

Schuh, Günther; Kelzenberg, Christoph; Helbig, Jens; Graberg, Tim

Working Paper

Kompetenzprofile in einer digital vernetzten Produktion: Veränderungen in Kompetenzanforderungen und Handlungsempfehlungen für eine anforderungsgerechte Weiterbildung in der metallverarbeitenden Industrie

Working Paper Forschungsförderung, No. 198

Provided in Cooperation with:

The Hans Böckler Foundation

Suggested Citation: Schuh, Günther; Kelzenberg, Christoph; Helbig, Jens; Graberg, Tim (2020) : Kompetenzprofile in einer digital vernetzten Produktion: Veränderungen in Kompetenzanforderungen und Handlungsempfehlungen für eine anforderungsgerechte Weiterbildung in der metallverarbeitenden Industrie, Working Paper Forschungsförderung, No. 198, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/227139>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/de/legalcode>

WORKING PAPER FORSCHUNGSFÖRDERUNG

Nummer 198, November 2020

Kompetenzprofile in einer digital vernetzten Produktion

**Veränderungen in Kompetenzanforderungen
und Handlungsempfehlungen für
eine anforderungsgerechte Weiterbildung
in der metallverarbeitenden Industrie**

Günther Schuh, Christoph Kelzenberg, Jens Helbig
und Tim Graberg

© 2020 by Hans-Böckler-Stiftung
Georg-Glock-Straße 18, 40474 Düsseldorf
www.boeckler.de



„Kompetenzprofile in einer digital vernetzten Produktion“ von Günther Schuh; Christoph Kelzenberg; Jens Helbig; Tim Graberg ist lizenziert unter

Creative Commons Attribution 4.0 (BY).

Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell. (Lizenztext: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/de/legalcode>)

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. von Schaubildern, Abbildungen, Fotos und Textauszügen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

ISSN 2509-2359

Inhalt

Zusammenfassung.....	5
1. Einleitung	6
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	6
1.2 Forschungsfrage und Zielsetzung	8
1.3 Aufbau der Studie	10
2. Aktueller Stand der Forschung	12
2.1 Begriffsdefinitionen	12
2.2 Untersuchungsfeld	13
2.3 Vorstellung relevanter Studien	19
2.4 Ableitung Forschungsbedarf	25
3. Studiendesign	26
3.1 Methodisches Vorgehen	26
3.2 Feldzugang	29
4. Aktuelle Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen	31
4.1 Tätigkeitsstrukturanalyse	31
4.2 Mitarbeiterinterviews	35
4.3 Kompetenzanforderungen.....	42
5. Aktuelle Trends und Einflüsse auf den Arbeitsplatz	49
5.1 Darstellung bestehender Trends	49
5.2 Abbildung der Trends in den Demonstrationswelten des RWTH Aachen Campus.....	56
5.3 Darstellung betrachteter Arbeitsplätze der Zukunft	59
6. Veränderungen in Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen	67
6.1 Erwartete Veränderung der Tätigkeiten der Mitarbeitenden	67
6.2 Ableitung von Kompetenzprofilen in einer digital vernetzten Produktion	71
7. Handlungsempfehlungen für die Aus- und Weiterbildung	79
8. Kritische Reflexion der Studienergebnisse	84
9. Fazit und Ausblick	86

10. Literaturverzeichnis	88
Autoren	94

Abbildungen

Abbildung 1: Ablauf der vier industriellen Revolutionen	7
Abbildung 2: Struktur der Studie	11
Abbildung 3: Betrachtungsbereich der metallverarbeitenden Industrie.....	14
Abbildung 4: Rahmenlehrpläne der Ausbildungsberufe Industrie- mechaniker, Werkzeugmechaniker und Zerspanungsmechaniker	16
Abbildung 5: Internet of Production Infrastructure.....	18
Abbildung 6: Methodisches Vorgehen der Studie	26
Abbildung 7: Gliederung der Tätigkeitsstrukturanalyse	32
Abbildung 8: Ausschnitt eines Erfassungsbogens der Tätigkeiten	33
Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung aller Tätigkeiten nach ihrer Bezeichnung im Erfassungsbogen.....	34
Abbildung 10: Zusammenfassung Interviewleitfaden.....	36
Abbildung 11: Struktur des deutschen Qualifikationsrahmens	43
Abbildung 12: Kompetenzprofil der metallverarbeitenden Industrie	47
Abbildung 13: Clusterung der relevanten Trends von Industrie 4.0.....	49
Abbildung 14: Automatisierungszelle mit verketteten Prozessfolgen	61
Abbildung 15: Electronic shelf labels zur adaptiven Fertigungssteuerung.....	62
Abbildung 16: Beispiele einer papierlosen Fertigung	63
Abbildung 17: Ausschnitte aus der CAM-Programm-Erstellung	64
Abbildung 18: Beispielhafte Ausgabe cyber-physischer Systeme.....	65
Abbildung 19: Auszug des Interviewleitfadens für die Verbandsvertreter	68
Abbildung 20: Zukünftiges Kompetenzprofil in der digital vernetzten Produktion.....	78

Zusammenfassung

In der Wissenschaft ist man sich einig, dass die digitale Vernetzung in der Produktion im Sinne von Industrie 4.0 bisherige Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen verändern wird. Besonders in der metallverarbeitenden Industrie sind Mitarbeitende von Veränderungen des Arbeitsumfelds durch die Implementierung digital vernetzter Hilfsmittel betroffen. Konkrete Auswirkungen der digitalen Vernetzung auf die tatsächlichen Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen von Mitarbeitenden in der metallverarbeitenden Industrie sind noch nicht im Detail bekannt. Insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) fehlt es häufig an Ressourcen, um sich gezielt mit den zukünftigen Anforderungen an die Kompetenzen ihrer Mitarbeitenden und deren Weiterbildungsbedarf auseinanderzusetzen. Daher fokussiert sich diese Studie auf die Analyse zukünftiger Kompetenzprofile von Mitarbeitenden der metallverarbeitenden Industrie und leitet aus den Ergebnissen durchgeführter Tätigkeitsstrukturanalysen, Analysen technischer Trends und Entwicklungen sowie Experteninterviews Handlungsempfehlungen für die Ausrichtung der beruflichen Weiterbildung von Fachkräften her.

In den Tätigkeitsstrukturanalysen der Berufe Industrie-, Werkzeug- und Zerspanungsmechaniker zeigen sich Arbeiten im Rahmen der komplexen Fertigung, der Maschinen- und Anlagenbedienung sowie in der Prozessüberwachung als häufigste Tätigkeiten der Mitarbeitenden. Auf den Tätigkeitsstrukturanalysen aufbauende Interviews der Mitarbeitenden ergaben, dass die Befragten auch zukünftig damit rechnen, dass die Bedienung und Überwachung von Maschinen und Anlagen eine hohe Relevanz behalten wird. Die Analyse der technischen Trends und Entwicklungen sowie die Interviews von Experten aus Forschung, Wirtschaft und Verbänden lassen darauf schließen, dass bei Tätigkeiten mit geringem Qualifikationsbedarf keine Zunahme der Automatisierung und somit kein Wegfall von Arbeitsplätzen zu erwarten ist. In verschiedenen Bereichen wird die an Komplexität der Tätigkeiten zunehmen und sich damit die benötigten Kompetenzen der Fachkräfte erweitern. Daraus entsteht ein Weiterbildungsbedarf, der mittels unterschiedlicher Weiterbildungskonzepte, wie beispielsweise durch den Einsatz von Lernfabriken, gedeckt werden kann.

1. Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die deutsche Industrie ist bekannt für die hohe Qualität ihrer Güter im Maschinen- und Anlagenbau. Durch die Globalisierung ist der Wettbewerb kontinuierlich stärker geworden, nicht nur hinsichtlich der Qualität, sondern auch bezogen auf die Kostenstruktur. Niedriglohnländer, in denen die Produktion zu deutlich geringeren Kosten möglich ist, produzieren mit immer höheren Qualitätsstandards. Insbesondere China hat in den letzten Jahren große Investitionen getätigt und kann mittlerweile auch qualitativ hochwertige Güter in großer Menge bei immer noch vergleichsweise niedriger Kostenstruktur produzieren.

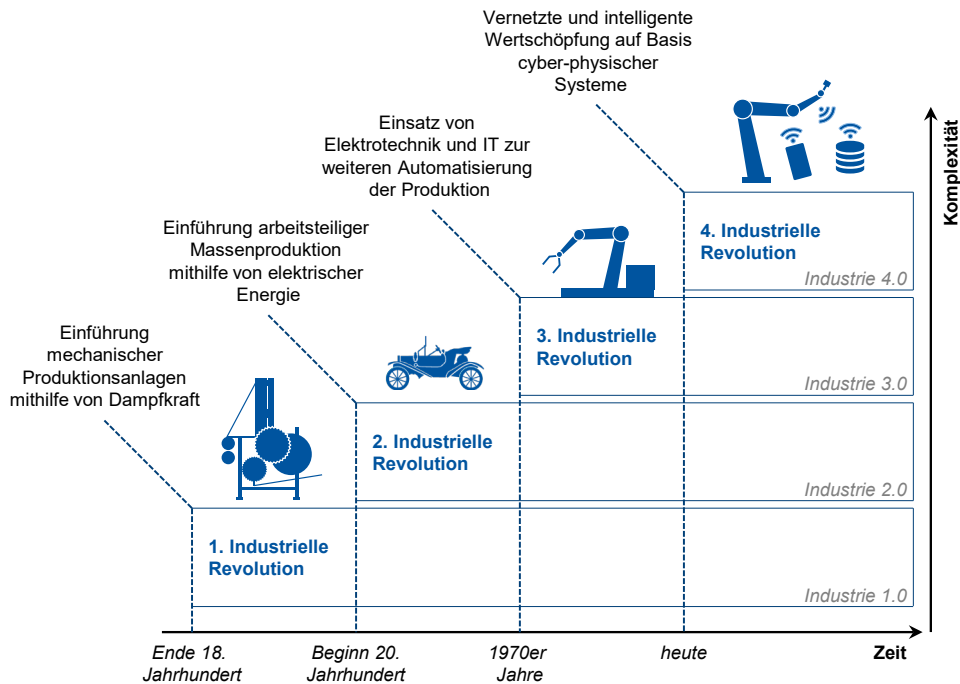
Dies stellt Deutschlands Industrie vor die Herausforderung, im Wettbewerb mithalten zu können. Entscheidend sind hier die Kostenstruktur und die Differenzierung. Für die Kostenstruktur ist die operative Exzellenz essenziell. Güter müssen strategisch sinnvoll und effizient produziert werden. Die Differenzierung kann bspw. durch Produkt- und Geschäftsmodellinnovationen erzielt werden. Darüber hinaus bietet die digitale Vernetzung im Sinne von Industrie 4.0 große Potenziale zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsposition produzierender Unternehmen.

