen auf dem Weg vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0. Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP), Jg. 44, Heft 6, S. 26.

schinen die Fertigungsprozesse selbstständig organisieren sollen,²⁵ bis hin zur Erledigung von Logistikaufträgen.

Es kann im Zusammenhang mit Industrie 4.0 durchaus von einem Produktionsparadigma gesprochen werden, weil zum einen die Fabriken intelligent werden und zum anderen Produktions- und Logistikprozesse weltweit über das Internet verzahnt werden. Dadurch wird der Materialfluss in einem bisher nicht bekannten und nicht praktizierten Maße vernetzt und optimiert.

Deutschland soll – so die industriepolitische Zielsetzung – als Produktions- und Logistikstandort mit der Etablierung von Industrie 4.0 weiter gestärkt werden. Die Entwicklung, Vermarktung und der Betrieb autonomer, selbststeuernder, wissensbasierter sowie sensorgestützter Produktions- und Logistiksysteme steht dabei im Fokus. Um zukünftig Unternehmen und Wertschöpfungsnetze in nahezu Echtzeit planen und steuern zu können, sind die Automatisierung sowie das Monitoring wichtige Ziele, um den Wandel zu CPS zu unterstützen.²⁶

Basis für Industrie 4.0 ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch eine Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen innerhalb und außerhalb des Unternehmens sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen – so die Vorstellungen der Ingenieure – entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.²⁷

4.3 Anwendungen

Zu Industrie 4.0 lassen sich zahlreiche Anwendungsszenarien finden. Der Arbeitskreis Industrie 4.0 nennt in seinen Umsetzungsempfehlungen fünf Anwendungsbeispiele, die sich durch folgende vier Charakteristika auszeichnen:

- horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke,
- digitale Durchgängigkeit des Engineerings über die gesamte Wertschöpfungskette,
- vertikale Integration sowie
- vernetzte Produktionssysteme.²⁸

²⁵ vgl. Bauernhansel, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Henser, B. (Hrsg.) (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Vieweg.

²⁶ vgl. Geisberger, E; Broy, M. (2012): agenda CPS – Integrierte Forschungsagenda Cyper-Physical Systems. Heidelberg u.a.: Springer Verlag.

²⁷ vgl. Plattform Industrie 4.0. (2013): Was Industrie 4.0 (für uns) ist. Online-Ressource: <http://www.plattform-i40.de/blog/was-industrie-40-f%C3%BCr-uns-ist>. Abruf am 04.06.2015.

²⁸ vgl. Acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main, S.57.

Beispielhaft wird der Rohling als „smart product“ benannt, der sich selbst durch die Produktion bis zu seiner Fertigstellung steuert. Dabei wird dieser von Maschinen unterstützt, die untereinander und mit dem entstehenden Produkt vernetzt sind und miteinander kommunizieren. Die Verknüpfung „stofflicher Produktionsschritte und -einheiten mit Daten und, darauf aufbauend, neue Kontroll-, Auswertungs- und Steuerungsoptionen“²⁹ ist das eigentlich Neue der Produktion nach dem Verständnis von Industrie 4.0. Folge dieser Art intelligenter Produktionsprozesse ist, dass traditionelle Prinzipien der industriellen Produktion wie Linienfertigung nach festgelegter Bearbeitungsreihenfolge aufgegeben werden und dezentral nach Bedarf produziert wird. Zudem wird das Ziel einer zentralen Steuerung, so wie es bei der Implementierung der rechnerintegrierten Produktion (CIM) in den 1980er und 1990er Jahren verfolgt wurde,³⁰ zugunsten dezentraler Steuerungskonzepte aufgegeben.

4.4 Beschäftigungssituation

4.4.1 Aussagen ausgewählter quantitativer Studien

Die Entwicklung von Industrie 4.0 vor allem mit Blick auf die Digitalisierung und deren Wirkungen auf die Beschäftigten und Sektoren wurde in den vergangenen Jahren vielfach und mit verschiedenen Zielrichtungen untersucht. Wesentliche Erkenntnisse dieser quantitativen Erhebungen werden nachstehend dargestellt.

Bei einer Studie des Deutschen Industrie- und Handelskammertages (DIHK), die bei 1.849 Unternehmen der deutschen Wirtschaft durchgeführt wurde, zeigte sich, dass insgesamt 94 Prozent der befragten Unternehmen über alle Sektoren hinweg einen Einfluss der Digitalisierung (im Kontext von Industrie 4.0) auf ihre Geschäfts- und Arbeitsprozesse erwarten.³¹ Im Dienstleistungsgewerbe werden gar 96 Prozent (vgl. Abbildung 3) und in der Industrie 95 Prozent ausgewiesen. Bei Bau und Handel sind es 93 Prozent. Die Basis für die Diffusion, so die Annahme, bilden die hohe Datenvielfalt aus unterschiedlichen Quellen sowie das anschließende zielgerichtete Analysieren dieser Datenmengen.

In der Studie wird auch nach den Hemmnissen bei der Implementierung von Industrie 4.0 gefragt.³² Die größten Hindernisse sehen die Befragten mit 59 Prozent in der Si-

²⁹ Wetzel, D. (2015): Arbeit 4.0. Was Beschäftigte und Unternehmen verändern müssen. Freiburg im Breisgau: Verlag Herder, S. 30.

³⁰ vgl. Spöttl, G. (1996): Perspektivwechsel bei der Strukturierung beruflicher Lehrinhalte als Antwort auf die neuen Technologien. Alsbach/Bergstraße: LTV-Verlag, S. 165 ff.

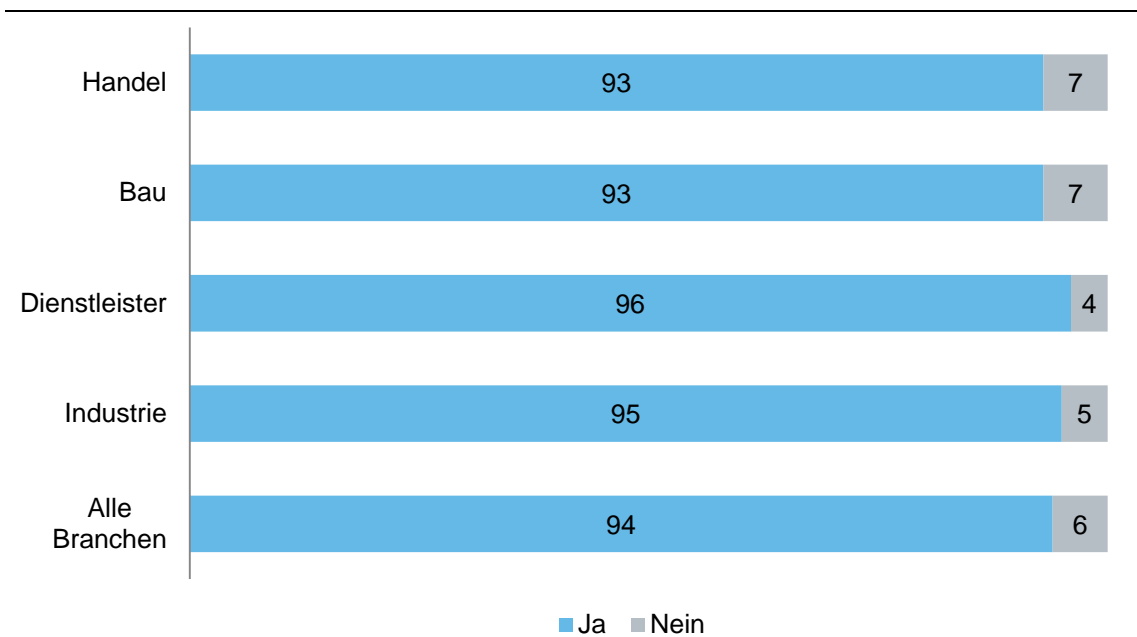
³¹ vgl. Schumann, A.; Assenmacher, M.; Liecke, M.; Reinecke J.; Sobania, K. (2014): Wirtschaft 4.0 - Große Chancen, viel zu tun - Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung. Berlin, Brüssel: Deutscher Industrie- und Handelskammertag, S. 5

³² vgl. ebd., S. 5 und S. 8.

cherheit bzw. im Schutz ihrer Daten in den informationstechnischen Netzwerken (vgl. Abbildung 4). Ein weiteres Hemmnis sind rechtliche Unsicherheiten und ein Mangel an kompetenten Fachkräften. Die Unternehmen sehen großen Handlungsbedarf bei der Qualifizierung ihrer Mitarbeiter.³³

Abbildung 3

Anzahl der Unternehmen, die einen Einfluss der Industrie 4.0 auf ihre Geschäfts- und Arbeitsprozesse erwarten – in Prozent

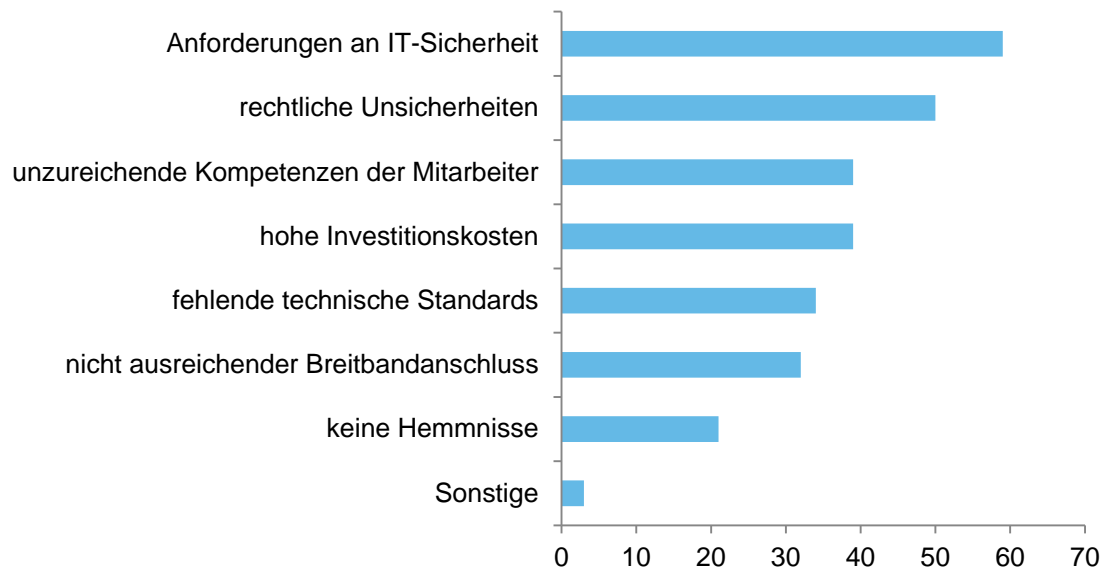


Quelle: Schumann u. a. 2014, S. 5

³³ vgl. ebd., S. 5.

Abbildung 4

Hemmnisse von Unternehmen, sich auf den Trend der Digitalisierung einzustellen – in Prozent, Mehrfachantworten möglich

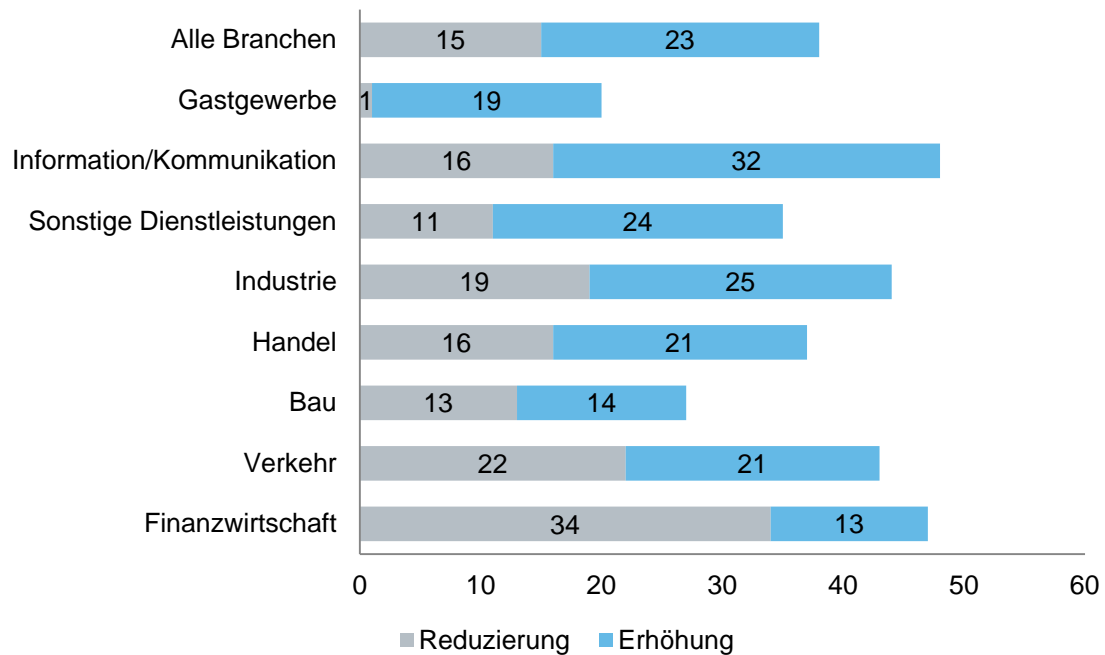


Quelle: Schumann u. a. 2014, S. 8

Die DIHK-Studie kommt weiterhin zu dem Ergebnis, dass die Digitalisierung ein positives Ergebnis bei der Beschäftigung zeigen werde.³⁴ Die erhobenen Zahlen legen nahe, dass 23 Prozent der Unternehmen mit einer Zunahme der Beschäftigten rechnen, 62 Prozent keine Veränderung sehen und lediglich 15 Prozent der Befragten einen Arbeitsplatzverlust prognostizieren (vgl. Abbildung 5). Bei einem genaueren Blick auf die Ergebnisse zeigt sich, dass gerade in der Industrie die Digitalisierung als ein Treiber von Beschäftigung angesehen wird. Die größten Beschäftigungsverluste sehen die befragten Unternehmen im von der Dienstleistung geprägten Finanzsektor mit 34 Prozent. Die positivsten Auswirkungen auf die Anzahl der Mitarbeiter werden im Bereich der Information und Kommunikation gesehen. Hier gehen 32 Prozent der Unternehmen von einer zunehmenden und nur 16 Prozent von einer abnehmenden Beschäftigung aus.

³⁴ vgl. Schumann, A.; Assenmacher, M.; Liecke, M.; Reinecke J.; Sobania, K. (2014): Wirtschaft 4.0 - Große Chancen, viel zu tun - Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung. Berlin, Brüssel: Deutscher Industrie- und Handelskammertag, S. 13. f.

Abbildung 5

**Einfluss der Digitalisierung auf die Anzahl der Mitarbeiter – Angaben in Prozent
(fehlende Prozentanteile: „Keine Veränderung“)**

Quelle: Schumann u. a. 2014, S. 5

Die Entwicklung veränderter Produktionsstrategien im Rahmen von Industrie 4.0 bleibt nicht ohne Folgen für die Beschäftigtenzahlen. Der IAB-Forschungsbericht³⁵ setzt sich mit dieser Thematik auseinander. Die Autoren der Studie gehen davon aus, dass durch den Einsatz von CPS die Vernetzung und die Optimierung der Prozesse weiter vorangetrieben werden dürfte. Als Folge davon wird nach Einschätzung der Autoren die Anzahl der Beschäftigten in Berufsfeldern mit einem hohen Anteil an Routinetätigkeiten abnehmen, wohingegen bei Branchen mit einem geringen Routineanteil die Zahl der Beschäftigten stabil bleiben oder bei Intensivierung der Produktion zunehmen wird (vgl. Abbildung 6).

³⁵ vgl. Wolter, M., I u. a. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft - Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.): IAB-Forschungsbericht. Heft 8. Nürnberg: IAB-BIBB.

Wolter u. a.³⁶ stellen auf der Basis einer 5-stufigen Szenarioanalyse eine modellbasierte Wirkungsabschätzung der Industrie 4.0 auf den Arbeitsmarkt in Deutschland auf. Sie gehen davon aus, dass sich der Strukturwandel hin zu mehr Dienstleistungen durch Industrie 4.0 beschleunigen wird und die Arbeitskräftebewegungen zwischen Branchen und Berufen größer sein werden als die Veränderung der Anzahl der Beschäftigten insgesamt. So kommen die Verfasser zu dem Ergebnis, dass bis zum Jahr 2025 rund 490.000 Arbeitsplätze abgebaut werden, während 430.000 Arbeitsplätze an anderer Stelle neu entstehen.³⁷

Der prognostizierte Wandel in den Berufen und Branchen schlägt sich in der erwarteten Entwicklung der Qualifikationen der Beschäftigten nieder (vgl. Abbildung 6). Während Absolventen von Fachhochschulen, Hochschulen und Universitäten von den Unternehmen zukünftig vermehrt eingestellt werden – hier werden Zuwächse um rund 70.000 bis zum Jahr 2020, 120.000 bis 2025 und weitere 100.000 bis zum Jahr 2030 erwartet –, wird die Anzahl von Erwerbstätigen mit einer abgeschlossenen Berufsausbildung bis zum Jahr 2020 um etwa 75.000, bis 2025 um weitere 160.000 und bis zum Jahr 2030 nochmals um rund 150.000 Personen abnehmen.³⁸ Wenn man den prognostizierten Wegfall von insgesamt 490.000 Arbeitsplätzen bis zum Jahr 2025 und die Schaffung von 430.000 neuen in das Kalkül zieht, dann heißt dieses, dass prozentual die Anzahl der Arbeitsplätze, die eine Berufsausbildung erfordern, im Gesamtsystem abnimmt, so die Aussagen der Verfasser der Studie. Dabei kommt es aus Sicht der Unternehmen nicht zwangsläufig zu einem Rückgang bei der Fachkräftenachfrage im mittleren Fachkräftebereich.³⁹ In der Studie wird davon ausgegangen, dass im Zuge der Einführung von Industrie 4.0 zunächst die Anforderungen an die Beschäftigten, vor allem in der Entwicklungsphase neuer Prozesse und Produkte, steigen, was zu einer kurzfristigen Verlagerung des Qualifikationsbedarfs in Richtung akademischer Abschlüsse führen könnte. Bei der Umsetzungsphase könnte sich dieses wieder relativieren und mehr Personen mit Berufsabschlüssen nachgefragt werden.⁴⁰

³⁶ vgl. Wolter, M., I u. a. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft - Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.): IAB-Forschungsbericht. Heft 8. Nürnberg: IAB-BIBB, S. 6.

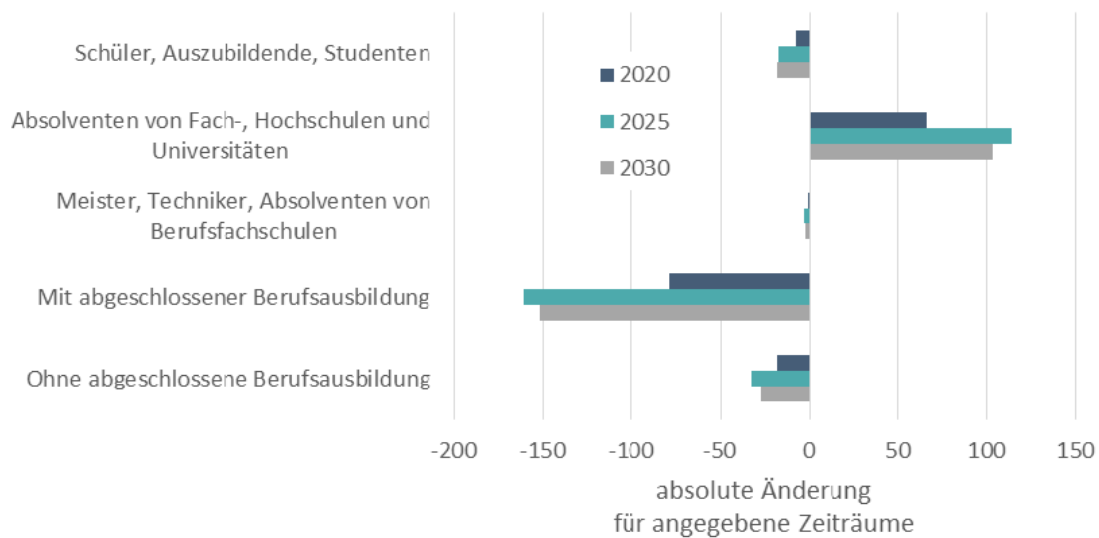
³⁷ vgl. ebd., S. 60

³⁸ vgl. ebd., S. 48 f.

³⁹ vgl. ebd., S. 15

⁴⁰ ebd.

Abbildung 6

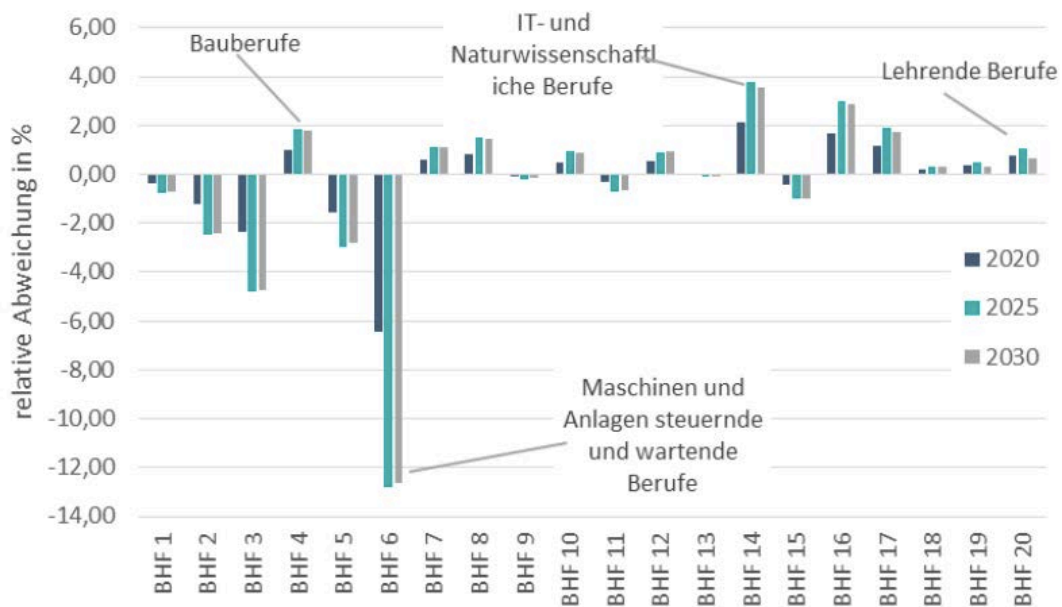
Entwicklung der Zahl der Erwerbstätigen nach Qualifikationen durch Industrie 4.0

Quelle: Wolter u. a. 2015, S. 49

Abbildung 7 zeigt, dass besonders Berufsgruppen, die dem produzierenden Gewerbe zugeordnet werden können, von einem Rückgang an Arbeitsplätzen betroffen sein werden.⁴¹ Von einem derartigen Rückgang sind insbesondere die Berufshauptfelder „Rohstoff gewinnende Berufe (BHF 1)“, „Hilfskräfte/Hausmeister (BHF 2)“, „Metall-, Anlagenbau, Blechkonstruktion, Installation, Montierer, Elektroberufe (BHF 3)“, „sonstige be-, verarbeitende und instandsetzende Berufe (BHF 5)“ sowie „Maschinen und Anlagen steuernde und wartende Berufe (BHF 6)“ und „Technische Berufe (BHF 15)“ betroffen. Diesen Verlusten gegenüber stehen Berufsfelder, in denen die Zahl der Erwerbstätigen zunehmen wird. Diese sind bspw. im Bereich der Unternehmensberatung (BHF 16), von IT und Naturwissenschaften (BHF 14), von Unterricht und Schule (BHF 20) oder im Bau (BHF 4) zu finden.

⁴¹ vgl. Wolter, M., I u. a. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft - Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.): IAB-Forschungsbericht. Heft 8. Nürnberg: IAB-BIBB, S. 58.

Abbildung 7
Zahl der Erwerbstätigen nach Berufshauptfeldern



Quelle: Wolter u. a. 2015, S. 58

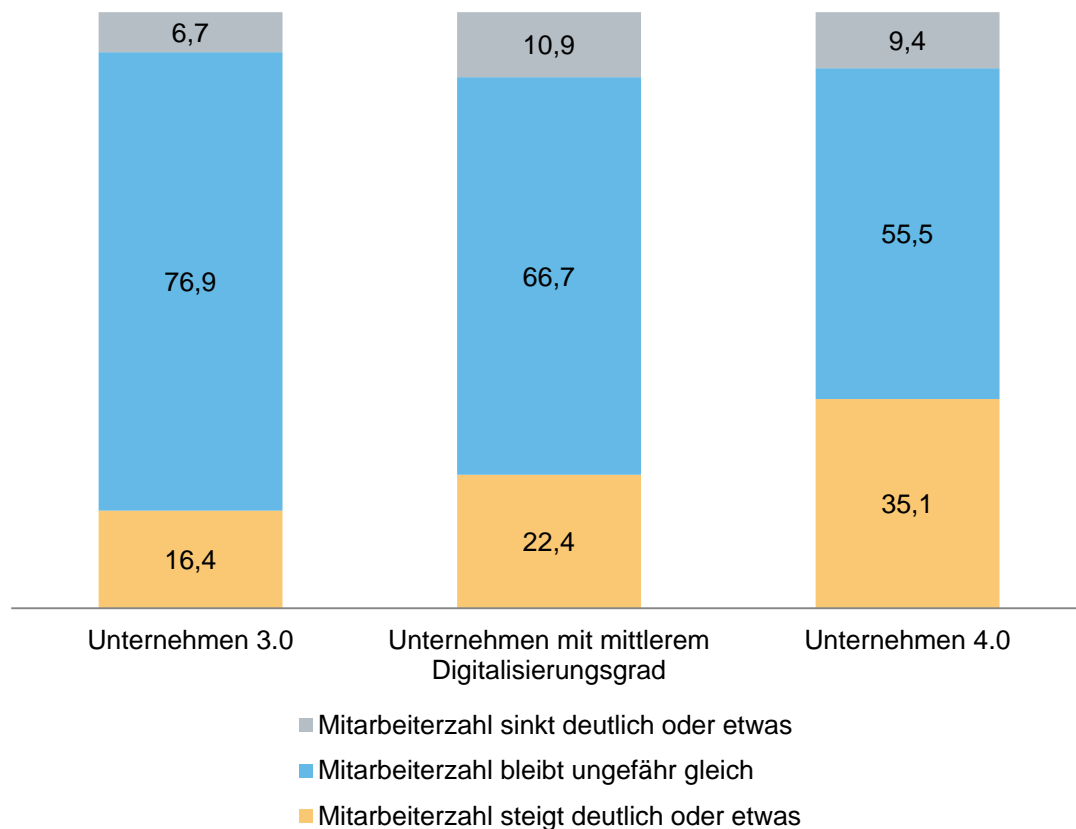
Eine Befragung des Instituts der deutschen Wirtschaft unter Personalleitern kommt zu anderen Ergebnissen als Wolter u. a. und zeigt auf, dass 35 Prozent der Unternehmen (vgl. Abbildung 8), die auf Industrie 4.0 setzen, eine Aufstockung der Anzahl der Mitarbeiter in den nächsten 12 Monaten anstreben.⁴² Dabei erwarten knapp 56 Prozent dieser Unternehmen keine Auswirkungen auf die Beschäftigten und nur rund 9 Prozent rechnen mit einem Arbeitsplatzabbau. Demgegenüber stehen Unternehmen mit einem herkömmlichen Geschäftsmodell. Von diesen Betrieben erwarten rund 16 Prozent eine Zunahme der Belegschaft, 77 Prozent keine Veränderung und etwa 7 Prozent einen Rückgang.

Hammermann / Stettes⁴³ schränken ein, dass mittels ihrer Befunde noch nicht abschließend geklärt werden kann, ob im Saldo aufgrund der Digitalisierung eine Beschäftigungszu- oder -abnahme stattfinden werde. Sie gehen aber davon aus, dass die Unternehmen 4.0 häufiger Personal einstellen, als dass sie abbauen werden.

⁴² vgl. Hammermann, A.; Stettes, O. (2015): Beschäftigungseffekte der Digitalisierung - Erste Eindrücke aus dem IW-Personalpanel. In: Institut der deutschen Wirtschaft (Hrsg.): Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung, Jg. 42, Heft 3. Köln: iw, S. 84 f.

⁴³ vgl. ebd., S. 85 f.

Abbildung 8

Geplante kurzfristige Beschäftigungsentwicklung – Anteil der Unternehmen in Prozent mit geplanter Veränderung der Mitarbeiterzahl in den nächsten zwölf Monaten

Quelle: IW-Personalpanel 2014

Zudem nehmen sie an, dass es mehr Unternehmen gibt, die ihren Personalstand erhöhen wollen, als solche, die Personal reduzieren möchten.

Hammermann / Stettes prognostizieren je nach Digitalisierungsgrad für die nächsten fünf Jahre einen erhöhten Personalbedarf an Mitarbeitern mit Berufsausbildung, Fortbildung und Fachhochschul- oder Universitätsabschluss. Problematisch bleibt hingegen die Beschäftigungssituation für Geringqualifizierte. Die befragten Unternehmen gehen davon aus, dass im Schnitt jeder zehnte Betrieb mit einem zukünftig geringeren

Bedarf an an- und ungelerten Mitarbeitern rechnet⁴⁴. Allerdings wollen auch zwischen sechs und neun Prozent aller Unternehmen die Anzahl der beschäftigten Personen erhöhen, die für die Tätigkeiten keine relevante abgeschlossene Berufsausbildung aufweisen müssen. Insgesamt zeigt die Befragung, dass der Zahl der sehr gut ausgebildeten Mitarbeiter, seien sie akademisch oder beruflich qualifiziert, weiterhin ein hoher Stellenwert zukommt. Beispielsweise sagen 43 Prozent der Unternehmen, die auf Industrie 4.0 setzen, dass die Nachfrage nach Mitarbeitern mit einer abgeschlossenen Ausbildung steigen wird. Bei Betrieben mit einer eher traditionellen Fertigung sind dies knapp 37 Prozent.

Die Verfasser des IAB-Forschungsberichts⁴⁵ sehen höhere Anforderungen an die Beschäftigten vor allem in der Entwicklungsphase neuer Prozesse und Produkte, was aber nur zu einer kurzfristigen Verlagerung des Bedarfs in Richtung akademischer Abschlüsse führen wird. Ähnlich wird es von Hammermann / Stettes⁴⁶ gesehen, die bei Unternehmen einen steigenden Bedarf an Akademikern signalisieren, diesen aber damit erklären, „dass die Unternehmen 4.0 bereits heute relativ viele Akademiker beschäftigen. Der steigende Personalbedarf an Akademikern unabhängig vom Digitalisierungsgrad deutet auf steigende berufliche Anforderungen in einer analogen und digitalen Arbeitswelt hin.“⁴⁷

Auf der anderen Seite besteht der Trend, dass Einfach Tätigkeiten abnehmen und damit Beschäftigungsmöglichkeiten für geringqualifizierte Mitarbeiter zurückgehen werden. Bezogen auf die Arbeits- und Berufswelt wird, so die Annahme, die Arbeit anspruchsvoller werden und Qualifikationsansprüche wie die Fähigkeit zu selbstständigem Handeln, zur Selbstorganisation, zur Abstraktionsfähigkeit usw. werden eine wichtigere Rolle spielen.⁴⁸

Die verschiedenen Studien zeigen, dass beim derzeitigen Stand der Umsetzung der Industrie 4.0 noch nicht alle Entwicklungen und Auswirkungen der Digitalisierung ermittelt werden können. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Beschäftigungsmöglichkeiten für gering qualifizierte Mitarbeiter im Zuge der Etablierung von Industrie 4.0 weiter zurückgehen werden. Bei ausgebildeten Facharbeitern und akademisch qualifizierten Mitarbeitern wird der Bedarf der Unternehmen steigen. „Im Unterschied zur Prognose mancher Beobachter lässt sich aus der Erwartungshaltung der

⁴⁴ vgl. ebd., S. 84 f.

⁴⁵ vgl. Wolter, M., I u. a. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft - Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.): IAB-Forschungsbericht. Heft 8. Nürnberg: IAB-BIBB, S. 4.

⁴⁶ vgl. Hammermann, A.; Stettes, O. (2015): Beschäftigungseffekte der Digitalisierung - Erste Eindrücke aus dem IW-Personalpanel. In: Institut der deutschen Wirtschaft (Hrsg.): Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung, Jg. 42, Heft 3. Köln: iw, S. 87.

⁴⁷ ebd.

⁴⁸ vgl. Kagermann, H.; Wahlster, W.; Helbig, J. (Hrsg.) (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.

Personalverantwortlichen in den Betrieben für die These eines massiven Personalabbaus durch den digitalen Wandel keinerlei empirische Evidenz ermitteln.“⁴⁹

4.4.2 Erkenntnisse aus den empirischen Erhebungen

Bei den Erhebungen, vor allem den Fallstudien, konnten interessante Einsichten in die Überlegungen der in den Unternehmen für die Produktion Verantwortlichen gewonnen werden. Nachstehend werden auszugsweise Einschätzungen und Planungsüberlegungen aus verschiedenen Fällen und von Experten wiedergegeben:

„Es gibt unterschiedliche Philosophien zur Entwicklung der Fertigung bei stärkerer Orientierung an Industrie 4.0:

- Wir setzen auf Facharbeiter, auch für einfache Tätigkeiten, weil diese flexibler sind und in Krankheitsfällen andere Aufgaben mit erledigen können, weil sie nicht zu sehr auf eine Tätigkeit spezialisiert sind.
- Facharbeiter müssen sehr oft von Ungelernten zur Unterstützung eingeschaltet werden,
- Wenn mit Facharbeitern die Performance am Tag um zwei Prozent höher liegt, dann hat man das reingeholt, um das Ungelernte kostengünstiger sind.“ (Fall B)

„Gäbe es keine manuell bedienten Linien, gäbe es keine alten Linien, dann würde der Facharbeiteranteil Richtung 70 Prozent gehen – ausgehend von 60 Prozent. Das ist auch unsere Erwartung für die Zukunft! Mit zunehmender Automatisierung wird der Facharbeiteranteil nicht zurückgehen, aber der Anteil der Ungelernten und der Anteil der Mitarbeiter pro gefertigtem Teil wird fallen. Der Anteil der Ingenieure wird konstant bleiben. Bachelorabsolventen sind willkommen. Sie eignen sich als Personen, die die Prozesse beherrschen.“ (Fall B)

Aussagen

- „Facharbeiter sind notwendig, um die Maschinen betreiben zu können,
- einfache Tätigkeiten werden weniger werden,
- über statistische Methoden wird die Genauigkeit der optischen Systeme verbessert werden, um Entscheidungsprozesse zu verbessern – dadurch werden zur Gegenprüfung der Qualität nicht mehr vier angelernte Mitarbeiter notwendig sein sondern nur noch einer!“ (Fall B)

⁴⁹ Hammermann, A.; Stettes, O. (2015): Beschäftigungseffekte der Digitalisierung - Erste Eindrücke aus dem IW-Personalpanel. In: Institut der deutschen Wirtschaft (Hrsg.): Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung, Jg. 42, Heft 3. Köln: iw, S. 91.

Die Gesprächspartner benannten vier „Funktionsebenen“ im Unternehmen

- „Akademikerebene – Schwerpunkt: Software schreiben.
- Ingenieure / hochqualifizierte Facharbeiter: Sicherung der Prozesse.
- Facharbeiter- bzw. Technikerebene: Inbetriebnahme von Anlagen, Parametrieren.
- Werker (erfahrene Angelernte): Einfache Aufgaben in der Fertigung.“ (Fall A)

„Meister stehen den Teams vor und tragen Personal- und Kostenstellenverantwortung. Die Zerspaner bestücken Tische, prüfen, ob genügend Teile in der Halle liegen und ob genügend Teile am Arbeitsplatz verfügbar sind, sie managen den Ablauf, den Prozess, das eigentliche Zerspanen ist nicht mehr Gegenstand der Arbeit.“ (Fall A)

Einsatz von Fachkräften:

- „Techniker – werden sehr viel in der Arbeitsvorbereitung für CNC-Programmierung eingesetzt.
- Meister – werden in der Anlagenproduktion eingesetzt und nehmen in der Regel Führungsaufgaben wahr.
- Meister – werden im Anlagenbau eingesetzt und leiten dort Teams, die in der Regel hierarchisch organisiert sind. D. h., der Meister hat Entscheidungsbefugnisse und Verantwortung für Budget und Kosten.

Meister und Techniker sind für die genannten Aufgaben optimal geeignet. Was ihnen in der Regel fehlt, ist die Kompetenz zur Planung von Projekten in Verbindung mit einer genauen Termineinhaltung und Kostenkalkulation. Die gemeinsame Sprache zwischen Techniker und Informatikern fehlt häufig, da die Techniker wenig analytisches Wissen mitbringen.“ (Fall A)

„In der Produktion sind rund 300 Mitarbeiter beschäftigt. 60 davon sind Angestellte, worunter Akademiker, Techniker und Meister fallen. Ca. 15 Prozent dieser Gruppe sind akademisch ausgebildet. Vor allem die Planungsaufgaben werden von Akademikern wahrgenommen. Das Unternehmen hält bisher an Facharbeitern, Technikern und Meistern fest, weil es mit dieser Personengruppe sehr gute Erfahrungen auch bei der bisherigen Implementierung von Industrie 4.0 gemacht hat.“ (E 2)

„Der Trend zur Akademisierung durch Industrie 4.0 wird im Unternehmen nicht gesehen. Akademiker und Techniker / Meister kooperieren im Unternehmen sehr eng, und wenn es um Führungspositionen wie Gruppenleiter auf der Werkstattebene geht, dann kommen dafür Techniker / Meister genauso in Frage wie Akademiker. Das Unternehmen hat sich zum Ziel gesetzt, dass bei frei werdenden Stellen 80 Prozent intern besetzt werden sollen. Damit soll erreicht werden, dass diejenigen, die durch Rationalisierungsmaßnahmen frei gesetzt werden, im Unternehmen bleiben können. Damit dies gelingt, wird dieser Vorgang durch Weiterbildungsmaßnahmen flankiert. Die Akzeptanz von internen Bewerbungen wird vom Personalleiter als wichtig eingestuft, um Karrierechancen auch bei organisatorischen Veränderungen sicherzustellen.“ (E 2)

Einer der befragten Meister formulierte folgende These:

„Mit hoch qualifizierten Facharbeitern lässt sich die gesamte Herausforderung in der Produktion bewältigen – dafür sind keine Ingenieure nötig. Für Prozessoptimierer, Springer und Problemlöser gibt es keine Alternative zu einer Berufsausbildung.“ (Fall E)

Aus den dargelegten Fällen und Expertengesprächen wird deutlich, dass zum einen den Fachkräften auf Facharbeiterebene und zum anderen den Meistern und Technikern, die sich aus der Facharbeiterebene rekrutieren, auch bei zukünftigen Entwicklungen eine hohe Bedeutung beigemessen wird. Es wird davon ausgegangen, dass diese Qualifikationsprofile sowohl qualitativ als auch quantitativ auch zukünftig eine wichtige Rolle spielen werden. Das setzt voraus, dass nach wie vor über eine Berufsausbildung erfolgreich qualifiziert wird. Einzig den An- und Ungelernten werden nur bei sehr guter Auftragslage Chancen eingeräumt. Gleichzeitig wird jedoch gezeigt, wie mittels Rationalisierung Arbeitsplätze mit vielen Routinearbeiten durch technologische Lösungen ersetzt werden und dieser Vorgang dann die Stellenzahl für An- und Ungelernte reduzieren wird.

Offen ist noch, welche Rolle zukünftig Hochschulabsolventen einnehmen werden. Hinweise werden gegeben, dass sie durchaus für die Produktion geeignet sind. Ob dieses dann zu einer Verdrängung von Facharbeitern führen wird, ist derzeit noch offen, wird aber nicht ausgeschlossen.

Zu den An- und Ungelernten wurden noch weitere Aussagen getätigt:

Eine zentrale These eines Gesprächspartners war: „Dass die Anzahl der Menschen, die die hochautomatisierten Anlagen nutzen, also daran arbeiten, abnehmen wird.“ (E 5)

„Es wird angenommen, dass voraussichtlich weniger Beschäftigte an komplexen Anlagen bei konstanter Produktion aufgrund der Produktivitätszuwächse tätig sein werden. In den betroffenen Bereichen – Montage, Produktion – wird ein jährlicher Rückgang der Beschäftigten von zwei bis drei Prozent erwartet.“ (E 9)

„Einfache Tätigkeiten werden weniger werden, Arbeitsplätze werden dabei wegfallen.“ (Fall E)

„Bei Großunternehmen sind bis zu 60 Prozent un- und angelernte Mitarbeiter tätig, die manuelle Tätigkeiten ausüben. Diese Zahlen dürften sich verändern hin zu mehr qualifizierten Beschäftigten.“ (Fall F)

„An- und Ungelernte sind in vielen Umsetzungsbeispielen lediglich für ausführende Tätigkeiten zuständig. Diese arbeiten dabei strikt nach Arbeitsanweisungen aus dem System und können in die Handlung nicht eingreifen. Viele allgemeinqualifizierte Fachkräfte (ohne besondere Spezialisierung wie Technikqualifikation) und Erfahrung in bestimmten Teilbereichen kommen durch die neuen Industrie 4.0-Anwendungen unter

Druck. Dies trifft auch auf viele ältere Beschäftigte zu, die auf die Industrie 4.0-Anwendungen nicht vorbereitet sind und Schwierigkeiten haben, sich anzupassen.“ (E 8)

Die Aussagen zu den An- und Ungelernten gehen tendenziell in die Richtung der Ergebnisse der quantitativen Befragung (siehe oben). Es wird ein Verlust an Arbeitsplätzen an der Stelle prognostiziert, an der die An- und Ungelernten tätig sind. Gleichzeitig verwiesen einzelne Gesprächspartner darauf, dass über Beschäftigungsalternativen im Unternehmen nachgedacht wird, die allerdings von der zukünftigen Organisationsform der Arbeit und der Auftragslage abhängig sind. Ein Faktor, der diese Überlegungen und Entscheidungen beeinflusst, ist die zunehmende Zahl an Hochschulabsolventen, die generell als Beschäftigte in der Produktion und Fertigung in Frage kommen.

Es ist sicher nicht von der Hand zu weisen, dass die Frage nach den Beschäftigungsstrukturen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 so lange ein Thema sein wird, wie es um die Implementierung geht. In letzter Konsequenz wird über die Form der Arbeitsorganisation, den Automatisierungsgrad und die Qualitätsansprüche entschieden, wie sich die Stellenstruktur und die Zahl der Beschäftigten in den Unternehmen entwickeln wird.

4.4.3 Zusammenfassende Aussagen zum Fachkräftebedarf

Die dargestellten Studien und die in verschiedenen Veröffentlichungen dargestellten Aussagen zur Entwicklung des Fachkräftebedarfs im Zusammenhang mit Industrie 4.0 lassen sich in drei Aussagerichtungen zusammenfassen:

1. Pessimistische Prognosen: weitreichende Arbeitsplatzverluste
 - Ca. 50 Prozent aller Berufe sind automatisierungsgefährdet.
 - Insbesondere Routinetätigkeiten im unteren und (mittleren) Bereich unterliegen der Automatisierung. Betroffen davon sind in erster Linie An- und Ungelernte.
2. Optimistische Prognosen: Zugewinn an Arbeitsplätzen
 - Es werden fast 400.000 neue Arbeitsplätze in der Industrie innerhalb von 10 Jahren entstehen.
 - Steigende Nachfrage nach höheren Qualifikationen wird zunehmen.
3. Kompensationsprognose
 - Bis 2025: Verlust von 490.000 Jobs und Gewinn von 430.000 Jobs.⁵⁰

⁵⁰ vgl. Wolter, M., I u. a. (2015): Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft - Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.): IAB-Forschungsbericht. Heft 8. Nürnberg: IAB-BIBB,

Die Aussagen aufgrund von Befragungen oder auf der Grundlage von Prognosen variieren sehr weit. Ablesbar sind daraus geringere Chancen für An- und Ungelernte auf dem Arbeitsmarkt und eine Bedeutungszunahme von akademischen Berufen bei planerischen Aufgaben. Zu Facharbeitern, Meistern und Technikern gibt es eher pauschalisierte Aussagen, die auf Stabilität hindeuten oder auf eine leichte Zunahme.

Aus den im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Erhebungen mittels Fallstudien und Expertengesprächen lassen sich folgende tendenzielle Aussagen zusammenfassen:

1. Trend A: Unternehmen ohne „Industrie 4.0“
 - Keine Veränderungen in der direkten Produktion, jedoch in der indirekten (z. B. Stellen für Implementierung von Industrie 4.0).
2. Trend B: Unternehmen mit geringer „Industrie 4.0-Dichte“
 - Stagnation bis leichtes Anwachsen bei den hoch qualifizierten Facharbeitern und merklicher Produktivitätszuwachs.
3. Trend C: Unternehmen mit hoher „Industrie 4.0-Dichte“
 - Zunahme der oberen Qualifikationsebene um 20 Prozent bis 30 Prozent (gut qualifizierte Facharbeiter, Meister, Techniker, ...).
 - (Weitgehender) Abbau der Geringqualifizierten (An- und Ungelernte).

Es lässt sich der Schluss ziehen, dass Facharbeitern mit einer auf Industrie 4.0 ausgerichteten hochwertigen Ausbildung sehr gute Beschäftigungs- und Karrierechancen eingeräumt werden. Allerdings konkurriert diese Gruppe bei Planungsaufgaben und konzeptionellen Aufgaben mit akademisch ausgebildeten Personen. Bei anderen Aufgaben hingegen, wie z. B. Fehlersuche und -behebung, Inbetriebnahme, Einstell- und Rüstarbeiten, Warten und Instandhalten u. a. sind Fachkräfte mit einer metall- oder elektrotechnischen Berufsausbildung unabkömmlich und erfreuen sich vor allem dann besonders hoher Wertschätzung, wenn sie auch noch drei bis vier Jahre Berufserfahrung aufweisen. Letzterem wird gerade für den Betrieb hoch komplexer Anlagen große Bedeutung beigemessen. Spätestens ab der Inbetriebnahme von Anlagen sind es Fachkräfte mit einer Berufsausbildung, die den kontinuierlichen Anlagenbetrieb sicherstellen.

Einigkeit besteht bei allen Erhebungen darin, dass sich die Beschäftigungschancen für An- und Ungelernte verschlechtern, weil sie nicht über Kompetenzen verfügen, die an komplexen Hightech-Anlagen erforderlich sind. Betroffen ist davon eine Gruppe, die 15 bis 20 Prozent der Beschäftigten im produzierenden Gewerbe in Bayern ausmacht.