Die digitale Vernetzung hat insbesondere seit der Einführung des ersten Smartphones im Jahr 2007 mit hoher Geschwindigkeit und großem Einfluss das Privatleben der Menschen in Deutschland verändert. Seit einigen Jahren werden unter dem Begriff Industrie 4.0 auch für das produzierende Gewerbe die resultierenden Potenziale diskutiert. Industrie 4.0 bezeichnet die intelligente Vernetzung von industrieller Infrastruktur wie Maschinen, Werkstücken, Produkten, Menschen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie. Der Begriff steht für die vierte industrielle Revolution, welche seit 2011 kontinuierlich an Bedeutung gewinnt (Schuh et al. 2018, S. 6).

Wie die vorherigen drei industriellen Revolutionen erfolgt auch die vierte industrielle Revolution nur schrittweise und nicht in allen Branchen und Unternehmensgrößen mit der gleichen Geschwindigkeit. Jede industrielle Revolution hatte eine kennzeichnende Eigenschaft, welche die Arbeitsprozesse maßgeblich verändert hat (vgl. Abbildung 1).

Die erste industrielle Revolution steht für den Übergang von der handwerklichen Fertigung zur maschinellen Produktion. Sie begann 1769 mit der von James Watt erfundenen Dampfmaschine, als Ausgangspunkt für die Entwicklung von Arbeitsmaschinen. Diese führten zu erhöhter Produktivität bei zeitgleich sinkenden Preisen.

Abbildung 1: Ablauf der vier industriellen Revolutionen



Quelle: acatech 2013, S. 17

Die zweite industrielle Revolution ist eng mit der Einführung des Fließbandes durch Henry Ford verknüpft. Diese resultierte aus Arbeitsstudien von Frederick W. Taylor, in denen er gestiegene Effizienz durch standardisierte Prozesse in der Produktion proklamierte. Basierend darauf entwickelte Ford Ende des 19. Jahrhunderts verschiedene Standardisierungsmaßnahmen der Arbeitstätigkeiten und -abläufe, wozu ebenfalls das Fließband als Ergebnis der Standardisierungstätigkeiten gehörte.

Bei der in den 1970er Jahren begonnenen dritten industriellen Revolution ermöglichten Elektronik sowie Informations- und Kommunikationstechnologien eine Automatisierung der Produktion. Gleichzeitig gewann die Globalisierung an Bedeutung. Zudem wurden immer leistungsfähigere Computer gebaut und das Internet ermöglichte schließlich eine globale Kommunikation.

Die vierte industrielle Revolution bzw. Industrie 4.0 wird von der zunehmenden Digitalisierung sowie der digitalen Vernetzung ermöglicht. Die Potenziale von Industrie 4.0 lassen sich grundsätzlich in markt- und wertschöpfungsseitige Potenziale differenzieren. Diese setzen sich aus vielen verschiedenen Potenzialen der Bereiche Produktentwicklung, Supply-Chain-Management und Einkauf, Produktionsplanung und -steuerung, Produktion, Logistik, Qualitätssicherung sowie Marketing und

Vertrieb zusammen. Um diese Potenziale zu realisieren und am Hochlohnstandort Deutschland international wettbewerbsfähig zu bleiben, ist eine erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 notwendig.

Aktuell steht die deutsche Industrie noch vor einigen Herausforderungen, die es zu bewältigen gilt, bevor sie in großem Maße von Industrie 4.0 profitieren kann. Neben der Bereitstellung der erforderlichen Datenqualität für den jeweiligen Anwendungsfall stellt insbesondere die Implementierung dieser Anwendungsfälle Unternehmen vor große Herausforderungen. Neben technologischen und organisatorischen Implementierungsherausforderungen nehmen insbesondere die für den effektiven Einsatz erforderlichen Kompetenzen der Mitarbeitenden sowie damit verbundene Qualifizierungsbedarfe eine wesentliche Rolle ein. Nur wenn die Mitarbeitenden, die für die Entwicklung und Anwendung von Industrie 4.0-Lösungen entsprechenden Kompetenzen besitzen, können Unternehmen, die mit den Anwendungen verbundenen Potenziale nachhaltig realisieren. Die anforderungsgerechte Qualifizierung der Mitarbeitenden ist außerdem insbesondere vor dem Hintergrund ihrer Beschäftigungsfähigkeit von entscheidender Bedeutung. Auf der einen Seite müssen die heute sich bereits im Berufsleben befindlichen Mitarbeitenden systematisch auf die neuen Anforderungen, denen sie in den noch folgenden Jahren ihrer Berufstätigkeit begegnen werden, vorbereitet werden. Auf der anderen Seite muss sichergestellt werden, dass die sich heute und in Zukunft in der Ausbildung befindlichen Personen entsprechend der zukünftigen Kompetenzanforderungen ausgebildet werden.

1.2 Forschungsfrage und Zielsetzung

In der metallverarbeitenden Industrie ist eine Entwicklung hin zu einer digital vernetzten Produktion zu beobachten, aber die Auswirkungen auf das Arbeitssystem und insbesondere die Mitarbeitenden sind noch nicht in Empirie und Praxis im Detail bekannt. Da die Mitarbeitenden der metallverarbeitenden Industrie maßgeblich von diesen Veränderungen betroffen sind, ist es erforderlich, die Auswirkungen auf die Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen sowie auf deren Arbeitsumfeld zu untersuchen. Dabei werden die Auswirkungen auf die Mitarbeitenden auf dem Shopfloor deutlich andere sein als auf diejenigen, die vorrangig Bürotätigkeiten durchführen. Insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) stehen häufig keine ausreichenden Ressourcen zur Verfügung, um sich gezielt mit den zukünftigen Anforderungen an die Kompetenzen ihrer Mitarbeitenden und Weiterbildungsbedarfen ausei-

inanderzusetzen. Aus diesem Grund fokussiert sich diese Studie auf die Analyse dieses Umfelds. Die konkrete Zielsetzung dieser Studie ist die Identifikation zukünftiger Kompetenzanforderungen der Mitarbeitenden der metallverarbeitenden Industrie mit dem Fokus auf die Produktion sowie die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Ausrichtung der beruflichen Weiterbildung. Resultierend daraus lautet die zentrale Forschungsfrage:

Wie werden sich die Kompetenzprofile der Mitarbeitenden auf dem Shopfloor der metallverarbeitenden Industrie durch neue, wegfallende oder in ihrer Bedeutung verändernde Anforderungen wandeln?

Basierend auf der zentralen Forschungsfrage werden weitere Unterforschungsfragen formuliert:

Welche Tätigkeiten führen Mitarbeitende auf dem Shopfloor von KMU der metallverarbeitenden Industrie aktuell bereits durch und welche Kompetenzen benötigen sie hierfür?

Die Mitarbeitenden auf dem Shopfloor sind maßgeblich von Veränderungen durch Industrie 4.0 betroffen. Um zukünftige Veränderungen in Kompetenzanforderungen bewerten zu können, wird die Kenntnis über aktuelle Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen vorausgesetzt.

Welche Trends existieren im Kontext von Industrie 4.0, die die Kompetenzanforderungen an Mitarbeitende potenziell beeinflussen werden?

Um die zukünftigen Kompetenzanforderungen an die Mitarbeitenden erfassen zu können, ist eine systematische und vollumfängliche Abbildung der sich auf die Tätigkeiten der Mitarbeitenden auswirkenden Trends von Industrie 4.0 erforderlich.

Wie sehen Arbeitsplätze und Tätigkeiten der Zukunft aus und welche zukünftigen Kompetenzanforderungen ergeben sich daraus?

Durch die ebenfalls zu identifizierenden technologischen Trends von Industrie 4.0 werden sich die Arbeitsplätze und Tätigkeiten der Mitarbeitenden verändern. Daher soll untersucht werden, wie sich beide Dimensionen verändern werden, um die Grundlage für die Ableitung der zukünftigen Kompetenzanforderungen zu schaffen.

1.3 Aufbau der Studie

Die Studie gliedert sich in neun große Themenabschnitte. Eingangs werden die Problemstellung sowie die daraus resultierenden Forschungsfragen dargestellt und sich der daraus ergebene Aufbau der Studie dargestellt. Danach wird der aktuelle Stand der Forschung wiedergegeben, auf dem im Folgendem aufgebaut wird (Kapitel 2). Die in diesem Rahmen erfolgende Vorstellung bestehender Studien zum Gestaltungs- und Betrachtungsbereich dieses Forschungsvorhabens bildet die Grundlage für die Definition des bestehenden Forschungsdefizits.

Basierend auf diesem Forschungsdefizit erfolgt die Definition des Studiendesigns (Kapitel 3). Anschließend werden die erarbeiteten Forschungsergebnisse vorgestellt und die Forschungsfragen beantwortet. Diese sind in Bezug auf die drei Unterforschungsfragen in drei Themenbereiche eingeteilt. Als erstes werden die aktuellen Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen auf dem Shopfloor vorgestellt (Kapitel 4), bevor aktuelle Trends und Einflüsse auf dem Arbeitsplatz (Kapitel 5) sowie abschließend die resultierenden Veränderungen in Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen abgeleitet werden (Kapitel 6).