4.5 Veränderungen der Arbeit und Arbeitswelt

4.5.1 Veränderungen der Arbeitsorganisation

Zur Frage, wie sich die Organisationsprozesse innerhalb der Produktion durch Industrie 4.0 und dadurch die Hierarchien in den Unternehmen verändern, finden sich bislang nur wenig eindeutige Forschungsergebnisse. Deshalb ist auch unklar, wie sich bestimmte Entscheidungsprozesse auf der Facharbeitsebene verändern werden. Hat der Mensch noch eine Mitgestaltungsmöglichkeit innerhalb von Industrie 4.0 oder fördert Industrie 4.0 einen Taylorismus 4.0?

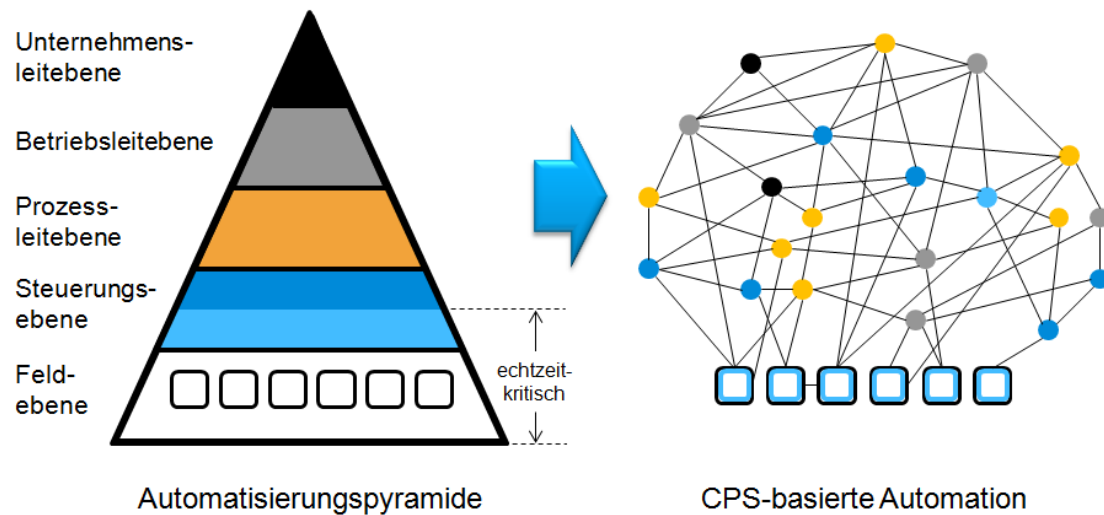
Die Entwickler und Treiber der Idee Industrie 4.0 betonen immer wieder, dass eine kooperierende Interaktion zwischen allen Ebenen angestrebt wird. Dabei sollen die Menschen innerhalb der Produktion einen gestalterischen Einfluss auf ihre Arbeit haben. Die Arbeitsgruppe Industrie 4.0 führt dazu an:

„Die Smart Factory enthält Gelegenheitsstrukturen für eine neue Arbeitskultur, die sich an den Interessen der Beschäftigten orientiert. [...] Über die Qualität der Arbeit entscheiden nicht die Technik oder technische Sachzwänge, sondern Wissenschaftler und Manager, welche die Smart Factory modellieren und umsetzen. Gefragt ist in diesem Zusammenhang eine soziotechnische Gestaltungsperspektive, in der Arbeitsorganisation, Weiterbildungsaktivitäten sowie Technik- und Software-Architekturen in enger wechselseitiger Abstimmung, ‚aus einem Guss‘ mit dem Fokus darauf entwickelt werden, intelligente, kooperative, selbstorganisierte Interaktionen zwischen den Beschäftigten und / oder den technischen Operationssystemen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu ermöglichen.“⁵¹

Eine vernetzte Produktion bringt die klassische Automatisierungspyramide und damit auch die Organisationsprozesse langsam zum Wanken; denn in einer digitalen Fabrik müssen sich Daten in Zukunft sowohl vertikal als auch horizontal austauschen lassen. D. h., die Automatisierungsmodelle werden sich hin zu dezentralen Lösungen verschieben (vgl. Abbildung 9). Wie genau sich die verschiedenen Elemente der Automatisierungspyramide verschieben werden, ist zum aktuellen Zeitpunkt noch offen. Klar ist, sie werden sich untereinander noch stärker vernetzen. Bisher fehlen in vielen Unternehmen noch einheitliche Standards, um die unterschiedlichen Systeme auch miteinander verknüpfen zu können.

⁵¹ Kagermann, H.; Wahlster, W. Helbig, J. (Hrsg.) (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V, S. 57.

Abbildung 9

Auflösung der hierarchischen Automatisierungspyramide durch CPS mit verteilten Diensten

Quelle: Bettenhausen / Kowalewski 2013, S. 6

Da durch die Nutzung dezentraler Dienste die Begrenzung an verfügbaren Informationen auf den verschiedenen Ebenen aufgehoben wird, kommt der Mensch-Maschine-Schnittstelle und deren Ausgestaltung eine zentrale Bedeutung zu.⁵² Hier muss sichergestellt werden, dass der Nutzer (z. B. Fachkraft innerhalb der Instandhaltung) die relevanten Informationen in geeigneter Form aufbereitet und präsentiert bekommt, um diese Informationen auch für seinen Arbeitsprozess nutzen zu können.⁵³

Unstrittig ist die Tatsache, dass der Automatisierungsgrad und die Komplexität der Produktionssysteme mit Industrie 4.0-Technologien weiter steigen werden. „Es finden sich in den Produktionssystemen einerseits eine vermutlich nur noch geringe Zahl einfacher Tätigkeiten mit geringem oder keinem Handlungsspielraum, die laufend standardisierte Überwachungs- und Kontrollaufgaben ausführen. Andererseits ist eine ausgeweitete oder auch neu entstandene Gruppe hoch qualifizierter Experten und technischer Spezialisten anzutreffen, deren Qualifikationsniveau deutlich über dem bisheri-

⁵² vgl. Bettenhausen; K.; Kowalewski, S. (2013): Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA), Düsseldorf. Internet: https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf [09.02.2016]., S. 6.

⁵³ vgl. Windelband, L. (2016): Veränderungen in der Arbeitswelt, Kompetenzen und Lernen in der „Instandhaltung 4.0“. In: lernen & lehren, Jg. 31, Heft 121, 01/2016, S. 16-22.

gen Facharbeiterniveau liegt.“⁵⁴ Diese Gruppe wird von vielen als die Gewinnergruppe der neuen Entwicklung gesehen. Die intelligenten Prozesse müssen jedoch nicht nur geplant und gestaltet werden, sie müssen auch am Laufen gehalten werden. „Der Mensch wird daher weit mehr Fach- und Erfahrungswissen in Anschlag bringen müssen als bisher, wenn es zu Störungen kommt – das wird aber seltener passieren.“⁵⁵ Doch kann kein Erfahrungswissen aufgebaut werden, wenn die Fachkraft nicht aktiver Bestandteil im Produktionsprozess ist. Eine distanzierte Kontrollposition der Fachkräfte hätte zur Folge, dass die Mitarbeiter an Expertise und Erfahrung im Produktionsprozess verlieren und komplexere Produktionsprozesse nicht mehr beherrschen. Sie würden sich auf funktionierende, automatische Prozesse verlassen und dabei an Wissen und Erfahrung zur Beherrschung der Prozesse verlieren.⁵⁶

Bauer u. a. sprechen davon, dass aufgrund der Komplexität der hochtechnisierten Systeme sowie der Fülle von Einflussfaktoren, die innerhalb von Industrie 4.0 immer mehr zunehmen, eine neue Qualität von Arbeit entsteht. Diese ist derzeit weder in ihrer Art noch in ihrer Wirkung hinreichend fassbar. Neben dem fundierten theoretischen Fachwissen und einem planmäßig systematischen, sogenannten objektivierenden Arbeitshandeln wird diese neue Qualität von Arbeitshandeln an Bedeutung gewinnen.⁵⁷

4.5.2 Konsequenzen aus arbeitsorganisatorischen Entwicklungen für die Qualifizierung

Die genauen Auswirkungen der Umsetzung von Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt werden aufgrund unterschiedlicher Markt- und Produktionsanforderungen sowie verschiedener Kombinationsmöglichkeiten der CPS und Organisationsoptionen unterschiedlich aussehen. Ein wichtiger Aspekt wird dabei die Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle sein. Werden die Industrie 4.0-Technologien zukünftig so gestaltet sein, dass der Mensch (Facharbeiter) eine Mitgestaltungsmöglichkeit erhält, dann kann Industrie 4.0 damit als „Assistenzsystem“ (Werkzeugszenario) genutzt werden?⁵⁸

Ein wesentlicher Teil der Entscheidungen würde dem Mitarbeiter überlassen, womit Prozessoptimierungen, Eingriffe bei Störungen und Problemlösungen vom Menschen umgesetzt werden. Sollte dieser Raum für autonome menschliche Entscheidungen und

⁵⁴ Hirsch-Kreinsen, H. (2014a): Wandel von Produktionsarbeit – Industrie 4.0. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 38/2014. TU Dortmund, 23 f.

⁵⁵ 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. Universität Hohenheim: Fg. Soziologie, S. 29.

⁵⁶ vgl. Fleisch, E.; Christ, O.; Dierkes, M. (2005): Die betriebswirtschaftliche Vision des Internet der Dinge. In: Fleisch, E.; Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. Berlin: Springer, S. 33.

⁵⁷ vgl. Bauer, H. G.; F. Böhle, F.; Munz, C.; Pfeiffer, S.; Woicke, P. (2002): Hightech-Gespür – Erfahrungsgeleitetes Arbeiten und Lernen in hochtechnisierten Arbeitsbereichen. Bielefeld: W. Bertelsmann, S. 277.

⁵⁸ vgl. Windelband, L.; Spöttl, G. (2012): Diffusion von Technologien in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des „Internet der Dinge“. In: U. Faßhauer; B. Fürstenau; E. Wuttke (Hrsg.): Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen – aktuelle Forschungen zur beruflichen Bildung. Opladen-Berlin-Toronto: Barbara Budrich, S. 217

Handlungsalternativen kleiner werden, dann werden die Entscheidungen zunehmend von automatisierten CPS getroffen werden. Windelband / Spöttl⁵⁹ sprechen bei dieser Entwicklung von einer Einschränkung der Autonomie versierter Fachkräfte durch das Vordringen avancierter Technik bei Anlagen und Maschinen (Automatisierungsszenario). Dazwischen werden sich Systeme durchsetzen, die als „Mischformen“ der beiden Entwicklungsrichtungen anzusehen sind.

Die Argumentationslinien in der Literatur zur Frage der Qualifizierungsnotwendigkeiten gehen weit auseinander. Die beiden Pole dieses Handlungsrahmens lassen sich folgendermaßen definieren:

1. der Mensch bleibt ein integraler und unverzichtbarer Bestandteil der Produktionswelt der Zukunft und interagiert unmittelbar mit der Technik oder
2. es kommt ein technikzentrierter Weg zur Anwendung, der von einer hierarchischen Organisationsform von Arbeit ausgeht, die dem Menschen nur noch eine kleine Rolle zuweist.⁶⁰

Diese beiden Pole werden im engen Zusammenhang mit verschiedenen Arbeitsorganisationsformen gesehen, und zwar mit

1. der Schwarmorganisation und
2. der polarisierten Organisation.⁶¹

Die Schwarmorganisation setzt auf kollektive Handlungsorientierung mit hoch qualifizierten Mitarbeitern, die vernetzt und prozessbezogen tätig sind, wohingegen die polarisierte Organisationsform menschlichem Handeln nur noch kompensatorische Aufgaben zuweist und eine Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine stärkt.

⁵⁹ Vgl. ebd.

⁶⁰ vgl. Kärcher, B. (2014): Erfahrungen und Herausforderungen in der Industrie. Alternative Wege in die Industrie 4.0 - Möglichkeiten und Grenzen. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: BMWi, S. 19 ff.

⁶¹ vgl. Hirsch-Kreinsen, H. (2014c): Forschungsfragen und Entwicklungsstrategien. Entwicklungsperspektiven und Produktionsarbeit. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: BMWi, S. 40.

5 Veränderungen in der Arbeitswelt

Diffusion von Technologien und veränderten Arbeitsorganisationsformen

5.1 Technologische Veränderungen in den Unternehmen

Der Erfolg von Unternehmen hängt vor allem von den Faktoren Mensch, Technik und Organisation ab. Dieser Dreiklang steht auch im Mittelpunkt der Diskussion zu Industrie 4.0, wie das folgende Zitat belegt:

„Die Vision, dass die Produktion per Big-Data aus der Cloud vollautomatisch gesteuert wird, sieht der Gesprächspartner noch nicht. Er setzt weiterhin auf die Notwendigkeit der Beschäftigung von Menschen und die Berücksichtigung aller relevanten Handlungsfelder. Das bedeutet, dass die Vernetzung von Mensch, Produktionsmittel, Maschinen und Betriebsmittel gleichzeitig gesehen werden muss. Der Mensch und der Prozess sind nach seiner Auffassung aufeinander abzustimmen und dieses dominiert auch alle Schritte bei der Annäherung an Industrie 4.0.“ (E 9)

In den letzten Jahren haben vor allem moderne Informations- und Kommunikationstechnologien Einzug in die Unternehmen gehalten. Gemäß der Definition von Industrie 4.0 steht der Vernetzungsgedanke im Fokus, indem der gesamte Wertschöpfungsprozess einer Produktion von der Planung bis zur Verwertung des Produktes innerhalb und außerhalb des Unternehmens vernetzt wird. Der Erfolg von Wertschöpfungsketten ist wesentlich durch die Synchronisation des Material- und Informationsflusses geprägt, und die physische Welt wird zukünftig noch stärker mit der virtuellen Welt zusammenwachsen. Die Befähigung logistischer Objekte zur Erfassung von Gegenständen und die Beurteilung und Lieferung entscheidungsrelevanter Daten, sind die Voraussetzung zur Gestaltung zukünftiger Logistik- und Produktionssysteme. In den Erhebungen wird dieses wie folgt bestätigt:

„Als Industrie 4.0 werden technologische Systeme verstanden, die miteinander vernetzt sind und miteinander kommunizieren können. Dies beinhaltet internetbasierte Kommunikationsschienen, bzw. PROFIBUS usw. Derartige Schnittstellen werden zunehmend wichtiger und dieses Thema wird auch durch Multiplikatoren, wie z. B. den VDMA getrieben. Steuerungstechnik und Software werden bei [...] entwickelt. In Zukunft wird mit einem stärkeren Schwerpunkt auf Software gerechnet. Die Entwicklung der Software wird künftig das eigentliche Know-how des Unternehmens beinhalten.“

„Die generierten Daten aus vorhandenen und neuen Maschinen gewinnen immer mehr an Bedeutung. Daten gilt es als Rohstoff zu betrachten. Daten bilden die Basis für neue Geschäftsmodelle.“ (Fall F)

„Die hohe Leistungsfähigkeit moderner IT- und Kommunikationstechnologien ermöglicht völlig neue Wege bei der Datenvernetzung und Datennutzung. Big-Data oder ‚Advanced Analytics‘ ist ein Riesenthema. Beispielsweise haben wir an mehreren Standorten sehr erfolgreich das intelligente Energiedaten-Management (iEMDS) umgesetzt. Über intelligente Stromzähler erfassen wir nicht nur den Verbrauch, sondern können über den Abgleich mit dem zentralen Big-Data-Netzwerk unseres Unternehmens auch Prozessabweichungen und Fehlerquellen viel schneller und gezielter als bisher erkennen.“ (E 9)

„Bei der Umsetzung neuer Technologien wie Cloud Computing oder dem Internet der Dinge ist der Umgang mit den komplexen Systemen sehr wichtig, um diese gestalten zu können. Diese Kompetenz bringen die Programmierer häufig nicht mit: Zusammenhänge zu erkennen, Prozesse zu analysieren.“ (E 9)

Viele der untersuchten Unternehmen wollen den Begriff Industrie 4.0 nicht direkt verwenden, sprechen eher von einer Digitalisierung der Produktion, weil das Thema Industrie 4.0 für viele zu stark „von außen“ gepusht wird. Denn einige Unternehmen sind der Meinung, dass sie schon lange an der Umsetzung von Industrie 4.0 arbeiten und dies ein kontinuierlicher Entwicklungsprozess ist.

„Ich spreche lieber von der Digitalisierung der Arbeitswelt, Industrie 4.0 ist ein Kunstbegriff, jedoch ein wichtiges Zukunftsprojekt für die Unternehmen. Von Industrie 4.0 sind die Unternehmen noch weit weg, die Industrie kann noch nicht ausreichend auf die Individualität des Kunden reagieren.“ (E 1)

„Viele reden darüber, keiner weiß was Industrie 4.0 ist. Seit 20 Jahren bewegen wir uns hin zu einer digitalen Fabrik. Ist ein kulturelles Thema. Wir wollen die Digitalisierung nutzen, um die Arbeit weiter zu erleichtern.“ (Fall C)

„Vom Produktionsleiter wurde betont und illustriert, dass die Einführung von Industrie 4.0 nicht dem ‚Landen eines Raumschiffes‘ gleichkommt, sondern eine Fortentwicklung darstellt. Folgende Entwicklungsetappen wurden im Unternehmen umgesetzt:

- NC-Programmierung wird seit 45 Jahren praktiziert,
- CNC-Programmierung wird seit 30 Jahren praktiziert,
- CAD-Nutzung wird seit 30 Jahren praktiziert,
- Offline-Programmierung wird seit 45 Jahren praktiziert.“ (E 2)

Die Aussagen bestätigen den stetigen Wandel auf der Werkstattebene und untermauern Veränderungen. Industrie 4.0 wird als eine Fortsetzung des ständigen Wandels gesehen, dem Menschen in Fabriken schon immer ausgesetzt waren.

„Die Entwicklungsschritte hin zu neuen Produkten nehmen in der Geschwindigkeit zu. Neue Technologien werden noch schneller eingefordert als in der Vergangenheit. Im laufenden Betrieb werden Änderungen vorgenommen, was ein sehr wichtiger Produktivitätsbeitrag ist. Trotzdem müssen die Abläufe insgesamt stabil bleiben, weil sehr viel gleichzeitig stattfindet.“ (E 9)

Auf die Frage, warum die technologische Entwicklung innerhalb Industrie 4.0 in den Unternehmen noch nicht so weit fortgeschritten ist und wie die Entwicklung einzuschätzen ist, antworten ausgewählte Unternehmensexperten folgendermaßen:

„Wir haben zu starre Produktionssysteme. Einzelne Stationen, einzelne Straßen wie in der Blechfertigung bewegen sich in Richtung Industrie 4.0. Der Bereich Werkzeugstempel / Matrizen ist relativ weit. Hier kann der Kunde daheim die Matrize konfigurieren, schickt diese ab, der Auftrag wird automatisch über SAP generiert, geht direkt zur Maschine und wird dann gedreht, gefertigt und geht danach direkt raus zum Kunden. Bei der Angebotserstellung hat der Kunde früher bis zu vier Tage gewartet. Durch den internationalen Druck und eine Cloud-Lösung wurde die Erstellungszeit auf einen halben Tag reduziert.“ (E 1)

„Der aktuelle Stand Industrie 4.0 ist nach wie vor fragmentiert, bisher sind nur Teile oder Fragmente umgesetzt. Umsetzungen über mehrere Teile der Wertschöpfungskette sind selten vorzufinden, über die gesamte Wertschöpfungskette ist bisher Industrie 4.0 noch nirgendwo umgesetzt. Dennoch beginnen immer mehr Umsetzungsprojekte und Industrie 4.0 läuft an, viele Unternehmen können sich dem Trend nicht mehr entziehen und beginnen damit, erste Projekte zu Industrie 4.0 umzusetzen.“ (E 8)

„Diese Entwicklungen zu Industrie 4.0 führen zu einer weiterhin zunehmenden Automatisierung. Dabei findet jedoch keine ‚Revolution‘ statt, sondern eher eine Evolution der Produktionsprozesse. Es wird zukünftig lange Übergangszeiten bis zu einer umfassenden Digitalisierung geben; man kann eher von einer graduellen Zunahme von Industrie 4.0-Technologien sprechen. Dabei werden alte und neue Systeme parallel nebeneinander bestehen.“ (E 8)

„Noch ist Industrie 4.0 keine radikale Umwälzung der Produktionsprozesse, sondern vielmehr ein schleichender Prozess. Bereits vor 30 Jahren wurde der ‚CIM‘-Gedanke eingeführt (Computer Integrated Manufacturing), der Bestandteil des Programms Industrie 4.0 ist. Treiber der Entwicklung von Industrie 4.0 sind Kosteneinsparungen und Flexibilitätssteigerung. Dies beinhaltet einerseits schnellere Reaktionen auf Kundenwünsche aus Sicht des Unternehmens, andererseits aber auch die Möglichkeit für Kunden, kleinere Losgrößen zu fahren.“ (E 12)

„Vernetzungsprozesse werden dabei immer mehr zunehmen, genauso wie der Einsatz von Assistenzsystemen unterschiedlicher Art. Diese werden entweder z. B. in der Montage oder in der Intralogistik als Instrument zur Rationalisierung und Steigerung der Produktivität eingesetzt. Oder es werden Assistenzsysteme zur Unterstützung von Facharbeit eingesetzt, die gleichzeitig lernförderlich sind. Auch hier wird die Produktivitätssteigerung das oberste Ziel sein. Die Grenzen der Automatisierung werden sich durch die Entwicklungen hin zu Industrie 4.0 verschieben. Dennoch wird es auch zukünftig Bereiche geben, in denen es sich nicht lohnt, eine Automatisierung der Prozesse anzustreben.“ (E 8)

Bei den Aussagen wird sehr gut deutlich, dass die Umsetzung von Industrie 4.0-Technologien als kontinuierlicher, eher „evolutionärer“ Prozess gesehen wird. Gleichzeitig ist zu erkennen, dass die fehlenden einheitlichen Schnittstellen zur Übertragung von Daten die Umsetzung von Industrie 4.0 bisher am meisten behindern.

„Allerdings besteht die Problematik, dass die Hersteller der digitalen Tools es derzeit nicht zustande bringen, neutrale Schnittstellen zu implementieren. Mit anderen Worten müssen die Produkte vom selben Hersteller sein, um Daten untereinander verlustfrei transferieren zu können. Darüber hinaus sind die Stationen innerhalb einer Montagelinie nicht vernetzt, obwohl es besser wäre, wenn sie untereinander den Status des anderen wüssten, aufgrund der vorhandenen vertikalen Produktionswertschöpfung. Allerdings besitzt man einen Leitrechner, welcher Informationen sammelt und damit das Monitoring ermöglicht.“ (E 12)

„Die Überwachung der Instandhaltung (Ausfallüberwachung) hat viele Schnittstellenprobleme sowie Kommunikationsprobleme hervorgebracht. Bisher gibt es im Unternehmen bei der Verknüpfung der einzelnen Systeme zu viele Kommunikationsverluste.“ (E 11)

„Die Maschinenteknik ist dabei, sich sehr schnell zu überholen. Nach und nach greifen Verfahren wie beispielsweise Teach-In oder Endgeräte, die nicht mehr direkt an den Maschinen zu bedienen sind. Daraus resultieren Probleme für Hersteller von Hardware wie Profibus, Roboter, SPS oder für Hersteller neutraler Programmiersoftware, die zukünftig immer weniger von Bedeutung sein wird. Aufgrund der verstärkten softwaregesteuerten Konzeption von Maschinen verlieren genannte traditionelle Lösungen an Bedeutung.“ (E 5)

Das Industrie 4.0-Konzept vereint die Perspektiven Mensch, Technologie und Organisation. Ein Schlüsselement für das Zusammenspiel bilden die CPS. Dabei dienen sensorische Einheiten zur Erfassung physikalischer Daten aus der realen Welt und die Aktorik ermöglicht das Einwirken auf physikalische Vorgänge. Damit die aufgenommenen Daten an die IT weitergeleitet werden können, sind Übertragungstechnologien notwendig. Dabei wird moderne Funktechnologie eingesetzt. Das Vorhandensein einer zuverlässigen Kommunikation stellt die Transparenz sicher, um den Daten- und Informationsaustausch innerhalb der Fabrik sowie außerhalb der Fabrik zu ermöglichen. Ein hoher Grad an Transparenz bildet die Basis zuverlässiger Planung und Steuerung vorhandener Ressourcen. Dieser ist noch nicht immer gegeben, deshalb benötigt die Industrie noch weitreichende Standards und Grenzwerte zur Datensicherheit und zum Datenschutz der anlagenspezifischen und personenbezogenen Daten. Das belegen nachstehende Angaben von Unternehmensvertretern:

„Kollaboration Mensch-Roboter:

- es ist ein anderes Know-how für die Programmierung nötig,
- es sind strenge Sicherheitsvorgaben einzuhalten,
- es müssen Normen für die Sicherheit erarbeitet werden,
- es sind Grenzwerte für Sicherheit vorgegeben (DIN / ISO),

- es müssen unternehmensspezifische Vorgaben erarbeitet werden (Schmerzgrenzen).“ (Fall A)

„Im Unternehmen wird inzwischen verstärkt auf die Datensicherheit geachtet. Der sorglose Umgang mit Daten gehört der Vergangenheit an. Es werden sichere Lösungen über Industrienetze gesucht, nur sehr vorsichtig mit WLAN und anderem experimentiert. Es wird davon ausgegangen, dass mit intensiverer Vernetzung die Anfälligkeit größer wird und deshalb der Sicherheitsaspekt geklärt werden muss, und es müssen technische Lösungen gefunden werden.“ (Fall E) „Auch die internen Datensysteme sind schwer zu sichern. Ich zweifle daran, dass es eine Datensicherheit überhaupt gibt oder jemals gab“. (E 1)

Die zunehmende Digitalisierung in Fabriken trägt u. a. zu einem Anstieg von Daten bei. Zukünftig werden Maschinen und Werkstücke durch die Verwendung von CPS vermehrt Daten miteinander austauschen. Geeignete Datenanalyseverfahren ermöglichen eine zuverlässige Identifikation sowie die zukunftsweisende Vorhersage von Ereignissen. So sind vorausschauende Instandhaltungsstrategien denkbar. Dabei werden Maschinendaten strukturiert analysiert, und mittels Algorithmen können Ausfallzeiten einer Maschine vorhergesagt werden.

„Die virtuelle Inbetriebnahme wird zukünftig eine große Rolle spielen. Die ersten Versuche, mithilfe von Umbaubeschreibungen auf dem Tablet bildgestützte Hinweise zu geben, wie der Umbau erfolgen soll, werden bereits unternommen.“ (Fall A)

„Informationen, die für Fachkräfte zum Zeitpunkt einer Instandsetzung vorliegen sollten, sind (so die Ansicht des Befragten, d. V.) historische Daten, das Anlagenbuch, Ersatzteilkataloge und die Anlagendokumentation. (Der Befragte, d. V.) kann sich einen Einsatz von Augmented Reality in der Entstörung vorstellen.“ (Fall D)

Es ist davon auszugehen, dass Mensch und Maschine in den kommenden Jahren noch stärker miteinander interagieren werden. Bei dieser Entwicklung gilt es, Mensch-Technik-Interaktionsformen so zu gestalten, dass der Mensch durch die Techniknutzung entlastet wird und mit der Technik kollaboriert. Genau diese Visionen haben viele der untersuchten Unternehmen im Blick:

„Das Unternehmen hat bereits mit einer Hochschule erste Erfahrungen mit Ansätzen von Industrie 4.0 gesammelt. Im Projekt wurde eine Werkzeugmaschine mit diversen Komponenten zur Vernetzung ausgestattet. Durch Sensorik werden Daten aus der Maschine gesammelt und in einer Cloud gespeichert. Von außen kann die Maschine über die Cloud beeinflusst werden. Die Überwachung der Maschine erfolgt durch eine Webcam. Das Konzept Industrie 4.0 ermöglicht aufgrund der vernetzten Technologie (CPS) für die Beschäftigten neue Formen von Teleservice, Wartungen, Rufbereitschaft mit kurzen Reisen. Dabei entsteht eine erhöhte Transparenz und die Beschäftigten erhalten in ihrem beruflichen Handeln mehr Verantwortung und aufgrund der gestiegenen technischen Komplexität werden neue Qualifikationen für die Beschäftigten notwendig.“ (Fall F)

„Es wird der Vorschlag gemacht, wenn möglich eine Art Google-Glas mit Dolmetscherfunktion einzuführen, um die Abstraktheit hin zum Kontext prozessverständlicher zu gestalten. Es wird mehr Interaktion zwischen Mensch und Maschine verlangt, wobei dann idealerweise die Historie der Maschine möglichst visuell per Bilder, Video, Audio-sprache dem Mitarbeiter im Bereich Steuerungstechnik und IT übermittelt wird.“ (Fall D)

Auf die Frage, was sich in der Fabrikation der Zukunft in etwa fünf bis zehn Jahren ändern wird, gibt der Befragte an, dass er damit rechnet, dass

- „der Materialfluss transparenter wird, fahrerlose Transportsysteme im Einsatz sein werden und dass die Vernetzung der Systeme der Zulieferer und der eigenen Produktion enger sein wird als heute;
- mittelfristig eine Eigendiagnosefähigkeit der Anlage implementiert wird, die den Fachkräften der Entstörung direkt mitteilt, was passiert ist, welche Anlagenteile betroffen sind und welche Ersatzteile oder Werkzeuge mitzubringen sind;
- die Maschinen zukünftig auch in der Lage sind, eine ‚Selbstdiagnose‘ über den technischen Zustand durchzuführen (zustandsbasierte Instandhaltung);
- eine automatische Berechnung von Produktionskennzahlen möglich ist (OEE, Stückzahl pro MA / h, Ausschusskenngrößen, bspw. Ausschuss in Euro, Leistungsgrößen);
- ein effizienteres Energiemanagement möglich wird.“ (Fall D)

Im Zusammenhang mit Industrie 4.0 werden auch viele Hoffnungen auf radikale Veränderungen geweckt, vor allem das Erwirken neuer Geschäftsmodelle durch die verwendeten Technologien und deren Ausgestaltung. Industrie 4.0 kann als eine Revolution von Geschäftsmodellen bzw. Geschäftsprozessen verstanden werden. Beispielhaft für viele Unternehmen stehen die vier nachstehend genannten Kategorien als innovative Zukunftskategorien:

- „Sensitive Robotik-Mensch-Beziehung,
- Big-Data (Datenanalyse),
- 3D-Modelle zur Anlagen- und Prozessplanung,
- Verknüpfung / Vernetzung der unterschiedlichen Produktionssysteme (CAD-CAM-MES, SAP, ...).“ (E 11)

5.2 Diffusion der Industrie 4.0-Technologien in Unternehmen

Im Rahmen der Erhebungen wurden bei den Fallstudien sieben charakteristische Technologien für Industrie 4.0 in Unternehmen identifiziert und durch Experten-Workshops evaluiert. Dabei ging es auch darum, herauszuarbeiten, welchen Diffusionsgrad die einzelnen Technologien erreicht haben (vgl. Tabelle 3). Grundlage dafür bilden zentrale Technologie-Dimensionen, die in ihren Diffusionsstufen beschrieben werden. Damit wird ein Referenzsystem geschaffen, das eine eindeutige Charakterisierung von dem zulässt, was die Entwicklungsstufen hin zu Industrie 4.0 bezogen auf die Technologiedimensionen ausmacht. Der Zusammenhang zwischen den einzelnen Stufen wird dabei verdeutlicht. Für jede in Frage stehende Technologiedimension wird benannt, was die jeweilige Durchdringungsstufe charakterisiert. Im Text erfolgen zu-

sätzlich genauere Beschreibungen der jeweiligen Zusammenhänge. Im Anschluss daran wird aufgezeigt, welche Durchdringungstiefe Experten bei den einzelnen Technologiedimensionen sehen.

Sensorik / Aktorik (Indikator: Vernetzung CPS)

Die Sensorik und Aktorik beschreibt die Vernetzung technischer Systeme innerhalb der Fabrik / Produktion. Die Sensorik dient zur Erfassung physikalischer Daten und die Aktorik zur Bewirkung physikalischer Vorgänge. Die Verständigung innerhalb der CPS erfolgt über digitale Kommunikationseinrichtungen. In der ersten Diffusionsstufe ist ein physisches Objekt mit Sensorik / Aktorik ausgestattet, um lokal das Verhalten des Objekts digital abbilden zu können. In der Stufe zwei verfügen die Maschinen über sensorische / aktorische Elemente, um das Verhalten der Maschinen digitalisieren zu können. Die dritte Stufe ist durch die Vernetzung der Prozesskette gekennzeichnet. Ergänzend findet in der vierten Ausbaustufe eine Vernetzung durch CPS auch außerhalb der Unternehmensgrenzen entlang der Wertschöpfungskette statt.

Vernetzung (Indikator: gesamte Wertschöpfungskette)

Es wird der Stand der Vernetzung bzw. Digitalisierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Unternehmen beschrieben. Dabei wird eine hohe Integration der internen sowie externen Partner der Wertschöpfungskette in das eigene Unternehmen verfolgt, u. a. mit dem Ziel der Vermeidung von Medienbrüchen. Die erste Diffusionsstufe ist durch eine lokale Vernetzung innerhalb der Fertigung gekennzeichnet, einzelne Maschinen sind untereinander vernetzt. In der zweiten Stufe steht der CIM / CAM Gedanke im Fokus. Bei der dritten Stufe wird das CIM Konzept um betriebswirtschaftliche Aufgabenfelder der Unternehmung erweitert, so dass der betriebswirtschaftliche Zustand der Unternehmung im Softwaresystem abgebildet werden kann. In der vierten Stufe steht die Vernetzung entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Fokus. Dieses erfordert eine Homogenität sowie Standardisierung der zur Vernetzung notwendigen technischen Komponenten.

Tabelle 3

Diffusionsstufen der Technologien

<i>Technologie- dimensionen</i>	<i>Diffusion Stufe 1</i>	<i>Diffusion Stufe 2</i>	<i>Diffusion Stufe 3</i>	<i>Diffusion Stufe 4</i>
Sensorik / Aktorik (Vernetzung CPS)	Sensorik / Aktorik verbaut im Bauteil	Sensorik / Aktorik verbaut in Maschine	Sensorik / Aktorik verbaut in Prozesskette	Sensorik / Aktorik verbaut und vernetzt in Prozesskette
Vernetzung (gesamte Wertschöpfungs- kette)	Verknüpfung einzelner Maschinen	CAM	ERP	Standards für Vernetzung, homogene Netze
Funktechnik (Kommunikation)	Keine	Punktuelle Kommunika- tion	Bedarfsorien- tierte Kom- munikation	Durchgehende störungsfreie Kommunikation
Big-Data (Datenanalyse)	Manuelle Fehleranalyse	Diagnostische Fehleranalyse	DataMining / DataWare- housing	Voraus- schauende Datenanalyse
Cloud Computing (Datenspeicherung, Datengeschwindig- keit)	Lokal	Unterneh- mensserver	Globaler Un- ternehmens- server	Zentraler Großrechner
Arbeitsplatzintelli- genz CPS (Anteil Mensch- Technik)	Mensch	Mensch dominiert Technik	Balance Mensch- Technik	Partizipation Mensch- Maschine
Datensicherheit (Datenhoheit)	Keine Relevanz	Werden vom Unternehmen beherrscht	Web 2.0	Vernetzung CPS

Funktechnik (Indikator: Kommunikation)

Funktechnik wird als wichtige Übertragungstechnik innerhalb der Fabrik gesehen. Die Datenübertragung erfolgt dabei in der Luft und kabelungebunden. Eine zuverlässige Kommunikation stellt die Transparenz innerhalb der Prozesse sicher. In Stufe eins erfolgt in der Produktion keine Kommunikation über die Luftschnittstelle. Die zweite Stufe ist durch eine punktuelle Kommunikation über Funk auf dem Hallenboden gekennzeichnet, einzelne Elemente im Betrieb kommunizieren über Funk. In Stufe drei kommunizieren die Elemente bedarfsgerecht und ad hoc nach Bedarf. In der vierten Stufe erfolgt eine störungsfreie und kontinuierliche drahtlose Kommunikation der Komponenten auf dem Hallenboden. Die Herausforderung liegt darin, die für den speziellen Prozess geeignete Funktechnologie auszuwählen, so dass dies den Prozessanforderungen genügt.

Big-Data (Indikator: Datenanalyse)

Big-Data beschreibt den Umgang mit großen Datenmengen. Aus der Produktion fallen zahlreiche Daten an, welche durch geeignete Datenanalyseverfahren ausgewertet werden können. Die Auswertung großer Datenmengen zur Datenanalyse entfaltet zukünftig großes Potenzial in der Fabrik der Zukunft. In der ersten Stufe erfolgt die Datenanalyse manuell, die Daten werden lokal zur Datenanalyse aufbereitet. In der zweiten Stufe werden Daten im Sinne einer diagnostischen Fehleranalyse erfasst und lokal ausgewertet. Die Analyse wird vom Nutzer angestoßen, digitale Auswerteeinheiten kommen assistierend zum Einsatz. In der dritten Stufe findet das Ablegen großer Datenmengen aus der Unternehmung im DataWarehouse-System statt. Dieses ermöglicht durch die Nutzung von DataMining Methoden das gezielte Auswerten von Datenbeständen, um daraus Rückschlüsse auf das Verhalten des betrachteten Untersuchungsraumes zu ziehen. Die Stufe vier nutzt Methoden des maschinellen Lernens, um aus dem vorliegenden Datenbestand eine automatische und voraussehende Datenanalyse zu ermöglichen.

Cloud Computing (Indikator: Datenspeicherung, Datengeschwindigkeit)

Cloud Computing beschreibt den Ort der Datenhaltung. Cloud Computing kann als Datenspeicherungskonzept genutzt werden, es können aber auch komplexe Rechenleistungen in die Cloud ausgelagert werden. Insbesondere gilt es hier, den sicheren Umgang mit spezifischen Daten (z. B. Maschinendaten) zu gewährleisten. Der Zugriff auf die Daten in der Produktion erfolgt in der Stufe eins lokal. Die Nutzung eines Unternehmensservers ermöglicht die Datenintegration isolierter Verantwortungsbereiche und stellt die Daten gemäß eines Rollenkonzepts den Nutzern in der Stufe zwei zur Verfügung. Die Vernetzung länderübergreifender Datenstrukturen durch die Verwendung globaler Unternehmensserver stellt eine 24/7 Datenverfügbarkeit in der dritten Stufe sicher. In Stufe vier kann auf das Cloud Computing-Konzept zurückgegriffen werden. Dabei gilt es nach drei Serviceprinzipien zu differenzieren: Infrastruktur, Plattform, Anwendung.

Arbeitsplatzintelligenz (Indikator: Anteil Mensch / Maschine)

Der vermehrte Einsatz technischer Systeme wird bei der Industrie 4.0 dazu führen, geeignete Mensch-Technik-Interaktionsformen und Schnittstellen zu finden. Es gilt zu prüfen, welche Aufgaben von Menschen und Maschinen zuverlässig gelöst werden können. Dabei müssen technische Systeme so gestaltet werden, dass der Mensch entlastet wird und Mensch und Technik in den Prozessen kollaborieren können. In Stufe eins ist die Tätigkeit primär auf den Mensch fokussiert. Eine Interaktion zwischen Mensch und Maschine durch CPS findet nicht statt. In der zweiten Stufe kann das Verhalten der Maschine durch geeignete CPS (Sensorik) beeinflusst werden. Hierbei kommen z. B. Auto ID Barcode Scanner zur Identifikation von logistischen Ladungsträgern auf dem Hallenboden zum Einsatz. Bei Erreichen der dritten Stufe werden geeignete Mensch-Technik-Interaktionen über digitale Technologien (z. B. Datenbrille) ermöglicht, so dass Mensch und Maschine in Kooperation Tätigkeiten ausführen können. In der vierten Stufe steht der partizipative bzw. kollaborative Einsatz zwischen Mensch und Maschine im Mittelpunkt. Aktuelle Leichtbauroboter ermöglichen kollaborative und sensitive Interaktion auf dem Hallenboden.

Datensicherheit (Indikator: Datenhoheit)

Die Nutzung der Cloud ermöglicht einen nahtlosen Datenzugriff von diversen Endgeräten. Es gilt dabei, die Datenhoheit zu bewahren. Das Bewusstsein für Datenschutz / -sicherheit muss in den Organisationen ausgeprägt sein. In der Stufe eins spielt Datensicherheit für die Unternehmung bzw. Organisationseinheit keine Rolle. In der zweiten Stufe werden Daten durch das Unternehmen beherrscht und nach geeigneten Datensicherheitskonzepten vor internen und externen Angriffen geschützt. In der dritten Stufe werden sensible Daten durch bekannte Konzepte geschützt. Die Unternehmung nutzt Web 2.0 Technologien (z. B. Facebook, Foren) für den Austausch von Daten. So greift z. B. ein Wartungstechniker bei der Fehlersuche auf ihm bekannte Suchangebote (z. B. Google, Fachforen) zurück. In der Stufe vier nutzt das Unternehmen bekannte Industrie 4.0-Technologien. Die Verfügbarkeit von geeigneten Datenschutzrichtlinien ist gegeben.

5.2.1 Bewertung der Diffusion der Technologie-Dimensionen durch Experten

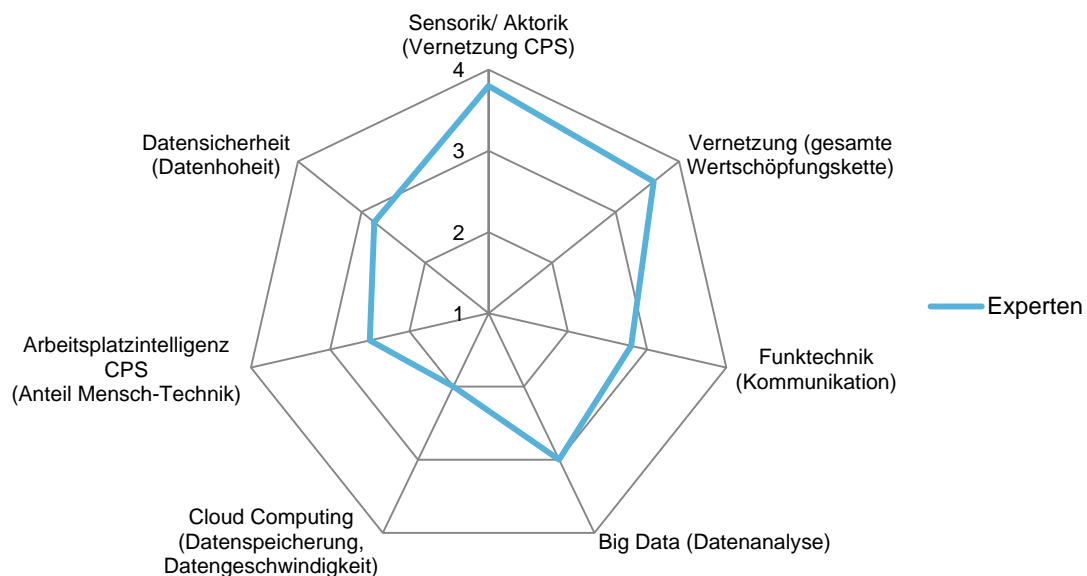
Um die Diffusionstiefe von Industrie 4.0 generell einschätzen zu können, wurde im ersten Experten-Workshop eine Bewertung durch die anwesenden Experten vorgenommen. Die Grundlage dafür wurde dadurch geschaffen, dass die in Tabelle 3 genannten Zusammenhänge erläutert wurden. Zum einen wurde in die Skalierung eingewiesen, die per Stufen 1 bis 4 aus der Tabelle vorgegeben ist, und zum anderen wurden die inhaltlichen Anforderungen jeder Diffusionsstufe erläutert. Danach bewertete jeder Experte jede Technologiedimension mit Blick auf die Diffusionstiefe von Industrie 4.0 in Unternehmen nach seinen Vorstellungen. Bei dem aufgenommenen Ergebnis in Abbildung 10 handelt es sich um den Mittelwert aller Experten. Es handelt sich in der Aussagekraft also um eine zusammenfassende Bewertung.

Die Ergebnisse der Bewertungen innerhalb des Experten-Workshops zeigen ein vielfältiges Bild über die sieben Technologiedimensionen.

Die höchste Ausprägungsstufe wurde der Dimension Sensorik / Aktorik mit 3.8 zugeordnet. D. h., die Verständigung der CPS über digitale Kommunikationseinrichtungen erfolgt bereits vernetzt innerhalb der Wertschöpfungskette und ist hoch relevant für die Facharbeitsebene. Eine geringe Bewertung erfolgte für die Dimension Cloud Computing, hier wurde die Ausprägungsstufe 2 zugeordnet. Die Datenspeicherung erfolgt vorwiegend unternehmensbezogen und hat bisher eine geringere Relevanz für die Facharbeiterebene. Niedrig wurden auch die Funktechnik und die Arbeitsplatzintelligenz bewertet. Die geringe Bewertung der Funktechnik könnte darauf zurück zu führen sein, dass diese bereits allgegenwärtig ist und bisher gut bewältigt wird. Bei der Arbeitsplatzintelligenz könnte die Ursache für die niedrige Bewertung sein, dass diese bisher erst in ersten Ansätzen etabliert wurde.

Abbildung 10

Diffusionsstufen der Technologien - Experteneinschätzung



Quelle: Eigene Darstellung

5.2.2 Bewertung der Diffusion der Technologie-Dimensionen in untersuchten Unternehmen

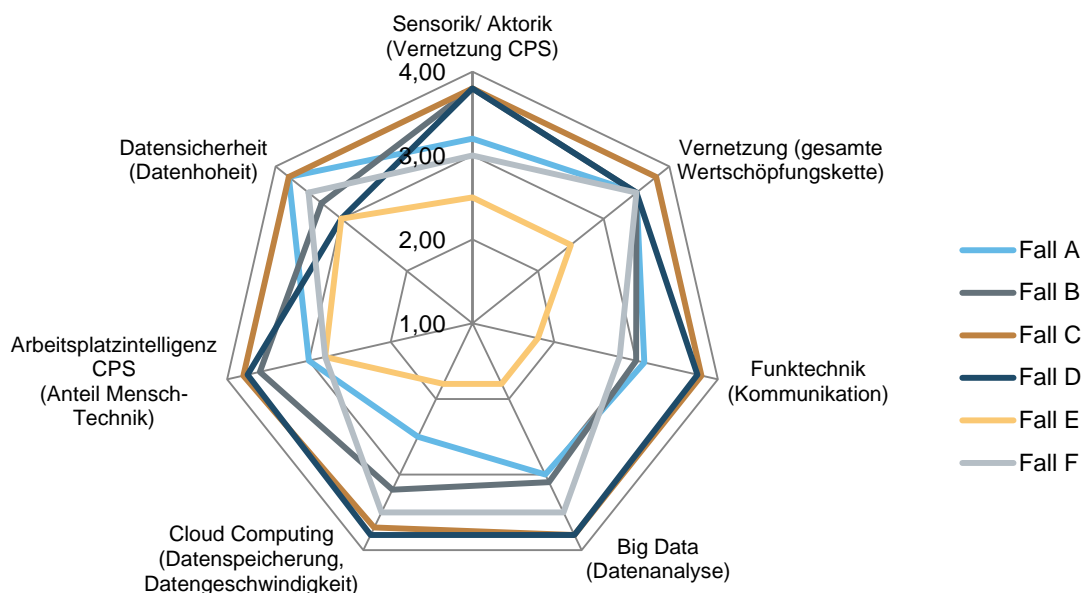
Abbildung 11 zeigt die Diffusionstiefe der Technologien im Rahmen der Fallstudien. Die Skalierung ergibt sich aus der oben erläuterten Tabelle 4. Dort werden vier Technologiestufen definiert, die das Spektrum bis Industrie 4.0 aufzeigen. Die Bewertung der Diffusionstiefe wurde von vier Forschern auf der Grundlage der Erhebungen bei

den Fallstudien und den Besuchen in den Unternehmen vorgenommen. Die einzelnen Einschätzungen wurden gemittelt.

Auffallend sind zwei Ergebnisse: Keines der Unternehmen hat bei den einzelnen Technologiedimensionen eine Höchstbewertung bekommen, allerdings liegen drei Unternehmen (Fall C, D und E) sehr hoch, nämlich zwischen Stufe 3 und 3.8. Weiterhin findet eine gewisse Gruppierung statt: Die drei genannten Unternehmen mit 3 bis 3.8 auf der einen Seite, zwei weitere Unternehmen mit einer Streuung zwischen Stufe 2,5 und 3.8 und ein Unternehmen das etwas abfällt. Dieses erreicht maximal Stufe 3.0 bei zwei Dimensionen und bei den anderen wird Stufe 2.0 oder weniger erreicht.

Abbildung 11

Diffusionsstufen der Technologien – Einschätzung der beteiligten Unternehmen durch Forscher



Quelle: Eigene Darstellung

Beim Unternehmen von Fall A zeigt sich eine sehr unterschiedliche Einstufung in den einzelnen Technologiedimensionen. Das hängt damit zusammen, dass das Unternehmen in sehr kleinen Losgrößen produziert. Für das Produkt kann eine hohe Affinität zu Industrie 4.0-Technologie festgestellt werden, in der eigentlichen Produktion ist die Entwicklung noch nicht so weit fortgeschritten. Dies spiegelt sich auch in den Aussagen eines Unternehmensvertreters wider:

„In der Produktion sind erst leichte Ansätze von Industrie 4.0 zu sehen. Grund sind die kleinen Losgrößen und die große Variantenvielfalt im Unternehmen.“

Das Unternehmen hat eine große Variabilität in den Anfragen. Die Umsetzung ist beim Kunden oftmals viel höher. Die Produktion ist bestimmt kein Musterbetrieb in Bezug auf Industrie 4.0, jedoch das Produkt – ‚wir verkaufen mit unserem Produkt Industrie 4.0‘. Losgröße 1 kann nicht automatisiert werden (teilweise Sonderanfertigungen).“ (Fall A)

Das Unternehmen C zeigt eine sehr hohe Durchdringung von Industrie 4.0-Technologien über alle Technologiedimensionen hinweg. Unternehmensvertreter sprechen von einer horizontalen und vertikalen Durchdringung von 60 Prozent von Industrie 4.0 über die gesamte Wertschöpfungskette. Damit ist das Unternehmen innerhalb der untersuchten Fallbeispiele bereits sehr weit in der Verknüpfung der Wertschöpfungskette fortgeschritten. Dazu die Aussage eines Unternehmensvertreters:

„Die horizontale und vertikale Durchdringung ist in etwa zu 60 Prozent schon umgesetzt. Seit zehn Jahren findet eine automatische Stickstoffbestellung nach Bedarf statt (horizontale Durchdringung). Die vertikale Durchdringung meint die Produktentwicklung – Kundendesign erfolgt schon seit über zehn bis 20 Jahren am Computer...“ (Fall C)

Insgesamt zeigt sich eine relativ hohe Diffusion in den Technologiedimensionen Funktechnik und Sensorik / Aktorik bei allen Unternehmen (vgl. Abbildung 11).

Die anderen Dimensionen zeigen ein sehr unterschiedliches Bild. Es wird deutlich, dass es für die Unternehmen eine große Herausforderung ist, eine komplette Vernetzung über die gesamte Wertschöpfungskette herzustellen. Die Schnittstellenproblematik und die Datensicherheit spielt eine große Rolle bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Technologien in den Unternehmen und wird aufgrund der hohen Relevanz für eine funktionierende Produktion vorsichtig vorangetrieben.

5.3 Arbeitsorganisatorische Veränderungen in den Unternehmen

5.3.1 Veränderungen in der Arbeitsorganisation

Bei den Fallstudien und Expertengesprächen konnte kein einheitliches Bild für Arbeitsorganisationen innerhalb von Industrie 4.0 identifiziert werden. Über die Unternehmen hinweg konnten wechselnde oder veränderte Strukturen ausgemacht werden. Von einer dezentralen Organisation sind viele Unternehmen noch einen großen Schritt entfernt. Deutlich wurde jedoch, dass das Treffen von Entscheidungen und die Übernahme von Verantwortung immer mehr auf die Prozessebene verlagert werden. Diese prozessorientierte Organisation wird vor allem in denjenigen Unternehmen sichtbar, die die Entscheidungsprozesse auf Teams, bis teilweise auf die Facharbeiterebene, verschieben. Dabei konnten vor allem wechselnde und temporäre Teams aller Beschäftigungsgruppen bei der Einführung, Implementierung und Umsetzung der CPS innerhalb der Produktion identifiziert werden. Eine wichtige Voraussetzung dabei ist, dass die Prozesse innerhalb der Produktion und über die gesamte Wertschöpfungskette und Hierarchie hinweg übergreifend transparent sind:

Dabei spielt eine prozessorientierte Organisation mit einem Zusammenarbeiten von Personen aus unterschiedlichen Domänen und Beschäftigungsgruppen eine entscheidende Rolle für die erfolgreiche Einführung von Industrie 4.0-Technologien. Dies wird auch von Experten hervorgehoben:

„Das Zusammenbringen der unterschiedlichen Gruppen wie Maschinenbediener und Ingenieure ist sehr entscheidend. Die unterschiedlichen Gruppen müssen miteinander ‚können‘. Ein gemeinsames kulturelles Grundverständnis ist notwendig dafür – unklar ist zurzeit, wie die Zusammenarbeit aussehen kann: Überbrückung von Erfahrungswelten, Veränderung der Führungskultur, keine klaren Strukturen mehr, temporäre Arbeitsgruppen. Es gibt viele unterschiedliche Szenarien. (E 1)

„Auch die Entwicklung von Team-Kompetenz ist ein wichtiges Element. Besonders bei der Einführung von Elementen der Industrie 4.0 kommen heterogene Teams zum Einsatz. Facharbeiter, Techniker, Ingenieure mit und ohne Promotion müssen in den Teams kooperieren. Es ist durchaus möglich, dass ein Techniker der Teamleiter und damit der Koordinator von Ingenieuren und Facharbeitern ist. Auf diese Situation müssen die Personen vorbereitet werden. In dieser Konstellation geht es nicht um die Frage, ob ein Techniker die Differenzialgleichungen beherrscht, wichtig ist, dass Personen in koordinierende Positionen kommen, die in der Lage sind, beispielsweise Implementierungsprozesse voranzutreiben.“ (E 4)

Dies zeigt, dass die Entscheidungsprozesse auf der Shop-Floor-Ebene immer mehr eine wichtige Rolle spielen und noch lange nicht der Technologie zugesprochen werden. Dies erkennt man vor allem daran, dass teilweise nicht von „intelligenten“ Technologien, sondern von „dummen“ Technologien gesprochen wird, wie die Aussage eines Interviewten zeigt:

„..., dass die Produktionssteuerungen in letzter Konsequenz immer ‚dümmer‘ werden und deshalb wichtige Entscheidungen auf der Shop-Floor-Ebene getroffen werden müssen. Das gilt vor allem, wenn Störungen in der Kommunikation zwischen den Geräten auftreten. Dieses ist ein Novum, weil bei den alten Technologiestrukturen die Geräte nicht miteinander kommuniziert haben. Für die Industrie 4.0 ändert sich dieses. Es findet eine horizontale Kommunikation der Geräte statt, und bei Störungen müssen die Mitarbeiter im produktiven Bereich in der Lage sein, Fehler zu beheben.“ (E 4)

Zwei Unternehmensbeispiele sollen zeigen, wie die technologischen Veränderungen in den letzten Jahren bis zur heutigen Industrie 4.0-Umsetzung die betroffenen Betriebseinheiten und deren Organisation grundlegend verändert haben:

„1982: Umsetzung einer Werkstattfertigung mit einer Dreherei und Fräseerei. Mitarbeiter waren oftmals an- und ungelernte Mitarbeiter. Angelernte Tätigkeiten dominierten in der Fertigung. In den 1990er Jahren wurde vermehrt Gruppenarbeit und eine Überführung in eine Inselfertigung umgesetzt. Gleichzeitig wurde die Arbeitszeitregelung eng mit Prämienentlohnung verbunden, um insgesamt mehr Flexibilität und Freiheiten in den Teams zu erreichen. In den Folgejahren wurde der Grad der Automatisierung von

Jahr zu Jahr immer mehr erhöht, bis zur heutigen Fließbandfertigung in einigen Bereichen mit der Steuerung der Montage per Chip. Die Automatisierung ist noch nicht so weit fortgeschritten, dass eine Selbsterkennung – beispielsweise Überhänge von Bauteilen – stattfindet. Vor zehn Jahren wurden die ersten IT-Lösungen überlegt, aber erst in kleinen (ersten) Schritten implementiert. Beispielsweise könnte das Ampelsystem [zeigt den Produktionsdurchlauf im Unternehmen] durch Automatisierung abgelöst werden, was aber aufgrund des erheblichen Aufwandes bisher nicht erfolgt ist. Ein weiterer Automatisierungsfall wäre das Beladen der Maschinen. Dieses wird derzeit geprüft und wird sicherlich in Zukunft umgesetzt werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass für den Gesamtüberblick an Anlagen nach wie vor Facharbeiter beschäftigt werden müssen.“ (Fall E)

Den nächsten Entwicklungsschritt hin zu Industrie 4.0 mit ersten autonomen Prozessen und deren Herausforderungen für die Organisationsentwicklung verdeutlicht der zweite Fall. Es wurden vom Unternehmen 120 Detaillierungsvorschläge identifiziert und beschrieben, die in Form von zentralen Anwendungsfeldern der Wertschöpfungskette Industrie 4.0 systematisiert wurden:

„Diese Vorschläge zeigen sehr deutlich, an welchen Stellen bei der Optimierung der Prozesse anzusetzen ist und welche Instrumente für eine Intensivierung von Industrie 4.0 genutzt werden können. Bezogen auf den zentralen Durchlauf in der Produktion sind es die

- Betriebs- und Fertigungshilfsmittel,
- Arbeitsunterlagen und -methoden,
- intelligenten Arbeitsplätze und die
- Lieferantenanbindung,

die die unmittelbaren Gegenstände einer Re-Organisation im Sinne von Industrie 4.0 darstellen. Im Umfeld ist es die Auftragsabwicklung und Steuerung, die Ausführung der Arbeitsgänge, das Produktdesign und die Infrastruktur der gesamten Fabrik, die mit ins Kalkül für Optimierungsprozesse gezogen werden müssen. Dass dabei auch der ‚Datenraum‘, das Wissensmanagement und selbststeuernde Organisationseinheiten mit bedacht werden müssen, ist nahe liegend. Als Instrumente für eine Reorganisation der Wertschöpfungskette mit Hilfe von Industrie 4.0 wurden genannt: Digitalisierung, Visualisierung, Workflows, Assistenzsysteme, CPS, Datenauswertung und Simulation. Der Gesprächspartner betont an dieser Stelle, dass bisher, auch bei verschiedenen Ansätzen von Industrie 4.0, immer von der Hardware her gedacht wird. Auch CPS-Einsatz zählt zur Hardware. Es ist auch korrekt, dass Industrie 4.0 Hardware für intelligente Systeme nutzt. Weil es aber um Vernetzung geht, weil es um das Überwinden von heterogenen Schnittstellen geht, ist es ganz entscheidend, bei der Prozessoptimierung und letztlich bei der Optimierung der Wertschöpfungskette, von der Software her zu denken und zu planen.“ (E 2)

Von autonomen, selbststeuernden Produktionsprozessen ist man in allen untersuchten Unternehmen, besonders in den kleineren Unternehmen, noch eine ganze Stufe entfernt. Dies heißt jedoch nicht, dass die kleineren Unternehmen nicht schon Elemente

von Industrie 4.0 einsetzen. Oft sind sie sich dessen jedoch nicht bewusst. Erst wenn komplett neue Produktionssysteme mit neuen Produktionsstraßen umgesetzt werden, wird über CPS-Einsatz nachgedacht. Der mögliche Mehrwert durch neue Elemente zur Digitalisierung und eine immer weitere Vernetzung der Produktionssysteme rechtfertigt den kompletten Austausch nicht. Aus diesem Grund wird eher von einer Evolution der Produktionssysteme mit einer immer größeren Digitalisierung und Vernetzung gesprochen:

„Diese Entwicklungen zu Industrie 4.0 führen zu einer weiterhin zunehmenden Automatisierung. Dabei findet jedoch keine „Revolution“ statt, sondern eher eine Evolution der Produktionsprozesse. Es wird zukünftig Übergangszeiten bis zu einer umfassenden Digitalisierung geben; man kann eher von einer graduellen Zunahme von Industrie 4.0-Technologien sprechen. Dabei werden alte und neue Systeme parallel nebeneinander bestehen.“ (E 8)

Bei den Veränderungsprozessen möglichst alle Mitarbeiter mitzunehmen, ist die Zielstellung vieler Unternehmen. Dabei sollen nach Ansicht der Unternehmen im ersten Entwicklungsschritt keine Arbeitsplätze wegfallen:

„Die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen und deren Mitarbeitern wird nie in großen Schritten vorangehen können, sondern es sind immer gewisse Grenzen feststellbar. Für den Befragten kommt es bei Wandlungsprozessen auch drauf an, die betroffenen Mitarbeiter mitzunehmen.“ (E 5)

Wohin sich die Organisations- und Kommunikationsstrukturen weiterentwickeln werden, ist bei vielen Unternehmen noch nicht absehbar. Deutlich wird jedoch, dass durch die weltweite Vernetzung der Wertschöpfungsketten mit einer Digitalisierung der Arbeitswelt sich Arbeitsplätze und Kommunikationsstrukturen in den Unternehmen weiter verändern werden. Die Unternehmen jedoch versuchen, dies unterschiedlich anzugehen. Immer mehr starten mit dem Einsatz digitaler Medien schon in der Ausbildung. Auch hierfür einige Beispiele:

„Enterprise 2.0 ist die Überschrift: Dahinter stehen Fragen, wie wir künftig kommunizieren wollen, ob Konzepte wie soziale Medien in modifizierter Form Einzug in das Unternehmen halten sollen, wie die Kommunikationsstrukturen optimiert werden können und wie Anlagen mehr Selbststeuerung praktizieren können.“ (Fall B und vgl. Fall C)

Auf die Frage, ob Tablets bereits im Unternehmen eingesetzt werden, antwortete ein Ausbildungsverantwortlicher:

„In der Ausbildung werden sie schon eingesetzt, im Unternehmen pilothaft. Einstellungstests finden auf Tablets statt. Dies ist für die Jugendlichen ganz normal, diese haben gar keine PCs mehr daheim. Datenabrufe, Wartungsintervalle, von zu Hause arbeiten. Eine neue Art der nichtstofflichen Kommunikation verbreitet sich bereits“.
(E 1)

5.3.2 Veränderungen der Mensch-Maschine-Interaktion in den Unternehmen

Diskutiert wird intensiv, welche Rolle der Mensch im Zusammenhang mit der weiteren Automatisierung spielen soll. Alle Aussagen in den Fallstudien und Expertengesprächen gingen in die Richtung, dass die Automatisierung so gestaltet werden muss, dass nach wie vor qualifizierte Fachkräfte ihren Platz in der Produktion haben, wie das folgende Beispiel zeigt:

„Zukünftig werden die Anlagen und die Software die Fachkräfte bei der Fehlersuche unterstützen. Informationen zur Analyse werden in den Kontext gebracht.“ (Fall D)
„Insgesamt werden sich die einfachen Tätigkeiten leichter automatisieren lassen, die Automatisierung ist heute nur eine Frage des Geldes. Die höherwertigen Aufgaben können jedoch nicht so leicht ersetzt werden.“ (E 1)

Klare Tendenzen, wohin sich die Mensch-Maschine-Interaktion weiterentwickeln wird, waren bei den Erhebungen nicht zu identifizieren. Sehr deutlich wird jedoch auf die Gefahren einer höheren Automatisierung hingewiesen:

„Eine Entwicklung in der Massenproduktion ist, dass aufgrund der Automatisierung viele Aufgaben auf die Anlagenüberwachung hin ausgerichtet werden. Zudem werden die Abläufe hoch standardisiert, so dass die Sensibilität für die Sicherstellung der gesamten Prozessabläufe verloren geht. Das ist mit vielen Risiken verbunden.“ (Fall E)

„Das Verständnis für den Umgang mit den Maschinen geht verloren, da der Mitarbeiter sich nicht mehr stark einbringen kann (Mitgestaltung schwer möglich). Bei kleineren Serien ist dies einfacher möglich. Nicht immer sind stabile Prozesse mit einem höheren Automatisierungsgrad möglich. Die Maschine reagiert erst, wenn eine Toleranzgrenze überschritten ist, dies bedeutet gleichzeitig einen Stillstand der Maschine. Das Gefühl für die Werkzeuge geht verloren.“ (Fall D)

Dabei spielt die Technologiegestaltung eine ganz entscheidende Rolle. Es stellt sich die Frage, ob diese so ausgelegt ist, dass sie für den Nutzer auch bedienbar ist und die Fachkräfte ihre erworbenen Kompetenzen einbringen können. Schlagworte wie Assistenzsysteme für die Fachkräfte und Kollaboration zwischen Mensch- und Roboter wurden dabei genannt. Auch dazu zwei Beispiele:

„Ingenieure und Fachkräfte müssen auch lernen, Anwendungssysteme vom Nutzer her zu denken: Es kommt darauf an, dass sie lernen, Technologie nutz- und bedienbar einzusetzen. Die Frage muss immer sein, wie Technologie zu gestalten ist damit diese nutzergerecht und bedienbar ist. Hier muss also ein erhebliches Umdenken stattfinden, weil bisher die Technologieschiene dominiert. Assistenzsysteme müssen einfach bedienbar sein!“ (E 4)

„Derzeit gibt es so etwas wie eine Co-Existenz zwischen Mensch und Roboter. Fachkräfte zeigen in diesem Falle dem Roboter, wo er zugreifen soll. Die damit in Verbindung stehenden Sicherheitskonzepte sind noch nicht ausgereift. Eine Kollaboration – Mensch und Roboter arbeiten gleichzeitig am gleichen Werkstück – befindet sich der-

zeit in der Vorbereitung und ist in Einzelfällen bereits Realität.

Hochkomplexe Gegenstände werden allerdings nach wie vor von Facharbeitern oder Meistern, also Menschen, bearbeitet.“ (Fall A)

Der Fertigungs Koordinator eines Unternehmens zieht z. B. den folgenden Schluss:

„..., dass bei höherer Automatisierung auch eine höhere Qualifizierung der Mitarbeiter nötig ist, weil bei Fehlern im Fertigungsablauf Eingriffe sehr gezielt und schnell erfolgen müssen. Für die Ausbildung empfiehlt er, diese individueller zu gestalten und stärker zu spezialisieren. Die Spezialisierung sollte im zweiten Ausbildungsjahr beginnen.“ (Fall E)

Entscheidend für die Zukunft wird neben der Rollen- und Kontrollverteilung zwischen Mensch und Maschine auch die Verteilung des Wissens sein. Kann das Expertenwissen der Fachkraft auf die Maschine übertragen werden? Das ist eine der zentralen Fragen, auf die ein Unternehmensvertreter wie folgt antwortet:

„Durch die Digitalisierung nimmt die Komplexität der Anlagen durch den Vernetzungsgrad zu. Um trotzdem sicherzustellen, dass es stabile Produktionswertverläufe gibt, wird das Wissen und Können immer auf mehrere Personen verteilt. D. h., es muss immer Personen geben, die sich gegenseitig vertreten können. Zu dieser Absicherung gehört es auch, vor allem Prozesswissen und Wissen zu Produkten auf Datenbanken zu sichern.“ (Fall B)

Die Aussagen aus den Unternehmen zeigen, dass die weitere Diffusion von Industrie 4.0-Technologien zu Veränderungen in der industriellen Produktion, in der Organisation und in der Kooperation zwischen Mensch und Maschine führt. Klare oder einheitliche Tendenzen sind hier nicht zu erkennen, da die Entwicklungen in den untersuchten Unternehmen unterschiedlich verlaufen. Es dominieren eindeutig unternehmensspezifische Entwicklungslinien. Bei allen aktuellen Überlegungen wird der Mensch zwar in den Mittelpunkt der Betrachtungen gestellt, Konzepte für die Umsetzung dieses Anspruches werden auch in Pilotphasen erprobt, warten aber noch auf größere Verbreitung.

5.4 Diffusion verschiedener Arbeitsorganisationsformen in Unternehmen

Die untersuchten Unternehmen zeigen ein weites Spektrum der Diffusion von Organisationsformen bei der Implementierung von Industrie 4.0. Dazu konnten sechs Dimensionen identifiziert werden, die vor allem durch die Entwicklungen der Vernetzung der Wertschöpfungsketten eine hohe Relevanz haben. Diese Organisationsdimensionen werden im Folgenden genauer dargestellt und in den erkennbaren vier Diffusionsstufen beschrieben (vgl. Tabelle 4). Damit wird ein Referenzsystem geschaffen, das eine eindeutige Charakterisierung von dem zulässt, was die Stufen 1 bis 4 bezogen auf die Organisationsdimensionen ausmacht. Der Zusammenhang zwischen den einzelnen Stufen wird dabei verdeutlicht. Für jede in Frage stehende Organisationsdimension

wird benannt, was die jeweilige Durchdringungsstufe charakterisiert. Im Text erfolgen zusätzlich genauere Beschreibungen der jeweiligen Zusammenhänge. Im Anschluss daran wird aufgezeigt, welche Durchdringungstiefe die einzelnen Organisationsdimensionen bei den an den Fallstudien beteiligten Unternehmen nach Einschätzung der Forscher erreicht haben.

Tabelle 4:
Diffusionsstufen der Arbeitsorganisation

<i>Organisationsdimensionen</i>	<i>Diffusion Stufe 1</i>	<i>Diffusion Stufe 2</i>	<i>Diffusion Stufe 3</i>	<i>Diffusion Stufe 4</i>
Organisation der Prozesse (Indikator: über die gesamte Wertschöpfungskette)	Keine	Barcode	RFID	Vernetzung aller Systeme mittels CPS
Prozesssicherheit (Indikator: Verfügbarkeit)	Keine	Prüfung der Anlage notwendig	Selbstüberwachung der Anlage	Störungsfreie Produktion
Prozesseffizienz / Prozessoptimierung (Indikator: Schnittstelle Mensch-Maschine)	kaum Schnittstellen	Maschine als Werkzeug	Kooperative Optimierung	Kollaborative Optimierung
Prozesserfahrung (Indikator: Erfahrungswissen)	Konventionelle Erfahrung	Wissensspeicherung der Segmente	Vernetzte Wissensspeicherung	Universeller Wissenszugriff entlang der Wertschöpfungskette
Prozessqualität (Indikator: Fehlererfassung)	Hohe Fehlerquote: manuell	Variable Fehlerquote – Teilautomatisierung	Geringe Fehlerquote – Automatisierung	Ohne Fehler
Prozessverständnis (Indikator: innerhalb der Wertschöpfungskette)	Baugruppenbezogen	Anlagenbezogen	Bezogen auf Teilprozesse der Wertschöpfungskette	Gesamtprozesse über die Wertschöpfungskette

Organisation der Prozesse (Indikator: Erfassung über die gesamte Wertschöpfungskette)

Diese Dimension beschreibt die Verknüpfung (Vernetzung) der Prozessschritte innerhalb der Arbeitsprozesse und Arbeitsaufgaben unabhängig von dem aufbauorganisatorischen Kontext über die gesamte Wertschöpfungskette. Es geht um die Frage, wie stark alle Prozesse innerhalb der Wertschöpfungskette miteinander vernetzt sind. In Stufe 1 sind keine Prozesse miteinander vernetzt. Stufe 2 beschreibt die Auto-Identifikation von Informationen zur Vernetzung von Prozessdaten mittels Barcodesystem. Per Barcodesystem werden Informationen abgerufen. In Stufe 3 können Informa-

tionen zur Organisation der Prozesse an andere Instanzen über RFID weitergereicht werden, werden aber vom Objekt selbst nicht verarbeitet. In Stufe 4 sind alle Prozesse mittels CPS miteinander vernetzt. Damit können sich die Prozesse eigenständig organisieren und optimieren.

Prozesssicherheit (Indikator: Verfügbarkeit)

Die Prozesssicherheit beschreibt die Fehlerhaftigkeit und Beherrschbarkeit eines Prozesses. Wie störungsfrei verläuft die Produktion? Wer überwacht diese und wie beherrschbar sind die Prozesse noch? In Stufe 1 sind die ungeplanten Betriebsunterbrechungen sehr hoch, es ist keine fehlerfreie Produktion möglich. Auf der Stufe 2 werden die Fehler an der Anlage individuell ausgelesen, d. h. es erfolgt eine „Prüfung der Anlage“ mittels Fehlermeldung und Fehlerbehebung durch die Fachkraft. Stufe 3 stellt eine Selbstüberwachung der Anlage durch eingebaute Sensoren und Vorschläge zur Problembeseitigung durch die Technik (Diagnosegeräte innerhalb der Instandhaltung) dar. Die Beherrschbarkeit der Prozesse ist noch nicht immer gegeben. Auf der Stufe 4 wird eine störungsfreie Produktion umgesetzt. Prozesse sind durch den Einsatz von CP-Systemen beherrschbar und Fehler können durch eine Echtzeitanalyse der Daten vermieden werden.

Prozesseffizienz / Prozessoptimierung (Indikator: Schnittstelle Mensch-Maschine)

Die Prozesseffizienz befasst sich mit der Frage nach der möglichst optimalen Gestaltung der Prozesse (Schnittstellenoptimierung, Prozessablaufoptimierung, Material- und Informationsflüsse, Ressourcen wie Maschinen, Mitarbeiter, Technologie). Wie läuft die Prozessoptimierung in Kooperation zwischen Mensch und Maschine ab? Bei Stufe 1 gibt es wenig Schnittstellen und viele Brüche zwischen den Schnittstellen. Die Prozessoptimierung erfolgt allein durch den Menschen. In Stufe 2 dient die „Maschine als Werkzeug“, indem Maschinendaten zur Prozessoptimierung durch den Menschen genutzt werden. Auf der Stufe 3 kooperieren Mensch und Maschine auf einer Ebene zur Prozessoptimierung. Die Fachkraft entscheidet auf Grundlage der Datenbasis. Im kollaborativen System der Stufe 4 entscheidet die Fachkraft auf der Grundlage der Datenbasis. Es ist ein integrierter und konsistenter Datenaustausch über alle im Prozess beteiligten Akteure gesichert, da alle Beteiligten auf die gleiche Datenbasis zugreifen und somit die Prozesseffizienz optimieren können.

Prozesserfahrung (Indikator: Erfahrungswissen)

Die Prozesserfahrung ist eng mit dem Erfahrungswissen verknüpft. Wo und wie ist das Erfahrungswissen gespeichert (Mensch, Wissensdatenbank / Wissensmanagementsysteme, entlang der Wertschöpfungskette)? Auf der Stufe 1 liegt das Erfahrungswissen allein bei der Fachkraft. In Stufe 2 sind Bestandteile des Prozesswissens in Datenbanksystemen gespeichert. Zugriff ist nur über einen Rechner möglich. Innerhalb der Stufe 3 kann das Wissen über eine sogenannte Unternehmens-Wiki abgerufen werden, damit Mitarbeiter ihr Wissen teilen und gemeinsam arbeiten können. Eine Rolle spielt hier auch das implizite Wissen des einzelnen Mitarbeiters, das zu explizitem Unternehmenswissen wird. Innerhalb der Stufe 4 erfolgt ein „Universeller Wissenszugriff entlang der Wertschöpfungskette“ mittels einer Suchfunktion ähnlich „Google“ an allen Maschinen, Anlagen und mobilen Geräten.

Prozessqualität (Indikator: Fehler, Fehlererfassung)

Die Prozessqualität beschreibt die Fehlerquote im Produktionssystem. Die Kernfrage ist: Kann durch eine effiziente Echtzeitanalyse von Kennzahlen und die Beherrschung selbstoptimierter Fertigungs- und Qualitätsprozesse eine Null-Fehler-Produktion innerhalb Industrie 4.0 erreicht werden?

Auf der Stufe 1 besteht eine hohe Fehlerquote im Produktionssystem. In der Stufe 2 sind Teilprozesse abgebildet und können mittels physikalischer Größen gemessen und optimiert werden. Vollständige Abbildung aller Prozesse erfolgt im Unternehmen auf Stufe 3. Echtzeitanalysen führen zu einer Verringerung der Fehlerquote. In Stufe 4 führen automatische Echtzeitanalysen mit hoher Prognoseschärfe bei Störungsvermeidung und Fehlerfrüherkennung zu einer Null-Fehler-Produktion, da sich die Fertigungsprozesse eigenständig optimieren.

Prozessverständnis (Indikator: innerhalb der Wertschöpfungskette)

Das Prozessverständnis beschreibt ein Wissen über Prozessabläufe, -zusammenhänge, -vernetzungen und deren Material- und Informationsflüsse innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette. Die Differenzierung zwischen den Stufen ergibt sich aus dem unterschiedlichen Prozessverständnis innerhalb der Wertschöpfungskette.

In Stufe 1 liegt nur ein Prozessverständnis für die Baugruppe vor. Vor- und nachgelagerte Prozesse sind nicht bekannt. Auf der Stufe 2 ist ein anlagenbezogenes Prozessverständnis vorhanden, d. h. relevante Material- und Informationsflüsse für das Arbeiten an der Anlage sind bekannt. In Stufe 3 erstreckt sich das Prozessverständnis über Teilprozesse der Wertschöpfungskette. Relevante Prozessabläufe, -zusammenhänge, -vernetzungen für die Umsetzung des Arbeitsprozesses sind bekannt. In Stufe 4 besitzt die Fachkraft ein umfassendes Prozessverständnis über alle Geschäfts- und Arbeitsprozesse über die gesamte Wertschöpfungskette mit allen Zusammenhängen und Vernetzungen.

5.4.1 Bewertung der Diffusion der Organisationsdimensionen

Um die Diffusionstiefe von Industrie 4.0 bezogen auf die Arbeitsorganisationsformen generell einschätzen zu können, wurde im ersten Experten-Workshop eine Bewertung durch die anwesenden Experten durchgeführt. Die Grundlage dafür wurde geschaffen, indem die in Tabelle 4 dargestellten Zusammenhänge erläutert wurden. Zum einen wurde in die Skalierung eingewiesen, die per Stufen 1 bis 4 aus der Tabelle zu ersehen ist, und zum anderen wurden die inhaltlichen Anforderungen jeder Diffusionsstufe erläutert. Danach bewertete jeder Experte jede Organisationsdimension mit Blick auf die Diffusionstiefe von Industrie 4.0 in Unternehmen nach seinen Vorstellungen. Bei dem aufgenommenen Ergebnis in Abbildung 12 handelt es sich um den Mittelwert aller Experten. Es handelt sich in der Aussagekraft also um eine zusammenfassende Bewertung.

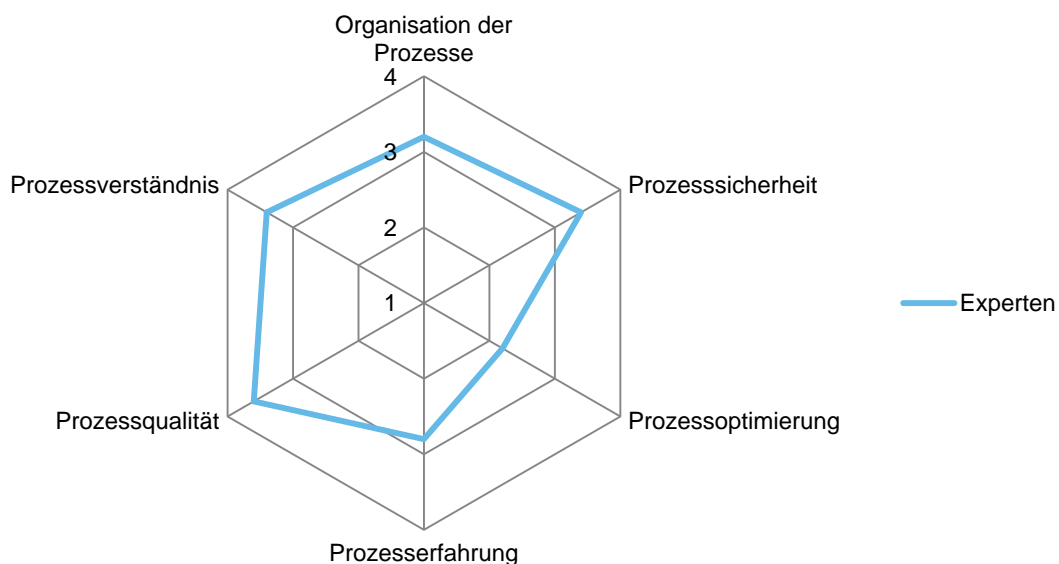
Die Experten bewerteten die Dimensionen Prozessverständnis und Prozessqualität mit 3.4 bzw. 3.6 innerhalb der Ausprägungsstufen 1 bis 4 sehr hoch. D. h., dass das Pro-

zessverständnis als sehr umfassend aufgefasst wird und von der Fachkraft über alle Arbeitsprozesse hinweg vorhanden sein muss. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Prozessqualität. Hier bewegen sich die Unternehmen immer mehr in Richtung einer Null-Fehler-Produktion durch die Nutzung der Echtzeitdaten. Beide Dimensionen werden in dem Sinne bewertet, dass sie für die Facharbeitsebene hoch relevant sind und beherrscht werden müssen.

Die Dimension der Prozessoptimierung wird dagegen schwächer bewertet, obwohl das eine wichtige Aufgabe für die Fachkraft ist. Es wird hier allerdings die Maschine bzw. die Technologie als unterstützendes Werkzeug mit in das Kalkül einbezogen. Es kann aber auch der Schluss gezogen werden, dass die Unternehmen von einer eigenständigen Optimierung der Produktionsprozesse durch Industrie 4.0-Technologien noch ein ganzes Stück entfernt sind. Dem widerspricht allerdings die hohe Bewertung der Organisation der Prozesse. Erklärbar wird die unterschiedliche Bewertung mit der Annahme, dass die Organisation als generelle Aufgabe der Fachkräfte gesehen wird und die Optimierung enger auf Industrie 4.0 bezogen wird. Hoch bewertet wird auch die Prozesssicherheit als Dimension von grundsätzlicher Bedeutung.

Abbildung 12

Diffusionsstufen der Organisationsformen – Experteneinschätzung



Quelle: Eigene Darstellung

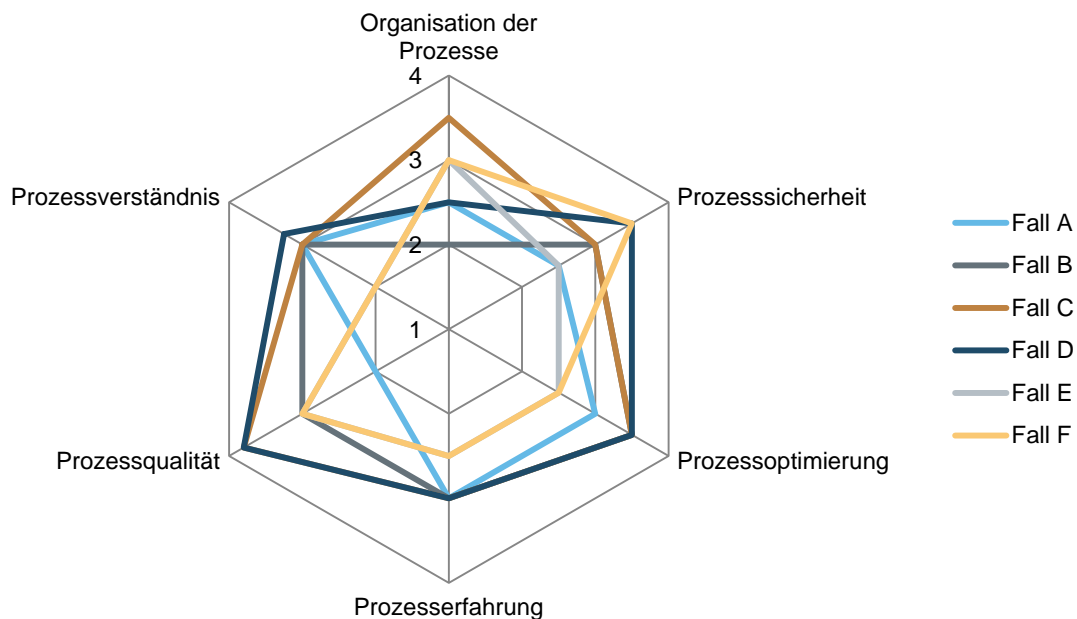
5.4.2 Bewertung der Diffusion der Organisationsdimensionen in untersuchten Unternehmen

Abbildung 13 zeigt nach Einschätzung der Forscher die Diffusionstiefe der Arbeitsorganisationsformen im Rahmen der Fallstudien entstanden ist. Die Skalierung ergibt sich aus der Erläuterung zur Tabelle 4. Dort werden vier Organisationsstufen aufzeigt, die das Spektrum der Durchdringung von Stufe 1 bis 4 ausmachen. Die Bewertung der Diffusionstiefe wurde von vier Forschern auf der Grundlage der Erhebungen bei den Fallstudien und den Besuchen in den Unternehmen vorgenommen. Die einzelnen Einschätzungen wurden gemittelt.

Auffallend sind zwei Ergebnisse: Keines der Unternehmen hat bei den einzelnen Organisationsdimensionen eine Höchstbewertung von 4,0 erreicht, allerdings liegen zwei Unternehmen (Fall C und D) sehr hoch, nämlich bei 3,9, wenn es um Prozessqualität geht. Keines der Unternehmen wurde mit einer Diffusionstiefe weniger als 2,0 bewertet. Das lässt auf verhältnismäßig weit entwickelte Organisationsformen bezogen auf die Implementierungsinteressen von Industrie 4.0 schließen. Nur zwei Unternehmen liegen bei Stufe 2 (Fall A bei der Prozessqualität und Fall F bei der Organisation der Prozesse). In allen anderen Punkten liegen die Unternehmen zwischen 2,5 und 3,9, was die Aussage hinsichtlich der bereits weit fortentwickelten Organisationsformen bestätigt.

Abbildung 13

Diffusionsstufen der Organisation – Einschätzung der beteiligten Unternehmen durch die Forscher



Quelle: Eigene Darstellung

Die Ergebnisse zum Stand der Diffusion der Organisationsformen untermauern das Vorhandensein veränderter Organisationsformen, um die Industrie 4.0-Implementierung zu flankieren. Dass diese Zielrichtung jedoch nicht immer für alle Unternehmen maßgebend ist, wird häufig in der aktuellen Diskussion vergessen. Für viele Unternehmen ist eine Optimierung der Produktionsprozesse bis auf Stufe 2 oder 3 bereits mit einer umfassenden Digitalisierung der Prozesse verbunden, was sehr zeitintensiv ist und auch von den Mitarbeitern mitgetragen werden muss. Deshalb wird nur in kleinen Schritten voran gegangen.

Zudem gibt es immer wieder Unternehmen mit einer Abneigung gegenüber der Speicherung der firmenspezifischen Daten in einer Cloud aus Gründen der Datensicherheit. Diese Unternehmen verfolgen nicht als oberstes Ziel die Implementierung von Stufe 4. Die Zielsetzungen für die Intensität der Implementierung unterscheiden sich deshalb durchaus von Unternehmen zu Unternehmen.

Dieser Sachverhalt ist auch sehr deutlich bei der Gesamt-Diffusionstiefe der einzelnen Unternehmen (vgl. Abbildung 13) ablesbar. Nur ein Unternehmen innerhalb der Fallstudien erreicht bisher innerhalb einer Organisationsdimension fast die vierte Diffusionsstufe. Hier wird durch einen sehr hohen Automatisierungsgrad fast eine Null-Fehlerproduktion erreicht und mit Ausnahme der Prozess Erfahrung liegen alle Diffusionswerte bei 3,0 und höher (vgl. Fall C). Auf der Ebene der Prozessoptimierung arbeiten Mensch und Maschine bisher überwiegend kooperativ zusammen, so die Erkenntnisse aus den Erhebungen. Jedoch erfolgt diese Zusammenarbeit noch nicht innerhalb der kompletten Wertschöpfungskette, sondern in Teilabschnitten. Auch konnte in den Unternehmen keine vollständige Vernetzung aller Prozesse mittels CPS identifiziert werden. Es konnte bei den Unternehmen auch noch keine eigenständige Prozesssteuerung durch CPS-Technologien festgestellt werden.

Insgesamt ist zwar deutlich zu erkennen, dass die Digitalisierung der Prozesse in den Unternehmen immer mehr zunimmt und damit auch die Organisationsprozesse nachhaltig verändert werden. Es dürften jedoch noch einige Jahre vergehen, bis allgemein ein Diffusionsniveau erreicht wird, das nahe bei Stufe 4,0 liegt.

5.5 Veränderungen in der Arbeitswelt und in der Facharbeit

5.5.1 Veränderungen in der Arbeitswelt

Die Intensität der Veränderung der Arbeitswelt und die Wirkungen auf die Facharbeiter bei der Implementierung von Industrie 4.0 hängen von der Implementierungsgeschwindigkeit und dem Implementierungsniveau ab. Laut Aussage von Experten in den Expertengesprächen lassen sich derzeit bei den Unternehmen vier Entwicklungstypen erkennen:

1. Unternehmen, die in kleinen Schritten vorangehen, weil sie zum einen die Produktion am Laufen halten müssen und zum anderen die von der Implementierung betroffenen Mitarbeiter mitnehmen und mitqualifizieren müssen.
2. Unternehmen, beispielsweise im Maschinenbau, die durchaus in großen Schritten vorangehen, weil sie aufgrund der bereits implementierten CNC-Technik, der Inanspruchnahme einer funktionierenden Bildverarbeitung und vorhandener Sensorik weit fortgeschritten sind.
3. Unternehmen, die eine genaue Analyse ihrer Produktion, ihrer Produktionsabläufe und der Logistik vorgenommen haben, um die Voraussetzungen zu schaffen, sehr gezielt mit der Implementierung der Digitalisierung fortzufahren.
4. Unternehmen, die Konzepte für eine Implementierung geschaffen haben, diese bisher aber nicht umsetzen (vgl. E 3, E 11, E 14, Fall C).

Diese vier Entwicklungstypen lassen sich polarisierend in zwei Typen zusammenfassen:

1. Die technologischen Möglichkeiten für eine Digitalisierung und Vernetzung werden im Unternehmen genutzt. Die Vernetzungstechnik, die Funktechnik, die Sensorik / Aktorik, das Cloud-Computing, das Bearbeiten von großen Datenmengen und die technologische Intelligenz werden bereits am Arbeitsplatz genutzt.
2. Unternehmen setzen sich zusehends intensiver mit der Implementierung von Industrie 4.0 auseinander, aber die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung müssen erst noch geschaffen werden.

Während im ersten Fall bereits viele Schritte bewältigt sind, sind im zweiten noch einige Herausforderungen zu meistern wie

- die Organisation der gesamten Wertschöpfungskette einschließlich der Logistik, der Produktion und des Vertriebs sind zu optimieren,
- einheitliche Schnittstellen zur Übertragung von Daten sind zu definieren und
- die Vernetzung der Maschinen muss vorangetrieben werden (vgl. E 2).

Diese beiden genannten Typen können als die besonders wichtigen bezeichnet werden. Beide Typen schließen die Auseinandersetzung mit der Organisation der Datensicherheit, die Organisation der Prozesse, die Prozesssicherheit, die Prozessqualität (Null-Fehler) und die Prozesseffizienz mit ein (vgl. Fall C und E 2).