Die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Aus- und Weiterbildung (Kapitel 7) sowie die kritische Reflexion der Studienergebnisse (Kapitel 8) bilden den inhaltlichen Abschluss der Studienergebnisse. Schlussendlich wird noch ein Fazit sowie Ausblick auf weitergehende Forschungsbedarfe geboten (Kapitel 9).

Abbildung 2: Struktur der Studie



Quelle: eigene Darstellung

2. Aktueller Stand der Forschung

Die wissenschaftliche Forschung beschäftigt sich schon einige Jahre mit der Entwicklung rund um das Thema Industrie 4.0 und dessen Auswirkungen auf die metallverarbeitende Industrie. Im folgenden Kapitel werden zunächst grundlegende Begriffe definiert und es wird auf die Grundlagen der metallverarbeitenden Industrie und der digitalen Vernetzung eingegangen, um den Betrachtungsbereich einzugrenzen. Anschließend erfolgt eine Vorstellung inhaltlich ähnlicher Studien und die Ableitung des aktuellen Forschungsbedarfs.

2.1 Begriffsdefinitionen

Im Folgenden werden die Begriffe Tätigkeit und Kompetenz definiert. An den Stellen, an denen ähnliche Begriffe üblicherweise synonym verwendet werden, wird eine Abgrenzung vorgenommen.

Tätigkeiten

Der Begriff Tätigkeit beschreibt allgemein eine Handlung, die im Rahmen eines Gesamtprozesses untergeordnete Ziele verfolgt. Sie wird in der Form von Operationen und Bewegungen verübt, um die Umwelt des tätigen Menschen aktiv nach spezifischen Zielen zu verändern (Frieiling/Sonntag 1999, S. 49 ff.). Im Sinne der vorliegenden Studie wird die Tätigkeit als Handlung eines Mitarbeitenden zur Erfüllung einer beruflichen Aufgabe verstanden. Für die Ausübung von beruflichen Tätigkeiten sind durch Aus-, Weiterbildung und Erfahrung erlernte Kompetenzen erforderlich.

Kompetenzen

Kompetenzen bezeichnen kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten, die bei Individuen entweder verfügbar sind oder durch sie erlernt werden können, um bestimmte Tätigkeiten zu verrichten und Probleme zu lösen (Wienert 2001, S. 27 ff.). Kompetenzen können beispielsweise durch Weiterbildung entwickelt werden und erweitern die Handlungsfähigkeit einer Person in seiner beruflichen oder privaten Umgebung (Erpenbeck/Rosenstiel 2003, S. 12). Kompetenzen sind als individuell und allgemein befähigende Eigenschaften zu sehen, um bestimmte Tätigkeiten zu ermöglichen.

Im Sprachgebrauch werden die Begriffe Kompetenz und Qualifikation häufig synonym verwendet. Kontrastierend folgt daher eine Definition des Begriffs Qualifikation. Dieser bezieht sich auf feststehende, klar de-

finierte Komplexe von Kenntnissen, Fertigkeiten und Fähigkeiten, die für die erfolgreiche Ausübung bestimmter beruflicher Tätigkeiten erforderlich sind. Die im Rahmen einer Qualifikation geforderten Kompetenzen sind fest bestimmt und eine entsprechende Qualifizierung erfolgt in strukturierten Lernplänen. Qualifikationen sind damit direkt an die auszuführende Tätigkeit geknüpft, werden jedoch in Prüfungsprozeduren außerhalb der Arbeitsprozesse zertifiziert (Koch 2017, S. 9 f.). Qualifikationen sind dementsprechend eher als formell zertifizierbare, kognitive Ressourcen eines Individuums zu betrachten, um eine bestimmte Tätigkeit auszuführen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie werden zur Ableitung von Kompetenzprofilen die Begriffe Kompetenz, Fähigkeit und Fertigkeit sowie Qualifikation nicht differenziert, sondern zur Umsetzung von Wissen zur Berufsausübung unter dem Begriff Kompetenz zusammengefasst. Im Verständnis dieser Studie werden Kompetenzen als Sammelbegriff sämtlicher kognitiv verfügbaren oder erlernbaren Eigenschaften verstanden, die einen Mehrwert für die Vorbereitung oder Ausführung von beruflichen Tätigkeiten haben.

2.2 Untersuchungsfeld

Metallverarbeitende Industrie

Die deutsche Volkswirtschaft kann in drei Wirtschaftssektoren eingeteilt werden. Der primäre Sektor dient der sogenannten Urproduktion und umfasst land- und forstwirtschaftliche Betriebe sowie Fischereierunternehmen. Der sekundäre Sektor beschreibt das produzierende Gewerbe und umfasst Unternehmen, die Rohstoffe und Erzeugnisse zu Produkten weiterverarbeiten. Darunter fallen Unternehmen aus den Bereichen der Energie- und Wasserversorgung, des Bergbaus, des Baugewerbes und des verarbeitenden Gewerbes. Der tertiäre Sektor beinhaltet das Dienstleistungsgewerbe und damit Unternehmen aus den Bereichen Handel und Verkehr, Dienstleistung, Staat und private Haushalte (Cezanne 1999, S. 515).

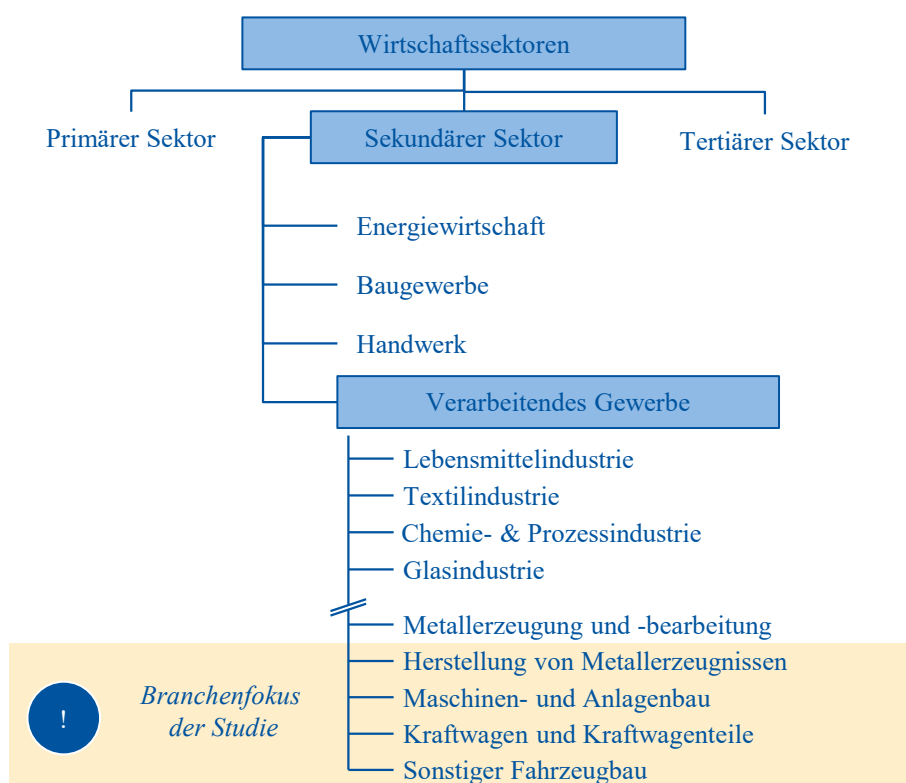
Das verarbeitende Gewerbe erzielte im Jahr 2019 einen Umsatz von ca. 1.938 Milliarden Euro und erwirtschaftete damit einen Anteil von 24,2 Prozent an der gesamtdeutschen Bruttowertschöpfung. Dabei beträgt der Anteil an kleinen und mittelständischen Unternehmen innerhalb des verarbeitenden Gewerbes (ohne Bergbau) 97,2 Prozent (Statista 2019).

Der Fokus der vorliegenden Studie liegt auf der metallverarbeitenden Industrie, die dem verarbeitenden Gewerbe zuzuordnen ist. 47 Prozent

des verarbeitenden Gewerbes bestehen aus Unternehmen der metallverarbeitenden Industrie, denen u. a. Unternehmen aus den Bereichen der Herstellung von Metallerzeugnissen, dem Kraftwagen- und Kraftwagenteilebau, dem Maschinen- und Anlagenbau und dem sonstigen Fahrzeugbau zugeordnet werden. Die metallverarbeitende Industrie zählt ca. 450.000 Beschäftigte in 4.900 Betrieben und erzielt dabei 83 Milliarden Euro Umsatz. Somit ist die metallverarbeitende Industrie nach Umsatz und Beschäftigtenanzahl als großer mittelständisch geprägter Industriezweig einzuordnen (Wirtschaftsverband Stahl- und Metallverarbeitung 2019).

Abbildung 3 zeigt die Einordnung der metallverarbeitenden Industrie innerhalb der deutschen Volkswirtschaft.

Abbildung 3: Betrachtungsbereich der metallverarbeitenden Industrie



Quelle: Statistisches Bundesamt 2019

Berufe und Kompetenzen in der metallverarbeitenden Industrie

Im weiteren Vorgehen dieser Studie wird der Fokus auf die Ausbildungsberufe innerhalb des betrieblichen Hallenbodens und die damit verbundenen Tätigkeiten und Kompetenzen in der metallverarbeitenden Industrie gelegt. In der metallverarbeitenden Industrie existiert ein brei-

tes Spektrum an Ausbildungsberufen mit unterschiedlichen Tätigkeitsprofilen. Gängige Ausbildungsberufe lauten Anlagenmechaniker, Drahtzieher, Federmacher, Feinwerkmechaniker, Fertigungsmechaniker, Graveur, Industriemechaniker, Konstruktionsmechaniker Metallbauer, Schneidwerkzeugmacher, Technischer Modellbauer, Technischer Produktdesigner, Verfahrensmechaniker von Beschichtungstechniken, Werkstoffprüfer, Werkzeugmechaniker und Zerspanungsmechaniker.