Der Grund für diesen Anspruch ist in erster Linie daran festzumachen, dass der mit Abstand größte Teil der Unternehmen neue Anlagen nicht auf der grünen Wiese aufbaut, sondern vorhandene Produktions-, Fertigungs- oder Montageanlagen weiterhin nutzen möchte, diese jedoch modernisiert werden müssen, um den Ansprüchen von Industrie 4.0 gerecht zu werden. Wie aufwändig und teils mühsam dieser Entwicklungsprozess hin zu Industrie 4.0 dann ist, zeigt nachstehende Darstellung eines Begleiters eines Implementierungsprozesses in einem Maschinenbauunternehmen mit Komponentenproduktion:

„Ständig kamen Maschinenbediener in mein Büro und haben mich genervt. Immer wieder gab es Fragen, ob beispielsweise bei einem bestimmten Bauteil noch ein Anfasen oder anderes stattfinden soll. Weil immer wieder welche mit Fragen, oft sehr ähnlichen Fragen kamen, habe ich mal alles auf die Seite geräumt und genauer hingehört, wo es hakt. Dann habe ich mit jedem der Gesprächspartner die Prozesse klar gemacht, damit sie keine Fragen mehr hatten. Immer wieder haben wir die Prozesse und Prozessabläufe diskutiert und geklärt. Dann haben wir begonnen, für die Abteilung alle Prozesse zu klären und nach und nach alle Prozesse zu optimieren. Als in der Abteilung alles optimiert war und sich auch bewährte, kam der Auftrag, dieses Konzept auf die ganze Fertigung auszurollen.“ (E 2)

Der Gesprächspartner betonte, dass der Begriff Industrie 4.0 erst viele Jahre später aufkam. Im Werk hatten er und seine Kollegen bereits über 25 Jahre an der Optimierung und Sicherung der Prozesse gearbeitet, bevor von Industrie 4.0 gesprochen wurde. Er bewertet den Veränderungsprozess wie folgt:

Positiv für Mitarbeiter: „Es fällt weg, was nervt!
Es wird gefördert, was Wertschöpfung bringt!
Das (so seine Aussage, d. V.) kapierten alle Mitarbeiter!“ (E 2)

„Nach und nach erfolgte eine Ausweitung der Nutzung des Ansatzes und eine Optimierung im Sinne von Industrie 4.0.“ (E 2)

Darauf konzentrierte sich das weitere Gespräch. Die Gesprächspartner betonten an dieser Stelle, „dass Kompetenzen, so wie sie auch bei der Nutzung der sozialen Medien erforderlich sind, inzwischen auch für Fertigungsprozesse relevant sind. Sie wiesen auch darauf hin, dass vor allem junge Mitarbeiter an Rechnern arbeiten wollen und sie fordern Touch Screen-Oberflächen. Maschinen ohne Bildschirm werden heute nicht mehr akzeptiert.“ (E 2)

Diese Aussagen belegen in erster Linie, dass für die Implementierung von Industrie 4.0 firmenspezifische Wege gegangen werden müssen und dann, wenn bereits eine Fertigung läuft, der Aufwand zum Umbau aufwändig und langwierig ist. Aufwändig auch deshalb, weil Brüche in den Konzepten nicht zu vermeiden sind, wie nachstehende Aussage belegt:

„Ganz wesentlich ist, dass das ‚Gefühl plötzlich auf Software verlagert wird‘. Die Erfahrung mit Maschinen unterscheidet sich von der Erfahrung mit Software.“ (E 2)

Eine Implementierung von Industrie 4.0 hat auf der produktiven Ebene einer Fertigung Einfluss auf

- die Prozessebene (Prozessdurchlauf, Wareneingang, Warentransport),
- die zur Anwendung kommenden Basistechnologien,
- die Datenerfassung und -bearbeitung,
- den im Prozess tätigen Menschen und
- die Rahmenbedingungen der Fertigung.

Eine Re-Organisation einer Fertigung im Sinne der Ansprüche von Industrie 4.0 bedeutet, dass die

- Auftragsabwicklung und -steuerung,
- Ausführung von Arbeitsgängen,
- Produktgestaltung und „Intelligenz“ eines Produktes wie auch die
- Infrastruktur einer Fabrik

so organisiert werden müssen, dass das Werkstück bzw. das Produkt ohne Barrieren durch die Anlagen läuft. Beim Durchlauf

- durch einen intelligenten Arbeitsplatz kommen
- Arbeits- bzw. Fertigungsmethoden zur Anwendung, die eine qualitativ hochwertige und effiziente Fertigung garantieren und
- die notwendigen Hilfs- und Betriebsmittel sowie Assistenzsysteme intelligent einsetzen (vgl. Abbildung 14).

Im Umfeld ist es die Auftragsabwicklung und -steuerung, die Ausführung der Arbeitsgänge, das Produktdesign und die Infrastruktur der gesamten Fabrik, die mit ins Kalkül für Optimierungsprozesse einbezogen werden müssen. Dass dabei auch der „Datenraum“, das Wissensmanagement und selbststeuernde Organisationseinheiten mit beachtet werden müssen, ist nahe liegend.

Als Instrumente für die Unterstützung des Wertschöpfungsprozesses können dabei zum Einsatz kommen:

- „Digitalisierung / Visualisierung,
- Workflows,
- Apps,
- Arbeitsplatzassistent,
- CPS – Industrie 4.0 Tools,
- Big-Data (Datenauswertung),
- Simulation.“ (E 2)

Es wird hier deutlich, dass es auf den CPS-Einsatz und andere Industrie 4.0-Hardware zur Unterstützung intelligenter Systeme ankommt.

„Weil es aber um Vernetzung geht, weil es um das Überwinden von heterogenen Schnittstellen geht, ist es ganz entscheidend, bei der Prozessoptimierung und letztlich bei der Optimierung der Wertschöpfungskette von der Software her zu denken und zu planen.“ (E 2)

Abbildung 14

Shop-Floor-Struktur bei intelligenter Fertigung

Kommunikationsstrukturen zwischen Mitarbeitern und Organisationseinheiten				
Prozessstrukturen	Support am Arbeitsplatz	CPS- und Software-Support	Big-Data Erfassung und Auswertung	Simulation, Visualisierung
Prozessablauf der intelligent gesteuerten Auftragsbearbeitung und Auftragsabwicklung in digitalisierter Organisation (optimierte Prozesse)				
Arbeitsplatzorganisation mit CPS-Einsatz	Auftragsdokumentation / Fertigungsmethoden	Fertigungsmittel / Assistenzsysteme	Anbindung an Abnehmer und Zulieferer	
Aufbereitete Daten / Datenbanken: Zugriff von allen Arbeitsplätzen				

Darstellung in Anlehnung an: E 2

Für die meisten befragten Unternehmensvertreter lag es auf der Hand, dass zur Unterstützung des gesamten Prozesses sehr gut qualifizierte Facharbeiter notwendig sind.

Die Herausforderungen an die Fachkräfte werden auch von anderen Unternehmen ähnlich eingeschätzt, wie nachstehende Aussagen belegen:

- „Die veränderten Produktionssysteme erfordern schnelles Umrüsten und das gesamte System der Produktion ist feiner und effizienter geworden. Dadurch verändert sich auch die Wertschöpfungskette.
- Ein sehr wichtiger Punkt ist auch, dass alle Prozessschritte genauestens nachverfolgbar sein müssen. Damit lassen sich Fehler leichter eingrenzen und es ist möglich, Kunden genauestens über viele Fertigungsschritte zu informieren.“ (Fall B)
- „Wenn es Probleme mit Maschinen gibt, dann sind es oft irgendwelche logischen Bedingungen die nicht gegeben sind, um den Maschinenlauf freizugeben. Das ist aber für den Mitarbeiter erst einmal nicht ersichtlich. Beispiel: wir haben eine Materialdatenbank und wenn wir Material verarbeiten wollen, melden wir dieses bei der Maschine an und teilen mit, in welchem Gerät dieses Material verbaut wird. Und wenn wir eine Sperrung für das Material haben, kann es für die Mitarbeiter so aussehen, als würde der Einlesevorgang nicht funktionieren und es wird ein Hardwarefehler vermutet. Aber Ursache für die Sperrung des Gerätes kann sein, dass ein Plausibilitätscheck zur Sperrung geführt hat, was als solches nicht mehr erkennbar ist, weil die Bedingungen anders sind als früher.“ (Fall B)
- „Mitarbeiter werden für diese Probleme softwaretechnisch geschult. Aber Linienmitarbeiter sind oft nicht in der Lage, diese Probleme zu lösen. Es werden deshalb an dieser Stelle oft Ingenieure eingesetzt, die auch den Umgang mit den Daten und der Software beherrschen.

- Es geht um das Erkennen der Probleme. Wenn man erkennen kann, dass die Materialzufuhr gesperrt ist, kann die nächste Materialcharge genommen und weiter produziert werden. Wichtig ist, erst einmal zu verstehen, dass dies kein Defekt in der Maschine ist, sondern an der Verbindung der Daten liegt – oder in der Nichtverbindung. Das erfordert ein starkes Umdenken für Mitarbeiter, die gewohnt sind, den Fehler in der Maschine zu suchen und nicht in der Logik, wie die Dinge zusammengehören.“ (Fall B)
- „Es kommt vor allem darauf an, die vielfältigen Kombinationen von Software zu beherrschen, Displays zu lesen, prüfen, an welchen Stellen ein Sensor nicht funktioniert und beheben eines solchen Fehlers. Mechanik ist an zweiter Stelle wichtig. Dafür sind gute Facharbeiter notwendig. Das sind in der Regel Personen, die sich besonders engagieren, die ständig dazu lernen und sich mit dem Anlagenbetrieb auseinandersetzen und die letztendlich alle Details eines Anlagenablaufes kennen. Dieses Niveau erreichen nicht alle.“ (Fall B)
- „Die Produktverfolgung und Speicherung von Produktionsdaten wird immer entscheidender. Wir brauchen mehr Software-Leute, wir haben Big-Data, unendlich viele Programme und Auswertungen... Wir benötigen in ein paar Jahren Personen, die die Daten intuitiv auswerten. Intuition beim Softwareentwickler erwarten sie normal nicht, aber mit analytischen Methoden kommen wir bald nicht mehr weiter. Andere Bereiche werden in den Vordergrund rücken. Erfahrungsbasiert oder das Spüren von Störungen, erst dann können wir wieder etwas mit den Daten anfangen. Es muss (bei der Fachkraft, d. V.) eine Gefühlslage und Emotionalität entstehen, dann können wir die Daten interpretieren.“ (E 1)

5.5.2 Veränderungen in der Facharbeit

Im vorangegangenen Abschnitt wurde bereits der Einfluss von Industrie 4.0 auf die Arbeitswelt unterstrichen. Betroffen davon sind alle Beschäftigten. Weil bei der Umsetzung von Industrie 4.0 Facharbeiter eine Schlüsselrolle spielen, muss darüber hinaus geprüft werden, wie sie qualifiziert sein müssen, um den Anforderungen gewachsen zu sein. Dies ist Schwerpunkt der folgenden Ausführungen. Es wird aber nicht auf eine bestimmte Berufsgruppe in den gewerblich-technischen Berufen eingegangen, weil bei den Erhebungen eine Vielzahl an Berufen und Betroffenen genannt wurde: Meister, Techniker und bei den Facharbeitern Mechatroniker, Industriemechaniker, IT-Systemelektroniker, Anlagenmechaniker, Elektroniker für Betriebstechnik und andere.

Eine der zentralen Aussagen bezüglich der Anforderungsprofile ist, dass Fachkräfte den

„Umgang mit Komplexität beherrschen müssen: D. h., mit Steuerungstechnik, Software, Anlagen, Antriebstechnik, IT-Systemen und den verschiedensten Verknüpfungen.“ (Fall F; vgl. Fall C)

In einer anderen Fallstudie und einem Expertengespräch wurde diese Aussage präzisiert:

„Im Werk erfolgt eine Umstellung, eine Veränderung der Systemlandschaft. Konsequenz dieser Umstellung ist eine bessere technologische Vernetzung, die auch von den Mitarbeitern verstanden werden muss, damit sie in der Lage sind, die notwendigen Wartungen erfolgreich durchzuführen. D. h., sie müssen die komplexen Steuerungen verstehen, weil sich die bekannten und die einfachen Wenn-Dann-Beziehungen, die linearen Beziehungen hin zu multifunktionalen verändern. Die Steuerungslogik ist also so zu gestalten, dass Anlagen

- bei Problemen gewartet und
- repariert werden können, um sie in Funktion zu halten.

Praktiker müssen in der Lage sein, einschätzen zu können, was am hinteren Ende einer Anlage passiert, wenn am vorderen Ende Veränderungen eintreten, sie müssen Folgewirkungen abschätzen können.“ (Fall E)

„Für diese Aufgabe sind Personen nötig, die komplexe Steuerungsfunktionen verstehen und bei Bedarf eingreifen können. Dafür ist kein Programmieren notwendig, aber Mitarbeiter müssen feststellen können, woran es hakt, woher die Probleme kommen und was zu tun ist. Es sind weiterhin Personen notwendig, die das Operative bewältigen und Personen, die Anlagen ‚aufsetzen‘. Letzteres macht Planer erforderlich. Für Planungen eignen sich so genannte Datenscientists aus der Universität. Auf der anderen Seite sind Monteure nötig, die in der Lage sein müssen, die Datenscientists zu unterstützen. Wie viele von den Datenscientists nötig sind, ist derzeit noch unklar. Fest steht jedenfalls:

- sie sind nicht nötig für den Anlagenbetrieb auf dem Steuerungsstand,
- sie sind nicht nötig für den Produktionsablauf,
- nötig sind aber in der Fertigung Personen, die Steuerungen und Steuerungsabläufe verstehen.

Nach Aussage von einem der Gesprächspartner ist davon auszugehen, dass die Produktionssteuerungen in letzter Konsequenz immer ‚dümmer‘ werden und deshalb wichtige Entscheidungen auf der Shop-Floor-Ebene getroffen werden müssen. Das gilt vor allem, wenn Störungen in der Kommunikation zwischen den Geräten auftreten. Dieses ist ein Novum, weil bei den alten Technologiestrukturen die Geräte nicht miteinander kommuniziert haben. Für die Industrie 4.0 ändert sich dieses. Es findet eine horizontale Kommunikation der Geräte statt und bei Störungen müssen die Mitarbeiter im produktiven Bereich in der Lage sein, Fehler zu beheben.“ (E 4)

Wenn Anlagen mit Industrie 4.0-Hardware eingesetzt werden, dann bekommen die Anforderungsprofile an die Facharbeiter eine andere Ausrichtung als dies beispielsweise bei der C-Technik (CNC, CIM usw.) der Fall war. Aufgaben in diesem Falle sind:

- „Prozessparameter ermitteln können,
- Gefühl haben, welche Prozessparameter angepasst werden müssen und können,

- Prozesse über Messinstrumente dokumentieren (Oszilloskop) – Druck, Kräfte ...,
- Daten für Prozesse sind vielfältig und müssen analysiert werden,
- Daten müssen dokumentiert werden,
- Techniker müssen in der Lage sein, alle Daten zu analysieren und zu optimieren,
- Informatiker optimieren in der Regel keine Prozesse, das wird immer den Technikern überlassen.

Es kommt auf die Beherrschung von

- Analytik,
- Big-Data,
- kollaborativer Robotik,
- mobiler Robotik,
- echtzeitfähigem Computing (mit Hilfe von Cloud-Systemen) an.“ (Fall A)

„An der Anlagenplanung und dem Aufbau von Anlagen werden Facharbeiter beteiligt. Voraussetzung dafür ist ausreichend Erfahrung als Problemlöser, weil Facharbeiter die Anlagen anschließend betreuen sollen. Zwischen Erfahrung und Engagement wird ein enger Zusammenhang gesehen.“ (Fall A)

Erheblich zugenommen haben die Qualitätsansprüche. Die Erwartungshaltung sind 0-Fehler. Mehrere der untersuchten Unternehmen weisen inzwischen eine Fehlergrenze von 2 ppm auf, was nur mittels optimal gestalteter Prozessabläufe möglich ist. Facharbeiter sind an der Optimierung der Prozessabläufe beteiligt. In der Abbildung 15, der Abbildung 16 und der Abbildung 17 sind relevante Aufgaben aus den Erhebungen im Rahmen der Fallstudien und aus den Expertengesprächen zusammengetragen und bewertet. Die Abbildungen zeigen im Einzelnen

- die von Fachkräften (Facharbeitern, Technikern, Meistern) genannten Aufgaben bei der Einführung von Industrie 4.0 (vgl. Abbildung 15),
- die von Produktionsleitern genannten Anforderungen an Fachkräfte beim Betrieb von Industrie 4.0-Anlagen (vgl. Abbildung 16),
- die von Facharbeitern (Facharbeitern, Technikern, Meistern) genannten Instandhaltungsaufgaben (vgl. Abbildung 17)⁶².

⁶² Es handelt sich bei den Bewertungen der Aussagen in den Abbildungen jeweils um kleine Fallzahlen. Durch die Ergebnisse wird jedoch auf der einen Seite die Schwerpunktsetzung der Aufgaben auf der Shop-Floor-Ebene deutlich und auf der anderen Seite bestätigen sie vor allem die Ergebnisse aus den Fallstudien, die in die gleiche Richtung gehen.

Abbildung 15

Aufgaben bei der Einführung von Industrie 4.0 nach der Einschätzung von Facharbeitern, Technikern und Meistern (n = 30)

Von Facharbeitern, Meistern, Technikern genannte Aufgaben bei Einführung von Industrie 4.0:	1	2	3	4
Kenntnisse in Informations- und Produktionstechnologien	■			
Kenntnisse von Softwarestrukturen	■			
Hybride Aufgabenwahrnehmung	■			
Erfahrung mit mechatronischen Anlagen	■			
Nutzerfreundliche Oberflächen gestalten	■			
Beherrschen PC-gesteuerter Endkontrolle der Produkte	■			
Mitgestalten von Software	■			
Programme bei Bedarf ändern	■			
Parametrieraufgaben durchführen	■			
Selbstständig entscheiden	■			
Beherrschung komplexer Anlagen (2 Jahre Erfahrung)	■			
Aneignung von Wissen über Internet, Handbücher, Datenblätter, Wissensforen	■			
Beherrschung von Prozessen und Technologien (Laser, Umformtechnik etc.)	■			
Befähigung zur Anlagenoptimierung	■			
Lesen und Bewerten von Maschinendaten und bei Bedarf Eingriff in die Maschine	■			
Lesen von Live-Bildern aus der Maschine und Korrektur der Abläufe	■			

1 – stimme nicht zu, 2 – stimme teilweise zu, 3 – stimme zu, 4 – stimme voll zu

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 16

Anforderung an Facharbeiter, Techniker und Meister nach Einschätzung von Produktionsleitern (n = 15)

Von Produktionsleitern genannte Anforderungen an Facharbeiter, Meister und Techniker bei Industrie 4.0:	1	2	3	4
Beherrschen softwaregestützter Steuerungen				
Programmierkenntnisse (PC Betriebssysteme)				
Objektorientierte Programmierung				
Robotik-Antriebstechnik				
Prozessoptimierung (KVP), sichern der Prozessabläufe				
Durchführung von Parametrieraufgaben				
Programmoptierungen durchführen				
Kontinuität/Stabilität von Prozessen sicherstellen				
Prozessoptimierung selbstständig unterstützen				
Informationsbeschaffung sicherstellen				
Aus dem täglichen Tun Ideen zur Verbesserung einbringen				
Mehrmaschinenbedienung, hybride Aufgaben				
„Mitdenkende“ Mitarbeiter/Umdenken Lernen				
Denken in Prozessen				
„Gefühl“ auf Software verlagern				
Bei der Optimierung der Prozesse/Wertschöpfung ist von der Software her zu denken und zu planen				

1 – stimme nicht zu, 2 – stimme teilweise zu, 3 – stimme zu
 4 – stimme voll zu

Quelle: Eigene Darstellung

Abbildung 17

Instandhaltungsaufgaben nach Einschätzung der Facharbeiter (n = 30)

Als wichtige Instandhaltungsaufgaben wurden von Facharbeitern genannt:	1	2	3	4
Anlageninstandhaltung	[Bar chart showing high importance]			
Lesen und interpretieren von Betriebsdaten der Anlagen	[Bar chart showing high importance]			
Fehlerbehebung in Sensorik/Aktorik (Signalverarbeitung beherrschen)	[Bar chart showing high importance]			
Störungssuche an Anlagen hoher Komplexität	[Bar chart showing high importance]			
Störungssuche mit Hilfe neuer Medien (Internet etc.)	[Bar chart showing high importance]			
Neue Anlagen reparieren (vernetzte ...)	[Bar chart showing high importance]			
Neue Anlagen: Funktion verstehen, um zu reparieren	[Bar chart showing high importance]			
Beherrschen präventiver Instandhaltung, zustandsbasierte und auslastungsbasierte Instandhaltung	[Bar chart showing high importance]			
Selbstständiges Durchführen von Instandhaltungsaufgaben	[Bar chart showing high importance]			
Minimierung von Kosten durch Fehler in Anlagen	[Bar chart showing high importance]			
Genaue Analyse von Störungsursachen beherrschen (Lesen von Live-Bildern aus der Maschine, deren Bewertung und entscheiden, was zu tun ist)	[Bar chart showing high importance]			

1 – unwichtig; 2 – teils wichtig; 3 – wichtig; 4 – sehr wichtig

Quelle: Eigene Darstellung

Aufgaben bei der Einführung von Industrie 4.0 nach Einschätzung von Facharbeitern, Technikern und Meistern (vgl. Abbildung 15)

Es fällt auf, dass neben dem Parametrieren und der Beherrschung komplexer Anlagen Aufgaben wie selbstständig entscheiden, Prozesse und Technologien beherrschen, Anlagenoptimierung und der Umgang mit Maschinendaten eine hohe Bewertung erfahren haben. Aber auch alle anderen Aufgaben liegen noch im oberen Bereich der Bewertung. Das Besondere dabei ist, dass diese Aufgaben bereits im Kontext von Industrie 4.0 stattfinden und damit im Zusammenhang mit der Anlagenvernetzung zu bewältigen sind.

Anforderungen an Facharbeiter, Techniker und Meister nach Einschätzung der Produktionsleiter (vgl. Abbildung 16)

Bei der Nennung und Bewertung von Anforderungen an Fachkräfte durch die Produktionsleiter fällt auf, dass kognitive Dimensionen wie das Mitdenken, das Denken in Prozessen, die Optimierung von Prozessen und das Denken von der Software her eine wichtige Rolle spielen. Das Beherrschen von Softwaresteuerungen, selbstständige Prozessoptimierung und Programmoptimierung sind andere wichtige Anforderungen, die genannt werden. Daneben spielen noch Parametrieren, Informationsbeschaffung und Antriebstechnik eine Rolle. Die Schwerpunktsetzung der Produktionsleiter deckt sich nur teilweise mit der Einschätzung der Fachkräfte. Bei der Einschätzung der Produktionsleiter spielen die kognitiven Anforderungen eine größere Rolle als bei der Einschätzung der Fachkräfte. Letztere wiederum rücken die Prozessbeherrschung stärker in den Vordergrund.

Die genannten Anforderungen wurden auch durch die Teilnehmer des zweiten Experten-Workshops bewertet. Dabei haben folgende Anforderungen eine nur schwache Bewertung erfahren: die Programmierkenntnisse, die objektorientierte Programmprogrammierung, das Gefühl auf den Softwarebereich zu verlagern und bei der Optimierung von Anlagen von der Software her zu denken. Bei der objektorientierten Programmierung und der Robotik-Antriebstechnik kommen beide Gruppen zu einer ähnlichen Bewertung. Bei der Optimierung von Anlagen und bei der Verlagerung des Gefühls auf den Softwarebereich fallen die Bewertungen unterschiedlich aus. Das ist womöglich darauf zurückzuführen, dass ein Teil der Experten des Workshops nicht direkt mit Produktionsoptimierungen beschäftigt ist.

Instandhaltungsaufgaben nach Einschätzung der Facharbeiter (vgl. Abbildung 17)

Facharbeiter haben bei den Befragungen immer wieder auf die Notwendigkeit hingewiesen, Instandhaltungsaufgaben ausführen zu müssen. Es handelt sich dabei eher um Standardaufgaben zur Sicherstellung des Anlagenbetriebes, die von Fachkräften neben anderen Aufgaben erledigt werden. Neben den bekannten Aufgaben zur Instandhaltung und Störungssuche wurden Aufgaben betont, die aufgrund der Vernetzung und digitalen Verarbeitung von Daten an Bedeutung gewonnen haben. Beispielfähig stehen dafür das Lesen von Live-Bildern aus der Maschine und deren Bewertung, Störungssuche mit neuen Medien, Störungssuche an Anlagen hoher Komplexität oder Fehlerbehebung in der Sensorik / Aktorik (Signalverarbeitung beherrschen), um nur einige zu nennen.

Die Instandhaltungsaufgaben wurden auch durch die Teilnehmer des zweiten Expertenworkshops bewertet. Dabei gab es eine große Übereinstimmung der Bewertung zwischen den befragten Facharbeitern und den Teilnehmern des Workshops hinsichtlich der Relevanz der Aufgaben für Instandhaltungsoptimierung und Prozesssicherung. Nur die Störungssuche mithilfe neuer Medien und das Lesen und Interpretieren von Betriebsdaten der Anlagen bewerteten die Workshop-Teilnehmer etwas schwächer.

Die Erhebungsergebnisse belegen die verstärkte Diffusion der Vernetzung mittels CPS. Konsequenz daraus muss eine Ausrichtung der Aus- und Weiterbildung auf diese Entwicklungen sein.

5.6 Schlussfolgerungen für die berufliche Aus- und Weiterbildung

Für die befragten Personalleiter, Ausbildungsleiter und Produktionsleiter war es eine Notwendigkeit, dass die sich verändernden Produktionssysteme bzw. Automatisierungstechnologien Eingang in die Curricula der Aus- und Weiterbildung finden müssen, damit die Mitarbeiter dazu qualifiziert werden, Verbesserungsprozesse im Rahmen einer operationalen „Excellence“ Industrie 4.0 zu unterstützen. Das gilt nicht nur für die Träger von Aufgabenprofilen, die heute schon einen Bezug zur Automatisierung haben, sondern auch für viele andere industrielle, metalltechnische und elektrotechnische Ausbildungsberufe. Insgesamt war es eine zentrale Forderung der befragten Personen, dass sich alle in industriellen Berufen tätigen Personen müssen intensiv mit Fragen der Digitalisierung der Produktionsprozesse auseinandersetzen müssen.

Bei der Benennung von in Frage kommenden Aufgaben- und Berufsprofilen für die Wahrnehmung von Aufgaben im Rahmen von Industrie 4.0 kam ein breites Spektrum zum Tragen, das in Tabelle 5 zu sehen ist. Dieses Spektrum unterschied sich von Unternehmen zu Unternehmen und von Experte zu Experte.

Die genannte Vielfalt an Profilen lässt sich nur mit Blick auf ein einzelnes Unternehmen spezifizieren, weil jede Position, jedes Profil arbeitsorganisatorisch bei einem Unternehmen eingebettet ist und sich die Unternehmen erheblich voneinander unterscheiden. In der Spalte „Berufsbezeichnungen“ sind Berufe mit beruflicher Erstausbildung benannt, die von den Gesprächspartnern immer wieder angesprochen wurden. Diese Spalte umfasst eine hohe Anzahl der M+E Berufe. Bei der Spalte „Unternehmensinterne Bezeichnungen – nicht akademisch“ handelt es sich um unternehmensspezifische Bezeichnungen. In den meisten Fällen steht dahinter eine berufliche Erstausbildung oder Weiterbildung. In der Spalte „Unternehmensinterne Bezeichnungen – akademisch“ handelt es sich ebenfalls um unternehmensspezifische Bezeichnungen, die in Verbindung mit einer akademischen Ausbildung stehen. Zwischen den Spalten „akademisch“ - „nicht akademisch“ gibt es einzelne Überschneidungen, weil die Gesprächspartner bei jeder benannten Position die Rolle im jeweiligen Unternehmen gesehen haben und nicht die Ausbildung. Besonders auffällig war in der Argumentation, dass in diesem Fall eine Verbindung gesehen wurde zwischen dem, was in einem Ausbildungsberuf erlernt wurde, und der Weiterbildung bspw. zum Techniker, zum Meister oder der Vorbereitung auf eine andere Position, die eine Weiterbildung erfordert. Die zahlreich genannten Berufe legen es auch nahe, bei den weiteren Überlegungen zur Gestaltung der beruflichen Erstausbildung alle M+E Berufe ins Kalkül zu ziehen, weil mit unterschiedlicher Gewichtung das gesamte Spektrum benannt wurde.

Tabelle 5

In Unternehmen genannte Aufgabenprofile für Industrie 4.0

<i>Berufsbezeichnungen</i>	<i>Unternehmensinterne Bezeichnungen</i>	
	<i>nicht akademisch</i>	<i>akademisch</i>
Mechatroniker/-in	Werker/-in	Arbeitsvorbereiter/-in
Industriemechatroniker/-in	Bediener/-in	Datenscientist/-in
Anlagenmechaniker/-in	Springer/-in	Projektmanager/-in
Zerspanungsmechaniker/-in	Prozessoptimierer/-in	Prozessmanager/-in
Werkzeugmechaniker/-in	Prozessbeherrscher/-in	Konstrukteur/-in
Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik	IT-Spezialist/-in	Softwareingenieur/-in
Fachinformatiker/-in	Elektroniker/-in	Produktmanager/-in
Elektroniker/-in für Betriebs- technik	Servicetechniker/-in	Informatiker/-in
Produktionstechnologe/-in	Arbeitsvorbereiter/-in	Industrial Ingenieur/-in
IT-Systemelektroniker/-in	Logistiker/-in	
Produktdesigner/-in	Projektmanager/-in	
	Prozessmanager/-in	
	Instandhalter/-in	
	Informatiker/-in	
	Techniker/-in	
	Meister/-in	

Die Einschätzungen zu der Frage, welches Qualifizierungs- bzw. Kompetenzniveau Fachkräfte in der Produktion zum Arbeiten mit digitalisierten Anlagen benötigen und wie die Qualifizierung und Kompetenzentwicklung inhaltlich ausgerichtet werden soll, ergab es sehr stark variierende Einschätzungen. Im zweiten Experten-Workshop wurden dazu vier Argumentationsrichtungen ausgemacht:

- Eine der Argumentationslinien war, dass es beispielsweise in der Instandhaltung nicht gelingt, alle Personen, die als Generalisten qualifiziert sind, soweit zu bringen, dass sie wenigstens 80 Prozent der Störungen beseitigen können. Deshalb wird eine zwar breite und sehr grundlegende Erstausbildung bevorzugt, um dann die Facharbeiter nach mehrjähriger Betriebszugehörigkeit über Weiterbildungsmaßnahmen zu Spezialisten zu qualifizieren. Inhaltlich sind es meist IT-Themen, in welchen weiter qualifiziert wird, formal ist es oft eine Weiterbildung zum Techniker. Es wurde in diesem Zusammenhang die These formuliert, dass tendenziell Generalisten an Bedeutung verlieren.
- Eine weitere Argumentationslinie war, dass die Qualifizierung von Spezialisten mit besonderen IT-Kenntnissen oft auch Folgen für die innere Hierarchie in den Unternehmen hat. So ist es beispielsweise bei der Auswahl von Teamleitern durchaus

möglich, dass eine Person, die nach der Erstausbildung eine stetige Weiterbildung absolviert hat und sich dann womöglich noch auf die IT-Technik spezialisiert hat, bei der Auswahl einer Teamleitung akademisch qualifizierten Personen gegenüber bevorzugt wird. Meister werden bereits sehr stark für Führungsaufgaben qualifiziert, so dass sie meist Kandidaten für Teamleiterpositionen sind.

- In der dritten Argumentationsrichtung wurde darauf verwiesen, dass das Anforderungsniveau für Fachkräfte in der Produktion in der Regel sehr hoch und sehr breit ist, so dass die Aufgaben nicht von Einzelpersonen oder gar Generalisten wahrgenommen werden können. Eine häufig praktizierte Lösung in den Unternehmen ist es deshalb, z. B. die Instandhaltung in Teams zu organisieren, in welchen sich unterschiedlich qualifizierte Spezialisten zusammenschließen. Eine wichtige Position nehmen dabei in der Regel immer die Techniker ein, weil sie Berufserfahrung mit einer hohen technischen Qualifikation verbinden.
- Eine besonders interessante Argumentationsrichtung war, dass in hoch automatisierten Anlagen die Software die Schnittstelle hin zu allen technischen Lösungen ist. In diesem Fall werden alle Aufgaben, vor allem Service, Wartung und Reparatur, von den Softwareaufgaben her strukturiert. Um diesen softwaretechnischen Zugang zu Anlagen sicher zu stellen, sind hoch qualifizierte Techniker nötig. Die Programmierung selbst ist Sache der Ingenieure.

Die Ausführungen belegen, dass eine scharfe Differenzierung in Mechanik und Elektrik nicht mehr betrieben wird. Bei den genannten Aufgabenprofilen handelt es sich in den meisten Fällen um eine Integration von Teilaufgaben, oft in Verbindung mit einer fachübergreifenden Kooperation und einem hohen Grad an Selbstverantwortung. Ablesbar ist daraus der zunehmend enger werdende Zusammenhang von technologischen Einheiten wie CPS und Arbeitsorganisationsstrukturen zur Optimierung der Wertschöpfungskette.

Der an einigen Stellen festgestellte Anspruch, sicherzustellen, dass die Qualität der Produktion durch eine optimierte Organisation der Wertschöpfungskette und höhere Automatisierung erreicht werden soll, ist praktisch in einer massiven Umsetzungsphase und erfordert dafür qualifizierte Menschen.

Bei der Frage nach den erforderlichen Kompetenzen der in der direkten Produktion tätigen Personen ohne akademische Ausbildung wurden von Experten solche hervorgehoben, die bei einer übergreifenden Analyse der Entwicklungen sichtbar werden. Sie lassen sich in nachstehende Gruppen zusammenfassen:

Allgemeine Kompetenzen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 – Generelle, arbeitsbezogene Kompetenzen

- Optimierung von Abläufen,
- Lesen und Bewerten von Daten,
- Nutzen von Datensicherung bei Prozessabläufen,
- Nutzen von Daten zur Optimierung bei Prozessabläufen,
- Nutzen von Wissens- und Dokumentationssystemen,
- Kooperation und Kommunikation im Team,

- System-Know-how für die Optimierung der Prozesse nutzen,
- Entscheidungen treffen, verantworten.

Informationstechnische Kompetenzen

- Nutzen von Datenbanken,
- Programmieren von Anlagen,
- Parametrieren von Anlagen,
- Nutzen und Verstehen digitaltechnischer Steuerungen,
- Betreuen von automatisierten Anlagen,
- Nutzen von digitalisierten Netzwerken,
- Beteiligung an Programmierungsvorgängen,
- Nutzen von Cloud-Computing.

Spezifische, arbeitsbezogene Kompetenzen

- Aufbau und Inbetriebnahme von Anlagen,
- Bedienen von Anlagen,
- Instandhaltung von Anlagen,
- Bedienen von pneumatischen, elektrischen, hydraulischen und softwaregesteuerten Anlagen,
- Bearbeitung von Problemfällen,
- Nutzen von Medien für den Anlagenbetrieb.

Elektro-metalltechnische Kompetenzen

- Programmierung von Anlagen,
- Einsatz von und Umgang mit Messgeräten (Oszillograph usw.),
- Lesen und Bewerten von Schaltplänen,
- Auseinandersetzen mit komplexen Steuerungen,
- Fehlersuche und Fehlerbehebung an Anlagen.

Mit den in der Übersicht vergleichbare Kompetenzen wurden neben anderen in dem Projekt „Industrie 4.0@SPE“⁶³ herausgearbeitet. Bei einer gründlicheren Auseinandersetzung mit der Entwicklung auf dem Shop-Floor, so wie es bei den Fallstudien getan wurde, ist eine domänenbezogene Spezifizierung der Kompetenzen möglich. Eine solche Spezifizierung ist eine unbedingte Voraussetzung, um konkrete Anhaltspunkte für eine Überarbeitung und Veränderung von Ordnungsmitteln für die berufliche Erstausbildung und der Schwerpunkte für die Weiterbildung zu bekommen. Nachstehend werden die dafür relevanten Erkenntnisse aus den Erhebungen und den Diskussionen mit Experten zusammengefasst.

⁶³ vgl. Kunz, Ch. (2015): Next generation competencies for a digital world – Erfahrungen aus dem Siemens-Projekt „Industrie 4.0@SPE“. In: Berufsausbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP), Jg. 44, Heft 6. S. 33 ff.

Domänenbezogene Kompetenzen bei Industrie 4.0

Produktionsnetzwerke und -systeme analysieren, überwachen, optimieren und erweitern

Netzwerke spielen bei der Implementierung von Industrie 4.0 und CPS eine zentrale Rolle. Vor allem geht es bei der Optimierung älterer Anlagen darum, viele Brüche zwischen den Schnittstellen (MES, SAP, CAD-CAM) zu überwinden und Prozessdaten vollständig zu erfassen. Facharbeitern kommt bei diesen Aufgaben eine Nutzerrolle zu, Techniker und Meister haben wenigstens die Rolle von Mitgestaltern, wenn es für sie nicht gar zur Hauptaufgabe wird.

Von den Experten wurden die folgenden Aspekte hervorgehoben:

- „Problem ist die fehlende Digitalisierung der Prozesse, zu viele verschiedene Systeme werden eingesetzt, sehr viele Schnittstellenverluste sind vorhanden und viele Einträge werden noch manuell vorgenommen.“ (E 1)
- „Industrie 4.0 einzuführen ist nur dann erfolgreich, wenn von Anfang an die gesamte Wertschöpfungskette, beginnend beim Lieferanten bis hin zum Versand unter die Lupe genommen wird.“ (E 2)
- „Durch ‚computer aided engineering‘ konnte eine steigende Vernetzung intern realisiert werden was den Datenfluss angeht. Allerdings besteht die Problematik, dass die Hersteller der digitalen Tools es derzeit nicht zustande bringen, neutrale Schnittstellen zu implementieren. Mit anderen Worten müssen die Produkte vom selben Hersteller sein, um Daten untereinander verlustfrei transferieren zu können.“ (E 12)
- „Auch in der Inselfertigung nimmt die Vernetzung der Anlagen weiter zu, der Mitarbeiter hat immer mehr eine überwachende Rolle.“ (Fall E)

IT-gestützte Assistenz- und Diagnosesysteme anwenden und mitgestalten

Assistenz- und Diagnosesysteme sind nicht nur softwaregesteuert, sondern kommen im Anlagenbetrieb zu sehr unterschiedlichen Anlässen zum Einsatz.

Das erfordert einen inhaltlichen Zugang zur Netzwerktechnik, zur Firewall-Technik, zu Router-Konfigurationen und die Fähigkeit, Datenverarbeitungsprozesse zu analysieren und zu beurteilen und Fehler festzustellen und zu beheben. Die Fähigkeit, Anlagen so zu optimieren, dass sie fehlerfrei laufen, ist dabei eine der Bedingungen für erfolgreiches Arbeiten.

- „Vernetzungsprozesse werden dabei immer mehr zunehmen, genauso wie der Einsatz von Assistenzsystemen unterschiedlicher Art. Diese werden entweder in der Montage oder in der Intralogistik als Instrument zur Rationalisierung und Steigerung der Produktivität eingesetzt. Oder es werden Assistenzsysteme zur Unterstützung von Facharbeit eingesetzt, die gleichzeitig lernförderlich sind. Auch hier wird die Produktivitätssteigerung das oberste Ziel sein.“ (E 8)
- „Es kann davon ausgegangen werden, dass dort, wo Automatisierung möglich ist, auch automatisiert wird. Trotzdem wird in die Zukunftssicherheit des Unternehmens investiert, was auch den Einsatz schwächer qualifizierter Personen im Werk nach sich zieht. Sie werden aber soweit qualifiziert, dass sie die Produktivitätssteigerungen mit unterstützen können.“ (E 9)

- „Einzelne Stationen, einzelne Straßen wie in der Blechfertigung bewegen sich in Richtung Industrie 4.0. Der Bereich Werkzeugstempel / Matrizen ist relativ weit, hier kann der Kunde daheim die Matrize konfigurieren, schickt diese ab, der Auftrag wird automatisch über SAP generiert, geht direkt zur Maschine und wird dann gedreht, gefertigt und geht danach direkt raus zum Kunden.“ (E 1)

Daten aus der Produktion analysieren, interpretieren und dokumentieren

Eine kluge Verbindung von Daten erlaubt, jeden Aspekt industrieller Produktion zu weitgehend zu automatisieren (Engineering, Betrieb und Wartung, Service, Geschäftsmodell). CPS bietet dafür alle Voraussetzungen. Die Datenanalyse und die Interpretation der Daten nehmen dadurch sehr stark an Bedeutung zu (bspw. Vielfalt der Daten – Big-Data), weil die Daten für die Aufbereitung und Optimierung von Arbeitsprozessen zentral sind. Wissens- und Dokumentationssysteme sind bei diesen Vorgängen zu nutzen. Fachkräfte auf dem Shop-Floor sind deshalb so zu qualifizieren, dass sie den Umgang mit Daten beherrschen.

„Maschinenbediener müssen bei diesen Anlagen nicht mehr nur wissen wie diese eingeschaltet werden, sondern sie müssen in der Lage sein, die auf dem Monitor angezeigten Daten zu lesen und zu interpretieren, um Schlüsse daraus zu ziehen.“ (E 14)

Prozesszusammenhänge mit allen vor- und nachgelagerten Bereichen und deren Vernetzung verstehen und optimieren

Es kommt hier darauf an, die Integration und echtzeitnahe Synchronisierung von Prozessen entlang des Produktlebenszyklus sicher zu stellen. Dazu zählt das Parametrieren genauso wie der Einsatz intelligenter Geräte, der dann auch beherrscht werden muss. Das Wissen dafür muss verfügbar und auch im Netz dokumentiert sein.

Gesprächspartner stellten dazu fest:

- „Eindeutige Kennzeichnung von Bauteilen ist nötig – RFID-Codes oder andere Nachverfolgbarkeitsmöglichkeiten wie Barcode / QD-Codes, Datenbanksysteme, Cloud-System – vieles wird nach außerhalb verlagert. Damit alle darauf zugreifen können, benötigen wir eine Cloud.“ (Fall E)
- „Die Prozessbeherrschung sieht der Ausbildungsleiter als die größte Herausforderung der Automatisierung im Zusammenhang mit Industrie 4.0 an.“ (Fall E)
- „Informationen müssen einfach bereitgestellt und dokumentiert und kontextualisiert in den Prozess gebracht werden.“ (Fall B)
- „Weil es aber um Vernetzung geht, weil es um das Überwinden von heterogenen Schnittstellen geht, ist es ganz entscheidend, bei der Prozessoptimierung und letztlich bei der Optimierung der Wertschöpfungskette von der Software her zu denken und zu planen.“ (E 2)

Anlageninbetriebnahme durchführen und Prozessoptimierung sicherstellen

Für die Inbetriebnahmen sind alle vorbereitenden Maßnahmen durchzuführen und es ist sicherzustellen, dass die Anlagenfunktion gewährleistet ist. Diese Aufgabe ist in Kooperation von Fachkräften und Ingenieuren wahrzunehmen. Nach der Inbetrieb-

nahme ist die Prozessoptimierung entweder zu unterstützen oder selbstständig vorzunehmen. Die dafür notwendigen Informationen müssen mit Hilfe der vorhandenen digitalen Medien (Internet, Handbücher, Datenblätter, Wissensforen usw.) beschafft werden.

- „Man muss sich auskennen, welche Prozesse an den einzelnen Stationen erledigt werden, wie wird es erledigt, mechanisch, elektrisch, was für Bauteile sind verbaut und dann braucht man je nach Fall, den man bearbeiten will, die Ausbildung in Pneumatik, Hydraulik, Mechanik, Elektrik ...“ (Fall B)
- „Die Entwicklungsschritte hin zu neuen Produkten nehmen in der Geschwindigkeit zu. Neue Technologien werden noch schneller eingefordert als in der Vergangenheit. Im laufenden Betrieb werden Änderungen vorgenommen, was ein sehr wichtiger Produktivitätsbeitrag ist. Trotzdem müssen die Abläufe insgesamt stabil bleiben, weil sehr viel gleichzeitig stattfindet.“ (E 9)
- „Ganz wesentlich ist, dass sich die Aufgaben verdichten. Als Folge davon werden die Anlagenführer immer wieder weiter qualifiziert und zur Mitarbeit bei Veränderungsprozessen werden die Besseren ausgewählt.“ (E 9)

Störungsbehebung durchführen und Anlagen in Stand halten

Die Störungssuche an Anlagen bedingt in der Regel eine Auseinandersetzung mit komplexen Anlagen, die immer häufiger mit vor- und nachgelagerten Maschinen / Anlagen vernetzt sind. Das Lesen und Interpretieren von Betriebsdaten einzelner Anlagen und Komponenten ist dabei eine wichtige Aufgabe, um eine Fehlerbehebung an mechanischen Komponenten, an der Aktorik und Sensorik, Signalverarbeitung u. a. erfolgreich durchführen zu können. Die Instandhaltung erstreckt sich von der Fehlerbeseitigung bis hin zu Serviceroutinen.

- „Die handwerklichen Aufgaben wie Futterwechsel, Maschinen umrüsten, ... Service- und Reparaturaufgaben wahrnehmen, bleiben“ (Fall A)
- „Wir sind für das Materialauffüllen genauso zuständig, wie dass wir Störungen in der Mechanik beheben. Wenn es dann tiefer, elektrisch ist, dann haben wir noch einen elektrischen Service vor Ort. Also, in elektrische Schaltschränke dürfen wir als Mechaniker nicht rein, da brauchen wir den Service vor Ort. Auch bei den Programmen der Kamera-Systeme gibt es Serviceleute. Wir halten die ganze Maschine am Laufen. Fehler, die durch die SPS verursacht werden, solche Fehler beheben wir.“ (Fall B)
- „Störmeldungen erfassen und den Störmeldeprozess elektronisch dokumentieren gehört mit zu den Aufgaben der Fachkräfte an den Anlagen.“ (E 10)
- „Zur Instandhaltung gehört, die Daten zu überblicken, zu filtern und zu reduzieren. Man ist jedoch durch die Speichertechnologie eingeengt. Was machen wir mit den Datensätzen, wer kann dies noch beurteilen? Wenn ich die Daten nicht bewerten kann, dann nützen mir diese nichts. Hier haben wir noch keine Lösungen, ‚probieren oft noch rum‘. Industrie 4.0 ist komplex. Die Prozesse sind kaum noch zu überblicken – vernetzte Maschinen an den verschiedenen Standorten. Wirtschaftliche und ethische Entscheidungen müssen zusammen passen.“ (E 1)

Die Ausführungen in diesem Abschnitt zeigen auf, dass die Diskussion um die Implementierung von Industrie 4.0 auf der Shop-Floor-Ebene auf einem hohen Niveau stattfindet und die Implementierungsprozesse in verschiedenen Unternehmen sehr zielgerichtet vorangetrieben werden. Beides ist nur möglich durch qualifizierte Fachkräfte, die auch bereit und in der Lage sind, sich auf die damit verbundenen Herausforderungen einzulassen. Der Vorteil, den die Fachkräfte zur Unterstützung dieser Entwicklungen mitbringen, ist, dass sie auf der einen Seite bereits über sehr gute Zugänge zu den Arbeitsprozessen und deren Ausgestaltung verfügen und auf der anderen Seite, spätestens dann, wenn sie über eine längere Betriebszugehörigkeit verfügen, auch umfangreiches Erfahrungswissen mitbringen. Trotzdem ist festzuhalten – und das belegen die vorangegangenen Ausführungen – dass es erforderlich ist, für die bereits Beschäftigten Weiterbildungsmaßnahmen einzuleiten und bei Fachkräften, die noch auszubilden sind, eine Handlungskompetenz aufzubauen, die auf Industrie 4.0 ausgerichtet ist. Das ist schon deshalb erforderlich, weil das technologische und arbeitsorganisatorische Konzept Industrie 4.0 geeignet ist, ein neues Produktionsniveau zu schaffen. Für diese neue Perspektive sind die Fachkräfte zu qualifizieren und das gelingt nicht mit traditionellen Inhalten, Konzepten und Methoden. D. h., es muss das notwendige Wissen und Können entwickelt werden, damit sie in der Lage sind, die Herausforderungen auf der Shop-Floor-Ebene bei bestmöglicher Qualitätsorientierung zu meistern.

Die hier auf der Grundlage empirischer Erhebungen und Diskussionen mit Experten gewonnenen Erkenntnisse dienen im weiteren Verlauf der Studie als Grundlage für die Spezifizierung von Vorschlägen für die in der Weiterbildung und der beruflichen Erstausbildung zu entwickelnden Kompetenzen.

6 Weiterbildungsstrukturen für Industrie 4.0

Weiterbildungsanbieter noch am Anfang ihrer Angebotsgestaltung für Industrie 4.0

6.1 Analyse der Weiterbildungsangebote

Infolge der zunehmenden Digitalisierung industrieller Fertigungsprozesse verändern sich nicht nur technische Prozessabläufe, sondern auch die Arbeitswelt. Entwicklungslinien dazu wurden in Kapitel 5 aufgezeigt. Bestehende Aufgabenzuschnitte und Anforderungsstrukturen, denen die Facharbeiter in den Unternehmen gegenüberstehen, werden durch den Einsatz neuer Technologien sowie den damit einhergehenden Veränderungen der Arbeitsorganisation aufgebrochen und durch veränderte Qualifikationsanforderungen abgelöst. Das Ziel beruflicher Weiterbildung ist es, die individuellen Kompetenzprofile der in einem Unternehmen arbeitenden Personen weiterzuentwickeln und die Person in die Lage zu versetzen, durch ihr Handeln neuen Anforderungen gerecht zu werden und neu geschaffene Handlungsspielräume zu nutzen.

Aufgrund der zentralen Rolle der Mitarbeiter für das Gelingen der Implementierung des Industrie 4.0-Konzeptes in den Unternehmen wurden die aktuellen Angebote und Aktivitäten beruflicher Weiterbildung untersucht. Hierzu wurde eine Internetrecherche sowie ein Experten-Workshop zum Thema „Industrie 4.0: Weiterbildung“ durchgeführt. Bei den Fallstudien und Expertengesprächen wurde die Weiterbildung zudem erörtert und beim zweiten Experten-Workshop gab es einen Schwerpunkt, der sich mit Weiterbildungsfragen beschäftigte. Die Ergebnisse werden im Folgenden vorgestellt.

Durch eine Internetrecherche wurden die Anbieter beruflicher Weiterbildung identifiziert, die in ihren aktuellen Seminarprogrammen themenspezifische Veranstaltungen aufweisen. Die Suche konzentrierte sich hierbei auf Veranstaltungen beruflicher Weiterbildung, die in Bayern angeboten werden. Die Veranstaltungstitel und -beschreibungen wurden jeweils in Bezug auf themenspezifische Begriffe wie Industrie 4.0, CPS, „Big-Data“ oder „Internet der Dinge“ analysiert. Dadurch konnte ermittelt werden, in welchen Veranstaltungen auf Veränderungen der Arbeitswelt infolge des Industrie 4.0-Konzeptes erkennbar Bezug genommen wird. Insgesamt wurden durch dieses Vorgehen sechs Weiterbildungsanbieter identifiziert. Diese sind in der Tabelle 6 aufgelistet. Damit sind zweifellos nicht alle Anbieter erfasst. Es wurde auf diejenigen zugegriffen, deren Angebote vollständig im Internet abgebildet waren.

Die Schulungsangebote dieser sechs Anbieter beruflicher Weiterbildung weisen insgesamt 40 themenspezifische Veranstaltungen auf. Nicht berücksichtigt wurden Veranstaltungen wie bspw. Kolloquien oder Fachtagungen. Die unten stehende Abbildung zeigt die Differenzierung der untersuchten Weiterbildungsangebote nach den Zielgruppen „Unternehmer, Führungskräfte, Entscheider“ und „Facharbeitern, Meistern“. Danach besteht ein deutliches Übergewicht der Weiterbildungsveranstaltungen, die sich an Führungskräfte richten. Hierzu gehören beispielsweise Themen wie „Prozessma-

nagement 4.0“, „Dezentrale Prozesse steuern“, „Industrie 4.0 – Abschied von den Fabrikmauern“ oder „Industrie 4.0 – Chance und Herausforderung für produzierende Unternehmen“ (vgl. Abbildung 18).

Tabelle 6

Übersicht der ermittelten Weiterbildungsanbieter

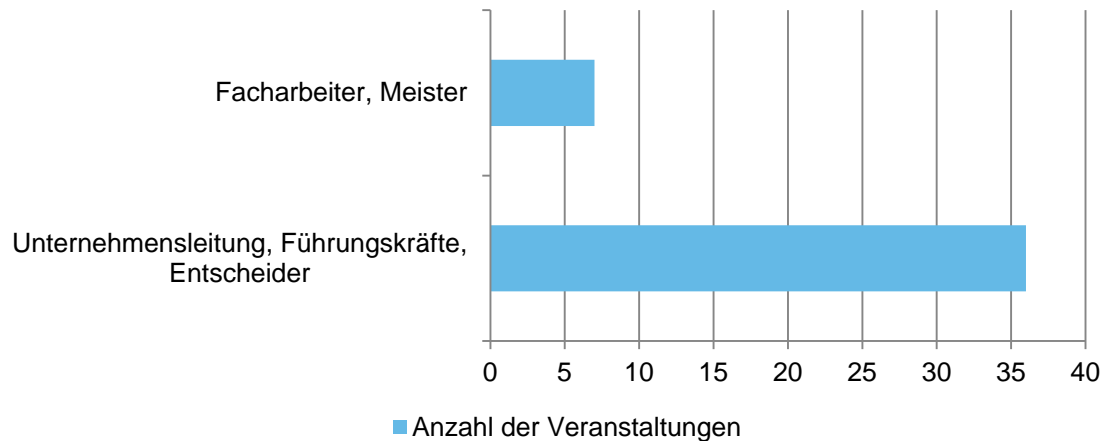
<i>Anbieter</i>	<i>Internetpräsenz</i>
Festo Didactic GmbH & Co. KG	http://www.festo-didactic.com/de-de/
Bosch Rexroth AG, Drive & Control Academy	http://www.boschrexroth.de/training
bbw – Bildungswerk der Bayerischen Wirtschaft gGmbH	http://www.bbww.de
IHK Akademie Schwaben	https://weiterbildung.ihk-akademie-schwaben.de
Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern	https://www.muenchen.ihk.de
Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.	http://www.vde.com

In einem weiteren Schritt wurden die einzelnen Veranstaltungen nach ihrer inhaltlichen Ausrichtung analysiert und klassifiziert. Durch diese Auswertung konnten die inhaltlichen Schwerpunkte „Einführung / Basiswissen“, „technische Seminare“, „Datenschutz / -sicherheit“, „Prozessmanagement“ und „Mitarbeiterentwicklung“ identifiziert werden. Im Folgenden werden zur Verdeutlichung ausgewählte Seminartitel benannt:

- Einführung / Basiswissen: „Industrie 4.0 – Was ist das wirklich?“, „Erleben Sie die Industrie 4.0“, „Industrie 4.0 – Zielsetzung der neuen Revolution“
- Technische Seminare: „Robotertechnik – Stand der Technik, Applikationen und Programmieren kompakt“, „NETZ – Grundlagen der Netzwerktechnik für die Industrie 4.0“, „Robotertechnik – Fachkundeseminar mit Programmier-Praktikum“
- Datenschutz / -sicherheit: „Cyber Security und Industrie 4.0“, „Cyber Risk Management und Cloud Bedrohungen“, „IT-Sicherheit – Kompaktkurs zum Schutz vernetzter Industrieanlagen“
- Prozessmanagement: „So verändert Industrie 4.0 Ihre Geschäftsprozesse“, „Industrie 4.0 – Vernetzte Supply Chains“, „Schlanke Entwicklungsprozesse und effektives Technologiemanagement für Industrie 4.0“
- Mitarbeiterentwicklung: „Wir können Industrie 4.0“, „Kompetenzmanagement 1 – Basis für Personalmanagement“, „Grenzenlos führen“

Abbildung 18

Veranstaltungsangebote zur beruflichen Weiterbildung nach Zielgruppen⁶⁴



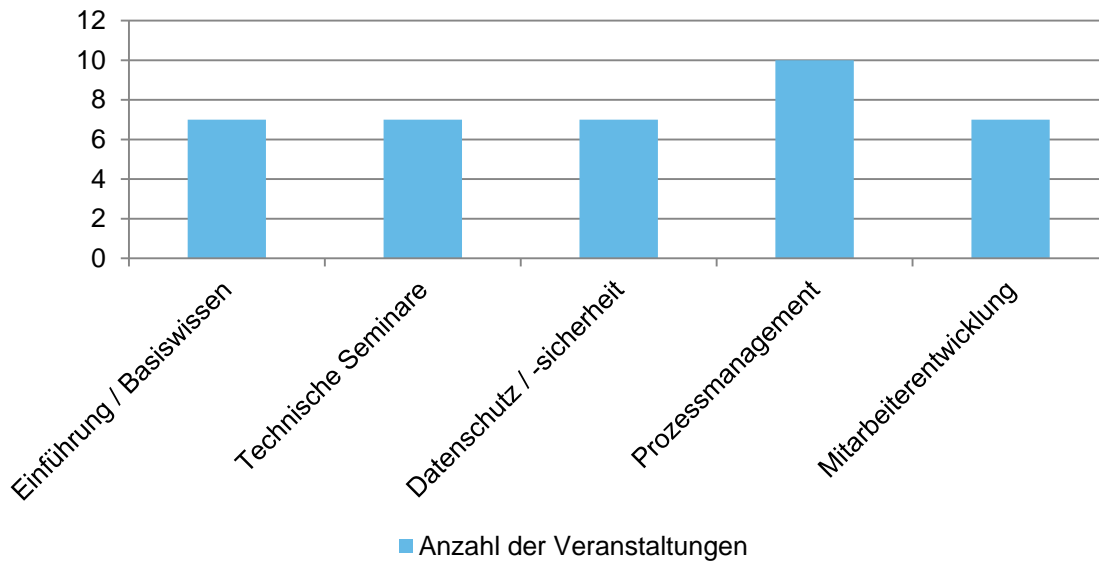
Quelle: Eigene Darstellung

Das Ergebnis der inhaltlichen Auswertung wird durch die Abbildung 19 veranschaulicht. Danach dominieren Weiterbildungsveranstaltungen, die sich auf den Schwerpunkt „Prozessmanagement“ beziehen. In diesen Veranstaltungen werden insbesondere die Chancen und Herausforderungen für Unternehmen durch die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung, die damit einhergehenden Veränderungen der Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse sowie Vorgehensmodelle zur Implementierung von Industrie 4.0-Anwendungen thematisiert. Inhaltliche Verknüpfungen bestehen insbesondere zu den Weiterbildungsangeboten der Schwerpunkte „Einführung / Basiswissen“, „Datenschutz / -sicherheit“ und „Mitarbeiterentwicklung“. So beziehen sich Seminare der Kategorie „Einführung / Basiswissen“ auf begriffliche Klärungen und Informationen über den Status Quo der Umsetzung des Industrie 4.0-Konzeptes in Deutschland. Mit der zunehmenden Digitalisierung rücken Fragestellungen bezüglich des Datenschutzes und der Datensicherheit in den Fokus und stellen einen relevanten Faktor im Kontext der Einführung von Industrie 4.0-Technologien dar.

Die Seminare mit dem Schwerpunkt „Mitarbeiterentwicklung“ beziehen sich auf die Veränderung der Anforderungen, die sich infolge der Umsetzung des Industrie 4.0-Konzeptes in den Unternehmen den Mitarbeiter stellen.

⁶⁴ Veranstaltungen, die sich an beide Zielgruppen richten, wurden jeweils als eine Veranstaltung pro Zielgruppe gewertet.

Abbildung 19

Veranstaltungsangebote zur beruflichen Weiterbildung differenziert nach inhaltlicher Ausrichtung

Quelle: Eigene Darstellung

Es ist festzustellen, dass das Spektrum der untersuchten Weiterbildungsangebote von Veranstaltungen dominiert wird, die sich auf den begrifflichen Klärungsbedarf des Industrie 4.0-Konzeptes beziehen, betriebswirtschaftliche Aspekte thematisieren und damit inhaltlich vor allem auf die Aufgabenbereiche von Führungskräften ausgerichtet sind. Das Ergebnis korrespondiert nicht nur mit der zuvor angeführten Differenzierung der beruflichen Weiterbildungsveranstaltungen nach Zielgruppen, sondern spiegelt auch – wie Studien zur Umsetzung von Industrie 4.0 in Deutschland zeigen – den gegenwärtigen Informationsbedarf von Unternehmern und Führungskräften wider. So ist eine zurückhaltende Rolle, mit der Themen wie Digitalisierung und digitale Vernetzung angegangen werden, kennzeichnend für das aktuelle Agieren deutscher Unternehmen.⁶⁵ Nach einer Bitkom-Studie sprechen laut den befragten Unternehmensvertretern insbesondere die hohen Investitionskosten, die Komplexität des Themas, der Mangel an Fachkräften, der Datenschutz und die Datensicherheit gegen den Einsatz von In-

⁶⁵ vgl. agiplan GmbH; Fraunhofer IML; ZENIT(2015): Studie. Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). - URL: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/erschliessen-der-potenziale-der-anwendung-von-industrie-4-0-im-mittelstand,property=pdf,be-reich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf> (Stand: 17.02.2016) und Hartbrich, I.; Fouhy, K.; Schmitz, W. (2016): Mittelstand zögert bei Industrie 4.0. In: VDI nachrichten, Nr. 5, 5. Februar 2016, S. 8.

dustrie 4.0-Anwendungen.⁶⁶ Werden ausschließlich die hier analysierten themenspezifischen Angebote beruflicher Weiterbildung berücksichtigt, liegt die Annahme nahe, dass die verhältnismäßig geringe Anzahl der Weiterbildungsangebote für Facharbeiter und Meister auf die geringe Nachfrage, die sich durch das aktuelle Agieren der Unternehmen begründet, zurückzuführen ist.

Es wurden allerdings nur offene Veranstaltungen und damit nur eine Form organisierter beruflicher Weiterbildung untersucht. Für eine umfassende Betrachtung der Maßnahmen, die darauf abzielen, die Facharbeiter dabei zu unterstützen, ihre Kompetenzprofile entsprechend den Anforderungen infolge von Industrie 4.0-Anwendungen weiter zu entwickeln, sind jedoch auch andere Formen und Konzepte arbeits- und berufsbezogenen Lernens zu berücksichtigen. Diese Thematik wurde im Rahmen eines Experten-Workshops aufgegriffen. Drei charakteristische Weiterbildungskonzepte werden nachstehend dargestellt.

6.2 Ergebnisse des Experten-Workshops

Im Rahmen eines Experten-Workshops zur beruflichen Weiterbildung in Bezug auf Industrie 4.0-Anwendungen wurden verschiedene Positionen und Konzepte von Weiterbildungsexperten vorgestellt und diskutiert. Konsens bestand unter den Teilnehmern hinsichtlich der hohen Bedeutung der beruflichen Weiterbildung für den Erhalt und die Förderung der Handlungskompetenz der Facharbeiter. Die von den teilnehmenden Experten präsentierten Ansätze unterscheiden sich bezüglich des identifizierten Weiterbildungsbedarfs der Fachkräfte, den Lerninhalten und Lernformen. Die Ansätze werden im Folgenden beschrieben.

6.2.1 Übergreifende Kursangebote des Weiterbildungsanbieters

Der Bedarf für ein spezifisches, auf Industrie 4.0-Anwendungen ausgerichtetes Weiterbildungsangebot für Facharbeiter wurde im Rahmen des Workshops zurückhaltend gesehen.

Um solch ein Angebot zu erstellen, wurde auf die Notwendigkeit der Passgenauigkeit für die Zielgruppe verwiesen. Aufgrund der noch fehlenden genaueren Kenntnisse über den Qualifizierungsbedarf von Facharbeitern und anderen Fachkräften auf dem Shop-Floor, wurde dieser Schritt für den Augenblick als sehr schwer einzulösen eingestuft.

⁶⁶ vgl. Holz, W. (2015): Industrie 4.0. - URL: www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2015/04-April/BITKOM-PK-Industrie-40-13-04-2015-final.pdf (Stand: 17.02.2016).

Das aktuelle Weiterbildungsangebot, das sich an Führungskräfte in der Produktion richtet und in Form offener Seminare organisiert ist, wurde inzwischen durch einzelne Veranstaltungsangebote zu Industrie 4.0 und durch entsprechende Hinweise auf bereits bestehende Angebote ergänzt. Diese zusätzlichen Angebote beziehen sich inhaltlich auf die Vermittlung von grundlegenden Kenntnissen und Prinzipien von Industrie 4.0 und Digitalisierung und widmen sich z. B. den Themen Datensicherheit und Datenschutz im Rahmen des Industrie 4.0-Konzeptes.

6.2.2 Übergeordnetes, multifunktionales Angebot eines Ingenieurdienstleisters

Das Angebot eines Ingenieurdienstleisters beinhaltet ein themenspezifisches Angebot offener Seminare sowie die Entwicklung und Durchführung unternehmensspezifischer Qualifizierungsprogramme. Die identifizierten Qualifizierungsbedarfe der Facharbeiter im Kontext von Industrie 4.0-Anwendungen ergeben sich durch die „Schnittpunkte“ von Industrie 4.0-spezifischen Technologiefeldern und Funktionsbereichen. Die Technologiefelder werden als eine Gruppierung von Technologien zur Realisierung von Industrie 4.0-Anwendungen verstanden. Hierzu zählen beispielsweise „Cyber-Physikalische Systeme“, „Fertigungstechnologien“, „Digital Engineering“ oder „Smart Fähigkeit“. Als Funktionsbereiche werden die am Nutzen und der Unterstützung der Anwender orientierten Differenzierungen von Industrie 4.0-Anwendungen verstanden. Hierbei handelt es sich also um unterschiedliche Nutzungsaspekte von Industrie 4.0-Lösungen in der Praxis. Als Beispiele werden „Datenerfassung und -bearbeitung“, „Vernetzung und Integration“ oder „Assistenzsysteme“ genannt.

Auf der Grundlage des Weiterbildungsprogramms des Dienstleisters können sich interessierte Teilnehmer zu den angebotenen Veranstaltungen anmelden. Diese offenen Seminare werden in den Seminarräumen bzw. Übungslaboren an den Standorten des Weiterbildungsanbieters durchgeführt. Die Veranstaltungen dauern ein bis drei Tage und sind in eine Theorie- und eine Praxisphase gegliedert. Die Teilnehmenden erhalten eine Teilnahmebescheinigung; die Vergabe eines Zertifikats bei erfolgreicher Teilnahme wird diskutiert. Nach Auskunft des vorstellenden Weiterbildungsexperten werden derzeit überwiegend Schulungsveranstaltungen durchgeführt, die sich auf die Vermittlung von Basiswissen zu Industrie 4.0-Themen beziehen.

Der Ansatz der Entwicklung eines unternehmensspezifischen Qualifizierungskonzeptes sieht vor, dass ein Industrieunternehmen an den Ingenieurdienstleister herantritt, um seinen Dienst betreffend der Mitarbeiterqualifizierung zu nutzen. In diesem Fall wird von dem Ingenieurdienstleister ein Weiterbildungsprogramm entwickelt, das auf die Entwicklungsperspektive des anfragenden Unternehmens abgestimmt ist.

Leitend sind hierbei die folgenden Kriterien:

- angestrebter Diffusionsgrad von Industrie 4.0 im Unternehmen,
- Job Cluster: Identifizierung der von dem Wandel in vergleichbarer Weise betroffenen Arbeitsplätze,
- Themenfelder: Identifizierung der Lerninhalte für Industrie 4.0,

- Lernziele: Identifizierung des von den Lernenden zu erreichenden Lernzielniveaus,
- Beachtung des Rahmens wie beispielsweise Anzahl der Mitarbeiter.

Das Resultat sind passgenaue Kompetenzentwicklungsprogramme für die identifizierten Job Cluster. So wird beispielsweise für das Job Cluster „Werker Montage“ das Themenfeld „Augmented Reality“ mit dem Lerninhalt „Assistenzsysteme“ und der Taxonomie-Stufe „Reproduktion“ in einer ziel- und adressatengerechten Lernform angeboten (wie beispielsweise Präsenzveranstaltung oder E-Learning).

Nach den Angaben des Dienstleisters besteht insbesondere seitens der Großunternehmen Interesse an derartigen Weiterbildungsprogrammen. Darüber hinaus werden intern Überlegungen angestellt, um die Attraktivität dieses Angebotes für mittelständische Unternehmen zu steigern.

6.2.3 Arbeitsplatzbezogenes Weiterbildungskonzept eines Dienstleisters im Bereich technische Bildung

Bei diesem Weiterbildungsansatz handelt es sich um unternehmensspezifische Weiterbildungsmaßnahmen, die auf eine passgenaue und adressatengerechte Qualifizierung der Fachkräfte in der Produktion zielt. Das Konzept wurde bisher in der Form eines Pilotprojektes am Standort eines Großunternehmens umgesetzt. Der konkrete Weiterbildungsbedarf der Mitarbeiter des Unternehmens leitet sich von den arbeitsplatzspezifischen Anforderungen ab, die sich den Fachkräften stellen. In einer sogenannten Lernfabrik wird diese arbeitsprozessorientierte Form der Weiterbildung in räumlicher Nähe zu den Arbeitsplätzen der Lernenden durchgeführt. Bei Lernfabriken im hier vorgestellten Sinne handelt es sich also um ein Konzept, bei dem nicht nur die räumliche Nähe einer zentralen Schulungsumgebung zum Arbeitsplatz der Lernenden, sondern zudem eine Verschmelzung von Arbeits- und Lerninhalten angestrebt wird. Der Zweck der Weiterbildungsaktivitäten in der Lernfabrik fasst ein Weiterbildungsexperte wie folgt zusammen: „Wir reden hier nicht über die Entwicklung von bestimmten Ventilen, das spielt hier keine Rolle. Hier geht es nur darum, mit solchen vernetzten Systemen, Cyber-Physischen Systemen, umgehen zu lernen“ (Weiterbildungsexperte). Dies wird durch praxisorientierte Kurzschulungen in einer wirklichkeitsnahen Lernumgebung erreicht. Diese beinhalten das Arbeiten und Lernen an einem didaktisch reduzierten Modell der tatsächlichen Produktionsanlage, die sich in unmittelbarer Nähe befindet. Danach ist es möglich, reale Prozessabläufe abzubilden und Lehr- und Lernprozesse orientiert an beruflichen Arbeitsaufgaben zu gestalten. Im Gegensatz zum Lernen im Arbeitsprozess wird durch das Lernfabrik-Konzept ein (zeitlicher) Raum geschaffen, der es den Lernenden ermöglicht, sich in einer didaktisch-methodisch konzipierten Umgebung aktiv mit beruflichen Arbeitsaufgaben, Arbeits- / Produktionsmitteln, Systemstrukturen und Fertigungsprozessen auseinanderzusetzen, Wissen und Können anzuwenden und zu lernen. D. h., dass bei der Planung der Lernmodule auf einen hohen Anteil an praktischer Tätigkeit Wert gelegt wird, um den Lern- und Arbeitsgewohnheiten der Teilnehmenden zu entsprechen. Insbesondere der Erwerb eines praxisnahen und anwendungsbezogenen Wissens durch erfahrungsbasiertes Lernen steht im

Vordergrund, sodass eine unmittelbare Verwertbarkeit der Lernergebnisse im Arbeitsalltag der Lernenden sichergestellt werden kann.

Die Lernmodule können entsprechend der Bedarfe der Mitarbeiter eingesetzt werden und haben eine Dauer von 30 bis 120 Minuten, in Ausnahmefällen bis zu zwei Tage. Die Grundidee dieser flexibel durchführbaren kompakten Lerneinheiten ist die, dass nicht die Teilnahme, sondern der Kompetenzerwerb der Mitarbeiter im Fokus steht und sichergestellt werden soll. Derzeit werden acht Module angeboten; 40 bis 45 Module sind geplant. Das Lehrpersonal rekrutiert sich aus Führungskräften des Unternehmens, die eine „Train the Trainer“-Weiterbildung durchlaufen haben.

6.3 Aktueller Stand der Firmenlösungen für berufliche Weiterbildung mit Bezug zu Industrie 4.0

Basierend auf den Befragungen bei den Fallstudien und Expertengesprächen gab es kein eindeutiges Bild dazu, was in Unternehmen getan wird, um die Mitarbeiter auf Industrie 4.0 vorzubereiten. Es wurden die traditionellen Maßnahmen genannt wie:

- Beim Kauf einer neuen Maschine oder Anlage werden die Mitarbeiter und Experten zur Produktschulung zum Hersteller geschickt.
- Neue Mitarbeiter werden von Kollegen direkt am Arbeitsplatz in Maschinen / Anlagen und deren Bedienung eingewiesen.
- In Teams (Ingenieure, Facharbeiter, Qualitätsprüfer ...) erfolgt ein Know-how-Austausch, um Experten zu qualifizieren.

Deshalb wurde in der zweiten Expertenrunde nochmals danach gefragt, welche Weiterbildungsaktivitäten in den Unternehmen der Workshop-Teilnehmer stattfinden. Das Ergebnis ist nachstehend dargestellt. Es handelt sich dabei um eine punktuelle Aufnahme von Aktivitäten:

Vielfältige, betriebsinterne Schulungsmaßnahmen

- projektbezogene Schulungen bei Einführung neuer Systeme / Anlagen,
- Digitalisierung von Schulungsunterlagen,
- E-Learning für Produkte, Arbeitsprozesse und Arbeitssicherheit,
- methodische Schulungen (Problemlösetechniken, Präsentationserstellung usw.),
- interne Vorträge von Experten für Fertigungssteuerung zur einheitlichen Datendreh-scheibe und zur Analyse von Fertigungsdaten,
- fachspezifische Weiterbildung zur
 - Automation,
 - Steuerungstechnik (z. B. Steuerungen von Siemens, Bosch, Fanuc ...),
 - Antriebstechnik,
- CAD-Schulungen,
- Lernen mit E-Learning Modulen,
- Maschinenschulungen bei neuen Maschinen,
- Technologieschulungen,
- Erfahrungsaustausch zu unternehmensspezifischen Problemfeldern,
- Schulung in Softwarenutzung, Vernetzung der Systeme und Maschinenanbindung,

- Schulung in Lagerlogistik, Produktentwicklung, ERP-Systemen,
- komponenten- bzw. herstellerspezifische Schulungen (Bedienung, Wartung ...),
- werkzeugbezogene Schulungen (Software, Bussysteme, Anlagen ...).

Maßnahmen am Arbeitsplatz und / oder im Arbeitsprozess

- Training On-The-Job,
- Patenschaften mit erfahrenen Mitarbeitern,
- altersgemischte Teams,
- Mentoring,
- Job-Rotation,
- Lernen in neuen Projekten mit Automatisierungssystemen,
- Einführung in die Roboterapplikation,
- Nutzung von Tablets, Wikis usw.,
- Bereichsübergreifende Versetzung: Vom Facharbeiter in der Produktion zur IT-Fachkraft in der IT-Abteilung (Lernen in Versetzungsstellen, Lernen vom Lieferanten, Austausch von Wissen über das Werk hinaus, Nutzung von Internet),
- IT-Lernzellen in der Montage – Nachbildung einer Montagestrecke mit allen Vernetzungen vom Sensor bis zum Großrechner,
- Veränderungen begleiten, (Selbst)Führung in der Veränderung.

Übergreifende Weiterbildungsmaßnahmen

- fallbezogene Schulungen,
- Weiterbildung von Ausbildungsmeistern an Produkten / Steuerungen,
- Messebesuche,
- Schulung im Projektmanagement (digital & virtuell),
- Webinar-Aktivitäten zu themenspezifischen Veränderungen,
- Weiterbildung im Intranet zu neuen Softwaresystemen,
- Key-User-Schulungen,
- informelles Lernen,
- Führen von virtuellen Teams,
- Kreativitätstechniken einsetzen,
- statistische Erhebungen, Analysen und Interpretationen,
- „Angst“ nehmen – Wertschätzung der Mitarbeiter – Qualifizierung älterer Mitarbeiter – Veränderungsprozesse im Unternehmen (nicht technologiebezogen),
- Grundlagen für IT-Systeme, zu sozialen Medien, Tablet & Smartphone-Nutzung,
- Grundlagen in E-Technik, SPS, Pneumatik, E-Pneumatik, Robotik, Sensorik usw.

Die Zahl der genannten Weiterbildungsschwerpunkte ist sehr hoch. Sie spielen in den Betrieben in unterschiedlicher Form in der Umsetzung eine Rolle und sind Gegenstand unterschiedlicher Qualifizierungsmaßnahmen. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um Einweisungen am Arbeitsplatz. D. h., es dominieren nach wie vor die traditionellen Weiterbildungsansätze.

Die identifizierten Weiterbildungsaktivitäten lassen sich in vier „Hauptstränge“ einteilen:

Produktbezogene Weiterbildung, um eine bestimmte Maschine / Anlage, ein bestimmtes Werkzeug oder Technologien zu beherrschen.

Aussage in einem Fall:

„Ein Spezialist des Hauses schult Kollegen, damit sie die zu bedienenden Anlagen genauestens kennen und sicherstellen können, dass sie ohne Unterbrechung laufen. D. h., sie müssen auch in der Lage sein, Programmkorrekturen wahrzunehmen. Die Anlagenvernetzung spielt dabei eine große Rolle sowie Zugriffe auf Maschinen mithilfe von Laptops und Software.“ (Fall E)

Weiterbildung in IT-Technik, in Bussystemen, in Vernetzungstechnik und in der Ausgestaltung und Optimierung von Prozessen mit Hilfe von Software-Technologien.

Aussage in einem Fall:

„Auch in der Inselfertigung nimmt die Vernetzung der Anlagen weiter zu, Mitarbeiter haben immer mehr eine überwachende Rolle, Auslastung der Maschinen und Qualität wird immer entscheidender. Mitarbeiter werden bzgl. der IT-Betreuung geschult im Rahmen der Neueinrichtung der Fertigungsinseln.“ (Fall E)

Weiterbildung zur Entwicklung übergeordneter Kompetenzen, die Führungskompetenzen einschließen, um besonders qualifizierten Mitarbeitern die Chance zu geben, Führungsaufgaben wahrzunehmen.

Aussage in einem Fall:

„Nach der Ausbildung hat die Weitergabe des Wissens eine ganz entscheidende Bedeutung. Oftmals besuchen Mitarbeiter eine Herstellerschulung oder werden von den Monteuren (Herstellerfirmen) geschult („Lernen durch zuschauen“) und geben das Wissen an andere Mitarbeiter weiter. Bei einer neuen Maschine gibt es immer eine Herstellerschulung. Eine Person wird als Experte geschult und gibt dieses Wissen weiter an Fachkräfte in der Prozessoptimierung, Anlagenbetreuer, Springer oder Schichtführer.“ (Fall C)

Qualifizierung zur Anlageninstandhaltung, Prozessbeherrschung und Prozessgestaltung, um Anlagen zu optimieren und sicher zu stellen, dass die Fehlerhäufigkeit reduziert wird.

Aussage eines Experten:

„Lernen im Prozess der Arbeit scheint insbesondere im Industrie 4.0-Kontext zielführend zu sein, da hier die anfallenden Daten direkt im Prozess genutzt werden und damit anschaulich deren Wirkung und Zusammenhänge dargestellt werden können. Als Möglichkeiten kommen auch Lernspiele und Lernsimulationen in Frage (auch hier liegt der Vorteil in der Nutzung von Daten aus den jeweiligen Systemen). Wichtig ist dabei, dass ein ‚echtes‘ Lernen gefördert wird und nicht nur eine Ausführung von Arbeitsanweisungen ohne eigene Handlungskompetenzen.“ (E 8)

Die Gruppierung hat bei drei Schwerpunkten Aufgaben zum Gegenstand, die für die verschiedenen Arbeitsebenen der Fachkräfte auf dem Shop-Floor von Bedeutung sind und Bezüge zur Implementierung von Industrie 4.0 haben. In einem der Schwerpunkte wird von „übergeordneten Kompetenzen“ gesprochen. Bei der nachstehenden Definiti-

on von Handlungsfeldern wird auf die einzelnen Schwerpunkte unterschiedlich Rücksicht genommen.

6.4 Handlungsfelder für die berufliche Weiterbildung

Die aus den Erhebungen generierten Handlungsfelder für die Weiterbildung konzentrieren sich auf

- Weiterbildung in IT-Technik, in Bussystemen, in Vernetzungstechnik und die Ausgestaltung und Optimierung von Prozessen mit Hilfe von Software-Technologien,
- Maschinen, Anlagen und Werkzeuge und
- Prozesse, Prozesssicherheit und Störungen.

Die Entwicklung von übergeordneten Kompetenzen wird an dieser Stelle nicht weiter betrachtet, weil die Weiterbildungsträger dazu bereits umfangreiche Angebote auf dem Markt haben.

Mit den drei genannten Schwerpunkten soll ein Beitrag geleistet werden zum Schließen der Lücke, die Weiterbildungsanbieter mit Blick auf konkrete Inhalte von Industrie 4.0 nachweislich haben. Die mit Blick darauf nachstehend formulierten Handlungsfelder sind als Empfehlung zu verstehen, um die vorhandenen Programme zu überprüfen und bei Bedarf zu verändern.

Ausgewählte Handlungsfelder

IT-Systeme in der Produktion situationsabhängig beherrschen

Hinter IT-Systemen verbergen sich Router-Konfigurationen, Firewall-Technik, Fehleridentifikation mit Hilfe von Software, Adressenbelegung von CPS-Komponenten und deren Integration in das MES-System. Mitarbeiter müssen verstärkt in der Lage sein, die Arbeitsweise, die Fehleranfälligkeit und die Schwachstellen einzelner Komponenten der IT-Systeme innerhalb der Produktion und im Zusammenhang mit den anderen Prozessen der Wertschöpfungskette zu bewerten, um bei Störungen die richtigen Schlüsse ziehen zu können, und um die Störungen gezielt zu beseitigen. Der Anlagenbetrieb darf dabei nicht gestört werden.

- *Zielperspektive: Situationsabhängig IT-Störungen in der Produktion beseitigen*

Vernetzte Anlagen überwachen und beherrschen

Digitalisierte Anlagenvernetzung spielt eine immer größere Rolle in der Produktion in Unternehmen. Mitarbeiter müssen vernetzte Anlagen so beherrschen, dass die Prozesssicherheit gewährleistet ist.

Um dieses sicher zu stellen, sind Kompetenzen aufzubauen in der Beherrschung von Anlagensteuerungen, der Beherrschung der Netzwerktechnik zur Vernetzung von Ma-

schinen, dem Umgang mit Daten zur Gewährleistung der Datensicherheit, zum Datenschutz, zu WLAN-Netzen, zum Profi-Bus und zur IT-Technik.

- *Zielperspektive: Prozessabläufe sicherstellen*

Störungssuche und Störungsbehebung

Facharbeiter müssen in der Lage sein, standardisierte Diagnoseverfahren anzuwenden sowie individuelle Suchstrategien zu entwickeln, um Funktionsstörungen an technisch komplexen Systemen zu diagnostizieren. Die Störungsdiagnose bezieht sich auf mechanische, hydraulische, pneumatische, elektrische / elektronische und softwaretechnische Komponenten von vernetzten Anlagen. Dies erfordert es, ein betrachtetes System auf der Ebene der technischen Architektur sowie auf der Ebene der logischen Architektur kognitiv zu durchdringen. D. h., die Diagnosearbeit setzt nicht nur ein Wissen über die physikalischen Verbindungen der Systemelemente sowie über die im System auftretenden Datenflüsse voraus, sondern auch die Fähigkeit, sich derartige Strukturen erschließen zu können. Diese Voraussetzungen ermöglichen es der handelnden Fachkraft, unmittelbar wahrnehmbare Informationen (z. B. Geräuschqualitäten von Anlagen) sowie technisch vermittelte Informationen (z. B. Störungsmeldungen oder Istwerte) zu interpretieren, kausale Zusammenhänge zwischen Ereignissen aufzudecken und Störungsursachen zu identifizieren. Auf dieser Basis sind Maßnahmen zur sachgerechten Wiederherstellung des Sollzustandes zu bestimmen.

- *Zielperspektive: Diagnose, Störungssuche an den vernetzten Anlagen*

Programmspezifische Modifikationen vornehmen

Industrie 4.0 erfordert aufgrund der digitalen Vernetzung die Programmierung von Anlagen, Maschinen, deren Komponenten und von Prozessabläufen. Dafür sind vielfältige Programmieraufgaben wahrzunehmen, wofür Personen zu qualifizieren sind. Fachkräfte aus der Produktion, die in der beruflichen Erstausbildung keine Programmierkompetenz erworben haben, sollen ein grundsätzliches Verständnis für die Programmierung erwerben, um die Programmierspezialisten unterstützen zu können, wenn es um die Programmierung von anlagenspezifischen Besonderheiten geht. Es ist also ein anlagenbezogenes Überblickswissen für die Roboterprogrammierung, die objektorientierte Programmierung und beispielsweise für die Java-Programmierung zu entwickeln. Im Mittelpunkt muss dabei die Entwicklung des Verständnisses von Programmstrukturen bezogen auf Anlagen stehen.

- *Zielperspektive: Programmstrukturen kennen und verstehen*

Prozessbeherrschung

In Unternehmen, die an der Implementierung von Industrie 4.0 arbeiten, dominiert die Vorstellung, dass „Prozessbeherrscher“ qualifiziert werden sollen. Um die dafür notwendigen Kompetenzen zu entwickeln, wird eine metall- und / oder elektrotechnische Erstausbildung als Voraussetzung gesehen, der dann eine mehrjährige Mitarbeit im Anlagenbetrieb folgt. Neben der Erfahrung im Anlagenbetrieb gilt es jedoch, dass sich solche Personen noch in folgenden Kompetenzschwerpunkten weiter entwickeln:

- „Problemlösen,
- Verstehen von integrierten Systemen und deren Verknüpfungen (vom eigenen Unternehmen, aber auch von Fremd-Anlagen),
- Verknüpfung unterschiedlicher Anlagensteuerungen,
- fachgebietsübergreifend zu denken und zu arbeiten,
- Einlassen auf neue Aufgaben,
- lernen, Prozesse zu beherrschen,
- über erforderliche Fachqualifikationen verfügen,
- Anwendung der IT-Technik als Werkzeug.“ (E 3)

Noch weitergehend wurde benannt:

- „Notwendigkeit zum vollständigen Durchdenken der Prozesse,
- Nutzung der Cloud, Integration diverser Maschinendaten / Herstellerdaten,
- ‚Dritte Hand‘ wird an Bedeutung im industriellen Kontext gewinnen (z. B. Leichtbau-roboter),
- Wartung, Überwachung, Pflege von Antriebstechnik,
- Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette,
- ‚Daten als Rohstoff‘, nutzen und mehr Bedeutung beimessen,
- auf Entgrenzung von Raum und Zeit einlassen,
- Digitalisierung muss gestaltet werden – niemand darf zurückgelassen werden.“ (Fall F)

Derartige Schwerpunkte müssen Gegenstand von Weiterbildungsinhalten werden.

- *Zielperspektive: Multifunktionalen Anlagenbetrieb beherrschen*

Abstrakte Zusammenhänge in Anlagen analysieren und Fehlfunktionen beseitigen

Es geht um das Erkennen der Probleme. Wenn man erkennen kann, dass die Materialzufuhr gesperrt ist, kann die nächste Materialcharge genommen und weiter produziert werden. Wichtig ist, erst einmal zu verstehen, dass in solchen Fällen kein Defekt in der Maschine vorliegt, sondern in der Verbindung der Daten – oder in der Nichtverbindung. Das erfordert ein starkes Umdenken für Mitarbeiter, die gewohnt sind, den Fehler in der Maschine zu suchen und nicht in der Logik, wie die Dinge zusammengehören.

Es kommt vor allem darauf an, die vielfältigen Kombinationen von Software zu beherrschen, Displays zu lesen, zu prüfen, an welchen Stellen ein Sensor nicht funktioniert und das Beheben eines solchen Fehlers. Mechanik ist an zweiter Stelle wichtig. Dafür sind gute Facharbeiter notwendig. Das sind in der Regel Personen, die sich besonders engagieren, die ständig dazu lernen und sich mit dem Anlagenbetrieb auseinandersetzen und die letztendlich alle Details eines Anlagenablaufs kennen.

- *Zielperspektive: Die innere Funktion einer Anlage analysieren und die Operation sicherstellen*

Nutzung von Assistenzsystemen in der Instandhaltung

Facharbeiter müssen zunehmend mit Assistenzsystemen in der Produktion arbeiten. Diese unterstützen den systematischen Austausch von Informationen zwischen den Anlagenherstellern, -betreibern und -instandhaltern. Die Assistenzsysteme (Service Apps, Portale usw.) müssen fest in den Arbeitsprozess eingebettet sein und die Organisation muss darauf abgestimmt werden. Nur so kann die Fachkraft auch innerhalb des Arbeitsprozesses auf Problemfälle eingehen und den Wissensaustausch gewährleisten. Anlagen- und Maschinenzustände können mobil abgefragt und virtualisiert dargestellt (u. a. mit Hilfe von Augmented Reality). Dazu gehört auch die verstärkte Integration von Online-Monitoring-Systemen innerhalb der Automatisierungstechnik. Die Herausforderung für die Gestaltung der Assistenzsysteme besteht darin, die Facharbeiter bei der Gestaltung der Technologien als Nutzer mit einzubeziehen.

- *Zielperspektive: Die Nutzung und Mitgestaltung von Assistenzsystemen im Arbeitsprozess*

6.5 Umsetzungskonzepte für die Handlungsfelder

Es besteht Konsens darüber, dass die fortschreitende Automatisierung und Vernetzung der Systeme zu Veränderungen in der Arbeitswelt führt und neue bzw. höhere Qualifikationsanforderungen an die Fachkräfte stellt (vgl. Kapitel 5). Durch das Zusammenwachsen von industriellen Fertigungsprozessen und Informations- und Kommunikationstechnologien im Rahmen von Industrie 4.0 ist von einer Verschiebung der Arbeitstätigkeit der Fachkräfte hin zu informationellen Arbeitsformen, die vor allem die kognitiven Fähigkeiten der arbeitenden Person beanspruchen, auszugehen. Um den raschen technischen Veränderungsprozessen und der damit einhergehenden Wissensdynamik nicht nur unter den aktuellen Eindrücken, sondern auch zukünftig gerecht zu werden, erscheinen formale berufliche Weiterbildungskonzepte nur in bestimmten Fällen geeignet, um die spezifischen Lernbedarfe ziel- und adressatengenau abzudecken. Entsprechend erklärt sich der Stellenwert des non-formalen und informellen Lernens, das sich durch die Nähe zur Arbeitspraxis auszeichnet. Danach gewinnt der Arbeitsplatz bzw. der Betrieb als Lernort an Bedeutung, um auf veränderte Arbeitsbedingungen zu reagieren und die Beschäftigungsfähigkeit der Fachkräfte zu erhalten und zu sichern. Auch wenn diesbezüglich bspw. von „Lernen im Arbeitsprozess“⁶⁷ oder von „arbeitsplatzgebundenen Lernen“⁶⁸ die Rede ist, kann die Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz nicht ausschließlich aufgrund der Konfrontation mit der Arbeitsrealität erfolgen. Vielmehr bedarf es geeigneter Rahmenbedingungen, um Lernprozesse in der

⁶⁷ vgl. Grantz, T.; Schulte, S.; Spöttl, G. (2009): Lernen im Arbeitsprozess oder: Wie werden Kernarbeitsprozesse (berufspädagogisch legitimiert) didaktisch aufbereitet? Text abrufbar unter: http://www.bwpat.de/ausgabe17/grantz_etal_bwpat17.pdf (Zugriff am: 05.02.2016).

⁶⁸ vgl. Dehnbostel, P. (1993): Lernen im Arbeitsprozess und neue Lernortkombinationen. In: Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Umsetzung neuer Qualifikationen in die Berufsbildungspraxis. Entwicklungstendenzen und Lösungswege. Nürnberg: BW Bildung und Wissen, S. 165.

Arbeit zu ermöglichen. In der Konsequenz sind die Arbeitsplätze der Fachkräfte in Bezug auf ihre lern- und kompetenzförderliche Gestaltung auf den Prüfstand zu stellen.

Ob allein durch das selbstorganisierte Lernen der Fachkräfte im Arbeitsprozess eine Entwicklung der Persönlichkeit erfolgen kann, um den arbeitsplatzspezifischen Anforderungen infolge von Industrie 4.0-Anwendungen gerecht werden zu können, kann ausgehend von der aktuellen Kenntnislage nicht abschließend beantwortet werden. Hierfür bedarf es tiefer greifender Erkenntnisse über die veränderten Kompetenzanforderungen. Die aufgezeigten Aktivitäten der Akteure der beruflichen Weiterbildung legen allerdings die Tendenz nahe, die Fachkräfte durch organisierte und strukturierte Bildungsangebote zu unterstützen, um die Entwicklung ihrer Handlungskompetenz zu befördern.

Die oben erläuterten Handlungsfelder, die die Kompetenzanforderungen des Shop-Floors beschreiben, sollen es den Anbietern erleichtern, Weiterbildungskonzepte zu erstellen, die Industrie 4.0 und die dafür relevanten Domänen im Mittelpunkt haben.

Nachstehende Umsetzungsansätze werden in Betracht gezogen, weil diese es ermöglichen, mit der Weiterbildung direkt an Arbeitsaufgaben und Arbeitsprozessen anzuknüpfen.

6.5.1 Kombination aus formalen und informellen Lernformen

Hierbei handelt es sich um eine Verknüpfung von konventionellen Präsenzveranstaltungen, die in den zentralen Bildungseinrichtungen der Weiterbildungsanbieter oder in entsprechenden Räumlichkeiten des Unternehmens stattfinden, und informellen Lernformen im Umfeld des Arbeitsplatzes. Die Vorteile der formalen Lernformen liegen vor allem in der Planbarkeit und der didaktisch-professionellen Begleitung der Lernenden. Die Lerninhalte sind unabhängig von den betrieblichen Gegebenheiten definierbar, Lernergebnisse sind kein „beiläufiges“ Produkt des Arbeitshandelns und Lernprozesse unterliegen nicht der Dominanz betrieblicher Arbeitsprozesse. Allerdings stoßen formelle Schulungsmaßnahmen aufgrund der Vielfalt der in den Unternehmen eingesetzten Systeme an Grenzen. Schulungsinhalte unterliegen damit dem didaktischen Prinzip der Exemplifikation, wodurch zwar ein tiefgreifendes Verständnis für ein System aufgebaut werden kann, aber u. U. nur ein kleiner Teilnehmerkreis erreicht wird. Entsprechend ist anzunehmen, dass sich das Angebot beruflicher Weiterbildungsanbieter vorwiegend auf die Vermittlung von Theoriewissen beschränkt, ohne detailliert auf die Merkmale der unterschiedlichen Systeme eingehen zu können. Eine Möglichkeit, die Lernformen und -orte didaktisch miteinander zu verknüpfen stellen bspw. „Blended-Learning“-Konzepte dar. Damit kann trotz des arbeitsplatzfernen Lernortes eine stärkere Ausrichtung der Lerninhalte an den Bedürfnissen der Lernenden erreicht werden und es können die Lern- und Entwicklungspotenziale der Betriebs- und Arbeitsrealität genutzt werden.