Die drei Ausbildungsberufe Werkzeugmechaniker, Zerspanungsmechaniker und Industriemechaniker machten im Jahr 2019 ca. 46 Prozent aller abgeschlossenen Ausbildungsstellen in der metallverarbeitenden Industrie aus und umfassen einen Großteil aller erforderlichen Tätigkeiten der Metallverarbeitung (Deutscher Industrie- und Handelskammertag 2020). Aus diesem Grund wird im folgenden Verlauf der Studie der Fokus hauptsächlich auf diese Ausbildungsberufe sowie deren Tätigkeiten gelegt. Nichtsdestotrotz ist eine Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf andere Berufe der metallverarbeitenden Industrie mit ähnlichen Kompetenz- und Tätigkeitsprofilen möglich.

Zur Ausführung der jeweiligen beruflichen Tätigkeiten der genannten Berufe bedarf es Kompetenzen, die während der Ausbildung erlernt werden sollen. Diese Kompetenzen spezifizieren das Lernen in beruflichen Handlungen und leiten sich aus den Rahmenlehrplänen der verschiedenen Ausbildungen für den jeweiligen Beruf ab. Didaktische Einheiten, die für das Erlernen der Kompetenzen zweckdienlich sind, orientieren sich an den berufsspezifischen Handlungsfeldern und -abläufen. Die Lehrinhalte werden durch die ständige Konferenz der Kultusminister und -senatoren der Länder beschlossen und gemäß den Rahmenlehrplänen in Handlungskompetenz, Fachkompetenz, Personalkompetenz, Sozialkompetenz, Methoden- und Lernkompetenz unterteilt (Kultusministerkonferenz 2018).

In den Rahmenlehrplänen werden anhand der berufsspezifischen Tätigkeiten Lehrinhalte formuliert. Teilweise decken sich Lehrinhalte dort, wo sich berufsspezifische Tätigkeiten ebenfalls decken. In der nachfolgenden Übersicht werden die Lehrinhalte der Ausbildungsberufe gegenübergestellt.

Abbildung 4: Rahmenlehrpläne der Ausbildungsberufe Industrie-
mechaniker, Werkzeugmechaniker und Zerspanungsmechaniker

	Industriemechaniker	Werkzeugmechaniker	Zerspanungsmechaniker
1. Lehrjahr	Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen	Fertigen von Bauelementen mit handgeführten Werkzeugen
	Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	Fertigen von Bauelementen mit Maschinen	Fertigen von Bauelementen mit Maschinen
	Herstellen von einzelnen Baugruppen	Herstellen von einzelnen Baugruppen	Herstellen von einzelnen Baugruppen
	Warten technischer Systeme	Warten technischer Systeme	Warten technischer Systeme
2. Lehrjahr	Fertigen von Einzelteilen mit Werkzeugmaschinen	Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren	Herstellen von Bauelementen durch spanende Fertigungsverfahren
	Installieren und Inbetriebnahme von technischen Systemen	Planen und Inbetriebnahme steuerungstechnischer Systeme	Inbetriebnahme steuerungstechnischer Systeme
	Instandsetzung von technischen Systemen	Herstellen technischer Systeme des Werkzeugbaus	Warten und Inspizieren von Werkzeugmaschinen
	Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	Fertigen mit numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen	Programmieren & Fertigen mit num. gesteuerten Werkzeugmaschinen
3. Lehrjahr	Montieren von technischen Teilsystemen	Herstellen von formgebenden Werkzeugoberflächen	Herstellen von Bauelementen durch Feinbearbeitungssysteme
	Herstellen und Inbetriebnahme von technischen Systemen	Fertigen von Bauelementen in der rechnergestützten Fertigung	Optimieren des Fertigungsprozesses
	Überwachen der Produkt- und Prozessqualität	Herstellen der technischen Systeme des Werkzeugbaus	Planen und Organisieren rechnergestützter Fertigung
	Instandhalten von technischen Systemen	Inbetriebnahme und Instandhaltung der technischen Systeme	Vorbereiten und Durchführen eines Einzelfertigungsauftrages
4. Lehrjahr	Planen und Realisieren technischer Systeme	Planen und Fertigen technischer Systeme	Organisieren und Überwachen von Fertigungsprozessen in der Serienfertigung
	Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme	Ändern und Anpassen technischer Systeme	
	Optimieren von technischen Systemen		

Quelle: Kultusministerkonferenz 2018

Bei Betrachtung der Lehrinhalte ist zu erkennen, dass sich die Inhalte des ersten Lehrjahres nicht voneinander unterscheiden und ein berufsübergreifendes Grundlagenfeld der Tätigkeiten abdecken. Im Rahmen des zweiten Lehrjahres folgen berufsfeldspezifische Inhalte, die mit der Fertigung von Bauteilen und der Heranführung an den Umgang mit rechnergestützten Fertigungssystemen zusammenhängen. Die Inhalte des dritten Lehrjahres umfassen unter anderem die Vertiefung des Umgangs mit rechnergestützten Systemen und die Planung, Organisation und Überwachung der Fertigung. Im vierten Lehrjahr werden Industriemechaniker an automatisierten Systemen ausgebildet, während der Fokus der Lehrinhalte in der Ausbildung zum Werkzeugmechaniker auf der Komplexität des zu fertigen Systems liegt. Die Lehrinhalte der Ausbildung zum Zerspanungsmechaniker beinhalten im vierten Lehrjahr im

Wesentlichen die Organisation und Überwachung von Fertigungsprozessen.

Innerhalb der Lehrinhalte wird zunehmend auch die Entwicklung von Kompetenzen vorgesehen, die im Rahmen der digitalen Vernetzung erforderlich sind. Dies begründet sich durch eine Überarbeitung der Lehrpläne aus dem Jahr 2018, um diese gemäß den benötigten Anforderungen im Umgang mit digital vernetzten Hilfsmitteln anzupassen (Bundesinstitut für Berufsbildung 2018). Die Einbindung des Umgangs mit digital vernetzten Hilfsmitteln in die Lehrpläne unterstreicht die wachsende Relevanz und Aktualität der Verwendung von digital vernetzten Hilfsmitteln in den betrachteten Berufsgruppen. Für Mitarbeiter, die vor 2018 ausgebildet worden sind, besteht ein entsprechender Weiterbildungsbedarf. Um die zukünftige Weiterbildung anforderungsgerecht gestalten zu können, werden im nachfolgenden Abschnitt zunächst die Grundlagen der digitalen Vernetzung vorgestellt, um anschließend auf die Veränderungen der Kompetenzfelder der Fachkräfte einzugehen.

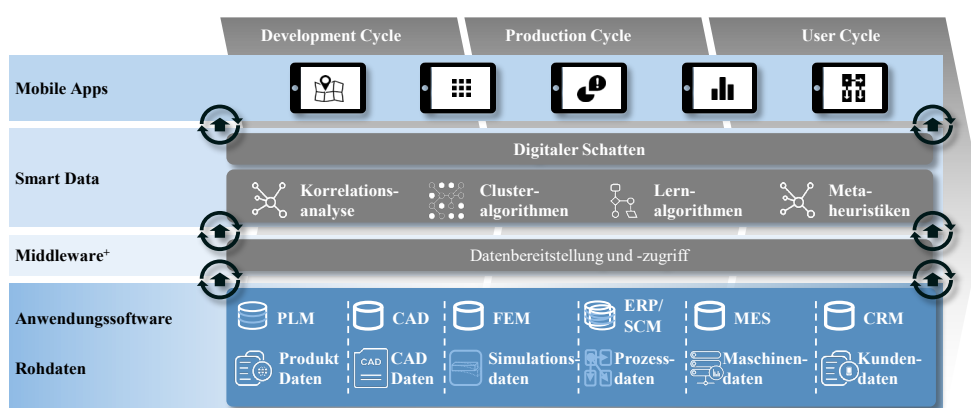
Digitale Vernetzung in der metallverarbeitenden Industrie

Das Thema Industrie 4.0 wurde zunächst nur von großen Serienproduzenten und der Politik geprägt. Anschließend folgte eine wachsende mediale und wissenschaftliche Aufmerksamkeit. Eine einhergehende fortschreitende Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik erlaubt dabei den zunehmenden Einsatz von leistungsstarken Sensoren und Aktoren im Rahmen der Produktionstechnik (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2015). Geringe Anschaffungskosten für Industrie 4.0-Anwendungen erlauben darüber hinaus zunehmende Digitalisierungs- und Modernisierungsmaßnahmen in investitionsschwächeren Branchen und Betrieben. Das Ziel dabei ist die weitestgehend vollständige Vernetzung der Produktion und eine damit verbundene Digitalisierung der Prozesse. Ebenso entwickeln sich innerhalb des Themas Industrie 4.0 Technologien – so z. B. die Additive Fertigung, die Cloud-Technologien und das Internet of Production, die zur Optimierung von Produktionsprozessen genutzt werden können. Weitere technologische Treiber sind integrierte Datenströme und Big Data, die die Vernetzung von Maschinen und Objekten weiterentwickeln sollen (Jeske et al. 2016, S. 115).

Mithilfe der integrierten Datenströme kann die digitale Vernetzung der Produktion schrittweise erfolgen. Wie in Abbildung 5 dargestellt, kann die Vernetzung in den drei verschiedenen Zyklen Entwicklungszyklus, Produktionszyklus und Nutzerzyklus erfolgen. Jeder Zyklus wird durch die Ebenen Objekte und Anwendungssoftware, Middleware+, Smart Data und Mobile Apps aufgebaut. Die Daten werden über die unterschiedli-

che Anwendungssoftware an die Middleware gesendet, welche anschließend die Daten mithilfe von Analysetools und Algorithmen sammelt, auswertet und an die unterschiedlichen Applikationen weiterleitet. Dabei erfolgt eine übersichtliche Aufbereitung der großen Datenmengen und vereinfacht die Datenhandhabung innerhalb der einzelnen Zyklen. Dabei müssen Fachkräfte zwar nicht direkt mit der Datenverarbeitung interagieren, trotzdem ist eine Bedienung der Industrie 4.0-Anwendungen durch die Fachkräfte unabdingbar (Schuh et al. 2017, S. 121).