6.5.2 Mobile Lerninsel

Nach Dehnbostel⁶⁹ zeichnen sich sogenannte Lerninseln im herkömmlichen Sinne durch die Verknüpfung der bestehenden Arbeitsinfrastruktur mit einer Lerninfrastruktur aus, sodass die Bearbeitung realer Arbeitsaufträge und eine Qualifizierung stattfindet. Danach sind Lerninseln eine Qualifizierung und Lernform inmitten der Arbeit: „In der Lerninsel werden reale Arbeitsaufgaben in Gruppenarbeit weitgehend selbstständig bearbeitet, wobei es sich um die gleichen Arbeitsaufgaben handelt wie sie auch im Lerninselumfeld wahrgenommen werden“.⁷⁰ Es handelt sich hierbei um innerbetriebliche Qualifizierungsmaßnahmen, die vor allem auf methodische und soziale Aspekte beruflicher Handlungskompetenz zielen. Die Idee einer flexiblen Lerninsel greift diese zentralen Merkmale auf, wobei eine stärkere Ausrichtung auf die Anforderungen informationeller Arbeit erfolgt. Der Zusatz „mobil“ bezieht sich auf die räumliche und zeitlich unabhängige Nutzung der Lerninsel im Sinne des mobilen Lernens innerhalb des Betriebs. Das zentrale Lern- und Arbeitsmittel des Lern- / Arbeitsteams, das sich aus Fachkräften und Ingenieuren zusammensetzt, ist eine mobile Anwendung, die zur Bearbeitung aktueller Problemstellungen in der Arbeitswelt sowie zur Reflexion der Problemlösung genutzt werden kann. Dabei wird die Dokumentation von Störungsfällen ermöglicht und die Bearbeitung von Lernaufgaben und ein risikofreies Ausprobieren erlaubt. Eine Verbindung zu der gegebenen Anlageninfrastruktur sollte gegeben sein, um mit den realen Prozessdaten arbeiten zu können. In diesem Sinne spielt sich Lernen als soziales und kommunikatives Geschehen ab. Das Lernergebnis ist das Resultat eines Prozesses der gemeinsamen Aushandlung zwischen den Beteiligten.

Neue Medien wie bspw. der Einsatz von Tablet-PCs bieten sich hierfür an. Auch Augmented Reality-Konzepte, also die Anreicherung der realen Umgebung mit Informationen, um Prozessabläufe für die Lernenden transparent zu machen, sind hierbei als unterstützende Lernanwendung in Betracht zu ziehen.

Das Konzept der „mobilen Lerninsel“ ist als ergänzende Maßnahme zu verstehen und zielt vor allem auf die Förderung von Kontroll-, Steuerungs- und Systemwissen sowie auf die methodischen und sozialen Kompetenzen der Lernenden.

6.5.3 Lernfabriken

Eine Lernfabrik bietet die Möglichkeit einer realitätsnahen bzw. didaktisch-reduzierten Abbildung von Fertigungsprozessen in einer Lernumgebung. Lernfabriken dienen dazu, das für die Bewältigung von Arbeitsaufgaben benötigte Wissen und Können zu vermit-

⁶⁹ vgl. Dehnbostel, P. (2010): Betriebliche Bildungsarbeit. Kompetenzbasierte Aus- und Weiterbildung im Betrieb. Baltmannsweiler: Schneider Verlag, S. 76 ff.

⁷⁰ Dehnbostel, P. (2014): Perspektiven für betriebliches und eLearning: Informelles Lernen im Prozess der Arbeit. Text abrufbar unter: <http://www.community-of-knowledge.de/beitrag/perspektiven-fuer-betriebliches-und-elearning-informelles-lernen-im-prozess-der-arbeit> (Zugriff am: 04.02.2016).

teln. Aufgrund ihrer nicht nur räumlichen Nähe zu den Arbeitsplätzen der Lernenden haben Lehr-Lern-Arrangements in Lernfabriken das Potenzial, die Lücke zwischen grundlegendem Theorie- und praxisgebundenem Erfahrungswissen zu schließen und die Lernenden zum kompetenten Arbeitshandeln zu befähigen. Lernfabriken bieten in vielfältiger Hinsicht Vorteile gegenüber Veranstaltungen in außerbetrieblichen Bildungseinrichtungen. Hierzu zählen insbesondere der ausgeprägte Praxisbezug, die flexible Durchführbarkeit von Lernmodulen sowie die verhältnismäßig kurzen Lernzeiten in der Lernfabrik. Kritisch ins Gewicht fallen dürften die flexiblen Investitionskosten sowie die Integrierbarkeit in bereits bestehende Infrastrukturen. Die Realisierung von Lernfabriken erscheint demnach nur für Großunternehmen gegeben und sollte im Idealfall bereits bei der Planung eines neuen Unternehmensstandorts berücksichtigt werden.

6.5.4 Zertifikate und Weiterbildungsbelege

Ein Zertifikat ist eine schriftlich fixierte Bescheinigung eines Lernerfolgs. Nach Nuissl⁷¹ beeinflusst die Aussicht, ein Zertifikat erwerben zu können, nicht nur die Lernmotivation der Schulungsteilnehmer, sondern ermöglicht es dem Individuum auch, sich innerhalb bestehender Lernangebote besser zu orientieren. Insofern kann der Hinweis auf ein Zertifikat als Weiterbildungsbeleg für die Mitarbeiter in den Unternehmen eine unterstützende Funktion für die Entscheidung haben, an außerbetrieblichen Weiterbildungsangeboten teilzunehmen. Es ist anzunehmen, dass dies insbesondere in einer Phase bestehender Ungewissheit über zukünftige Kompetenzanforderungen zum Tragen kommt. Zudem kann der Zertifikatsinhaber passgenauer eingesetzt werden, da Zertifikate Auskunft darüber geben, über welche Berechtigungen die Person verfügt und welche Leistungen von der Person an einem bestimmten Arbeitsplatz erwartet werden können. Mit dem Einzug der Digitalisierung in industrielle Fertigungsprozesse sind Fragen bzgl. der Datensicherheit verknüpft und entsprechende Konzepte gefordert. Zertifikate bieten eine Möglichkeit für Unternehmen, festzustellen, ob ein Mitarbeiter bereits für solche Fragestellungen qualifiziert ist.

Mit der Zertifikatsdiskussion rückt auch die Frage in den Fokus, wie Kompetenzen, die durch non-formelle und informelle Lernprozesse erworben wurden, zertifiziert werden können.⁷² Die Beantwortung dieser Frage gewinnt an Relevanz, wenn – wie weiter oben aufgezeigt – diesen Lernformen eine „Schlüsselfunktion“ zugeschrieben wird, um den Herausforderungen einer sich rasch wandelnden Arbeitswelt gerecht zu werden.

⁷¹ Nuissl, E. (2003): Leistungsnachweise in der Weiterbildung. Text abrufbar unter: http://www.report-online.net/recherche/einzelhefte_inhalt.asp?id=525 (Zugriff am: 05.02.2016).

⁷² vgl. Straka, G. A. (2003): Die Metaphern non-formelles und informelles Lernen und ihre Bedeutung für die bundesdeutsche Berufsbildung. In: Straka, G. A. (Hrsg.): Zertifizierung non-formell und informell erworbener beruflicher Kompetenzen. Münster: Waxmann, S. 247 ff.

7 Szenarien zur Weiterentwicklung der Berufsbildung im Rahmen von Industrie 4.0

Veränderungen von Berufsbildern – eine zentrale Herausforderung durch Industrie 4.0

7.1 Szenarien zu Berufsbildern bei Industrie 4.0

In den nachfolgenden Abschnitten werden in Anlehnung an die Szenarientechnik⁷³ Möglichkeiten und Wege aufgezeigt, wie in der Berufsbildung auf Entwicklungen von Industrie 4.0 reagiert werden kann. Die vorliegenden empirischen Ergebnisse aus den Fallstudien und Expertengesprächen dienen als Ausgangspunkt, um auf der Basis gesammelter Informationen Entwicklungen hin zu zukunftsorientierten Überlegungen anzustellen, die sich auf die Reorganisation von Berufsbildern konzentrieren.

Ziel ist es, verschiedene Szenarien zu erarbeiten und zu konkretisieren, um Aussagen über eine zukünftige Ausgestaltung von Berufsbildern machen zu können. Es soll damit deutlicher werden, welche Veränderungen einerseits möglich, andererseits aber auch sehr wahrscheinlich sind. Mit Hilfe der Szenarientechnik wird der Rahmen der relevanten Entwicklungsmöglichkeiten und -notwendigkeiten ausgelotet. Dreh- und Angelpunkt sind dabei die Erkenntnisse aus den Fallstudien und Expertengesprächen.

Insgesamt konnten vier Szenarien zu den Berufsbildern aus den Fallstudien und Expertengesprächen abgeleitet werden, die in einem Experten-Workshop zur Diskussion gestellt wurden.

7.1.1 Szenario 1: Keine Veränderung von Berufsbildern

Von den befragten Personen wurde in einigen Fällen die Position vertreten, dass die bisherigen Berufsbilder für die Industrie so gestaltet sind, dass sich Veränderungen in der industriellen Produktion in die Berufsbilder aufnehmen lassen, ohne dass weitere Maßnahmen erforderlich sind:

„Ich bin felsenfest davon überzeugt, dass wir keine neuen Berufe benötigen. Wir sollten die Freiheiten der Berufe nutzen, die wir heute haben. Dies ist völlig ausreichend. Wenn ich heute einen neuen Beruf entwickeln wollte, würde dieser auf einer wackligen Basis stehen, da noch gar nicht klar ist, was die Digitalisierung für die Unternehmen bedeutet. Ein Beruf braucht drei bis vier Jahre bis er durch alle Instanzen ist, vier Jahre

⁷³ vgl. Möhrle, M. G.; Isenmann, R. (2008): Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 10 ff.

bis die Ausbildung fertig ist, nach acht Jahren kann man nicht mehr garantieren, was dann gefragt ist. Nutzt die Freiheiten der Berufe aus. Und führt keine akademische Diskussion über neue Berufe“. (E 1; vgl. auch Fall C)

Gerade die Offenheit der Berufsbildbeschreibungen lässt nach einigen Experten Anpassungen und Veränderungen zu, die zu keinen Neuordnungsverfahren führen würden. Als wichtiges Gestaltungselement wurden die sogenannten „Einsatzgebiete“ genannt, die jeder Betrieb für sich auswählen und auch für sich ausgestalten kann, so wie es jeweils erforderlich ist. Dieses Instrument wurde als große Chance gesehen, ohne eine Neuordnung auf die veränderten Anforderungen in der Produktion Rücksicht nehmen zu können.

„Man sollte nicht viel in der Ausbildung ändern, grundsätzliche Dinge und das Verständnis für die Arbeit bleiben bestehen. Die Komplexität wird durch Industrie 4.0 zunehmen, während sich das Produkt immer mehr selbst steuert. IT-Verständnis kann nicht in den drei Jahren der Ausbildung erworben werden, hier ist nur ein kurzer IT-Überblick möglich.“ (Fall C)

„Der Ruf nach neuen Berufsbildern wird als noch zu früh angesehen, jedoch sollten die Lehrpläne für viele produktionstechnischen Ausbildungsberufe an die Anforderungen der Digitalisierung und damit auch an die Entwicklungen von Industrie 4.0 angepasst werden, wie in den einschlägigen Ausbildungsberufen: Industriemechaniker, Mechatroniker, Produktionstechnologe und entsprechenden Weiterbildungsberufen. Viele Ausbildungsordnungen sind offen genug gestaltet, um die Erprobung und Anwendung neuer Technologien im Zuge von Industrie 4.0 zu ermöglichen. Neuordnungen werden bis auf weiteres eher nicht notwendig sein.“ (E 8)

„Es gibt bisher keine Überlegungen zu neuen Berufsprofilen, hier wird kein Bedarf für das Unternehmen gesehen.“ (E 10)

Gleichzeitig wurde neben den klassischen M+E Berufen in der Produktion auch der Produktionstechnologe als Beruf für die Herausforderungen von Industrie 4.0 genannt, der schon heute nach Aussage des Experten E1 eine gute Basis für die zukünftigen Herausforderungen liefert.

„Der Produktionstechnologe hat die IT-Prozesse als zentrales Handlungsfeld. Der Beruf ist jedoch drei bis vier Jahre zu früh gekommen. Es gab zwar schon viele SAP und PPS-Systeme in den Unternehmen, jedoch wurden in der Verordnung ein paar Fehler gemacht. Die Beschreibungen sind sehr akademisch formuliert. Damit wurde die Abgrenzung zum Ingenieur nicht deutlich.“ (E 1)

Vorteile Szenario 1

Der Vorteil dieser Position ist, dass kein Neuordnungsverfahren initiiert werden muss und die bisherigen Berufsbilder stabil bleiben. Akzeptanzprobleme bei den Unternehmen durch einen neuen Beruf oder einen langen Neuordnungsprozess gäbe es in diesem Falle nicht. Die Komplexität in vielen Bereichen der Produktion nimmt durch die Entwicklungen von Industrie 4.0 erheblich zu, so dass eine Spezialisierung nach Aussage einiger Experten erst in der Berufspraxis möglich ist. Dieses Szenario unterstützt eine breite Grundqualifikation mit einer Trennung von mechanischen, elektronischen und IT-basierten Aufgaben.

Nachteile Szenario 1

Der Nachteil ist, dass das Risiko besteht, dass die aktuelle Gestaltung der Berufsbilder im Gesamten nicht der Dynamik gerecht wird, die aufgrund der Implementierung von Industrie 4.0 real stattfindet. Damit kann auch kein Signal nach außen gegeben werden, dass die Berufsbildung auf die Entwicklungen von Industrie 4.0 reagiert, auch wenn diese Entwicklungen nur zu kleinschrittigen Veränderungen in den Unternehmen führen. Dadurch werden Insellösungen wie Zusatzqualifikationen bzw. unternehmensspezifische Lösungen über Einsatzgebiete gefördert, die gerade von klein- und mittelständischen Unternehmen nicht immer umgesetzt werden können.

7.1.2 Szenario 2: Berufsbilder ändern und den Entwicklungen anpassen

Das zweite Szenario baut auf die bestehenden Berufsbilder der Metall- und Elektroindustrie auf. Die Mehrheit der befragten Personen in den Fallstudien und den Expertengesprächen war der Meinung, dass die bisherigen Berufsbilder in ihrer Struktur bestehen bleiben können, jedoch inhaltlich auf die Anforderungen der Industrie 4.0-Entwicklungen angepasst werden sollten.

„Endgültig überwunden werden muss das Prinzip von ‚Befehl und Gehorsam‘. Es gab von 1989 bis 2003 / 2004 bei der Neuordnung einen Quantensprung. Ein weiterer Quantensprung ist im Zusammenhang mit Industrie 4.0 notwendig. Es ist also eine Modifikation von Ausbildungsordnungen notwendig.“ (Fall A)

Nach der Auffassung praktisch aller Befragten muss vor allem die Prozessorientierung stärker als bisher zum Tragen kommen, sowie die Überwachung des Anlagenbetriebes über Netzwerke, ein stärkerer IT-Bezug und die verstärkte Implementierung von CPS als Gesamtes in den Blick genommen werden. Dabei wurde immer wieder bekräftigt, dass die Grundlagen der Metallbearbeitung, Elektrotechnik und die Elektronik nicht wegfallen dürfen.

„Zunehmend wird überlegt, wie die Ausbildung mit IT-Technik angereichert werden kann. Kenntnisse zu Werkstoffen, Verstehen der Funktion von Maschinen, Prozessvernetzung, Ablaufsicherheit und andere Faktoren werden immer wichtiger, so dass auch in der Qualifizierung junger Fachkräfte diese Entwicklungen mit berücksichtigt werden müssen.“ (Fall E)

Als Empfehlung für die Berufsausbildung im Kontext von Industrie 4.0 nennen mehrere der interviewten Personen folgende Punkte:

- „Die Berufsbilder müssen den Basisbezug behalten, damit nach wie vor die Grundlagen in dem bisherigen Schwerpunkt bei hoher Qualität vermittelt werden.
- Gleichzeitig wird eine Reorganisation von Berufsbildern für erforderlich gehalten, die in einem engen Zusammenhang mit Industrie 4.0 gesehen wird.
- Der Zerspanungsmechaniker soll auch in Automatisierung ausgebildet werden.
- Der Industriemechaniker soll etwas Elektrotechnik mit auf den Weg bekommen, am besten gleichzeitig zur Elektrofachkraft ausgebildet werden.“ (Fall E)

„Für diejenigen, die im technischen Bereich verbleiben, wie z. B. Mechatroniker, die Instandhaltungsaufgaben wahrnehmen, kommt es darauf an, dass sie den Umgang mit Software beherrschen. Überhaupt ist es erforderlich, die Ausbildungsberufe – auch Fachinformatiker – durch Konzentration auf Software und Elektrotechnik in diesem Felde zu stärken.“ (E 3; vgl. auch E 2, E 9, Fall E, Fall C)

„Bei den jetzigen Netzstrukturen kommt es bei Mitarbeitern sehr darauf an, dass sie Probleme bei nicht funktionierenden Netzkommunikationen bewältigen können. Besonders wichtig ist dieses bei Instandhaltern. Sie müssen die Kommunikation zwischen den Geräten nachvollziehen können. Der frühere Beruf ‚Nachrichtentechniker‘ wäre dafür bestens geeignet, wenn er auf die heutigen Strukturen angepasst würde.“ (E 4)

Vorteile Szenario 2

Der Vorteil von Szenario 2 liegt darin, dass die Berufsbilder an die veränderte Situation in den Unternehmen angepasst werden können. Sowohl technologische als auch arbeitsorganisatorische Innovationen können Berücksichtigung finden. Zudem können die zunehmend komplexeren Anforderungen aufgenommen werden. Die Entwicklungen hin zur Digitalisierung (Vernetzung, IT-Schwerpunkte, ...) kann bei einer Veränderung von Berufsbildern berücksichtigt werden. Durch unterschiedliche Fachrichtungen oder Einsatzgebiete wäre sogar eine geeignete Binnendifferenzierung möglich. Eine große Chance bei einer Fortschreibung von Berufsbildern besteht darin, Berufe softwaretechnisch auszurichten. Das hätte allerdings zur Folge, dass Berufe in der Struktur zu verändern sind und bspw. an Arbeitsprozessen ausgerichtet werden. Das käme auch einer stärkeren softwarespezifischen Orientierung entgegen.

Nachteile Szenario 2

Vom ersten Schritt einer Veränderung bis hin zur Fertigstellung modifizierter Berufsbilder könnte ein sehr langer Zeitraum vergehen. Dieser würde ausgefüllt sein mit einem intensiven Verhandlungsprozess zwischen den Sozialpartnern, um sich auf die geeigneten Schwerpunkte eines Berufsbildes zu verständigen.

7.1.3 Szenario 3: Kombination existierender Berufsbilder

Dieses Szenario wurde von vielen Gesprächspartnern auf unterschiedliche Art und Weise ins Kalkül gezogen. Favorisiert wurde die Kombination des Mechatronikers mit anderen Berufen. Der Mechatroniker wurde durchaus als der „Generalberuf“ betrachtet, der per Ausweitung um Softwareschwerpunkte und veränderte Ansprüche an den Umgang mit Software und Netzwerktechnik umgestaltet werden sollte. Hierbei, so die Überlegungen, sollte die Struktur der Ausbildung zum Mechatroniker prozessorientierter werden, da der bisherige Beruf diesen Anspruch nur ansatzweise erfüllt.

„Beim Mechatroniker war die Zielsetzung, dass die Elektrotechnik, die Mechanik, die IT-Technik und die Steuerungstechnik zusammenwachsen. Vor allem die Integration der IT-Technik ist bis heute nicht gelungen. Im Zusammenhang mit Industrie 4.0 sind weitere Anstrengungen zu unternehmen, dieses Profil zusammenwachsen zu lassen.“ (E 5)

„Das Berufsbild der Fachkräfte auf der Ebene der Produktion wandelt sich, weil immer weniger mechanische Kompetenzen dafür aber mechatronische und elektronische notwendig sind. Zukünftig müssen Facharbeiter über explizites Wissen zur Steuerungstechnik verfügen.“ (Fall D)

„Mechanische und elektrotechnische Grundbildung wäre für neue Mitarbeiter sehr gut, weil die Qualität der Ausbildung divergiert. IT-Kompetenzen und hier speziell Netzwerktechnik, Router-Konfigurationen, Firewall-Technik, getrennte Netze, Network-Translation kommen dazu.“ (Fall D)

Aufgrund der Tatsache, dass die Unternehmen teilweise keine geeigneten Berufsbilder für die Anforderungen der Digitalisierung sehen, werden eigene Lösungen kreiert, wie das bei einem der Unternehmen der Fall ist. Hier bildet ein IT-Beruf die Basis und wird mit produktionstechnischen Aspekten ergänzt. Darüber denken auch andere Unternehmen nach.

„Diese Initiative (Ausbildung zum Fachinformatiker) ist eine Antwort auf die Tatsache, dass reine Mechatroniker oder reine Elektroniker nicht mehr ausreichen. In die Berufsprofile müssen Informatikinhalte integriert werden. Mithilfe des neuen Berufsprofils soll es gelingen, eine Brücke vom Bedienen, von der Anlagenführung bis hin zum Umgang

mit Netzwerkstrukturen zu schaffen. Deshalb muss die Ausbildung in der Fertigung angesiedelt werden.“ (E 4)

„Intensiv nachgedacht werden muss über ein Vermischen der Berufe. Bisher wollen Softwareleute nichts mit Hardware zu tun haben und umgekehrt. Solche Hürden müssen überwunden werden.“ (Fall F)

„Großen Bedarf sieht der Ausbildungsleiter in der Verbindung zwischen klassischer Elektronik und Informatik. Bisher lebt der Fachinformatiker in der IT-Welt und hat keine Verbindung zur Elektronik, aber die digitale Welt kommt immer stärker zum Tragen und die Verbindung dazu ist herzustellen.“ (Fall A)

Derartige Überlegungen führen dazu, dass größere Unternehmen ihr innerbetriebliches Bildungswesen umbauen, um für die Anforderungen aus der Intensivierung der Digitalisierung gerüstet zu sein (vgl. Fall C).

Vorteile Szenario 3

Der Vorteil des Szenarios ist, dass mehrere Berufsbilder zu einem verschmelzen können. Damit wird dem Ziel, die Anzahl der Berufsbilder weiter zu reduzieren, Rechnung getragen.

Die Entwicklungen und Anforderungen durch Industrie 4.0 an eine Verschmelzung von Metalltechnik, Elektrotechnik und Informatik / Netzwerktechnik könnten erfüllt werden. Der Mechatroniker wird z. B. als „Generalberuf“ gesehen, der durch Schwerpunkte der IT-Berufe mit Software und Netzwerktechnik ergänzt werden soll.

Nachteile Szenario 3

Wie bei Szenario 2 gilt hier, dass bei einer Kombination von Berufen sehr komplexe Berufsbilder entstehen würden. Aktuell ist das Ausbildungspersonal dafür nicht qualifiziert und auch längerfristig wird es in vielen Firmen, vor allem in kleinen Betrieben, kaum möglich sein, nach solch komplexen Berufsbildern die Ausbildung zu gestalten. Eine Gefahr der Erweiterungen der Berufsbilder wäre eine Überfrachtung der Ausbildung. Ein ausreichender Tiefgang wäre kaum möglich, da Schwerpunkte der Metalltechnik, Elektrotechnik und Informatik / Netzwerktechnik vermittelt werden müssten.

7.1.4 Szenario 4: Ein Berufsbild Industrie 4.0 schaffen

In wenigen Einzelfällen wurde genannt, dass ein eigenes Berufsbild Industrie 4.0 geschaffen werden sollte. Dieses mögliche Berufsbild wird im Szenario 4 beschrieben und dessen Vor- und Nachteile werden dargestellt.

Ein Vorschlag aus den Erhebungen war, über einen „Prozesstechnologen“ nachzudenken, der für den Erhalt und die Anpassung der Produktionsprozesse verantwortlich ist.

„Der Ausbilder hält es nicht für machbar, dass in einem Berufsbild alle Herausforderungen vereinigt werden, die für Industrie 4.0 relevant sind. Ihm schwebt ein Beruf vor, in dem Prozesse im Mittelpunkt stehen („Prozesstechnologe“).“ (Fall E)

„Systemverständnis für immer komplexere Zusammenhänge ist unabdingbar. Es ist ein neuer Beruf erforderlich, der womöglich aus dem ehemaligen Nachrichtentechniker entstehen könnte. Zentrum des neuen Berufes muss die Klärung der Frage sein, wie Datenpakete von A nach B gebracht werden können.“ (E 4)

Wird ein neues Berufsbild verfolgt, dann muss die Frage geklärt werden, ob dieses ein vorhandenes Berufsbild ersetzt oder nicht. Die Experten gingen in der Bewertung der Szenarien davon aus, dass dieser Beruf zusätzlich geschaffen wird.

Vorteile Szenario 4

Der Vorteil von Szenario 4 ist, dass ein hoch spezialisiertes Berufsbild, das sich explizit an den Anforderungen von Industrie 4.0 ausrichtet, etabliert werden kann. Das Berufsbild wäre sehr zukunftsorientiert und insgesamt wahrscheinlich akzeptiert. Facharbeiter würden frühzeitig auf die komplexen Anforderungen der Arbeitswelt vorbereitet. Die Möglichkeit, die Prozessorientierung und die Software in den Mittelpunkt zu stellen, wäre in diesem Falle gegeben.

Nachteile Szenario 4

In den Betrieben dürfte bei diesem Szenario die Entscheidung noch schwerer fallen, nach welchem Berufsbild ausgebildet werden soll. Außerdem wird die Ausgestaltung eines Industrie 4.0-Berufsbildes erhebliche Zeit durch ein Neuordnungsverfahren in Anspruch nehmen. Das Anspruchsniveau wäre sicherlich zudem sehr hoch. Die Akzeptanz dafür in kleineren Unternehmen zu erlangen, wird sehr schwierig sein, da dort die Entwicklung noch nicht soweit ist. Unternehmen mit einer geringen Diffusion von Industrie 4.0 (bspw. bisher Stufe 2 erreicht) hätten sicherlich Schwierigkeiten, die Ausbildung in der erforderlichen Breite umzusetzen.

7.1.5 Schlussfolgerungen aus den Szenarien

Die vier Szenarien bildeten die Grundlage für eine Bewertung durch unterschiedliche Experten aus der Berufsbildung, der Wissenschaft und der Wirtschaft. Mithilfe einer tabellarischen Präsentation (siehe Abbildung 20) wurde innerhalb des zweiten Experten-Workshops aufgezeigt, welche Berufe für Industrie 4.0 für Szenario 1, Szenario 2, 3 oder 4 in Frage kommen. Spezifische Konfigurationen, die dabei möglich sind, wurden in einem ersten Zugang knapp skizziert. Bei diesen, aus den empirischen Erhebungen resultierenden Szenarien galt es vor allem festzustellen, wie sie von den anwesenden Experten bewertet werden. Die Durchführung der Bewertung ergab das in Tabelle 7 dargestellte Ergebnis.

Abbildung 20

Übersicht über Szenarien und beispielhaft ausgewählte Berufe

	1	2	2 und 3	3	4
Szenario	Keine Veränderung von Berufsbildern	Berufsbilder ändern	Berufsbilder ändern oder Kombination	Kombination existierender Berufsbilder	Berufsbild Industrie 4.0 schaffen
Beispiele für Berufe	Produktions-technologie/-in	Fachinformatiker/-in der Fachrichtung Systemintegration + Elektrofachkraft	Mechatroniker/-in mit Erweiterung IT	Hybridberuf Mechatroniker/-in und Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik	neuer Beruf „Industrie 4.0“
Schwerpunkte Industrie 4.0	<ul style="list-style-type: none"> Planen industrieller Produktionsprozesse, Einrichten und Inbetriebnahme von Produktionsanlagen Programmierung von P-Anlagen Aufbereiten von Daten für die Produktionsplanung und -steuerung Gestaltung und Sicherung von Produktionsprozessen im jeweiligen Einsatzgebiet 	<ul style="list-style-type: none"> Planen und Konfigurieren von IT-Systemen Systematische Analyse von auftretenden Störungen und deren Behebung unter Einsatz von Experten- und Diagnosesystemen Verstehen von Prozesszusammenhängen Betreuung von Netzwerken (Anwendung Cloud-Computing) 	<ul style="list-style-type: none"> Vernetzung von komplexen Fertigungssteuerungen Prüfen, Einstellen und Inbetriebnahme von CP-Systemen Programmieren von mechanischen Steuerungen und IT-Systemen Durchführen von System- und Netzwerkanalysen 	<ul style="list-style-type: none"> Vernetzung von komplexen Automatisierungssystemen Konfigurieren und Programmieren von mechatronischen Systemen und CPS-basierten AutomSyst. Instandhalten und Optimieren von mechatronischen Systemen und CPS-basierten AutomSyst. Prüfen und Inbetriebnehmen von mechatronischen Systemen und CPS-basierten AutomSyst. 	<ul style="list-style-type: none"> IT-gestützte Fehlerdiagnose (Datenanalyse und -interpretation) Instandhaltung von Produktionsanlagen Analysieren, Überwachen und Instandhalten der vernetzten Produktionssysteme Anwenden von Wissens- und Dokumentationssystemen
Mögliche Ausrichtung	Produktionsplanung Prozesssicherung	Prozesssicherung	Prozesssicherung Instandhaltung	Prozesssicherung und -steuerung Instandhaltung	Prozesssicherung Instandhaltung

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 7

Bewertung der Szenarien durch die Experten im Experten-Workshop

<i>Szenarien</i>	<i>Stimmenverteilung (Je Teilnehmer eine Stimme)</i>	<i>Hinweise</i>
Szenario 1 (keine Veränderung von Berufsbildern)	5 (2 mal Doppelung mit 2)	Geeignete Berufe (Einzelnennungen) Elektroniker/-in für Betriebstechnik, Mechatroniker/-in, Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik, Industriemechaniker/-in, Fachkraft für Lagerlogistik, „IT-Elektroniker/-in“.
Szenario 2 (Berufsbilder an- passen / ändern)	12 (2 mal Doppelung mit 1; 2 mal Doppelung mit 3)	Modifikationen folgender einzelner Berufe Elektroniker/-in Automatisierungstechnik, Mechatroniker/-in, Industriemechaniker/-in, IT-Berufe, Fachinformatiker/-in und Elektrotechnik, (für virtuelle Inbetriebnahme), Zerspanungsmechaniker/-in, Produktionstechnologe/-in, alle M+E Berufe, Instandhalter/-in, Mechatroniker/-n (Vertiefung Steuerungs- technik). Generalist/-in, Aktualisierung des/der Elektronikers/in für Betriebstechnik.
Szenario 3 (Kombination von Berufen – Hybrid)	4 (3 mal Doppelung mit 2; 1 mal Dop- pelung mit 4)	Gefahr der Überfrachtung, Informatik & Elektrik ausbauen und virtuelle Inbetriebnahme beachten, Instandhalter/-in, Generalist/-in, Prozessinstandhalter/-in (Mechatronik, IT, EAT, plus 4.0 Qualis), Elektroniker/-in für Betriebstechnik, FISI-Industrie, Hybridisierung über Berufsfelder hinweg.
Szenario 4 (Berufsbild Industrie 4.0)	2 (1 mal Doppelung mit 3)	Nicht unterstützt

Anmerkung

Die Benennung der Berufe wurde so in die Tabelle übernommen, wie von den Teilnehmern benannt. Eine Korrektur erfolgte auch dann nicht, wenn die Bezeichnung nicht mit der regulären Berufsbezeichnung übereinstimmte.

Die Mehrheit der Experten votierte für Szenario 2. Das Szenario 4 spielte mehr oder weniger keine Rolle. Auf Szenario 1 entfiel rund ein Viertel der Stimmen, ähnlich wie beim Szenario 3. In der abschließenden Diskussion stellte sich eindeutig heraus, dass diejenigen, die für Szenario 1 gestimmt hatten, davon ausgingen, dass es aufgrund der Offenheit der Berufe und der Möglichkeit mit Einsatzgebieten zu arbeiten, ausreichend Flexibilität gibt, um die Berufe ohne neues Ordnungsverfahren zu modifizieren. Es waren vor allem die Befürchtungen vor einem langen Ordnungsverfahren, die zu dieser Bewertung geführt haben.

In der Diskussion dominierten die Positionen zugunsten von Szenario 2 mit folgender Schwerpunktsetzung:

- Es kommt darauf an, etablierte Berufe mit Schwerpunkten zur Instandhaltung auszustatten, die auf Industrie 4.0-Anlagen zielen.
- Alle Metall- und Elektroberufe sollen mit IT Schwerpunkten ausgestattet werden.
- Alle Metall- und Elektroberufe sollen durch Schwerpunkte ergänzt werden, die für Industrie 4.0 von Bedeutung sind.
- Es sollte kurzfristig mit Zusatzqualifikationen gearbeitet und auch die Offenheit der Berufe genutzt werden.

Zur Kombination von vorhandenen Berufen (Schaffung neuer Hybridberufe – Szenario 3) gab es neben der Zustimmung einige kritische Stimmen, die Bedenken äußerten, weil dieses Szenario zu Berufsbildern führen könnte, die von Betrieben, Ausbildern und Auszubildenden nicht mehr bewältigt werden können. Die Befürchtung, dass Hybridberufe zu „mächtig“ werden, wurde des Öfteren geäußert.

Ein Diskussionsschwerpunkt war die Tatsache, dass sich die Aufgabengebiete für Fachkräfte in der Produktion oft verbreitern und sie „multifunktionale“ Aufgaben wahrzunehmen haben. Diese Entwicklung führt in der Regel zu anspruchsvollen Berufen, deren Komplexität in der Ausbildung nicht zu bewältigen ist. Bei Szenario 3 sollte, so die Argumentation, sehr gründlich überlegt werden, wie die Berufe inhaltlich ausgestaltet sind, damit sie sowohl von Auszubildenden als auch von den ausbildenden Betrieben und Ausbildern bewältigt werden können. Sichergestellt werden muss, dass es möglich ist, die geforderte Handlungskompetenz zu entwickeln, um Anlageninstandhaltung, Anlagenbedienung, Aufbau von Anlagen usw. zu betreiben und die Prozesse zu beherrschen.

Auffallend war, dass es bezüglich der Prozesszugänge und des Prozessverständnisses für die Workshop-Teilnehmer selbstverständlich war, dass sowohl Auszubildende als auch bereits Ausgebildete nicht nur Zugänge zu Arbeitsprozessen haben müssen, sondern diese auch von ihnen beherrscht werden müssen.

Dass Arbeitsprozesse als Grundlage und zur Strukturierung von Ausbildungsberufen genutzt werden können, war nicht Gegenstand der Diskussion. Auch Modelle wie Kernberufe und Basisberufe wurden nicht erwähnt.

Aufgrund der länger dauernden Neuordnungsverfahren wurde von einzelnen Teilnehmern vorgeschlagen, in jedem Falle kurzfristig Industrie 4.0-Inhalte als „Zusatzqualifikationen“ in die Berufsprofile einzubauen und dafür auszubilden. In einer zweiten Phase, so die Vorschläge, kann dann eine Neuordnung initiiert werden. Der Vorschlag der Zusatzqualifikationen wird im Kapitel 9 noch einmal aufgenommen.

7.2 Empfehlungen zur weiteren Gestaltung von Berufsbildern

Die vier Szenarien weisen bei der Gestaltung von Berufsbildern auf unterschiedliche Möglichkeiten hin, auf die Veränderungen in der Arbeitswelt aufgrund zunehmender Vernetzung und Implementierung von CPS zu reagieren. Die Bewertungen im Experten-Workshop und die Ergebnisse der qualitativen Untersuchungen zeigen ein sehr deutliches Bild:

- Die Digitalisierung hat zur Folge, dass die metall- und elektrotechnischen Ausbildungsberufe an die Entwicklungen in der Arbeitswelt angepasst werden müssen und
- die Experten sehen keine Notwendigkeit für die Entwicklung eines neuen Berufsbildes „Industrie 4.0“.

Diese Positionierung ist auch so zu verstehen, dass von der Mehrheit der Experten die Möglichkeit ausgeschlossen wird, keinerlei Anpassungen bei den Berufsbildern vorzunehmen. Einzelne Experten vertraten zwar die Auffassung, dass die bisherigen Formulierungen in den Ordnungsmitteln offen genug sind, um notwendige Modifikationen ohne Anpassungsprozess durch die Sozialpartner vorzunehmen, allerdings fand diese Position keine mehrheitliche Zustimmung. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erkenntnissen bei den Erhebungen in den Unternehmen. Die Unternehmen waren mehrheitlich der Auffassung, dass der Perspektivwechsel in der Produktion zur Konsequenz haben muss, dass die Berufsbilder dieser Entwicklung angepasst werden.

Das Szenario 2, das die Weiterentwicklung der bestehenden Berufsbilder der Metall- und Elektroindustrie zum Gegenstand hat, wurde von der Mehrheit der befragten Personen in den Fallstudien und den Expertengesprächen unterstützt. Kernaussage war, die bisherigen Berufsbilder bestehen zu lassen, jedoch inhaltlich auf die Anforderungen der Industrie 4.0-Entwicklungen auszurichten, was womöglich nur durch deren strukturelle Veränderung möglich ist. Damit grenzt sich Szenario 2 von der Verschmelzung von Berufen (Szenario 3) ab. Szenario 3 wurde zwar durchaus ins Kalkül gezogen, jedoch gab es auch zahlreiche kritische Stimmen wegen einer Überfrachtung zusammengesetzter Berufsbilder.

Der Instandhaltungsbereich wurde von vielen Experten als (aktueller) Kernbereich für das Zusammenwachsen der Vernetzung und Digitalisierung innerhalb der industriellen Produktion gesehen.

Bei der Bewertung der Szenarien war diese Tätigkeit oftmals im Hinterkopf der Akteure. Trotz der komplexen Aufgaben bei der Instandhaltung gab es nur sehr wenige Stimmen zugunsten eines eigenständigen Ausbildungsberufes für den Instandhaltungsbereich. Begründung war dabei, dass durch die fortschreitende Vernetzung der Spezialisierungsgrad der Anlagen zunimmt und diese nur noch durch eine Zusammenarbeit mehrerer Experten aus verschiedenen Berufen in Teams gemeistert werden können. Vor allem Produktionsleiter verfolgten diese Argumentationslinie und nannten Industriemechaniker, Mechatroniker, Elektroniker, Elektroniker für Automatisierungstechnik u. a. als „Startberufe“.

Gemeinsame Klammer bei allen vier Zukunftsvarianten war immer eine starke Orientierung an den betrieblichen Arbeitsprozessen. Eine Beherrschung der Komplexität in der industriellen Produktion ist nur möglich, wenn innerhalb der beruflichen Ausbildung ein umfassendes Prozessverständnis entwickelt wird. Hier muss durch die Ausbildung ein Grundstein gelegt werden, der nach und nach im Unternehmen und in der Weiterbildung erweitert und vertieft werden muss. Die Erweiterungen in den Berufsbildern dürfen also nicht allein technologiegetrieben sein, sondern müssen immer im Kontext der Arbeitsprozesse und deren Implementierung innerhalb der Wertschöpfungskette gesehen werden.

Aufgrund der Bewertung der Szenarien und der Ergebnisse aus den Fallstudien und Expertengesprächen liegt es auf der Hand, Szenario 2 in das Zentrum zu stellen: Metall- und elektrotechnische Berufe sollten fortgeschrieben werden und die Veränderungen aufgrund der Digitalisierung und Vernetzung von Produktion und Arbeit müssen mit aufgenommen werden, wobei die Prozessorientierung im Fokus stehen sollte.

8 Ausbildung: Deckungsanalyse zwischen M+E Berufen und Industrie 4.0-Handlungsfeldern

Wirkung von Industrie 4.0 auf Berufsbilder

Die empirischen Ergebnisse der Studie führten zu der Erkenntnis, dass auf dem Shop-Floor aufgrund der Verbreitung von CPS Veränderungen stattfinden, die die Fachkräfte massiv betreffen. Allerdings gehen die Ergebnisse nicht so weit, dass daraus die Notwendigkeit neuer Berufsbilder abzuleiten wäre. Die Aussagen und Bewertungen in den Expertengesprächen, den Experten-Workshops und bei den Fallstudien führten zu einer breiten Palette von Berufen, die von den Veränderungen in der Metall- und Elektroindustrie betroffen sein werden. Um davon ein klareres Bild zu bekommen, und um Eingrenzungen vornehmen zu können, haben die Forscher entschieden, alle Metall- und Elektroberufe einschließlich von zwei IT-Berufen aufzugreifen und mit den Entwicklungen von Industrie 4.0 abzugleichen. Das geschieht mittels einer sogenannten Deckungsanalyse.

Dass alle M+E Berufe aus der gewerblich-technischen Berufsausbildung und zwei IT-Berufe aufgegriffen werden, hängt damit zusammen, dass dieses Spektrum an Berufen in den Befragungen immer wieder benannt wurde.

In den nachstehenden Ausführungen werden auf der Grundlage der in Kapitel 5 herausgearbeiteten Veränderungen und Kompetenzfelder für die Facharbeitsebene berufliche Handlungsfelder definiert, die für die Implementierung und das Arbeiten mit Industrie 4.0 relevant sind. Diese Ergebnisse werden mit den Ordnungsmitteln der M+E Berufe abgeglichen. Mit diesem Vorgehen soll aufgezeigt werden, ob und wie intensiv einzelne Berufsbilder unterhalb der akademischen Ebene von der Diffusion von Industrie 4.0, von CPS also, betroffen sind und zukünftig vermehrt betroffen sein werden.

Begriffsklärung: Deckungsanalyse

Bei der Deckungsanalyse handelt es sich um einen systematischen Abgleich zwischen den Ausbildungsinhalten und Kompetenzen ausgewählter Berufe sowie den Inhalten und erforderlichen Kompetenzen der identifizierten generischen Handlungsfelder Industrie 4.0. Ziel der Deckungsanalyse ist es, festzustellen, ob aufgrund der festgestellten Veränderungen in der Arbeitswelt Berufsbildpositionen einzelner Berufe fortzuschreiben oder Berufsbilder im gesamten zu verändern oder ggf. neue zu definieren sind.

8.1 Analyseansatz

Facharbeit der Metall- und Elektroindustrie im Kontext von Industrie 4.0 ist aufgrund zunehmender Digitalisierung der Arbeitsprozesse im weitesten Sinne durch den Umgang mit CPS in der Produktion und der dazugehörigen Instandhaltung gekennzeichnet⁷⁴. Die beruflichen Handlungsfelder der Fachkräfte in der Metall- und Elektroindustrie werden durch diese Veränderungen erweitert und es entstehen neue berufliche Handlungsfelder mit veränderten Arbeitsaufgaben.

Berufliche Handlungsfelder werden hier verstanden als zusammengehörige Aufgabenkomplexe, die Fachkräfte der M+E Industrie in ihrem Arbeitsumfeld entlang und innerhalb der Arbeitsprozesse beherrschen (müssen).

Es kommt also auf die Konfrontation der Fachkräfte mit dem „Neuen“ oder den Veränderungen in der Produktion und deren Instandhaltung an. Dies wird beachtet, indem die beruflichen Handlungsfelder als „Domänen“ der Fachkräfte gesehen werden. Das ist eine genauere Betrachtung als die von Geschäftsprozessen, die sich durch Industrie 4.0-Technologien verändern. In Handlungsfeldern manifestieren sich die Veränderungen von Produktionsprozessen, die für jegliche Art von Facharbeit relevant sind.

Mit Hilfe der Deckungsanalyse soll ein Abgleich zwischen den in den verordneten Berufsbildern von M+E Berufen verankerten beruflichen Handlungsfeldern und den empirisch gewonnenen Erkenntnissen zu den technologisch und organisatorisch veränderten Handlungsfeldern durchgeführt werden. Im Konkreten: Es wird geprüft, inwieweit sich berufliche Handlungsfelder einzelner Berufe mit denjenigen in Deckung bringen lassen, die aufgrund einer zunehmend digitalisierten Produktionsweise durch eine Entwicklung hin zu Industrie 4.0 relevant sind.

8.2 Berufliche Handlungsfelder Industrie 4.0

8.2.1 Identifizierte generische Industrie 4.0-Handlungsfelder

Die empirischen Ergebnisse (dargestellt in den Kapiteln 5 und 6) belegen Veränderungen in der Aufgabenwahrnehmung von Fachkräften unterhalb der akademischen Ebene. Ausgehend von diesen veränderten Arbeitsanforderungen wurden neun für Industrie 4.0 relevante generische berufliche Handlungsfelder identifiziert, die nachstehend beschrieben sind.

⁷⁴ Die Logistikprozesse werden bei der Analyse weitgehend ausgeblendet. Für eine Aussage zu den Veränderungen in den logistikbezogenen Berufen müsste dieser Bereich noch einmal gesondert betrachtet werden.

Diese „generischen“ beruflichen Handlungsfelder verdeutlichen das für M+E Berufe relevante „Neue“ aufgrund von Industrie 4.0 und den damit in Verbindung stehenden CPS. Nachstehend erfolgt eine Deskription der empirisch gewonnenen Veränderungen in der Form von beruflichen Handlungsfeldern.

Begriffsklärung: Generische berufliche Handlungsfelder Industrie 4.0

Ein generisches Handlungsfeld Industrie 4.0 ist ein durch Industrie 4.0 erweitertes Aufgabengebiet für Fachkräfte, das mittels der empirischen Studien in Unternehmen identifiziert wurde. Die Implementierung von Industrie 4.0 hat in den Unternehmen teilweise bereits ein fortgeschrittenes Stadium erreicht. Ein generisches Handlungsfeld beschreibt neue Anforderungen und Aufgaben in Gebieten (z. B. Anlagenüberwachung), die typisch sind für das Industrie 4.0-Umfeld.

Die insgesamt neun generischen Handlungsfelder, die identifiziert werden konnten, stellen ein Referenzsystem dar, mit dem beschrieben und charakterisiert wird, was aufgrund von Industrie 4.0 „neu“ ist (d. h. sich verändert hat). Das Referenzsystem kann als Instrument genutzt werden, um zu prüfen, ob vorhandene Berufsbilder verändert oder festgeschrieben werden sollen, um in der Folge in der Ausbildung darauf besser eingehen zu können.

Anlagenplanung

Die Planung neuer, automatisierter Anlagen ist in erster Linie eine Ingenieur Tätigkeit. Zunehmend setzen Unternehmen jedoch gemischte Teams ein, bei denen besonders qualifizierte Facharbeiter beteiligt werden. Deren Aufgabe ist es, zusammen mit Ingenieuren die für die Produktion geeigneten Anlagen auszuwählen. Ein wichtiger Punkt dabei ist, dass Facharbeiter sehr frühzeitig mit einer Vernetzung der Anlagen konfrontiert werden und im Rahmen des Planungsprozesses bereits Erkenntnisse zur Funktion der Anlagen und deren Möglichkeiten der Vernetzung sammeln, die sie dann zur Sicherstellung des Betriebes der Anlage und zur Störungssuche nutzen können. Immer häufiger werden die Planungsprozesse mittels Virtual Reality simuliert. Virtual Reality ermöglicht ein Abbilden eines realistischen Produktionssystems, um das Verhalten des cyber-physischen Produktionssystems zu simulieren und auf interaktive Weise zu explorieren.

- *Zielperspektive: Anlagensimulation*

Anlagenaufbau

Beim Aufbau und Umbau von automatisierten, vernetzten Anlagen kommt den Ingenieuren in erster Linie eine koordinierende Aufgabe zu, wohingegen die Facharbeiter den realen technischen Aufbau vornehmen. Dabei lernen sie mit Hilfe der Ingenieure die genauen Zusammenhänge und Funktionen der einzelnen Arbeitsschritte der Anlage und deren Einbindung in den Gesamtproduktionsprozess kennen. Die Vernetzungsstrukturen innerhalb der Wertschöpfungskette und der Einsatz von Sensoren und Akto-

ren werden dabei genau geplant und umgesetzt. Bei der Umsetzung kommt es dann auch darauf an, dass der vorlaufende und nachlaufende Prozess mit ins Kalkül gezogen wird und die für den Gesamtablauf wichtigen Daten (Programme, Schnittstellenkonfigurationen, statistische Daten, Daten zur Qualitätsprüfung und zur Vernetzung) auch von den Facharbeitern mit verarbeitet werden können.

- *Zielperspektive: Anlagenvernetzung*

Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme

Vor der Inbetriebnahme müssen Anlagen eingerichtet werden. Solche Aufgaben wie beispielsweise die Einstellung eines Nullpunktes, das Kalibrieren, das Austarieren von Startpositionen, der unterbrechungsfreie Transfer von Daten, die korrekte Anzeige von Daten auf den Überwachungsbildschirmen sind Aufgaben, die von den Facharbeitern mit Unterstützung der Ingenieure wahrgenommen werden.

Die Inbetriebnahme von automatisierten Anlagen und deren Vernetzung erfolgt in enger Kooperation von Ingenieuren und Fachkräften. Die Ingenieure haben dabei sicher zu stellen, dass die notwendigen Programmierfunktionen und Schnittstellen innerhalb des Produktionssystems fehlerfrei arbeiten. Die Facharbeiter müssen hingegen sicherstellen, dass alle mechanischen, hydraulischen, pneumatischen, elektrischen und elektronischen Funktionen sichergestellt sind, damit die Anlage störungsfrei arbeitet und in das Produktionsnetzwerk eingebunden werden kann.

- *Zielperspektive: Sicherstellen der Verfügbarkeit von Sensor-, Aktor- und Prozessordaten in Produktionssystemen (PPS, MES, SCADA, ERP, SAP)*

Anlagenüberwachung

Anlagen überwachen – auch mehrere Anlagen gleichzeitig – ist eine wichtige Aufgabe der Facharbeiter. Dabei geht es vor allem um die Sicherstellung eines störungsfreien Betriebes der Anlagen. D. h., die verfügbaren Echtzeit-Daten müssen ständig überwacht, analysiert und ausgewertet sowie der Gesamtablauf der Anlagen beobachtet und eventuell korrigiert werden. Dabei sind die von Anlagen entwickelten Geräusche genauso von Bedeutung wie die Daten, die Aussagen zur Produktionsüberwachung und der Qualität innerhalb der Produktionsprozesse und der herzustellenden Produkte machen.

- *Zielperspektive: Echtzeitdaten überwachen, analysieren und auswerten*

Prozessmanagement (Visualisierung / Monitoring / Koordinierung / Organisation)

Eine für Facharbeiter sehr wichtige Aufgabe bei der Anlagenüberwachung und Anlagenbedienung ist das Sicherstellen kontinuierlicher Prozessabläufe. D. h., Facharbeiter müssen die Prozesse ständig beobachten, um dann, wenn sich Störungen identifizieren lassen, diese sofort zu beheben oder diese vorbeugend gar nicht entstehen zu lassen (vorbeugende Inspektionen).

Dafür ist eine der wichtigsten Voraussetzungen ein Überblick über die gesamte Anlagensteuerung, eine genaue Kenntnis der Funktionen, des Ablaufs und des Betriebs der Anlage sowie eine Überwachung durch Monitoringsysteme.

Die mittels dieser Systeme übermittelten Daten müssen die Fachkräfte lesen, analysieren und interpretieren können.

- *Zielperspektive: Prozesssicherheit garantieren durch Prozessüberwachung und Störungsbeseitigung*

Datenmanagement (Umgang mit Betriebsdaten / Softwarezugang / Parametrieren / Programmieren)

Das Lesen, Analysieren und das Verarbeiten der Maschinendaten und deren vorgelagerte Daten ist eine wichtige Facharbeitsaufgabe. Die Daten sind für das Einrichten der Maschinen und für einen qualitätsbasierten Betrieb der Anlagen von hoher Bedeutung. Facharbeiter müssen in der Lage sein, alle relevanten Betriebsdaten (Lasten, Maschinen- und Verbrauchszustände) zu lesen, zu analysieren und zu interpretieren. Abweichungen vom Standard müssen erkannt werden und es muss sofort eingegriffen werden, falls Fehler identifiziert werden. Die statistische Prozesslenkung (SPC) wird in vernetzten Produktionssystemen nicht mehr auf die einzelne Maschine, sondern mehr und mehr auf Produktionsabschnitte mit Verantwortung durch Facharbeiter bezogen. Fachkräfte müssen Anlagen und deren Funktion von

- den Prozessen und der
- Software her

denken und optimieren. Das erfordert ein vollkommen anderes Verständnis als es bei mechanisch- elektrisch betriebenen Anlagen erforderlich war. Sowohl für den Betrieb als auch für die Optimierung der Anlagen und deren Einbindung in den gesamten Produktionsprozess ist dieses andere Verständnis hoch relevant.

Für einen effizienten Anlagenbetrieb ist es zudem erforderlich, dass Fachkräfte an den Anlagen Parametrieraufgaben selbstständig wahrnehmen. Auch die Korrektur von Programmiersätzen und / oder Datenanalysen gehört zum Aufgabengebiet.

- *Zielperspektive: Maschinendaten sichern für Qualitätsbetrieb der Anlagen, Betriebsdaten bewerten und Prozesse optimieren*

Instandhaltung

Einfachere Instandhaltungsarbeiten zur Sicherstellung eines störungsfreien Anlagenbetriebes zählen zu den Aufgaben der Facharbeiter. D. h., sie müssen Zugang zur Funktion von Anlagen haben und in der Lage sein, an Anlagen, die aus unterschiedlichen technologischen Systemen bestehen, alle gängigen Instandhaltungsaufgaben (metalltechnische, elektrische und IT-basierte Aufgaben) wahrzunehmen. Ausgenommen davon sind schwierige Reparaturaufgaben. Zu den Instandhaltungsaufgaben zählt auch die präventive Instandhaltung, die mehr und mehr durch die Erfassung, Aufbereitung

und Visualisierung von Betriebs- und Produktionsdaten vorbereitet und an Arbeitsplätzen in der Produktion vorgehalten wird. Zunehmend müssen Fachkräfte auch die virtuell organisierte Instandhaltung beherrschen und dabei Assistenzsysteme zur Fehlerdiagnose, Dokumentation und zum Wissenstransfer nutzen.

- *Zielperspektive: Präventive, vorausschauende Instandhaltung, multifunktionale Maschinen, bewerten und Nutzung verschiedener Daten und Datenformate*

Instandsetzung

Schwierige Instandhaltungs- und Reparaturaufgaben an vernetzten Anlagen und einzelnen Maschinen werden in der Regel von Instandhaltungsteams durchgeführt. Diese Teams sind auf derartige Aufgaben, die auch IT-Aufgaben wie Netzwerkanalysen oder IT-gestützte Fehlerdiagnosen einschließen, spezialisiert und beherrschen Verfahren zur Identifikation von Fehlern (Datenanalyse), sowie das Erkennen von Fehlerursachen und deren Behebung an komplexen, vernetzten Anlagen.

- *Zielperspektive: Berücksichtigung von Reparaturabhängigkeiten aufgrund von Vernetzungen und IT-Anbindung von Maschinen und Anlagen; Softwareupdates*

Störungssuche und Störungsbehebung

Wenn Störungen sichtbar werden – beispielsweise durch fehlerhafte Produkte oder Prozessabläufe – müssen Facharbeiter in der Lage sein, die in Frage kommenden Ursachen zu identifizieren und zu beheben. Das setzt voraus, dass sie Diagnoseverfahren beherrschen, die nicht nur die mechanischen und elektrischen / elektronischen Grundfunktionen umfassen, sondern auch die digitale Steuerung der Produktionsprozesse. Es sind daher vermehrt Störungen nicht mehr unmittelbar an den Sensoren, Aktoren und Verkabelungen, sondern über die IT-Systeme oder in der Vernetzung der Produktion zu identifizieren und zu beheben.

- *Zielperspektive: Diagnose, Störungssuche an den vernetzten Anlagen*

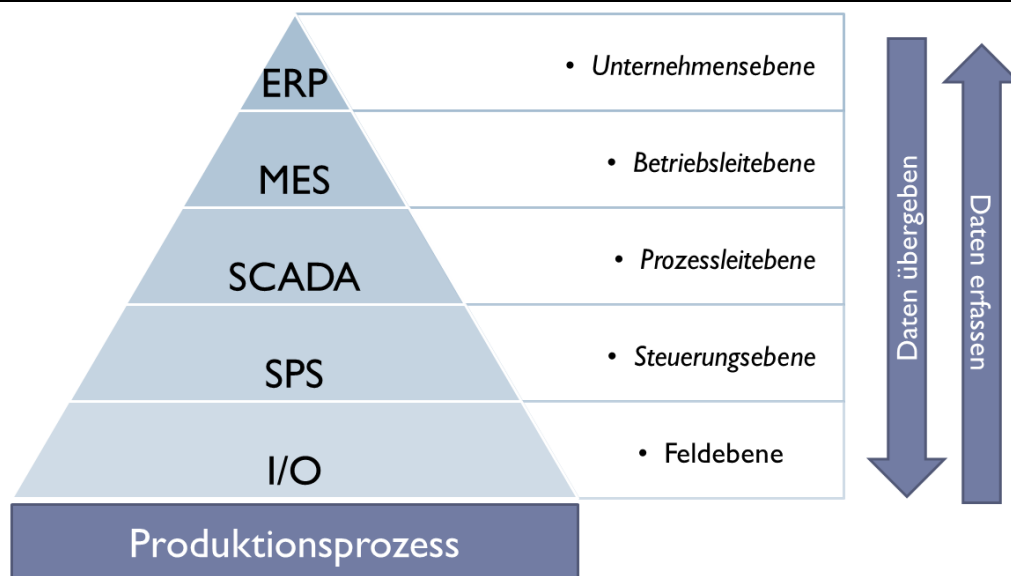
8.2.2 Zusammenhänge zwischen Industrie 4.0-Handlungsfeldern und Deckungsanalyse

Die beschriebenen generischen Handlungsfelder sind für Aufgabenstellungen entlang des Geschäftsprozesses Industrie 4.0 in der Produktion generell relevant. Für die Deckungsanalyse wird ein auf die Veränderungen durch Industrie 4.0 bezogenes Verständnis herangezogen. Das bedeutet, dass der Abgleich zwischen Ausbildungsinhalten in den Ordnungsmitteln und Herausforderungen durch Industrie 4.0 nur in Bezug

auf die festgestellten Veränderungen analysiert wird und nicht bezüglich der generellen Relevanz der identifizierten Handlungsfelder.⁷⁵ D. h., dass mittels der Handlungsfelder weitergehende Veränderungen benannt werden, die beim Abgleich nicht zum Tragen kommen, weil diese in den vorliegenden Ordnungsmitteln noch keinerlei Rolle spielen. Das war aber gleichzeitig Veranlassung, auch zwei IT-Berufsbilder (IT-Systemelektroniker und Fachinformatiker) mit in die Analyse einzubeziehen, weil dort Inhalte genannt sind, die für Industrie 4.0 von Bedeutung sind. Es sollte also auf diesem Wege sichergestellt werden, dass für alle veränderungsrelevanten Inhalte ein Berufsbild und dessen Ordnungsmittel für den Abgleich verfügbar sind. Die oben beschriebenen Erkenntnisse können anhand der Automatisierungspyramide (vgl. Abbildung 21) charakterisiert und konkretisiert werden. Die auf jeder der Ebenen eingesetzten Technologien und insbesondere die Verbindungen zwischen diesen Technologien auf verschiedenen Automatisierungsebenen kennzeichnen organisatorische wie technologische Dimensionen von CPS. Die Verknüpfungen erfolgen IT-gestützt / softwarebasiert und führen zu technologischen wie organisatorischen Konsequenzen für Arbeitsaufgaben in den generischen Handlungsfeldern.

Abbildung 21

Automatisierungspyramide zur Verdeutlichung von Veränderungen der Handlungsfelder im Produktionsprozess in Industrie 4.0-Umgebungen⁷⁶



Quelle: Eigene Darstellung

⁷⁵ Die generierten Handlungsfelder werden bei der Analyse auch als „generische Handlungsfelder“ bezeichnet, weil sie von grundlegender Bedeutung sind.

⁷⁶ ERP: Enterprise Resource Planning; MES: Manufacturing Execution System; SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition; SPS: Speicherprogrammierbare Steuerungen; I / O: Ein- / Ausgabeebene / Schnittstellen.

War es in der Vergangenheit auch schon üblich, Anlagen zu überwachen und Daten für die Qualitätssicherung und -lenkung zu nutzen, so erfolgte die Anlagenüberwachung in der Regel nur auf einer Ebene – z. B. auf der Feldebene, auf der etwa Daten von Sensoren und Aktoren erfasst und für die Qualitätssicherung auf anderen Ebenen aufbereitet wurden. In Industrie 4.0-typischen Umgebungen sind die Aufgaben im Produktionsprozess demgegenüber dadurch gekennzeichnet, dass eine Weiterverarbeitung von gewonnenen Daten in beide Richtungen erfolgt und den Produktionsprozess dadurch verändern (vgl. Kapitel 4). Die Aufgaben im Produktionsprozess (wie z. B. die Sensorerfassung, die Anlagenüberwachung, die Steuerungs- und Regelungsaufgaben) werden heute durch Facharbeiter teils „virtuell“ durch eine Auseinandersetzung mit Softwareabbildern der Daten und der Datenverarbeitung wahrgenommen. Die Erfassung von Sensordaten (früher unmittelbar an der Anlage oder Maschine) muss für eine Anlagenüberwachung nun etwa auf der Prozessleitebene vorgenommen und in einen Zusammenhang mit der (virtuellen) Anlagensteuerung des Gesamtprozesses gebracht werden. Umgekehrt werden ggf. Daten aus der Betriebsleitebene unmittelbar auf die Feldebene zu Aktoren einer Anlage oder Maschine übertragen, was für Facharbeiter zu gänzlich anderen Herangehensweisen für die Aufgaben in den generischen Handlungsfeldern führt.

8.3 Deckungsanalyse: Verfahren zum Abgleich der Handlungsfelder

Begriffsklärung: Das Verfahren bei der Deckungsanalyse im Detail

Für die Deckungsanalyse werden folgende Instrumente genutzt:

- 1. Das Referenzsystem Industrie 4.0 bestehend aus neun generischen Handlungsfeldern, die empirisch erhoben sind.*
- 2. Berufliche Handlungsfelder, die aus den Ordnungsmitteln (dem jeweiligen Berufsbild eines Berufes, dem Ausbildungsrahmenplan und dem Rahmenlehrplan) abstrahiert wurden (vgl. Tabelle 8). Sie stellen die in den Ordnungsmitteln implementierten zentralen beruflichen Kompetenzen dar.*

Grundlage für den Vergleich sind also die beiden Instrumente: Referenzsystem Industrie 4.0 und abstrahierte berufliche Handlungsfelder. Beide sind kompetenzorientiert beschrieben. Der Abgleich selbst erfolgt mittels einer Expertenbewertung.

Die beruflichen Handlungsfelder eines Berufes werden für eine Einschätzung der Relevanz von Berufsbildpositionen genutzt. Wird durch Expertenbewertung eine Relevanz festgestellt, wird eine genauere Analyse der Ausbildungsordnungspunkte im Abgleich mit dem Referenzsystem Industrie 4.0 vorgenommen. Dies dient der Klärung der Frage, ob ein Beruf für Industrie 4.0 von Bedeutung ist.

Nach einer positiven Gesamteinschätzung eines Berufes (betroffen von Industrie 4.0 und relevant für Industrie 4.0) werden die einzelnen Berufsbildpositionen auf der Ebene

aller Ausbildungsordnungspunkte im Ausbildungsrahmenplan systematisch mit den neun generischen Industrie 4.0-Handlungsfeldern abgeglichen. Es wird geprüft, ob und wie diese von Industrie 4.0-Anforderungen oder Inhalten betroffen sind.

Wird eine Betroffenheit festgestellt, dann wird jeder Ausbildungsordnungspunkt überprüft und mittels Codierung festgelegt, ob

- eine Veränderung der einzelnen Positionen nötig ist, um Industrie 4.0-Anforderungen zu erfüllen („?“),
- bereits eine ausreichende Nähe zu Industrie 4.0 Handlungsfeldern besteht und keine wesentliche Veränderung in den Ordnungsmitteln erforderlich ist („✓“) oder ob
- die Berufsbildpositionen von Industrie 4.0-Anforderungen nicht betroffen sind („–“).

Jede dieser Prüfungen liefert eine Zeile mit Einschätzungen zur Relevanz des Ausbildungsordnungspunktes des Berufes für alle neun generischen Industrie 4.0-Handlungsfelder in der Codierung „–“, „✓“, „?“.

Um eine möglichst hohe Genauigkeit bei der Bewertung zu erreichen, muss jeder Ausbildungsordnungspunkt in den Zusammenhang mit dem beruflichen Handeln in der jeweiligen Domäne gebracht werden. Dazu wird die Berufsbildposition unter Hinzuziehung der beruflichen Handlungsfelder des Berufes bewertet. An einem Beispiel soll das konkrete Vorgehen dargestellt werden.

Beruf: Anlagenmechaniker/-in

Berufsbildposition: „Bauteile und Einrichtungen prüfen“

Vorgehen: Es muss festgestellt werden, welche Bedeutung diese Position im Zusammenhang mit dem beruflichen Handeln im Gesamten hat. Für diese Feststellung wird die Aussagekraft des beruflichen Handlungsfeldes genutzt. D. h., es muss deutlich sein, welche berufliche Kompetenz bei dem betrachteten Beruf angestrebt wird. Erst diese Aussage wird mit dem Industrie 4.0-Handlungsfeld in Deckung gebracht, um dann endgültig zu entscheiden, welche Bewertung vorgenommen wird.

Für den gesamten Ausbildungsberuf wird eine Gesamteinschätzung aller eingetragenen Ergebnisse in einer Spalte mit „–“, „✓“, „?“ vorgenommen. Die spaltenweise Gesamteinschätzung wird für alle neun generischen Industrie 4.0-Handlungsfelder wiederholt. Die so für jede Spalte und insgesamt über alle neuen Spalten von Experten vorgenommene Gesamteinschätzung entscheidet über die Frage, welche Codierung / Bewertung der gesamte Beruf für jedes generische Industrie 4.0-Handlungsfeld erhält.

Zudem wird diese Gesamteinschätzung dazu genutzt, um zu entscheiden, ob und wo der Beruf im Industrie 4.0-Berufe-Atlas⁷⁷ zu platzieren ist.

Für die Gesamteinschätzung der Bedeutung wird von den Experten eine Skala von 1 bis 10 genutzt:

1 = für den gesamten Beruf keine Relevanz

10 = für den gesamten Beruf sehr hohe Relevanz

So wird etwa beim Beruf Anlagenmechaniker eine ausreichende Nähe der Berufsbildpositionen „Bearbeiten von Aufträgen“ (13) und „Herstellen und Montieren von Bauteilen und Baugruppen“ (14) zum generischen Industrie 4.0-Handlungsfeld „Anlagenaufbau“ festgestellt – allerdings nur für das Einsatzgebiet Prozessindustrie. Aufgrund der schwachen Expertenbewertung hinsichtlich der Relevanz für den gesamten Beruf (1 bis 5 Punkte) wird die Codierung „✓“ für die Passung des gesamten Berufes zum Anlagenaufbau im Industrie 4.0-Kontext übernommen.

Bei der Gesamteinschätzung handelt es sich nicht um eine einfache Addition der vorher gesetzten Markierungen, sondern es wird das gesamte Berufsbild mit den einzelnen Positionen von den Experten in den Blick genommen, die dann mit Hilfe der Skala eine Bewertung vornehmen.

Für die Platzierung eines Berufes im Berufe-Atlas wird wiederum eine Experteneinschätzung der summarischen Bewertung (vgl. Tabelle 9) vorgenommen. Auch hier wird eine Skala von 1 bis 10 verwendet, wobei nun eine „1“ dafür steht, den Beruf nicht zu berücksichtigen und eine „10“ dafür, den Beruf im Kern der Aufgabengebiete im Kontext Industrie 4.0 zu platzieren.

Die Gesamtbewertungen in jeder Spalte erhalten zusätzlich eine Gewichtung

(„✓“ = Faktor 1; „)“ = Faktor 0,5; „-“ = Faktor 0).

Die über alle Spalten aufsummierten Bewertungen entscheiden über die Platzierung im Industrie 4.0-Berufe-Atlas.

Auch hier wird wieder keine einfache Addition vorgenommen, sondern es wird

- die Bedeutung des gesamten Berufes für den Industrie 4.0-Kontext und
- die Bedeutung des gesamten Berufes für die Industrie 4.0-Aufgabengebiete „Produktionsplanung und -organisation“, „Produktionsumsetzung“, „Produktionssteuerung“ und „Produktionsvernetzung“ mit ins Kalkül gezogen.

⁷⁷ Der Industrie 4.0-Berufe-Atlas differenziert die analysierten Berufe für ihre Eignung für Industrie 4.0 und wird weiter unten erläutert.

Das Bewertungsverfahren zur Platzierung im Industrie 4.0-Berufe-Atlas soll für drei Berufe exemplarisch aufgezeigt werden:

Mechatroniker/-in

Gesamtpunktzahl = 3 x Faktor 1 („✓“) + 5 x Faktor 0,5 („}“) = 5,5 Punkte. Hinzu kommt, dass Mechatroniker für zwei Aufgabengebiete eine besondere Eignung aufweisen, weswegen eine Platzierung im Kern diagonal zu diesen beiden Gebieten vorgenommen wird.

Die ebenso gegebene (teilweise) Eignung für die beiden anderen Aufgabengebiete „ziehen“ den Mechatroniker enger in den Kern als das bloße Ergebnis der Gesamtpunktzahl signalisiert.

Anlagenmechaniker/-in

Gesamtpunktzahl = 4 x 0,5 Punkte = 2,0 Punkte. Der Beruf ist vorwiegend nur im Einsatzgebiet der Prozessindustrie von den Entwicklungen Industrie 4.0 betroffen. Daher wird der Beruf auf der Achse Produktionsumsetzung im Industrie 4.0-Berufe-Atlas ganz am Rand platziert.

Elektroniker/-in für Betriebstechnik

Gesamtpunktzahl = 4 x 1 Punkt + 3 x 0,5 Punkte = 5,5 Punkte. Hinzu kommt bei diesem Beruf im Vergleich zu Mechatronikern die größere Einseitigkeit, wodurch er am inneren Rand des zweiten Kreisringes platziert wird.

Kommen die Experten zu einer hohen Gesamtpunktzahl (> 5), dann wird der Beruf in den Kern des Kreisringes des Industrie 4.0-Berufe-Atlas platziert, bei 2 bis 5 Punkten im zweiten Kreisring. Abhängig von der „Passgenauigkeit“ für die vier Aufgabengebiete des Industrie 4.0-Berufe-Atlas erfolgt die Platzierung eines Berufes weiter innen oder weiter außen im Kreisring (vgl. Abbildung 22).

Wird ein Beruf mit weniger als 2 Punkten in der Gesamtbewertung bewertet, wird er nicht in den Industrie 4.0-Berufe-Atlas aufgenommen.

Dieses etwas aufwändige Verfahren gibt Anhaltspunkte, welche der Berufsbilder mit welcher Tiefe zu überarbeiten sind. Im Rahmen der Studie wurde die Bewertung von den Autoren und wenigen ausgewählten Berufsbildungsexperten vorgenommen.

8.3.1 Auswertung der Ordnungsmittel

Die neun Handlungsfelder von Industrie 4.0 tangieren die einzelnen Ebenen der Automatisierungspyramide, allerdings aus Sicht der Facharbeit und der dafür relevanten Anforderungen. Dabei ist davon auszugehen, dass sich innerhalb von Industrie 4.0 die Ebenen in der Automatisierungspyramide verschieben und verändern werden (vgl. Kapitel 4).

Ein Abgleich erfolgt, indem die beruflichen Handlungsfelder Industrie 4.0 (siehe Kapitel 8.2) mit denjenigen in den Ordnungsmitteln implizierten verglichen werden. Letztere müssen in einem eigenen Schritt aus den Ordnungsmitteln generiert werden. Das Ergebnis ist in Tabelle 8 dargestellt.

Die aus den Ordnungsmitteln generierten beruflichen Handlungsfelder sind normativ im Sinne der Berufsbilder und Ordnungsmittel beschrieben und bilden die rechte Spalte der ausgewählten Berufe in Tabelle 8. Diese Handlungsfelder werden dann den oben in Kapitel 8.2 beschriebenen generischen Handlungsfeldern Industrie 4.0 gegenüber gestellt. Die Gegenüberstellung wird in Kapitel 8.3.2 vorgenommen.

Da die Ordnungsmittel (noch) nicht immer kompetenzorientiert formuliert sind, werden die Berufsbildpositionen des Ausbildungsrahmenplans und die Aussagen in den Ordnungsmitteln für die Deckungsanalyse verwendet. Die Ordnungsmittel werden allerdings unter Berücksichtigung der beruflichen Handlungsfelder der Ausbildungsberufe interpretiert, so dass kontextspezifische berufliche Kompetenzen für die Berufsbildpositionen deutlicher werden (so wie in Tabelle 8 zusammengefasst). Die so generierten Ergebnisse der Ordnungsmittelanalyse werden den generischen Handlungsfeldern von Industrie 4.0 gegenübergestellt, um Abweichungen oder Übereinstimmungen zu bestimmen. Dieses wird für jeden einzelnen aktuellen M+E Beruf (Stand: Dezember 2015) getan (vgl. Kapitel 8.3.2).

Tabelle 8

Berufliche Handlungsfelder der Ausbildungsberufe

<i>Beruf</i>	<i>Berufliche Handlungsfelder (abstrahiert aus den Ordnungsmitteln)</i>
Anlagenmechaniker/-in	Herstellen, Erweitern, Umbauen, Instandhalten von Anlagen im Bereich des Anlagen-, Apparate- und Behälterbaus, der Prozessindustrie, der Versorgungstechnik sowie der Lüftungstechnik.
Industriemechaniker/-in	Herstellen, Montieren, Instandhalten, Automatisieren von technischen Systemen des Feingerätebaus, Maschinen- und Anlagenbaus & der Produktionstechnik.
Konstruktionsmechaniker/-in	Fertigen, Montieren und Demontieren von Stahlbauteilen, Metallkonstruktionen und Ausrüstungen im Feinblechbau, Schiffbau oder Stahl- und Metallbau.
Werkzeugmechaniker/-in	Herstellen, Inbetriebnahme und Instandhalten von Werkzeugen der Formentechnik, Instrumententechnik, Stanztechnik und Vorrichtungstechnik.
Zerspanungsmechaniker/-in	Planen und Herstellen von Bauteilen und Baugruppen der Einzel- und Serienfertigung mit spanabhebenden Verfahren sowie Programmieren und Qualitätssicherung des Fertigungsablaufs.

Fertigungsmechaniker/-in	Montieren von Einzelteilen oder Baugruppen zu industriellen Serienerzeugnissen sowie Qualitätssicherung im Fertigungsprozess im Maschinen- und Anlagenbau, der Haushaltsgeräteindustrie, im Fahrzeugbau sowie bei Herstellern medizintechnischer Geräte.
Fachkraft für Metalltechnik	Herstellen von Bauteilen und Baugruppen sowie Montieren von Baugruppen und Systemen im Bereich der Montagetechnik, Konstruktionstechnik, Zerspanungstechnik oder Umform- und Drahttechnik.
Maschinen- und Anlagenführer/-in	Einrichten, Bedienen, Warten und Inspizieren von Maschinen und Anlagen in der Produktion der Metall- und Kunststofftechnik, Textiltechnik, Textilveredelung, Lebensmitteltechnik, Druckweiter- und Papierverarbeitung.
Mechatroniker/-in	Aufbauen, Installieren, Programmieren, Inbetriebnahme, Überwachen, Störungsdiagnose und Instandsetzen mechatronischer Systeme.
Produktionstechnologe/-in	Einrichten, Anfahren, Betreiben, Warten und Konfigurieren von Produktionsanlagen sowie Analysieren und Überwachen, Simulieren, Optimieren und Organisieren von Produktionsprozessen im Bereich der Produktherstellung, Produktionsmittelherstellung oder der produktionsunterstützenden Dienstleistung.
Technische/r Produktdesigner/-in	Rechnergestütztes Gestalten, Konstruieren, Berechnen, Simulieren und Dokumentieren von Metall- und Kunststoff-Produkten nach technischen & gestalterischen Vorgaben unter Berücksichtigung der Fertigung.
Technische/r Systemplaner/-in	Erstellen von Zeichnungen und Dokumentationen für die Herstellung, die Montage und den Betrieb von Systemen der Versorgungs- und Ausrüstungstechnik, Stahl- und Metallbautechnik oder Elektrotechnik.
Industrieelektriker/-in	Montieren, Installieren und Verbinden von Komponenten elektrischer Systeme und Anlagen; Inbetriebnahme und Instandhalten von elektrischen Systemen und Anlagen (FR Betriebstechnik); Herstellen und Inbetriebnahme von elektrischen Komponenten, Geräten und Systemen (FR Geräte und Systeme).
Elektroniker/-in für Maschinen- und Antriebstechnik	Herstellen, Inbetriebnahme und Instandhalten von elektrischen Maschinen und Antrieben, sowie deren Störungsdiagnose.
Elektroniker/-in für Gebäude und Infrastruktur	Errichten, Installieren, Konfigurieren, Instandhalten und Betreiben von Gebäudesystemtechnik.
Elektroniker/-in für Betriebstechnik	Montieren, Anschließen, Inbetriebnahme, Installieren, Konfigurieren und Programmieren von elektrischen, elektronischen und IT-unterstützten Systemen im Bereich der Energieversorgung, Gebäudetechnik einschließlich Beleuchtung und Vernetzung, produktions-/verfahrenstechnischen Anlagen oder schalt-, mess-, steuerungs- und regelungstechnischen Anlagen.

Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik	Entwickeln, Installieren, Konfigurieren, Inbetriebnahme und Instandhalten von Automatisierungssystemen; Programmieren und Testen von Anwendungssoftware.
Elektroniker/-in für Geräte und Systeme	Herstellen, Konfigurieren und Installieren, Instandhalten, Prüfen und Einrichten elektronischer Komponenten, Geräte und Systeme.
Elektroniker/-in für Informations- und Systemtechnik	Entwickeln, Implementieren, Installieren, Konfigurieren und Instandhalten industrieller informationstechnischer Systeme und deren Schnittstellen.
IT-Systemelektroniker/-in	Inbetriebnahme, Konfigurieren, Diagnostizieren, Beseitigen von Störungen, Instandsetzen von IT-Systemen.
Fachinformatiker/-in	Installieren, Planen und Projektieren von IT-Lösungen, Betreuen und Supporten einschließlich Störungsbeseitigung von IT-Installationen; Auswählen, Integrieren, Konfigurieren, Testen und Dokumentieren von IT-Systemen (FR Systemintegration); Modellieren, Programmieren, Administrieren, Dokumentieren und Testen von IT-Anwendungen (FR Anwendungsentwicklung).

Der Vorgang des „in Deckung bringen“ erfordert eine Interpretation und damit Gewichtung der erkannten Veränderungen bei Industrie 4.0, die dann unter Berücksichtigung der Offenheit der Beschreibungen bei den existierenden Berufsbildern und Ordnungsmitteln betrachtet werden müssen. Für die Gewichtung der Veränderungen werden hier die Ergebnisse und Einblicke aus den Felduntersuchungen und Expertengesprächen genutzt, wobei zu berücksichtigen ist, dass diese Erkenntnisse aus Aussagen zu Faktoren der Organisation (Prozessorganisation, Prozesssicherheit, Prozesseffizienz und -optimierung, Prozess Erfahrung, Prozessqualität, Prozessverständnis) und der Technologie (Sensorik / Aktorik, Vernetzung, Funktechnik, Big-Data, Cloud-Computing, Arbeitsplatzintelligenz, Datensicherheit) bestehen.

Die aufgrund der Implementierung von Industrie 4.0 beschriebenen Veränderungen auf der Shop-Floor-Ebene (vgl. Kapitel 5) sind Grundlage für den konkreten Abgleich mit den Inhalten und Kompetenzen der Ordnungsmittel. In einem ersten Schritt werden in Anlehnung daran die generierten beruflichen Handlungsfelder der M+E Berufe aufgelistet (vgl. Tabelle 8), bevor im zweiten Schritt ein Abgleich mit den generischen Handlungsfeldern Industrie 4.0 erfolgt. Dieser Schritt ist mit Interpretationsvorgängen verbunden, die helfen, die beruflichen Kompetenzen in den Ordnungsmitteln mit Blick auf die Herausforderungen durch Industrie 4.0 zu verstehen. Ergebnisse dieses Vorgehens (Interpretation der Ordnungsmittel einerseits und feststellen der Veränderungen durch Industrie 4.0 andererseits) werden dann genutzt, um die beruflichen Kompetenzen aus den Ordnungsmitteln mit den generischen Industrie 4.0-Handlungsfeldern aus Kapitel 8.2 für jeden Beruf zu kreuzen.

Das Lesen der Ausbildungspositionen des Ausbildungsrahmenplans erfolgt also unter Berücksichtigung der Bedeutung der Berufsbildpositionen für das berufliche Handeln und die beruflichen Handlungsfelder und wird an den empirischen Erkenntnissen zu

Veränderungen durch Industrie 4.0 an den *neun* generischen Handlungsfeldern gespiegelt, die eine Referenz für ordnungsmittelbezogene Entscheidungen darstellen.

Durch die Analyse eines gesamten Berufsbildes kann eine Einschätzung zur Eignung des Berufes für das Handeln in den relevanten Industrie 4.0-Handlungsfeldern getroffen werden. Diese Einschätzung wird in Kapitel 8.3.2 vorgenommen und basiert auf der summarischen Bewertung der Eignung hinsichtlich einzelner Ausbildungspositionen.

Für die Auswertung auf der Ebene einzelner Ausbildungspositionen werden für die Bewertung drei Alternativen genutzt. Diese haben nachstehend benannte Bedeutung (vgl. auch nachstehende Übersicht):

- ein „ – “ sagt aus, dass die Veränderungen in den beruflichen Handlungsfeldern Industrie 4.0 die Berufsbildposition nicht beeinflussen;
- ein „ ✓ “ sagt aus, dass die Veränderungen in den beruflichen Handlungsfeldern Industrie 4.0 durch die Berufsbildposition hinreichend berücksichtigt sind;
- ein „ ? “ sagt aus, dass die Veränderungen in den beruflichen Handlungsfeldern Industrie 4.0 durch eine Modifikation des Ausbildungsinhaltes aufgefangen werden können.

Übersicht

Kodierung der Bewertung

M+E Beruf

Empirische Erkenntnisse zu Veränderungen in den beruflichen Handlungsfeldern und Abgleich mit Ordnungsmitteln

Berufliche Handlungsfelder der M+E Berufe, aufgelistet nach den laufenden Nummern des Ausbildungsberufsbildes im Ausbildungsrahmenplan.

Interpretation:

„ – “ Veränderungen beeinflussen das Berufsbild nicht.

„ ✓ “ Veränderungen sind durch das Berufsbild und die Ordnungsmittel abgedeckt (AO-Punkt).

„ ? “ Veränderungen können durch Berücksichtigung in den Ordnungsmitteln aufgefangen werden.

Es wurde sehr bewusst ein nur „dreigliedriges“ Bewertungsschema verwendet, um sicher zu stellen, dass der Interpretationsspielraum im Rahmen der Bewertung nicht so fein ausdifferenziert wird, dass Zuordnungen und Entscheidungen letztlich nicht mehr möglich sind.

8.3.2 Bewertung von Berufen mittels Deckungsanalyse

Um für alle M+E Berufe eine möglichst einheitliche Benennung beruflicher Handlungsfelder zu ermöglichen, wurden in der Tabelle 8 die berufsspezifischen Handlungsfelder unter Einbezug des Arbeitskontextes (Einsatzgebiete, Fachrichtungen, Handlungsfelder) definiert. Die IT-Berufe, die bei den Erhebungen als Berufe mit hoher Affinität zu Industrie 4.0 identifiziert wurden, werden mit berücksichtigt. Die Definitionen sind kompetenzorientiert.

Die so generierten Ergebnisse der Ordnungsmittelanalyse werden nachfolgend den generischen Handlungsfeldern von Industrie 4.0 gegenübergestellt, um Abweichungen oder Übereinstimmungen zu bestimmen. Dieses wird für jeden einzelnen aktuellen M+E Beruf (Stand: Dezember 2015) getan. Die zusammenfassende Bewertung ist in Tabelle 9 zusammengestellt.

Die für jeden einzelnen Beruf durchgeführten Bewertungen sind in den Tabellen im Anhang (Tabelle 11 bis 30) dargestellt. Diese Darstellungsform wurde gewählt, um den Text in den Hauptkapiteln übersichtlich gestalten zu können.

In Tabelle 9 (Matrix) werden für alle M+E Berufe und für die ausgewählten IT-Berufe zusammenfassende Hinweise gegeben, ob aufgrund der Implementierung von Industrie 4.0 und den daraus resultierenden Veränderungen in neun generischen Handlungsfeldern die existierenden Berufsbilder betroffen sind. Das Verfahren für die Bewertung jedes einzelnen Berufs mittels der Deckungsanalyse ist eingangs dieses Abschnittes beschrieben.

Durch die Bewertung eines jeden Berufes mit einer Gesamtpunktzahl auf der

- Grundlage des Verfahrens zur Deckungsanalyse und der
- generischen Handlungsfelder Industrie 4.0 (siehe Horizontale in der Matrix)

wird benannt, wie intensiv einzelne Berufsbilder von der Implementierung von Industrie 4.0 betroffen sind. Die Gesamtbewertung eines jeden Berufes in Punkten und die Einzelbewertung jedes Berufes (siehe Tabelle 9 und Tabellen 11 bis 30 im Anhang) liefert auch Aussagen dazu, ob und wie intensiv ein Berufsbild modifiziert und verändert werden soll, um den Anforderungen von Industrie 4.0 gerecht zu werden. Mittels der Bewertung wird auch deutlich, welche Berufe zumindest derzeit von der Implementierung von Industrie 4.0 (noch) nicht oder nur wenig betroffen sind.

Die detaillierte Bewertung eines Berufes mittels Deckungsanalyse wird genutzt, um eine Gesamtbewertung vorzunehmen. Nachstehend ist diese beispielhaft für den Anlagenmechaniker/-in und Mechatroniker/-in benannt:

Anlagenmechaniker/-in

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist nur im Einsatzgebiet Prozessindustrie von den Entwicklungen der Industrie 4.0 betroffen und weist damit nur eine geringe Deckung mit Industrie 4.0-Handlungsfeldern auf. Die Experten kommen zu einer Bewertung von 2,0 Punkten, d. h. der Beruf wird auf der Achse Produktionsumsetzung im Industrie 4.0-Berufe-Atlas ganz am Rand platziert (vgl. Abbildung 22).

Mechatroniker/-in	?	✓	✓	?	?	?	?	-	✓	5,5	6
Produktionstechnologe/-in	-	-	-	-	?	-	-	-	-	0,5	2
Technische/r Produktdesigner/in	?	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	0,5
Technische/r Systemplaner/in	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Industrieelektriker/-in	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Elektroniker/-in für Maschinen- und Antriebstechnik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Elektroniker/-in für Gebäude und Infrastruktur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Elektroniker/-in für Betriebstechnik	?	?	✓	✓	?	✓	-	-	✓	4,5	5
Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik	✓	✓	✓	?	✓	✓	?	?	✓	7,5	7,5
Elektroniker/-in für Geräte und Systeme	?	?	✓	?	?	-	?	?	✓	5	3,5
Elektroniker/-in für Informa- tions- und Systemtechnik	?	?	?	?	?	?	?	-	?	4	4
IT-Systemelektroniker/-in	?	✓	?	-	-	?	?	-	?	3,5	4
Fachinformatiker/-in	✓	?	✓	-	?	?	-	-	✓	5	5,5

Bei der Bewertung der einzelnen Berufe werden die gemeinsamen Berufsbildpositionen der Berufsbilder wie folgt behandelt: Die gemeinsamen Kernqualifikationen oder vergleichbaren Positionen (meist Berufsbildpositionen 1 bis 12) der industriellen Metallberufe sind in Teilen für die veränderten Anforderungen durch Industrie 4.0 relevant, werden jedoch in die spezifische Auswertung mit Blick auf Industrie 4.0 nicht einbezogen. Der Grund dafür ist, dass diese Positionen von übergeordneter Bedeutung sind. Insbesondere das Planen, Organisieren und Bewerten der Arbeit (Nr. 6), die betriebliche und technische Kommunikation, die Steuerungstechnik (Nr. 10) und die Kundenorientierung (Nr. 12) sind für das Arbeiten in der vernetzten Produktion in allen generischen Handlungsfeldern relevant. Hier wären vor allem in der Ausbildungspraxis geeignete Auslegungen und Umsetzungen zu praktizieren, um für die Steuerungstechnik, die Kommunikationstechniken sowie domänenübergreifende Kooperationen den Bezug zu Industrie 4.0 zu intensivieren. Das ist erforderlich, um den modernen Produktionsprinzipien gerecht zu werden.

Begriffsklärung: Kernqualifikationen, integrative Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten, gemeinsame berufsprofilgebende Positionen

In den Ausbildungsordnungen werden grundlegende Berufsbildpositionen (zwischen vier bis zwölf) mit den in der Überschrift genannten Begrifflichkeiten spezifiziert. Die dabei jeweils zugeordneten Inhalte, Qualifikationen und / oder Kompetenzen sind von übergeordneter Relevanz – oft über einzelne Berufsbilder hinweg – und zählen zu den Grundlagen für jeden einzelnen Beruf. Diese Positionen haben eine allgemeine Bedeutung auch mit Blick auf Industrie 4.0. In der Analyse wird diese Tatsache durch die folgende Kennzeichnung ausgedrückt: „Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen“.

Wenn es im Zusammenhang mit Industrie 4.0 um die Frage notwendiger Veränderungen und Optimierungen geht, dann sind diejenigen Berufsbildpositionen angesprochen, die nicht zu den hier genannten grundlegenden gehören.

8.4 Erkenntnisse aus der Deckungsanalyse

Der Abgleich zwischen Berufsbildern und neuen Qualifikationsanforderungen aufgrund des Einflusses von Industrie 4.0 auf der Basis der definierten generischen Handlungsfelder weist auf die Zweckmäßigkeit einer Clusterung von Handlungsfeldern und Zuordnung der vier für Industrie 4.0 besonders relevanten Berufsprofile hin (Gesamtpunktzahl Relevanz > 5) hin. Diese Zuordnung zeigt Tabelle 10. Der Grad der Zuordnung wird zusätzlich in drei Stufen differenziert, die farblich durch den Schwärzungsgrad gekennzeichnet sind. Die Kennzeichnung bringt zum Ausdruck, welche der Berufsbildpositionen die Anforderungen von Industrie 4.0 in welcher Intensität erfüllt. Dazu nachstehende zusammenfassende Erläuterungen.

Bei dem Mechatroniker ist darauf hinzuweisen, dass die Ordnungsmittel nicht eindeutig die Relevanz dieses Profils für die Instandhaltung zum Ausdruck bringen. In der Realität spielt die Ausrichtung des Profils auf Service und Instandhaltung jedoch eine große Rolle. Überraschend mag sein, dass beim Produktionstechnologen nur eine geringe Deckung ausgewiesen ist. Das ist darauf zurückzuführen, dass dieses Profil wenig konkreten Produktionsbezug aufweist, sondern eher dienstleistungsbezogen mit Blick auf das Produktionsumfeld formuliert ist.