Abbildung 5: Internet of Production Infrastructure



Quelle: Schuh et al. 2017, S. 121

Auswirkungen der digitalen Vernetzung auf Berufe und Kompetenzen

Die technologischen Veränderungen durch die digitale Vernetzung beeinflussen die Kompetenzanforderungen der betrachteten Berufe. Neben den bereits beschriebenen Tätigkeiten eröffnen sich durch die digitale Vernetzung neue Tätigkeitsfelder wie die Interpretation von Datenauswertungen, die Entscheidungsfindung oder die webbasierte Überwachung computergesteuerter Maschinen (Windelband/Dworschak 2015, S. 26 ff.).

Trotz der zunehmenden Automatisierung, muss für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 weiterhin der Mensch im Mittelpunkt eines Produktionssystems stehen. Hinsichtlich der benötigten Kompetenzen für den Umgang mit Industrie 4.0-Anwendungen ist die Aus- und Fortbildung der Kompetenzträger relevant. Die Fachkräfte müssen für die Entwicklung, Umsetzung und Kontrolle datengetriebener Produktionsprozesse und Geschäftsmodelle fortgebildet werden (Ittermann et al. 2015, S. 46).

Spath formuliert den Bedarf von zusätzlichen Qualifikationsmaßnahmen für Produktionsmitarbeitende zum Auf- und Ausbau von IT-Kompetenzen in der Fertigung und in der Montage, um den Anforderungen des flexibleren Produktionseinsatzes gerecht zu werden. Aufgrund der Zunahme an Komplexität der Tätigkeiten am Arbeitsplatz wird z. B. die Wartung und Instandhaltung zu einer umfangreichen Aufgabe für Fachkräfte (Spath 2013, S. 123).

Böhle erarbeitete bereits 2008, dass sich die Anforderungen an die Fachkräfte um den Einsatz analytischen Denkens, von Systemkenntnissen und einem spezifischen Schnittstellenwissen zur Instandhaltung und Wartung digital vernetzter Maschinen erweitern müssen (Böhle 2008, S. 48 ff.).

Zeller et al. definieren den Bedarf der zusätzlichen Kompetenzentwicklung darüber hinaus im Umgang mit der Technik, der Metakommunikation in immer abstrakter werdenden Arbeitszusammenhängen und die Arbeitssteuerung der eigenen Arbeitstätigkeit. Vor allem die Kompetenz der selbständigen zeitnahen Informationsbeschaffung und die Überbrückung von Kommunikationsproblemen zwischen Mensch und Maschine wird dabei hervorgehoben (Zeller et al. 2010, S. 78 ff.).

In Ergänzung zu den bereits genannten wissenschaftlichen Arbeiten, erschien weitere Fachliteratur, die den Wandel für die Fachkräfte durch Industrie 4.0 analysiert: Industrie 4.0 im globalen Kontext (Kagermann et al. 2016), Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe (Obermaier 2017), Kompetenzen erwerben in einer Lernfabrik (Tiffert 2018) und Mittelstand 4.0 (Heyse et al. 2018). In der Literatur sind somit unterschiedliche Auswirkungen der digitalen Vernetzung auf die Kompetenzanforderungen der Mitarbeitenden festzustellen. Nachfolgend wird ein Überblick über relevante Studien gegeben, die hierzu bereits einen forschungsrelevanten Beitrag leisten.

2.3 Vorstellung relevanter Studien

In der Wissenschaft existieren zahlreiche Studien, die sich mit der Thematik der Kompetenzentwicklung in einem digital vernetzten Arbeitsumfeld beschäftigen. Diverse Studien wurden im Rahmen dieser Studie berücksichtigt und eingeordnet. Die nachfolgend vorgestellte Auswahl an Studien bietet eine fachliche fundierte Grundlage für die Erstellung dieser Studie und bietet einen ersten Überblick über den Stand der wissenschaftlichen Forschung auf dem behandelten Forschungsgebiet.

Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0

Die Studie „Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0“ (Spath 2013) stellt eine Grundlagenforschung zur Gestaltung der vierten industriellen Revolution dar und liefert dazu einen umfassenden Überblick über die Veränderungen, die produzierende Unternehmen durch Industrie 4.0 erwarten müssen. Dazu wurde im Rahmen der Studie eine zweiteilige Befragung mit 661 produzierenden Unternehmen durchgeführt. Zunächst wurden die Befragten in einer postalisch und online durchgeführten Befragung zu unterschiedlichen Fragenfeldern interviewt. Anschließend folgten Interviews mit 21 namhaften Experten der deutschen Produktion wie Vertreter führender Produktionsunternehmen und Wissenschaftler.

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass Mitarbeitende durch Automatisierungslösungen im Kontext von Industrie 4.0 wirkungsvoll entlastet werden können. Extreme Flexibilitätsanforderungen durch eine kundenindividuelle Produktion bringen darüber hinaus weiterhin einen stetigen Bedarf an menschlicher Arbeitskraft mit sich. Folglich wird der Mensch weiterhin das wichtigste Kontroll- und Entscheidungsorgan innerhalb eines Produktionssystems sein.

Die Aus- und Weiterbildung im Umgang mit mobilen Endgeräten sowie eine zunehmende Flexibilität der Mitarbeitenden sind im Kontext von Industrie entscheidende Aspekte. Neben der Entwicklung der Flexibilität der Fachkräfte formuliert die Studie die Erwartung, dass Fachkräfte aus der Produktion vermehrt Entwicklungsaufgaben übernehmen werden. Dazu wird außerdem ein Qualifikationsbedarf der Mitarbeitenden für kurzfristigere, weniger planbare Arbeitstätigkeit formuliert. Eine detaillierte Betrachtung der Kompetenzbedarfe in der metallverarbeitenden Industrie erfolgt im Rahmen der Studie nicht.

Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0

Die 2016 durchgeführte Studie „Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0“ (acatech 2016) von acatech, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) und equeo kommt zu dem Ergebnis, dass Unternehmen die Digitalisierung zwar als Chance sehen, jedoch ein hoher Entwicklungsbedarf unter anderem bei der Qualifizierung der Belegschaft besteht. Dazu betrachtet die Studie den Status quo der Umsetzung von Industrie 4.0 in KMU mithilfe einer nicht-repräsentativen Online-Umfrage mit Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau sowie der Automobilbranche. Zusätzlich wurden Interviews mit Fachleuten aus Wissenschaft und Wirtschaft geführt. Zur Formulierung zukünftiger Kompetenzbedarfe werden die benötigten Kompetenzen hinsichtlich ihrer Orientierung kategorisiert. Die Kategorien lauten Technologie- und Da-

tenorientierung, Prozess- und Kundenorientierung sowie Infrastruktur- und Organisationsorientierung.

Es zeigt sich, dass besonders in den Bereichen Datenauswertung und -analyse, bereichsübergreifendes Prozess-Know-how und Prozessmanagement, interdisziplinäres Denken und Handeln, Kundenbeziehungsmanagement sowie Führung ein Entwicklungsbedarf entsteht. Besonders KMU prognostizieren einen zukünftigen Bedarf an prozess- und kundenorientierten Kompetenzen. Die Studie formuliert in Bezug auf die erwarteten Kompetenzanforderungen einen Einsatz innovativer Lehr-Lern-Lösungen sowie eine weitere Sensibilisierung kleiner und mittlerer Unternehmen für Industrie 4.0 und Industrie 4.0-bezogene Aus- und Weiterbildungsangebote. Zusätzlich wird die Aus- und Weiterbildung von geeignetem Lehrpersonal oder die fachübergreifende Integration von IT-, Medien- und Dienstleistungsinhalten in Schulen, Hochschulen und Betrieben thematisiert. Auch die Bildung von Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren oder anderer vorwettbewerblicher Kooperationen könnte gemäß der Studie ein probates Mittel zur Antizipation steigender Kompetenzanforderungen werden.

Bei der Prognose zukünftiger Kompetenzanforderungen werden die beruflichen Tätigkeiten einzelner Berufe der metallverarbeitenden Industrie nicht untersucht, sodass die Ergebnisse kritisch hinterfragt und durch weiterführende Forschungsarbeiten bestätigt werden müssen.

Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe bis 2030

Die Studie „Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe bis 2030“ (Patscha et al. 2017) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales entwirft ein Bild des transformierten deutschen Arbeitsmarktes im Jahr 2030 und untersucht dabei, inwiefern sich Tätigkeitsfelder und Kompetenzanforderungen branchenspezifisch verändern. Daraus werden anschließend Qualifizierungsanforderungen für Unternehmen abgeleitet, um einer Transformation des Arbeitsmarktes erfolgreich gerecht zu werden. Die Studie basiert auf der Auswertung vorausgegangener wissenschaftlicher Studien sowie Telefoninterviews mit diversen Unternehmen der Zielbranchen Fertigung und Produktion, Handwerk, Banken, Unternehmensdienstleistungen, öffentlicher Dienst und Gesundheitswirtschaft. Die Betrachtung der Zielbranche Fertigung und Produktion zeigt, dass die Kompetenzanforderungen mit der zunehmenden Technisierung der Maschinen- und Kommunikationsschnittstellen zwischen Mensch und Maschine wachsen. Die Fachkräfte benötigen dafür Kompetenzen im Bereich des übergeordneten Systemverständnisses sowie in der Datenanalyse und Interpretation. Aufgrund der Fokussierung auf ein breites Branchenspektrum erfolgt im Rahmen der Studie keine detaillierte Be-

trachtung der Kompetenzanforderungen in der metallverarbeitenden Industrie.

Skill Shift Automation and future of the workforce

Die Studie „Skill Shift Automation and future of the workforce“ (Bughin et al. 2018) der Beratungsgesellschaft McKinsey erforscht die Veränderung der Arbeitsplatzanforderungen und Kompetenzfelder in Unternehmen. Für diese Studie wurden Antworten von Geschäftsführern und Verantwortlichen aus unterschiedlichen Ländern erhoben. Zunächst werden innerhalb der Studie 25 unterschiedliche Kompetenzen in die Bereiche physische und manuelle Kompetenzen, grundlegende kognitive Kompetenzen, höhere kognitive Kompetenzen, soziale und emotionale Kompetenzen sowie technologische Kompetenzen kategorisiert. Eine Einordnung der Kompetenzen anhand ihrer aktuellen und zukünftigen Relevanz für den Wertschöpfungsprozess erfolgt in entsprechend thematischen Quadranten. Zur detaillierten Analyse werden die Kompetenzen jeweils den Wirtschaftssektoren Groß- und Einzelhandel, Fertigung und Produktion, Gesundheitswirtschaft, Energiewirtschaft und Bergbau sowie Banken und Versicherungswesen zugeordnet.