- **Industriemechaniker/-in:** Damit Industriemechaniker Kernaufgaben der Instandhaltung, der Anlagenüberwachung, des Prozessmanagements, Datenmanagements sowie der Störungssuche und -behebung übernehmen können, müssen die Ordnungsmittel aktualisiert werden. Die veralteten Ausbildungsinhalte zu „konventioneller“ Steuerungstechnik und nicht zeitgemäße Herangehensweisen für Überwachungs- und Diagnoseaufgaben in der Produktion sind zu aktualisieren und hinsichtlich des Einflusses von vernetzten Produktionssystemen und des Softwareeinsatzes

- für die Anlagensteuerung und -überwachung und einer IT-basierten Fehlerdiagnose zu überarbeiten.
- Mechatroniker/-in: Das Berufsbild ist gut geeignet, um Produktionssysteme aufzubauen, einzurichten und zu konfigurieren und das Prozessmanagement zu betreiben. Mechatroniker müssten allerdings stärker als bisher von Anfang an den Umgang mit Cyber-Physischen Systemen in der Produktion lernen statt mit einer beschränkten Auswahl an Inhalten der metalltechnischen und elektrotechnischen Berufe (stärker integrativen Ansatz betonen) konfrontiert zu werden. Das Berufsbild ist zu sehr durch ein Verständnis von Mechatronik geprägt, welches von einer Addition von Mechanik, Pneumatik, Hydraulik, Elektrik, Steuerungstechnik, Messtechnik, Informations- und Kommunikationstechnik usw. ausgeht. Falls es auf Industrie 4.0 vorbereiten soll, ist es konsequent integrativ und damit prozessbezogener anzulegen.
 - Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik: Der Beruf passt ähnlich wie der Mechatroniker gut zu den Industrie 4.0-Anforderungen – für den Bereich der Vernetzung von Produktionssystemen ist er noch besser geeignet, müsste aber produktionsnäher ausgebildet sein, weil die Ausrichtung des Berufsbildes bislang eher auf die elektrotechnische und IT-Infrastruktur abzielt.
 - Fachinformatiker/-in: Das Berufsbild ist gut dafür geeignet, um Aufgaben der Vernetzung und des IT-gestützten Betriebes von Produktionsanlagen im Zusammenhang der Implementierung von Industrie 4.0 zu realisieren. Dafür müssten die Produktionsprozesse jedoch in den Mittelpunkt des Berufes gestellt werden.

Tabelle 10

Clustering von Handlungsfeldern

Industriemechaniker/-in	Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik Mechatroniker/-in	Fachinformatiker/-in
Schwerpunkt: Industrie 4.0 „Instandhaltung und Anlagenbetrieb“	Schwerpunkt: Industrie 4.0 „Anlageneinrichtung und Störungsdiagnose“	Schwerpunkt: Industrie 4.0 „Produktionsinformatik / Anlagenvernetzung und IT-Störungsdiagnose“
Anlagenplanung	Anlagenplanung	Anlagenplanung
Anlagenaufbau	Anlagenaufbau	Anlagenaufbau
Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme
Anlagenüberwachung	Anlagenüberwachung	Anlagenüberwachung
Prozessmanagement	Prozessmanagement	Prozessmanagement

Datenmanagement	Datenmanagement	Datenmanagement
Instandhaltung	Instandhaltung	Instandhaltung
Instandsetzung	Instandsetzung	Instandsetzung
Störungssuche und -behebung	Störungssuche und -behebung	Störungssuche und -behebung

Eignung des Berufsbildes zur Übernahme von Aufgaben im generischen Industrie 4.0-Handlungsfeld (mit Anpassungen / Ergänzungen / Modifikationen) (?)

Hohe Eignung des Berufsbildes zur Übernahme von Aufgaben im generischen Industrie 4.0-Handlungsfeld (mit Anpassungen / Ergänzungen) (✓)

Keine Änderungen bei Berufsbildpositionen zur Übernahme von Aufgaben im generischen Industrie 4.0-Handlungsfeld (–)

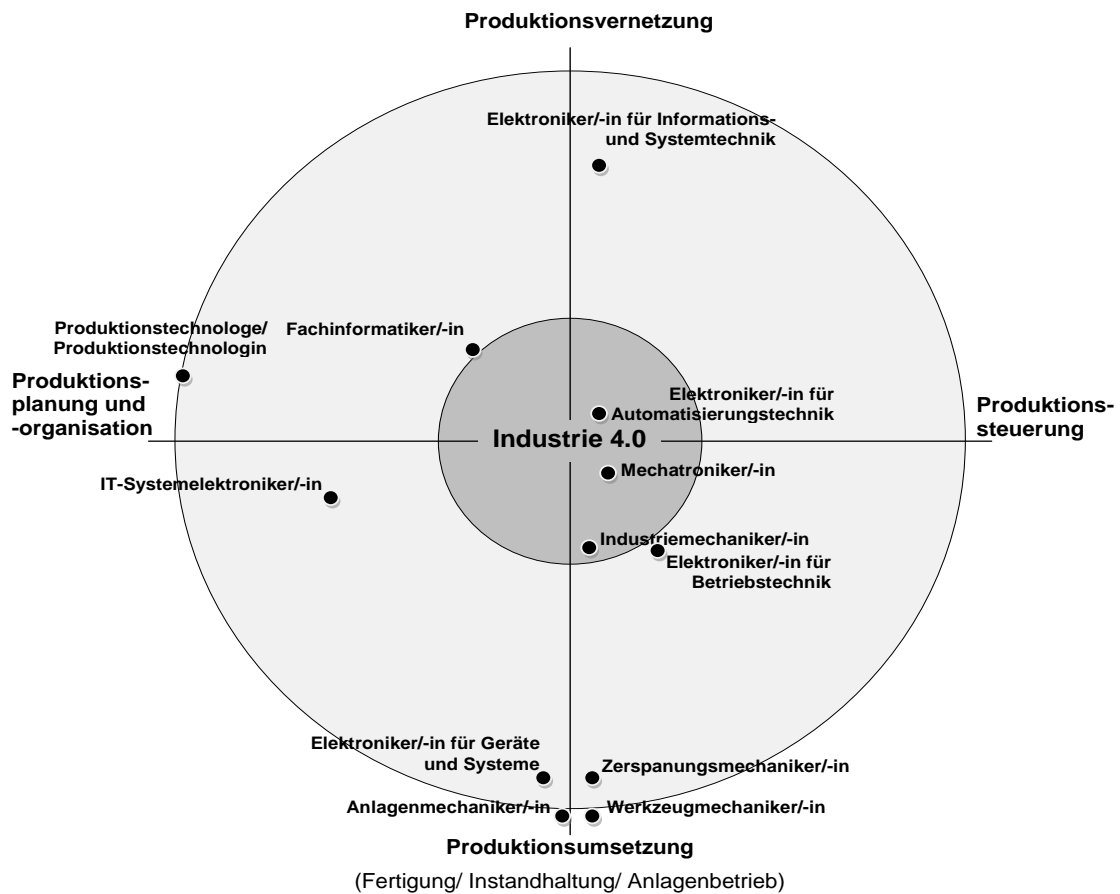
Obwohl die vier Berufsprofile eine große Nähe zu den Industrie 4.0 Anforderungen aufzeigen, empfehlen sich Aktualisierungen einzelner Ausbildungsinhalte und Kompetenzen, um die generischen Handlungsfelder Industrie 4.0 darin besser zu verankern. Auf welche Handlungsfelder sich die Fortschreibungen konzentrieren sollen, zeigt Tabelle 10 auf.

Auf eine detaillierte Beschreibung weiterer Berufsbilder und deren genaueren Bezug zu den aus Industrie 4.0 resultierenden Anforderungen wird hier verzichtet, weil Tabelle 9 einen ausreichenden Überblick gibt und detailliertere Bewertungen im Anhang nachgeschlagen werden können. Nachstehend wird jedoch eine Verortung aller M+E-Berufsprofile (einschließlich der beiden IT-Profile) vorgenommen, um diese mit Bezug auf deren Relevanz hinsichtlich Industrie 4.0 besser einordnen zu können.

Aus der Deckungsanalyse heraus lässt sich die Feststellung treffen, dass ein einziges Berufsprofil wohl nicht in der Lage ist, alle Herausforderungen durch Industrie 4.0-Einflüsse aufzunehmen; dazu sind die Anforderungen zu vielseitig und breit gefächert. Es ist deshalb sinnvoll, geeignete Berufsprofile in einem Industrie 4.0-Berufe-Atlas zu verorten, um so einen Überblick zur Ausrichtung und Eignung einzelner Berufsbilder zu gewinnen (vgl. Abbildung 22). Grundlage für die Platzierung einzelner Berufsprofile im Berufe-Atlas ist die jeweils vergebene Gesamtpunktzahl.

Abbildung 22

M+E Berufe und ausgewählte IT-Berufe im Industrie 4.0-Berufe-Atlas (innerer Ring: Relevanz 5-10; äußerer Ring: Relevanz 2-5)



Quelle: Eigene Darstellung

Literaturverzeichnis

- acatech (Hrsg.) (2011)** Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion (acatech POSITION). Heidelberg: Springer Verlag.
- acatech (2013)** Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main.
- agiplan GmbH; Frauenhofer IML; ZENIT (2015)** Studie. Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). - URL:
<http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/erschliessen-der-potenziale-der-anwendung-von-industrie-4-0-im-mittelstand,property=pdf,be-reich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>
(Stand: 17.02.2016).
- Ahrens, D., Spöttl, G. (2015)** Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hrsg.): Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden: edition sigma, S. 185-204.
- Bauer, H. G., F. Böhle, F., Munz, C., Pfeiffer, S., Woicke, P. (2002)** Hightech-Gespür – Erfahrungsgelitetes Arbeiten und Lernen in hochtechnisierten Arbeitsbereichen. Bielefeld: W. Bertelsmann.
- Bauernhansl, T., ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B. (Hrsg.) (2014)** Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Vieweg. Anwendung - Technologien – Migration. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (Hrsg.) (2014)** Industriebericht Bayern, S. 20.
- Becker, M., Spöttl, G. (2015)** Berufswissenschaftliche Forschung. Ein Arbeitsbuch für Studium und Praxis. Frankfurt a. M., u.a.: Peter Lang Verlag.
- Bettenhausen, K., Kowalewski, S. (2013)** Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA), Düsseldorf. Internet: https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf [09.02.2016].
- BIBB (2015a)** Ausbildungsverträge Gesamt Bayern. Bundesinstitut für Berufsbildung. Erhebung zum 30. September (<https://www.bibb.de/de/39437.php>).
- BIBB (2015b)** Ausbildungsberufe nach Neuabschlüssen in Bayern / Deutschland (<https://www.bibb.de/de/24561.php>).
- Brainbridge, L. (1983)** Ironies of Automation. In: Automatica. Vol. 19, No. 6, pp. 775-779.
- Bundesministerium für** Zukunftsbild Industrie 4.0. Berlin.

- Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2013)** http://www.bmbf.de/pubRD/Zukunftsbild_Industrie_40.pdf (letzter Zugriff: 21.03.2014).
- Dehnbostel, P. (1993)** Lernen im Arbeitsprozess und neue Lernortkombinationen. In: Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.): Umsetzung neuer Qualifikationen in die Berufsbildungspraxis. Entwicklungstendenzen und Lösungswege. Nürnberg: BW Bildung und Wissen, S.163-168.
- Dehnbostel, P. (2010)** Betriebliche Bildungsarbeit. Kompetenzbasierte Aus- und Weiterbildung im Betrieb. Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- Dehnbostel, P. (2014)** Perspektiven für betriebliches und eLearning: Informelles Lernen im Prozess der Arbeit. Text abrufbar unter: <http://www.community-of-knowledge.de/beitrag/perspektiven-fuer-betriebliches-und-elearning-informelles-lernen-im-prozess-der-arbeit> (Zugriff am: 04.02.2016).
- Fleisch, E., Christ, O., Dierkes, M. (2005)** Die betriebswirtschaftliche Vision des Internet der Dinge. In: Fleisch, E; Mattern, F. (Hrsg.): Das Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. Berlin: Springer, S. 3–37.
- Geisberger, E, Broy, M. (2012)** agenda CPS – Integrierte Forschungsagenda Cyper-Physical Systems. Heidelberg u.a.: Springer Verlag.
- Gorltd, C., Pflaum, A. (2014)** Auf dem Weg zur Industrie 4.0. In: Industrie Management. Jg. 30, Heft 1, S. 15-18.
- Grantz, T., Schulte, S., Spöttl, G. (2009)** Lernen im Arbeitsprozess oder: Wie werden Kernarbeitsprozesse (berufspädagogisch legitimiert) didaktisch aufbereitet? Text abrufbar unter: http://www.bwpat.de/ausgabe17/grantz_etal_bwpat17.pdf (Zugriff am: 05.02.2016).
- Hammermann, A., Stettes, O. (2015)** Beschäftigungseffekte der Digitalisierung - Erste Eindrücke aus dem IW-Personalpanel. In: Institut der deutschen Wirtschaft (Hrsg.): Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung. Jg. 42, Heft 3, Köln: iw, S. 77-94.
- Hartbrich, I., Fouhy, K., Schmitz, W. (2016)** Mittelstand zögert bei Industrie 4.0. In: VDI Nachrichten, Nr. 5, 5. Februar 2016, S. 8.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014a)** Wandel von Produktionsarbeit – Industrie 4.0. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 38/2014. TU Dortmund.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014b)** Forschungsfragen und Entwicklungsstrategien. Entwicklungsperspektiven und Produktionsarbeit. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: BMWi, S. 37-42.
- Holz, W. (2015)** Industrie 4.0. - URL: www.bitkom.org/Presse/Anhaenge-an-PIs/2015/04-April/BITKOM-PK-Industrie-40-13-04-2015-final.pdf (Stand: 17.02.2016).

- Jasperneite, J. (2012)** Alter Wein in neuen Schläuchen? In: computer-automation. http://www.ciit-owl.de/uploads/media/410-10%20gh%20Jasperneite%20CA%202012-12_lowres1.pdf (Zugriff:10.03.2015).
- Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (Hrsg.) (2013)** Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt am Main: acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
- Kärcher, B. (2014)** Erfahrungen und Herausforderungen in der Industrie. Alternative Wege in die Industrie 4.0 - Möglichkeiten und Grenzen. In: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. Berlin: BMWi, S. 19-25.
- Kunz, Ch. (2015)** Next generation competencies for a digital world – Erfahrungen aus dem Siemens-Projekt "Industrie 4.0@SPE". In: Berufsausbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP), Jg. 44, Heft 6, S. 33-35.
- Kurz, C. (2013)** Qualität der Arbeit wird sich ändern. In: VDMA Nachrichten, März 2013, S. 26.
- Möhrle, M. G., Isenmann, R. (2008)** Technologie-Roadmapping: Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Nuissl, E. (2003)** Leistungsnachweise in der Weiterbildung. Text abrufbar unter: http://www.report-online.net/recherche/einzelhefte_inhalt.asp?id=525 (Zugriff am: 05.02.2016).
- Pfeiffer, S., Suphan, A. (2015)** 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. Universität Hohenheim: Fg. Soziologie.
- Plattform Industrie 4.0. (2013)** Was Industrie 4.0 (für uns) ist. Online-Ressource: <http://www.plattform-i40.de/blog/was-industrie-40-f%C3%BCr-uns-ist>. Abruf am 04.06.2015.
- Promotorengruppe (2012)** Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft-Wissenschaft-Bericht: IM Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 – Handlungsempfehlung zur Umsetzung. Berlin, März 2012.
- Protokoll – Zweiter Experten-Workshop (2015)** Industrie 4.0. Konferenzzentrum München, 25. November 2015. Die bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber. München: vbw, Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.
- Schröder, L., Urban, H.-J. (Hrsg.) (2016)** Gute Arbeit. Digitale Arbeitswelt – Trends und Anforderungen. Frankfurt am Main: Bund-Verlag.
- Schumann, A., Assenmacher, M., Liecke, M., Reinecke J., Sobania, K. (2014)** Wirtschaft 4.0 - Große Chancen, viel zu tun - Das IHK-Unternehmensbarometer zur Digitalisierung. Berlin, Brüssel: Deutscher Industrie- und Handelskammertag.
- Spöttl, G. (1996)** Perspektivwechsel bei der Strukturierung beruflicher Lehrinhalte als Antwort auf die neuen Technologien. Alsbach/Bergstraße: LTV-Verlag.

- Statista (2015)** <http://de.statista.com/> (Zugriff: 03.03.2016)
- Straka, G. A. (2003)** Die Metaphern non-formelles und informelles Lernen und ihre Bedeutung für die bundesdeutsche Berufsbildung. In: Straka, G. A. (Hrsg.): Zertifizierung non-formell und informell erworbener beruflicher Kompetenzen. Münster: Waxmann, S. 247-255.
- Thoben, K.-D. (2014)** Industrie 4.0. RFID im Blick, Sonderausgabe „Industrie 4.0 und Logistik 4.0 aus Bremen“. Bremen: Verlag & Freie Medien, S. 9.
- VDMA (2013)** Industrie 4.0: Revolution, Zukunftsthema oder IT-Hype? VDMA-Nachrichten März 2013. <http://www.vdma.org/article/-/articleview/1178359> (Zugriff: 10.03.2015).
- Wetzel, D. (2015)** Arbeit 4.0. Was Beschäftigte und Unternehmen verändern müssen. Freiburg im Breisgau: Verlag Herder.
- Windelband, L. (2016)** Veränderungen in der Arbeitswelt, Kompetenzen und Lernen in der „Instandhaltung 4.0“. In: lernen & lehren, Jg. 31, Heft 121, 01/2016, S. 16-22.
- Windelband, L., Dworschak, B. (2015)** Veränderungen in der industriellen Produktion – Notwendige Kompetenzen auf dem Weg vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0. Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis (BWP), Jg. 44, Heft 6, S. 26-29.
- Windelband, L., Spöttl, G. (2012)** Diffusion von Technologien in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des „Internet der Dinge“. In: Faßhauer, U.; Fürstenau, B.; Wuttke, E. (Hrsg.): Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen – aktuelle Forschungen zur beruflichen Bildung. Opladen-Berlin-Toronto: Barbara Budrich, S. 205-219.
- Wolter, M. I., Mönnig, A., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Helmrich, R., Maier, T., Neuber-Pohl, C. (2015)** Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft - Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit (Hrsg.): IAB-Forschungsbericht. Heft 8. Nürnberg: IAB-BIBB.
- Zbib, N., Raileneau, S., Sallez, Y., Berger, T., Trentesaux, D. (2008)** From passive products to intelligent products: The augmentation module concept. In: Bernard, A. (Hrsg.): 5th International Conference on Digital Enterprise Technology (DET). 22.-24.10.2008. Nances, France: Publibook S. 243-259.
- Zukunftsrat der Bayerischen Wirtschaft (2015)** Bayerns Zukunftstechnologien Analyse und Handlungsempfehlungen. München: vbw, Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.

Abkürzungsverzeichnis

acatech	Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.
AD	Analog / Digital
Auto ID	Automatische Identifikation und Datenerfassung
B2B	Business-to-business
BITCOM	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
C	Programmiersprache
C#	Programmiersprache
CAD	Computer-Aided Design
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CIM	Computer Integrated Manufacturing Computerintegriertes Manufacturing
CNC-Steuerungen	Computerized Numerical Control-Steuerungen
CPPS	Cyber-Physische Produktionssysteme
CPS	Cyber-Physische Systeme
DIHK	Deutscher Industrie- und Handelskammertag
DIN	Deutsches Institut für Normung
d. V.	Der /die Verfasser
EAT	Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik
ERP	Enterprise Ressource Planning
FISI	Fachinformatiker/-in Systemintegration
FR	Fachrichtung
I/O	Input / Output Ein- / Ausgabeebene
IAB	Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung
iEMDS	intelligentes Energiedaten-Management
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
KMU	Kleine und Mittlere Unternehmen
ING-DIBA	ING-DiBa AG, Bankinstitut
ISO	Internationale Organisation für Normung

IT	Informationstechnologie
Java	Programmiersprache
M+E Industrie	Metall- und Elektroindustrie
MA/h	Mitarbeiter/ pro Stunde
MES	Manufacturing Execution System
MINT	Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik
NC-Steuerung	Nummerische Steuerung
OEE	Overall Equipment Effectiveness
ppm	parts per million (zu Deutsch: „Teile von einer Million“, Millionstel)
PPS	Produktionsplanungs- und Steuerungssystem
PROFIBUS	Process Fieldbus, Standard für Feldbus Kommunikation
QR Code	Quick Response Code, maschinelle Erfassungsmethode für Informationen
RFID	Radio Frequenz Identifikation, funkbasierte Identifikation
SAP	Hersteller für ERP Software / Firmensoftware
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition, Überwachen und Steuern technischer Prozesse mittels IT
Shop-Floor	Hallenboden
SPC	Statistical Process Control - statistische Prozesslenkung / Qualitätskontrolle
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerungen
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
Wiki	Datenbank, die von Nutzern/ Besuchern direkt bearbeitet werden kann
WLAN	Wireless Local Area Network
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

Danksagung

Die Autoren danken den nachfolgenden Organisationen für die Beteiligung an der Studie:

AFSMI German Chapter e. V.
Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung – Berufliche Schulen
AUDI AG
Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst
bbw – Bildungswerk der Bayerischen Wirtschaft e. V.
BiBB – Bundesinstitut für Berufsbildung
BMW AG
BROSE FAHRZEUGTEILE GmbH & Co. KG
Europa-Universität Flensburg
Festo AG & Co. KG
Festo Didactic SE
Fraunhofer Academy
Fraunhofer IAO Stuttgart
GESAMTMETALL – Die Arbeitgeberverbände der Metall- und Elektro-Industrie e. V.
Jungheinrich AG
KATHREIN-WERKE KG
KUKA AG
KUKA Roboter GmbH
KUKA Systems GmbH
MAN Diesel & Turbo SE
Maschinenfabrik Reinhausen GmbH
MSF Vathauer Antriebstechnik GmbH
OHB Teledata GmbH
Robert Bosch GmbH
ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG
Seeburger AG
Siemens AG
ThyssenKrupp Systems Engineering GmbH
Trumpf GmbH & Co. KG
Technische Universität Dortmund
Technische Universität Dresden
Technische Universität München
Universität Bremen
WAREMA Renkhoff SE
ZF Friedrichshafen AG

Anhang

Im Anhang sind für jeden einzelnen Beruf die Tabellen aufgelistet, die das Ergebnis des Abgleiches dokumentieren. Die Verschiebungen wurden vorgenommen, um das Hauptdokument lesbarer zu gestalten.

Tabelle 11

Anlagenmechaniker/-in – Bewertung

Generisches Handlungsfeld									
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung
Berufsbildposition									
1-12 Kernqualifikationen	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen								
13 Bearbeiten von Aufträgen	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-
14 Herstellen und Montieren von Bauteilen und Baugruppen	-	✓	-	-	-	-	-	-	-
15 Instandhaltung; Feststellen, Eingrenzen und Beheben von Fehlern und Störungen	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓
16 Bauteile und Einrichtungen prüfen	-	-	1	2	-	-	-	-	-
17 Geschäftsprozesse und Qualitätssicherungssysteme im Einsatzgebiet	-	-	-	3	3	3	-	-	-

Kommentierung

- 01: 16 b) Regelungs- und Steuerungseinrichtungen sowie Sicherheitseinrichtungen auf Funktion prüfen.
- Eine Ergänzung im Bereich der Prozessindustrie erscheint hinsichtlich der Vernetzung und deren Analyse, Überwachung und Einrichtung notwendig zu sein.
- 02: e) Prüfprotokolle erstellen.

9 Manuelles und maschinelles Spanen, Trennen und Umformen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 Fügen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 Installieren elektrischer Baugruppen und Komponenten	-	}	-	-	-	-	-	-	-
12 Messen und Prüfen elektrischer Größen	-	}	-	-	-	-	-	-	}
13 Installieren und Testen von Hard- und Softwarekomponenten	}	✓	}	-	-	✓	-	-	-
14 Aufbauen und Prüfen von Steuerungen	-	✓	-	-	-	-	-	-	-
15 Programmieren me- chatronischer Systeme	-	-	✓	}	✓	-	-	-	}
16 Zusammenbauen von Baugruppen und Kompo- nenten zu Maschinen und Systemen	-	}	-	-	-	-	-	-	-
17 Montieren und Demontieren von Maschi- nen, Systemen und Anla- gen; Transportieren und Sichern	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18 Prüfen und Einstellen von Funktionen an mecha- tronischen Systemen	-	}	}	}	}	}	-	-	✓
19 Inbetriebnahme und Bedienen mechatroni- scher Systeme	-	-	}	-	-	-	-	-	-
20 Instandhalten mechat- ronischer Systeme	-	-	-	-	-	-	✓	-	}

Kommentierung

Der Beruf Mechatroniker passt zu den Aufgabenanforderungen im Kontext Industrie 4.0 vor allem für die Planung, den Aufbau, die Einrichtung und die Störungsbehebung von Systemen und Anlagen in der Produktion. Allerdings ist die Berücksichtigung der Vernetzung aller mechatronischen Einrichtungen und der softwarebasierten Handhabung und Konfiguration sowie die IT-gestützte Fehleranalyse (vgl. Automatisierungspyramide) unzureichend im Berufsbild verankert.

Kommentierung

Zerspanungsmechaniker sind im Bereich der Fertigung und der Anbindung von Werkzeugmaschinen an die vernetzten Produktionssysteme mit Auswirkungen von Industrie 4.0 konfrontiert. Insofern wäre eine Berücksichtigung der Veränderungen in den Berufsbildpositionen 13, 14 und 17 angebracht. Im engeren Bereich der Fertigung könnten Zerspanungsmechaniker durchaus die Einbindung in vernetzte Produktionssysteme durch die Überwachung der Werkzeugmaschinen und Werkzeuge einschließlich der Prüfmittel und auch Datenanpassungen / -analysen bzw. Anpassungen an Programmiersätzen über vernetzte Produktionssysteme übernehmen.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für weitergehende Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 nur teilweise relevant. Allerdings wird eine Anbindung des Berufs an vernetzte Produktionssysteme erfolgen, was veränderte Aufgaben im Kontext der weiteren Digitalisierung der Arbeitswelt zur Folge hat.

Tabelle 17

Fertigungsmechaniker/-in – Bewertung

<i>Generisches Handlungsfeld</i>									
	<i>Anlagenplanung</i>	<i>Anlagenaufbau</i>	<i>Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme</i>	<i>Anlagenüberwachung</i>	<i>Prozessmanagement</i>	<i>Datenmanagement</i>	<i>Instandhaltung</i>	<i>Instandsetzung</i>	<i>Störungssuche und Störungsbehebung</i>
<i>Berufsbildposition</i>									
1-7 Integrative Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten ⁷⁸	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen								
1 Unterscheiden und Zuordnen von Werk-, Hilfs- und Betriebsstoffen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Einrichten von Maschinen und technischen Systemen	-	-	}	-	}	}	-	-	-
3 Herstellen von Bauteilen	-	-	-	-	-	-	-	-	-

⁷⁸ Die integrativen Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten sind im Sinne von Grundlagen für die Aufgaben im Zusammenhang von Industrie 4.0 relevant.

4 Herstellen von Fügeverbindungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Montieren und Demontieren von Bauteilen und Baugruppen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 Montieren, Anschließen und Prüfen von elektrischen und elektronischen Bauteilen und Baugruppen	-	}	-	-	-	-	-	-	-
7 Überwachen und Optimieren von Montage- und Demontageprozessen	-	-	}	}	-	-	-	-	}
8 Anwenden von Steuerungstechnik	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
9 Prüfen und Einstellen von Funktionen an Baugruppen oder von Gesamtprodukten	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 Anschlagen, Sichern und Transportieren	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 Warten von Maschinen und technischen Systemen	-	-	-	-	-	-	}	-	-

Kommentierung

Mit Anpassungen könnten Fertigungsmechaniker im Bereich der Einrichtung und Überwachung von Fertigungsprozessen (im Bereich der Serienfertigung) auch Aufgabenansprüche aus dem Bereich Industrie 4.0 einlösen. Dazu müssten jedoch die softwareunterstützten Fertigungsprozesse stärker berücksichtigt werden, insbesondere bei:

- 2 c) Fertigungsdaten bei der Inbetriebnahme von Maschinen und technischen Systemen ermitteln, mit vorgegebenen Werten vergleichen und einstellen
- 6,7 In den Berufsbildpositionen müsste die IT-gestützte Überwachung und Diagnose und die Vernetzung der Produktionsprozesse mehr berücksichtigt werden

Die Konzeption dieses Berufes ist allerdings eher auf Standard-Aufgabenstellungen in der Fertigung ausgerichtet, so dass spezielle Industrie 4.0-Aufgaben diesen Beruf überfordern würden.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 kaum relevant.

Tabelle 18
Fachkraft für Metalltechnik – Bewertung

Berufsbildposition	Generisches Handlungsfeld									
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung	
1-5 Gemeinsame berufsprofilgebende sowie integrative Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten 1-7 nach Abschnitt F ⁷⁹	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen									
FR Montagetechnik										
1 Planen und Vorbereiten von Montage- und Demontageprozessen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Montieren und Demontieren von Bauteilen und Baugruppen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Herstellen von Verbindungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Überwachen und Optimieren von Montage- und Demontageprozessen	-	-	}	}	-	-	-	-	-	}
FR Konstruktionstechnik										
1 Planen und Vorbereiten von Montage- und Demontageprozessen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

⁷⁹ Die gemeinsamen berufsprofilgebenden und integrativen Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten sind im Sinne von Grundlagen für die Aufgaben im Zusammenhang von Industrie 4.0 relevant.

2 Montieren und Demon- tieren von Metallkonstruk- tionen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Trennen und Umformen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Fügen von Bauteilen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Aufbereiten und Schüt- zen von Oberflächen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FR Zerspanungstechnik									
1 Planen von Fertigungs- prozessen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Einrichten von Werk- zeugmaschinen und Ferti- gungssystemen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Herstellen von Werkstü- cken	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Überwachen und Opti- mieren von Fertigungspro- zessen	-	-	}	}	}	-	-	-	}
FR Umform- und Drahttechnik									
1 Einrichten und Rüsten von Trenn- oder Umform- maschinen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Herstellen von Produk- ten	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Überwachen und Opti- mieren von Produktions- prozessen	-	-	-	}	-	-	-	-	}
4 Oberflächen- und Wär- mebehandlung	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kommentierung

Fachkräfte für Metalltechnik können auf Grund der „schmalen“ Ausbildung allenfalls ausführende Aufgabenstellungen unter Anleitung im Kontext von Industrie 4.0 wahrnehmen. Die Fachrichtung Konstruktionstechnik ist so gut wie überhaupt nicht betroffen; in der Fachrichtung Montagetechnik trifft in Ansätzen das unter dem Berufsprofil „Fertigungsmechaniker“, in den Fachrichtungen Zerspanungstechnik und Umform- und Drahttechnik trifft in Ansätzen das unter dem Berufsprofil „Zerspanungsmechaniker“ ausgeführte zu.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 nicht relevant.

Tabelle 19

Maschinen- und Anlagenführer/-in – Bewertung

<i>Berufsbildposition</i>	<i>Generisches Handlungsfeld</i>									
	<i>Anlagenplanung</i>	<i>Anlagenaufbau</i>	<i>Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme</i>	<i>Anlagenüberwachung</i>	<i>Prozessmanagement</i>	<i>Datenmanagement</i>	<i>Instandhaltung</i>	<i>Instandsetzung</i>	<i>Störungssuche und Störungsbehebung</i>	
1 bis 8	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen									
1 Zuordnen und Handhaben von Werk-, Betriebs- und Hilfsstoffen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Planen und Vorbereiten von Arbeitsabläufen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Branchenspezifische Fertigungstechniken	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Steuerungs- und Regelungstechnik	-	-	-	}	}	-	-	-	-	-
5 Einrichten und Bedienen von Produktionsanlagen	-	-	}	}	-	-	-	-	-	-
6 Steuern des Materialflusses	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 Warten und Inspizieren von Maschinen und Anlagen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 Durchführen von qualitätssichernden Maßnahmen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kommentierung

Maschinen- und Anlagenführer können im Sinne der angeleiteten Ausführung festgelegter Einrichtungs- und Überwachungsaufgaben auch Produktionsanlagen betreuen, die mit Industrie 4.0-Ansätzen vernetzt sind. Darüber hinaus erscheinen keine Aufgaben aus dem Kontext von Industrie 4.0 als relevant für das Berufsprofil.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 nicht relevant.

Tabelle 20

Produktionstechnologe/-in – Bewertung

<i>Berufsbildposition</i>	<i>Generisches Handlungsfeld</i>								
	<i>Anlagenplanung</i>	<i>Anlagenaufbau</i>	<i>Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme</i>	<i>Anlagenüberwachung</i>	<i>Prozessmanagement</i>	<i>Datenmanagement</i>	<i>Instandhaltung</i>	<i>Instandsetzung</i>	<i>Störungssuche und Störungsbehebung</i>
1 bis 5 integrative Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen								
1 Betreiben von Produktionsanlagen	}	-	}	}	}	}	-	-	-
2 Einrichten und Warten von Produktionsanlagen	}	}	}	-	-	-	-	-	-
3 Konfigurieren von Produktionsanlagen	-	-	}	-	}	-	-	-	-
4 Anfahren von Produktionsanlagen	-	-	}	-	-	-	-	-	-
5 Gestalten und Sichern von Produktionsprozessen	-	-	-	-	}	}	-	-	-

Kommentierung

Produktionstechnologen sind im Einsatzgebiet der produktions-unterstützenden Dienstleistung und im Einsatzgebiet Produktionsmittelherstellung von Industrie 4.0 betroffen. Das Berufsbild eignet sich allerdings eher zur Unterstützung von Veränderungen in der Logistik und der übergeordneten Prozessplanung und -steuerung sowie Anlageneinrichtung im Kontext von Industrie 4.0. Es zielt kaum darauf ab, dass produktive Aufgaben in der Produktionstechnik wie in der Anlagenüberwachung oder der Instandhaltung übernommen werden. Zudem verweisen die Formulierungen oft auf ingenieurnahe Aufgaben.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 teilweise relevant und müsste für die Handlungsfelder Anlagenplanung, Anlageneinrichtung und Prozessmanagement auf die Anforderungen von Industrie 4.0 angepasst werden

Tabelle 21

Technische/r Produktdesigner/-in / Technische/r Systemplaner/-in – Bewertung

Berufsbildposition	Generisches Handlungsfeld								
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung
...insbesondere									
Produktentstehungsprozess (TPD Abschnitt B 2.1)	}	-	-	-	-	-	-	-	-
Ausführen von Simulationen (TPD Abschnitt B: 4)	}	-	-	-	-	-	-	-	-
Simulation und Präsentation (TPD Abschnitt C: 4)	}	-	-	-	-	-	-	-	-

Kommentierung

Die Konstruktionsberufe sind im Bereich der Planung von Produktionsanlagen im Kontext von Industrie 4.0 eher mittelbar betroffen und hier Technische Produktdesigner (TPD) stärker als Technische Systemplaner (TSP). TPD sind insbesondere bei der Anlagenplanung mit CPS in den Fachrichtungen a) Produktgestaltung und -konstruktion, b) Maschinen- und Anlagenkonstruktion konfrontiert. Dort sind es insbesondere die Fabrikplanung und die Simulation und Virtualisierung der Produktionsabläufe, die von den beiden Berufen unterstützt werden. Für die anderen Handlungsfelder erscheinen die Berufe wenig relevant. Die Aufgaben haben hohe Affinität zu assistierenden Aufgaben für Ingenieure.

Generelle Einschätzung

Der Beruf TPD ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 kaum, der Beruf TSP nicht relevant.

Die gemeinsamen Kernqualifikationen (Berufsbildpositionen 1 bis 11) der industriellen Elektroberufe sind zwar auch in Teilen für die veränderten Anforderungen durch Industrie 4.0 relevant, werden jedoch in den folgenden Tabellen nicht weiter einbezogen, da diese eher übergreifend und generell auch auf Aufgaben in diesem Kontext vorbereiten. Insbesondere das Planen, Organisieren und Bewerten der Arbeit (Nr. 6), das Messen und Analysieren von elektrischen Funktionen und Systemen (Nr. 8), das Installieren und Konfigurieren von IT-Systemen (Nr. 10), das Beraten und Betreuen von Kunden (Nr. 11) sind für das Arbeiten in der vernetzten Produktion in allen generischen Handlungsfeldern relevant. Hier wären insbesondere spezifischere Angaben zu den Hard- und Softwarekomponenten, den IT-Systemen und Anwendungsprogrammen im Zusammenhang mit beruflichen Aufgabenstellungen im Kontext von Industrie 4.0 erforderlich und Aufgaben im Bereich der Steuerungen müssten in Bezug auf aktuelle Produktionssteuerungen (vernetzte Systeme, SCADA, MES) angepasst werden.

Kommentierung

Hinweise auf nicht zeitgemäß formulierte Aufgabenstellungen mit Industrie 4.0-Relevanz:

- 15 e) Steuerungen mit pneumatischen oder hydraulischen Komponenten erstellen und ändern, Steuerungen programmieren,
- 15 h): Baugruppen hard- und softwaremäßig einstellen, anpassen und in Betrieb nehmen.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 nicht relevant.

Tabelle 24

Elektroniker/-in für Gebäude und Infrastruktursysteme – Bewertung

Berufsbildposition	Generisches Handlungsfeld								
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung
1-11 Kernqualifikationen	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen								
12 Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung	}	-	-	-	-	-	-	-	-
13 Errichten, Erweitern oder Ändern von gebäudetechnischen Anlagen	-	}	}	-	-	-	-	-	-
14 Instandhalten gebäudetechnischer Anlagen und Systeme	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 Betreiben von technischen Systemen	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 Technisches Gebäudemangement	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17 Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiet	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kommentierung

Der Beruf ist eher im Zusammenhang mit dem Aufbau und Umbau von vernetzten Fabrikanlagen und Produktionssystemen bezüglich Industrie 4.0 relevant.

Hinweise zu relevanten Ausbildungspositionen:

- 12 d) Änderungen von Kommunikations- und Datenübertragungssystemen planen,
- 13 d) Signal- und Datenübertragungssysteme installieren, prüfen und in Betrieb nehmen,
- 13 e) Netz- und Bussysteme anpassen.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 kaum relevant.

Tabelle 25

Elektroniker/-in für Betriebstechnik – Bewertung

Berufsbildposition	Generisches Handlungsfeld								
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung
1-11 Kernqualifikationen	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen								
12 Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung	}	-	-	-	-	-	-	-	-
13 Installieren und Inbetriebnehmen von elektrischen Anlagen	-	}	}	-	-	-	-	-	-
14 Konfigurieren und Programmieren von Steuerungen	-	-	-	-	}	✓	-	-	}
15 Instandhalten von Anlagen und Systemen	-	-	-	-	-	-	}	-	}
16 Technischer Service und Betrieb	-	-	-	✓	-	}	-	-	✓
17 Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiet	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz								

Kommentierung

Der Beruf ist eher im Zusammenhang mit dem Aufbau und Umbau von vernetzten Fabrikanlagen und Produktionssystemen bezüglich Industrie 4.0 relevant, hat aber Komponenten der Instandhaltungstechnik im Ausbildungsportfolio, die im Kontext von Industrie 4.0 verwendbar sind. Hinsichtlich der Eignung ist er ähnlich wie der Industriemechaniker einzuschätzen, wobei er für den Umgang mit IT, Netzwerken und softwarebasierter Steuerung besser qualifiziert ist, jedoch im Bereich der Instandhaltung weniger produktionsnah ausgebildet ist. Insbesondere ist er im engeren Bereich der Produktion, also der Montage und Fertigung selbst nicht zu Hause, sondern eher im Bereich der Versorgung der Produktionssysteme mit elektrischer Energie und im Bereich deren Netzwerkanbindung.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 gerade in den Handlungsfeldern Anlageneinrichtung, -überwachung, Datenmanagement und Störungssuche relevant.

Tabelle 26

Elektroniker/-in für Automatisierungstechnik – Bewertung

Generisches Handlungsfeld	Berufsbildposition									
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung	
1-11 Kernqualifikationen	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen									
12 Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13 Errichten von Einrichtungen der Automatisierungstechnik	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-
14 Konfigurieren und Programmieren von Automatisierungssystemen	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-
15 Prüfen und Inbetriebnehmen von Automatisierungssystemen	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓
16 Instandhalten und Optimieren von Automatisierungssystemen	-	-	-	✓	-	-	?	?	-	✓
17 Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiet	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz									

Kommentierung

Der Beruf erscheint ähnlich wie der Mechatroniker für Anforderungen aus dem Kontext Industrie 4.0 geeignet zu sein. Er ist tiefergehend für Aufgabenstellungen im Bereich der CPS-durchdrungenen Produktionssysteme qualifiziert.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 in allen Handlungsfeldern hoch relevant.

Tabelle 27

Elektroniker/-in für Geräte und Systeme – Bewertung

Berufsbildposition	Generisches Handlungsfeld								
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung
1-11 Kernqualifikationen	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen								
12 Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung	}	-	-	-	-	-	-	-	-
13 Fertigen von Komponenten und Geräten	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14 Herstellen und Inbetriebnehmen von Geräten und Systemen	-	}	-	-	-	-	-	-	-
15 Einrichten, Überwachen und Instandhalten von Fertigungs- und Prüfeinrichtungen	-	-	✓	}	}	-	}	-	✓
16 Technischer Service und Produktsupport	-	-	-	-	-	-	-	}	}
17 Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiet	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz								

Kommentierung

Der Beruf weist eine ähnliche Eignung wie Elektroniker für Betriebstechnik auf, ist jedoch näher, aber auch enger an den Fertigungs- und Produktionseinrichtungen orientiert.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 besonders in den Handlungsfeldern Anlageneinrichtung und Störungsanalyse relevant.

Tabelle 28

**Elektroniker/-in für Informations- und Systemtechnik (Systeminformatiker/-in)
 – Bewertung**

Berufsbildposition	Generisches Handlungsfeld									
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung	
1-11 Kernqualifikationen	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen									
12 Technische Auftragsanalyse, Lösungsentwicklung	}	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13 Erstellen von Software	-	}	-	-	-	-	-	-	-	-
14 Integrieren und Konfigurieren von Systemen	-	}	}	-	}	}	-	-	}	}
15 Durchführen von Systemtests	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
16 Technischer Service und Systemoptimierung	-	-	-	}	-	-	}	-	}	}
17 Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiet	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz									

Kommentierung

Der Beruf scheint aus Sicht der IT-Anforderungen und insbesondere hinsichtlich der Anforderungen im Bereich der Vernetzung hoch relevant zu sein; es fehlt ihm jedoch an Nähe zu den Produktionssystemen und damit zur Produktion selbst.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 durch seine „Produktionsferne“ kaum relevant.

Tabelle 29

IT-Systemelektroniker/-in – Bewertung

Berufsbildposition	Generisches Handlungsfeld									
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung	
1-5	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen für die Vernetzung von Produktionsanlagen									
6 Systemtechnik	}	✓	}	-	-	-	-	-	-	-
7 Installation	-	✓	}	-	-	}	-	-	-	-
8 Serviceleistungen	-	-	-	-	-	-	}	-	-	-
9 Instandhaltung	-	-	-	-	-	-	}	-	}	-
10 Fachaufgaben im Einsatzgebiet	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz									

Kommentierung

Das Berufsbild ist sehr offen beschrieben und es könnte durchaus ein Einsatzgebiet „Produktionssysteme“ definiert werden, so dass sich die Aufgabenstellungen auf Produktionszusammenhänge beziehen ließen. Allerdings sind die Beschreibungen so „produktionsfern“ formuliert, dass sich eher eine Eignung für den Aufbau, die Systempflege und die Störungssuche allein im Bereich der Software und Hardware für die Vernetzung von Produktionsanlagen ablesen lässt.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 durch seine „Produktionsferne“ kaum relevant.

Tabelle 30
Fachinformatiker/-in – Bewertung

Berufsbildposition	Generisches Handlungsfeld								
	Anlagenplanung	Anlagenaufbau	Anlageneinrichtung und Inbetriebnahme	Anlagenüberwachung	Prozessmanagement	Datenmanagement	Instandhaltung	Instandsetzung	Störungssuche und Störungsbehebung
1-5	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz im Sinne von Grundlagen für die Vernetzung von Produktionsanlagen								
6 Systementwicklung	✓	-	-	-	-	-	-	-	-
7 Schulung	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FR Anwendungsentwicklung									
8 informations- und telekommunikationstechnische Systeme: 8.1 Architekturen 8.2 Datenbanken und Schnittstellen	}	-	-	-	-	-	-	-	-
9 kundenspezifische Anwendungslösungen	}	-	-	-	}	}	-	-	-
10 Fachaufgaben im Einsatzgebiet	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz								
FR Systemintegration									
8 Systemintegration: 8.1 Systemkonfiguration 8.2 Netzwerke 8.3 Systemlösungen 8.4 Einführung von Systemen	}	}	✓	-	}	}	-	-	-
9 Service: 9.1 Benutzerunterstützung 9.2 Fehleranalyse, Störungsbeseitigung 9.3 Systemunterstützung	-	-	-	}	}	}	-	-	✓
10 Fachaufgaben im Einsatzgebiet	Von übergeordneter allgemeiner Relevanz								

Kommentierung

Das Berufsbild ist sehr offen beschrieben und es könnte durchaus ein Einsatzgebiet „Produktionsinformatik“ definiert werden, so dass sich die Aufgabenstellungen auf Produktionszusammenhänge beziehen ließen. Allerdings sind die Beschreibungen so „produktionsfern“ formuliert, dass sich eher eine Eignung für die Planung, die Konfiguration, die Systempflege und die Störungssuche allein im Bereich der Vernetzung von Produktionsanlagen ablesen lässt. Die Fachrichtung Systemintegration ist die für Industrie 4.0-spezifische Aufgabenstellungen geeignetere.

Generelle Einschätzung

Der Beruf ist für Aufgaben im Kontext von Industrie 4.0 eingeschränkt auf die IT-Infrastruktur für die Produktionssysteme relevant.

Autoren

Georg Spöttl
Prof. Dr. Dr. h. c.
Direktor Zentrum für Technik, Arbeit, Berufsbildung (TAB)
Universität Bremen
Uni Bremen Campus GmbH

Christian Gorldt
Abteilungsleiter
BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH
an der Universität Bremen

Lars Windelband
Prof. Dr.
Prodekan
Leiter des Instituts für Bildung, Beruf und Technik
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Torsten Grantz
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut Technik und Bildung (ITB)
Universität Bremen

Tim Richter
Promotionsstipendiat
Universität Bremen

Ansprechpartner

Sabine Broda

Abteilung Bildung

Telefon 089-551 78-325
Telefax 089-551 78-91 420
sabine.broda@baymevbm.de

Sabine Hörig

Abteilung Bildung

Telefon 089-551 78-219
Telefax 089-551 78-91 420
sabine.hoerig@baymevbm.de

Impressum

Alle Angaben dieser Publikation beziehen sich grundsätzlich sowohl auf die weibliche als auch auf die männliche Form. Zur besseren Lesbarkeit wurde meist auf die zusätzliche Bezeichnung in weiblicher Form verzichtet.

Herausgeber:

bayme

Bayerischer Unternehmens-
verband Metall und Elektro e. V.

vbm

Verband der Bayerischen Metall-
und Elektro-Industrie e. V.

Max-Joseph-Straße 5
80333 München

www.baymevbm.de

© bayme vbm April 2016

Weiterer Beteiligter:

Prof. Dr. Dr. h. c. Georg Spöttl

Universität Bremen

Postfach 330440

28334 Bremen

spoettl@uni-bremen.de