Im Ergebnis wird ein allgemeiner Bedarf an grundlegenden Kompetenzen im Umgang mit digitalen Hilfsmitteln und fortgeschrittenen IT-Kompetenzen prognostiziert. Die Studie bietet einen ausführlichen globalen Überblick über den Wandel von Tätigkeitsanforderungen für Mitarbeitende unterschiedlicher Branchen, jedoch findet keine detaillierte Betrachtung der zukünftigen Kompetenzanforderungen für einzelne Berufe der metallverarbeitenden Industrie statt.

Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt

Die Studie „Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt“ (Abel 2018) des unabhängigen Forschungsinstituts für gesellschaftliche Weiterentwicklung untersucht die Qualifikations- und Kompetenzanforderungen, die für die Produktionsbeschäftigten in der produzierenden Industrie durch eine zunehmende Vernetzung und Digitalisierung der Wertschöpfungskette entstehen. Grundlage der Untersuchung sind Sekundäranalysen anderer wissenschaftlicher Studien sowie eine Fallstudie mit zwölf Großunternehmen und fünf KMU. Für die Fallstudie wurden in den Unternehmen Führungskräfte, Produktionsbeschäftigte und Betriebsräte befragt.

Die Auswertung ergibt, dass Fach- und Methodenkompetenzen weiterhin relevant bleiben und durch unterschiedliche Sozial- und Selbstkompetenzen ergänzt werden. Aufgrund der Vielfalt der Zuständigkeitsbereiche der befragten Personen folgern die Autoren der Studie, dass

man sich auf unterschiedlichen innerbetrieblichen Ebenen noch nicht über einen zukünftigen Kompetenzbedarf einig ist. Es wird ein dringender Bedarf an tieferer sozial- und arbeitspolitischer Forschung hinsichtlich der Auswirkung der digitalen Vernetzung auf die Kompetenzanforderungen von Fachkräften formuliert. Die Studie lässt aufgrund der Auswahl der Interviewpartner keine eindeutige Prognose zur Kompetenzentwicklung einzelner Berufe in der metallverarbeitenden Industrie zu.

Transformationsatlas

Der „Transformationsatlas 2019“ (IG Metall 2019) der IG Metall stellt eine Bestandsaufnahme der Digitalisierung und des ökonomischen Wandels dar, die auf Basis einer Befragung von Betriebsräten aus ca. 2.000 Betrieben erhoben wurde. Die Unternehmen, in denen die Befragten jeweils tätig sind, stammten aus den Branchen Maschinenbau, Automobil- und Zuliefererindustrie, Elektroindustrie, Metallerzeugnisse, Metallerzeugung und -bearbeitung sowie sonstiger Fahrzeugbau. Die Gruppe der befragten Unternehmen bildet sich zu 60 Prozent aus Unternehmen mit bis zu 500 Mitarbeitenden, zu 22 Prozent aus Unternehmen mit 501 bis 1.000 Mitarbeitenden, zu 10 Prozent aus Unternehmen mit 1.001 bis 2.000 Mitarbeitenden, zu 5 Prozent aus Unternehmen mit 2.001 bis 5.000 Mitarbeitenden und zu 3 Prozent aus Unternehmen mit mehr als 5.000 Mitarbeitenden.

Die Befragung ergibt unter anderem, dass besonders die Arbeit in Fertigung und Montage, Verwaltung und Logistik sowie in der technischen Kundenbetreuung einen hohen Wandel durch die Digitalisierung erfährt. Die damit verbundenen Arbeitsplätze enthalten einen großen Anteil an Tätigkeiten, deren Kompetenzprofile sich verändern oder auch entfallen werden. Nahezu 95 Prozent der befragten Personen äußern einen signifikanten Anstieg des Qualifizierungsbedarfs der Fachkräfte. In gerade einmal 18 Prozent der Betriebe existiert eine Strategie zu Bewältigung der Herausforderungen, die durch die digitale Transformation entstehen. Im Hinblick auf die Automobil- und Zuliefererindustrie ergibt die Befragung, dass in 54 Prozent der Betriebe mit einer sinkenden Zahl an Arbeitsplätzen gerechnet wird. Es wurden daher transparentere Transformationsstrategien und die Einbindung der Fachkräfte in die Formulierung dieser Strategien sowie ein angepasstes Aus- und Weiterbildungsprogramm gefordert. Nach der Auswertung der Studie ergibt sich zwar der Bedarf nach Weiterbildungsmaßnahmen zur Kompetenzentwicklung der Mitarbeitenden, jedoch werden keine expliziten inhaltlichen Anforderungen oder spezifische Kompetenzen mit Entwicklungsbedarf genannt.

Prospektive Weiterbildung für Industrie 4.0

Das 2019 veröffentlichte Projekt „Prospektive Weiterbildung für Industrie 4.0“ (Baron et al. 2019) der Agentur Q, des Instituts für Berufspädagogik und Allgemeine Pädagogik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg präsentiert auf Basis inner- und überbetrieblicher Workshops in unterschiedlichen Unternehmen ein Weiterbildungskonzept, das Betriebsräte und Personalverantwortliche bei der Entwicklung innerbetrieblicher Weiterbildungsmaßnahmen im Rahmen von Industrie 4.0 unterstützen soll. In diesem Kontext wurde ein Leitfaden entwickelt, der das zentrale Ergebnis der Studie darstellt.

Der entwickelte Leitfaden stellt für Unternehmen eine Unterstützung dar, Beschäftigte frühzeitig auf die sich durch Industrie 4.0 verändernden Arbeitsanforderungen einzustellen und zu qualifizieren. Die Auswertung der Studie zeigt, dass ein hoher Bedarf an Kompetenzentwicklung bspw. im Umgang mit digital vernetzten Hilfsmitteln oder in der Erweiterung des Arbeitsprozesswissens besteht. Auch die Entwicklung von Kompetenzen in der Fernwartung von Maschinen und die Sensibilisierung im Umgang mit Robotern werden dabei hervorgehoben. Die Studie stellt eine detaillierte Vorgehensweise für Fachkräfte zur Aneignung der benötigten Kompetenzen im Industrie 4.0-Umfeld dar, jedoch berücksichtigt die Studie keine gegenwärtigen Tätigkeitsanalysen einzelner Berufe der metallverarbeitenden Industrie, sodass die beschriebenen Kompetenzanforderungen kritisch hinterfragt und in weiterführenden Forschungsarbeiten bestätigt werden müssen.

Zusätzlich zu den vorgestellten Studien wurden weitere wissenschaftliche Studien untersucht und in die Entwicklung dieser Studie eingebunden. Die folgenden Studien spielten bei der Erarbeitung dieser Studie ebenfalls eine Rolle: „Montage 4.0? Fallstudie zu Wirkungen digitaler Werkerführung auf die Montagearbeit“ des Soziologischen Forschungsinstituts (SOFI) Göttingen, „Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie“ der Universität Bremen, „The Future of Jobs and Skills“ des World Economic Forum, „Folgen der Digitalisierung für die Arbeitswelt“ des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung und „Veränderungen in der industriellen Produktion – Notwendige Kompetenzen auf dem Weg vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0“ von Prof. Dr. Lars Windelband und Bernd Dworschak.

2.4 Ableitung Forschungsbedarf

Das Thema Industrie 4.0 verändert das Arbeitsumfeld für Fachkräfte in der metallverarbeitenden Industrie schon seit längerer Zeit. Die Implementierung von digital vernetzten Industrie 4.0-Anwendungen hat nicht nur Auswirkungen auf den Produktionsprozess und dessen Ergebnis, sondern stellt die Fachkräfte bei der Ausführung ihrer Tätigkeiten vor neue Herausforderungen. Zahlreiche wissenschaftliche Studien bestätigen, dass der Einsatz digital vernetzter Hilfsmittel eine Veränderung der Kompetenzanforderungen auf dem Shopfloor bewirkt und die Mitarbeitenden daher vor unbekannte Herausforderungen stellt. Eine 2018 durchgeführte Anpassung der Rahmenlehrpläne fördert seitdem den bewussten Umgang der Auszubildenden mit digital vernetzten Hilfsmitteln. Daraus lässt sich jedoch auch schließen, dass bis dahin abgeschlossene Ausbildungen nur wenig mit dem Thema Industrie 4.0 vertraut gemacht wurden. Es ergibt sich daher ein Bedarf an beruflicher Weiterbildung eben jener älteren Mitarbeiter, für die berufsspezifische Kompetenzanforderungen identifiziert werden müssen.

Es existieren bereits unterschiedliche Studien, die Kompetenzanforderungen im Kontext der digitalen Vernetzung untersuchen. Die Vorstellung relevanter Studien zeigt, dass mit zunehmend globalem und branchenübergreifendem Betrachtungsumfang der Detaillierungsgrad der branchenspezifischen Prognosen abnimmt. Des Weiteren lässt sich erkennen, dass keine der Studien eine detaillierte Analyse der Tätigkeitsfelder innerhalb der metallverarbeitenden Industrie durchführt und dementsprechend auch keine berufsspezifische Handlungsempfehlung zur Kompetenzentwicklung anbietet.

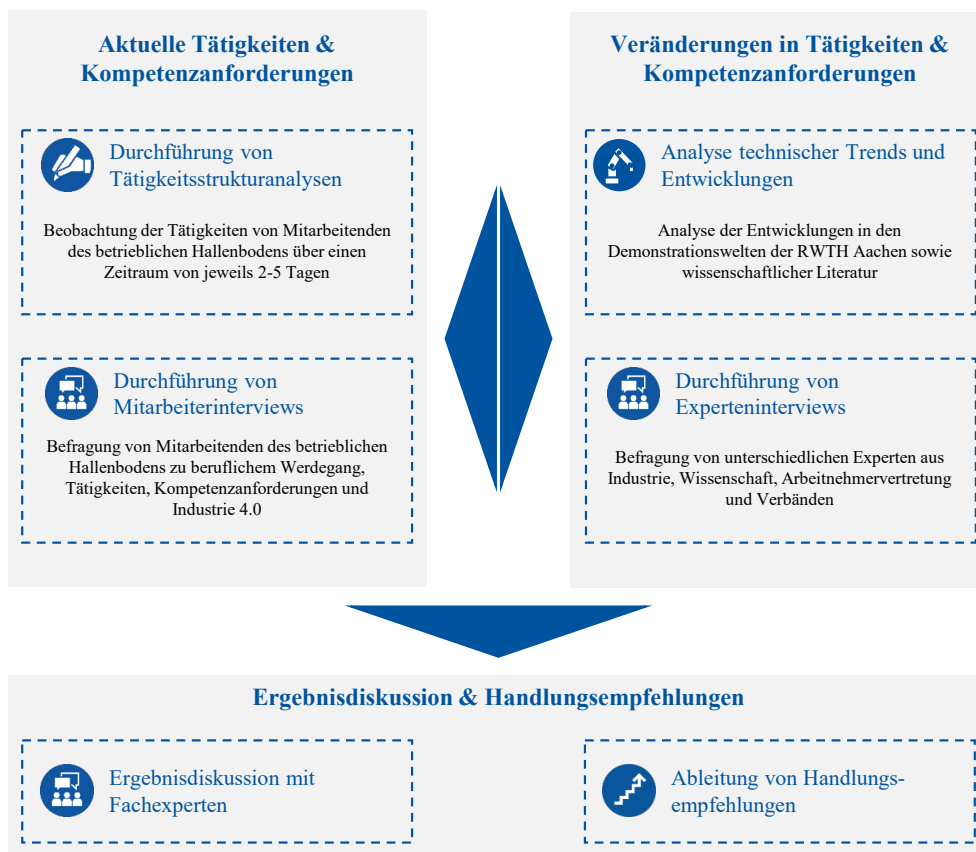
Es zeigt sich, dass ein weiterer Bedarf an sozial- und arbeitspolitischer Forschung der berufsspezifischen Auswirkungen von digitaler Vernetzung auf die Kompetenzanforderungen am Arbeitsplatz besteht. Insbesondere gilt es, die spezifischen Veränderungen der Kompetenzanforderungen an die Fachberufe Zerspanungs-, Werkzeug- und Industriemechaniker bei gleichzeitiger Analyse technologischer Trends und Entwicklungen zu untersuchen.

3. Studiendesign

3.1 Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen dieser Studie gliedert sich in die drei Themenbereiche „Aktuelle Tätigkeiten & Kompetenzanforderungen“, „Veränderungen in Tätigkeiten & Kompetenzanforderungen“ und „Ergebnisdiskussion & Handlungsempfehlungen“. Eine übersichtliche Visualisierung dieser Themenbereiche inkl. dem methodischen Vorgehen bietet die nachfolgende Abbildung 6.

Abbildung 6: Methodisches Vorgehen der Studie



Quelle: eigene Darstellung

Der Block „Aktuelle Tätigkeiten & Kompetenzanforderungen“ dient zur Erfassung des Status quo der Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen. Dafür wurden gemeinsam mit Mitarbeitenden aus der metallverarbeitenden Industrie Tätigkeitstrukturanalysen und individuelle Interviews durchgeführt. Mit dem Block „Veränderungen in Tätigkeiten & Kompetenzanforderungen“ sollte ein Zukunftsbild der Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen im Rahmen der Veränderungen durch Industrie 4.0 abgebildet werden. Zur Erstellung dieses Zukunftsbildes wurden die aktuellen Trends der digitalen Vernetzung analysiert und Experten unterschiedlicher Fachbereiche interviewt. Die Ergebnisse der beiden Themenbereiche bildeten anschließend die Grundlage für den Themenbereich „Ergebnisdiskussion & Handlungsempfehlungen“. Innerhalb dieses Themenbereichs wurden die Ergebnisse zunächst in Workshops und Einzelgesprächen mit Fachexperten diskutiert und reflektiert, um zukünftige Kompetenzprofile und anschließende Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Zur Abbildung des Status quo der Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen in den Berufen der Werkzeug-, Zerspanungs- und Industriemechaniker wurden die Tätigkeitsstrukturanalyse und Mitarbeiterinterviews als geeignete Methoden identifiziert, um einen möglichst praxisnahen Status quo abbilden zu können. Im Rahmen einer Tätigkeitsstrukturanalyse wurden Tätigkeiten von Facharbeitern der beschriebenen Berufe hinsichtlich ihrer Haupttätigkeiten am Arbeitsplatz analysiert. Zur Durchführung einer Tätigkeitsstrukturanalyse folgten Mitarbeitende des Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen den Facharbeitern bis zu einer Woche lang an ihrem Arbeitsplatz und dokumentierten in Erhebungsbögen den detaillierten Arbeitsablauf der Facharbeiter. Durch die Auswertung der gewonnenen Daten ergaben sich Statistiken über Ausführungshäufigkeiten und Zeitaufwände der Tätigkeiten, welche einen Schluss über die Relevanz der einzelnen Tätigkeiten zuließen (Wiegand/Franck 2011, S. 101).

Im Anschluss daran folgte die Durchführung der Mitarbeiterinterviews. Innerhalb der Organisationsforschung besitzt das leitfadengestützte Interview einen hohen Stellenwert und stellt eines der meist genutzten Verfahren in der empirischen Sozialforschung dar (Kühl 2009, S. 32). Die Struktur des Interviews wurde durch einen Leitfaden gebildet. Die Tonspur der Interviews wurde entsprechend aufgezeichnet, damit keine Informationen verloren gingen und sich der Interviewer während des Gespräches auf den Austausch mit dem Interviewpartner konzentrieren konnte. Aus Datenschutzgründen wurden die Interviews anonymisiert und die daraus entstandenen Daten nur für das Projektteam zugänglich gemacht. Nach der Durchführung der Interviews wurden die dokumen-

tierten Antworten aufbereitet themenspezifisch kategorisiert. Ein Vergleich der erhaltenen Antworten aller Interviewpartner bildet dabei die Grundlage der Identifikation gegenwärtig relevanter Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen.

Zur Abbildung eines Zukunftsbildes und den damit verbundenen Veränderungen der Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen in den Ausbildungsberufen Werkzeug-, Zerspanungs- und Industriemechaniker wurden die Analyse technischer Trends und Entwicklungen sowie mehrere Experteninterviews als geeignete Methoden ausgewählt. Die Analyse der technischen Trends und Entwicklungen gab Aufschluss darüber, inwiefern sich Arbeitsplätze durch aktuelle und aufkommende Trends verändern. Dazu wurden aktuelle wissenschaftlich relevante Werke und Studien hinsichtlich einer thematischen Vorarbeit bzw. möglichen thematischen Überschneidungen identifiziert und analysiert. Darüber hinaus wurden Prototypen von Industrie 4.0-Anwendungen, die in den Demonstrationswelten des RWTH Aachen Campus sowie deren Partnerunternehmen entwickelt und eingesetzt werden, identifiziert und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf berufliche Tätigkeiten untersucht. Auf Basis dieser Analysen konnten verschiedene Trends und Entwicklungen der digitalen Vernetzung identifiziert werden, um sich ein Bild vom Arbeitsplatz und den Kompetenzprofilen der Zukunft zu machen.

Als weitere Methode zur Definition der Veränderungen von Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen wurden Experteninterviews durchgeführt. Als Experte wird eine Person verstanden, die ein besonderes Fachwissen mitbringt. Im Fall dieser Studie bildet sich die Gruppe der befragten Personen aus Vertretern der Industrie, Wissenschaft, Arbeitnehmervertretungen und Verbände. Das Vorgehen bei der Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Experteninterviews erfolgte analog zum Vorgehen bei den Mitarbeiterinterviews (Kühl 2009, S. 32). Für die Experteninterviews wurde wie auch für die Mitarbeiterinterviews ein thematischer Leitfaden entwickelt, der sich vor allem auf die zukünftigen Veränderungen am Arbeitsplatz, deren Auswirkungen auf Tätigkeiten und darauffolgend auf die zukünftigen Kompetenzanforderungen bezieht. Ziel der Experteninterviews war es daher, eine Einschätzung der Experten über die zukünftige Relevanz einzelner Kompetenzprofile und die Veränderung der Kompetenzanforderungen zu bekommen.

Der Bedarf an Kompetenzen, der sich aus den Veränderungen der Tätigkeiten und Anforderungen ergibt, wurde anschließend mit dem definierten Status quo verglichen. Die Ergebnisse dieses Vergleichs bildeten daraufhin die Grundlage für den dritten Block. Im Rahmen des dritten Blocks fand die Ergebnisdiskussion mit diversen Fachexperten aus Forschung, Industrie und Gewerkschaften statt. Dabei wurden die vor-

läufigen Ergebnisse des identifizierten Status quo und der Veränderungen der Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen sowie ein gemeinsamer Vergleich vorgestellt und kritisch reflektiert. Die Ergebnisse dieser Treffen dienen als weitere Grundlage zur Ableitung geeigneter Handlungsempfehlungen in Bezug auf die Weiterbildung relevanter Kompetenzen.

3.2 Feldzugang

Der Fokus der Studie liegt auf der metallverarbeitenden Industrie. Zur Erfassung der für die Studie relevanten Informationen dienen die Tätigkeitsstrukturanalyse sowie Befragungen von Mitarbeitenden und Experten. Aufgrund des hohen Anteils an kleinen und mittleren Unternehmen in der metallverarbeitenden Industrie wurden Mitarbeitende aus Unternehmen entsprechender Größe für die Befragungen und die Durchführung der Tätigkeitsstrukturanalyse ausgewählt. Kleine und mittlere Unternehmen zeichnen sich durch vergleichsweise geringere Finanzmittel (weniger als 50 Millionen Euro Umsatz pro Jahr) bei maximal 250 Mitarbeitenden aus (Ihlau et al. 2013, S. 4 ff.). Im Zuge der digitalen Vernetzung stehen kleine und mittlere Unternehmen daher bei der Qualifizierung ihrer Mitarbeitenden vor größeren Herausforderungen und eignen sich dadurch besonders für das Vorhaben der Studie. Im Folgenden werden die Tätigkeitsstrukturanalyse, die Mitarbeiter- und die Experteninterviews einzeln vorgestellt.

Im Rahmen der Tätigkeitsstrukturanalyse wurden Tätigkeiten von 30 Mitarbeitenden in drei Unternehmen untersucht. Die Unternehmen mit 140 bis 170 Mitarbeitenden fokussieren Tätigkeitsfelder im Bereich der Edelstahlverarbeitung und dem Werkzeugbau und gehören somit zur metallverarbeitenden Industrie. Bisher beschäftigten sie sich nur begrenzt mit der digitalen Vernetzung. Teilweise waren digitale Anwendungen wie CNC-Maschinen und Planungssysteme bereits in der Fertigung etabliert, eine umfassende Betrachtung der Potenziale digitaler Vernetzung erfolgte bisher jedoch nicht. Im Rahmen der Tätigkeitsstrukturanalyse wurden die Tätigkeiten von Mitarbeitenden aus der mechanischen Fertigung und der Werkzeugmontage analysiert.

Teilnehmende Mitarbeitende sollten ein breites Spektrum abbilden, entsprechend variierten das Alter der Teilnehmer zwischen 17 und 62 Jahren und Berufserfahrungen vom zweiten Lehrjahr der Ausbildung bis zu 36 Jahren. Die Teilnehmer der Edelstahlverarbeitungsunternehmen aus dem Bereich Schleiferei und die mechanische Fertigung absolvierten berufsvorbereitend eine Ausbildung, meist als Industrie- oder

Zerspanungsmechaniker. Des Weiteren war ein Meister der mechanischen Fertigung Teil der Tätigkeitsstrukturanalyse. Die Mitarbeitenden der mechanischen Fertigung und der Werkzeugmontage des Werkzeugbauunternehmens arbeiteten ebenfalls mit zerspanenden Technologien sowie in der Montage komplexer Blechumformwerkzeuge für die Automobilindustrie. Somit konnten die Ausbildungsberufe Industriemechaniker, Werkzeugmechaniker und Zerspanungsmechaniker im Rahmen der Tätigkeitsstrukturanalyse abgebildet werden.

Die Befragung der Mitarbeitenden erfolgte in Form von persönlichen Interviews. Insgesamt wurden 14 Interviews geführt, von denen 13 Befragte auch Teil der Tätigkeitsstrukturanalyse waren. Darüber hinaus wurde ein Meister aus einem weiteren Werkzeugbauunternehmen befragt. Insgesamt wurden somit zwei Meister befragt, um eine höhere Durchdringung der Beschäftigungsebenen zu erzielen. Alle befragten Mitarbeitenden wurden entsprechend ihrer technischen Qualifikationen dahingehend ausgewählt, dass repräsentative Tätigkeitsprofile der metallverarbeitenden Industrie wiedergespiegelt werden. Es wurden Mitarbeitende im Alter zwischen 23 und 58 Jahren mit einer Berufserfahrung von sechs bis 36 Jahren eingebunden, die analog zu der Tätigkeitsstrukturanalyse die Ausbildungsberufe Industriemechaniker, Werkzeugmechaniker und Zerspanungsmechaniker abbilden.

Die Befragung der Experten verlief analog zu der Mitarbeiterbefragung im Format persönlicher Interviews. Insgesamt wurden neun Interviews mit Experten aus Industrie und Forschung sowie mit Verbandsvertretenden durchgeführt. Dabei sind vier befragte Sachkundige in Führungspositionen von großen Unternehmen der metallverarbeitenden Industrie, die sich im Schwerpunkt mit der digitalen Vernetzung im Zuge von Industrie 4.0 befassen und diese aktiv in die strategische und operative Veränderung des eigenen Unternehmens einbinden. Darüber hinaus wurden drei Geschäftsführende von kleinen und mittleren Unternehmen befragt. Neben einer Forschungsperspektive sollten so sowohl langfristige Entwicklungen der metallverarbeitenden Industrie im Hinblick auf digitale Vernetzung als auch reale Perspektiven kleiner und mittlerer Unternehmen abgebildet werden. Des Weiteren wurden Vertretende der IG Metall und der Industrie- und Handelskammer befragt. Somit wurde die Expertise von Industrievertretenden mit derer wichtiger Industrieverbände konsolidiert, um ein breites Spektrum der Trends für die metallverarbeitende Industrie zu erfassen.

4. Aktuelle Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen

Das nachfolgende Kapitel dient der Aufnahme des aktuellen Kompetenzprofils von Berufen der metallverarbeitenden Industrie. Es wird mithilfe einer Tätigkeitsstrukturanalyse und Mitarbeiterinterviews erarbeitet. Daher werden zunächst die Tätigkeitsstrukturanalyse und ihre Ergebnisse vorgestellt. Daraufaufgehend wird die Struktur der Mitarbeiterinterviews beschrieben und zentrale Erkenntnisse dargelegt. Zuletzt wird das Kompetenzprofil für Berufe der metallverarbeitenden Industrie abgeleitet.

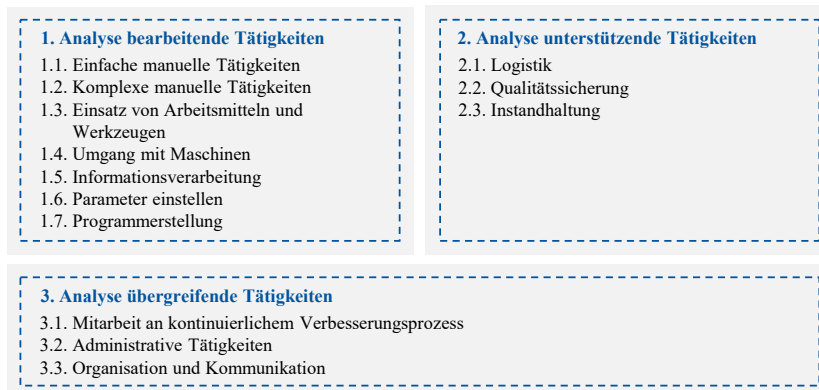
4.1 Tätigkeitsstrukturanalyse

Ziel der Tätigkeitsstrukturanalyse ist die Aufnahme und Analyse von aktuell ausgeführten Tätigkeiten in der metallverarbeitenden Industrie. Der Fokus der Analyse liegt auf den Ausbildungsberufen Industriemechaniker, Werkzeugmechaniker und Zerspanungsmechaniker. Zunächst wird der Aufbau der Tätigkeitsstrukturanalyse beschrieben, um anschließend die Ergebnisse aktueller Tätigkeiten in der metallverarbeitenden Industrie darzustellen.

4.1.1 Aufbau der Tätigkeitsstrukturanalyse

Im Rahmen der Tätigkeitsstrukturanalyse wurden Tätigkeiten in Arbeitsbereichen systematisch erfasst, um im Rahmen der vorliegenden Studie reale Qualifizierungsbedarfe aus ihnen abzuleiten. Dafür wird ein Ist-Zustand real benötigter Kompetenzen entwickelt. Ein speziell für Fertigungs- und Montagearbeiten entwickeltes Raster bietet den Ordnungsrahmen der zu erfassenden Tätigkeiten in gruppierter Form (Frieling/Sonntag 1999, S. 472 ff.). Alle Tätigkeiten werden gegliedert erfasst und systematisch für nachfolgende Analysen vorbereitet. Nachfolgend wird die Gliederung der Tätigkeitsstrukturanalyse dargestellt (Arnold/Lipsmeier 1995, S. 265).

Abbildung 7: Gliederung der Tätigkeitsstrukturanalyse



Quelle: eigene Darstellung

Eine detaillierte Auflistung der Tätigkeiten in Berufen der metallverarbeitenden Industrie ergab 35 Unterkategorien. Die zugehörigen Tätigkeiten bilden die Detailebene der Tätigkeitsstrukturanalyse. Nachfolgend ist ein Ausschnitt eines Erfassungsbogens zur Zeiterfassung durchgeführt Tätigkeiten dargestellt.

Abbildung 8: Ausschnitt eines Erfassungsbogens der Tätigkeiten

Alter:	Geschlecht:	Arbeits erfahrung:			
Ausbildungsberuf:	Zusatzqualifikation:	Berufsbezeichnung:			
<i>(freiwillige Angabe)</i>					
	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5
1. Bearbeitende Tätigkeiten					
1.1 Einfache manuelle Tätigkeiten (durch anlernen, ohne Ausbildung, ausführbar)					
<ul style="list-style-type: none"> Einfache Montage (z.B. Zusammenstecken von Bauteilen, Clipse eindrehen, Schrauben anziehen) 					
<ul style="list-style-type: none"> Einfache Fertigung (z. B. Bohrungen entgraten, Stahlteile feilen) 					
<ul style="list-style-type: none"> Reinigen und Entsorgen (z. B. Aufräumen, Fegen, Müll wegbringen) 					
1.2 Komplexe manuelle Tätigkeiten (nur durch Ausbildung zu erlernen)					
<ul style="list-style-type: none"> Komplexe Montage (z. B. Montage von Baugruppen) 					
<ul style="list-style-type: none"> Komplexe Fertigung (z.B. Oberflächen polieren) 					
1.3 Umgang mit Maschinen (bewegungs-erzeugende Maschinen, numerisch gesteuerte Maschinen)					
<ul style="list-style-type: none"> Maschinen und Anlagen rüsten 					
<ul style="list-style-type: none"> Maschinen und Anlagen bedienen (z. B. Drehbank, NC-Fräsmaschine) 					
Überwachung					

Quelle: eigene Darstellung

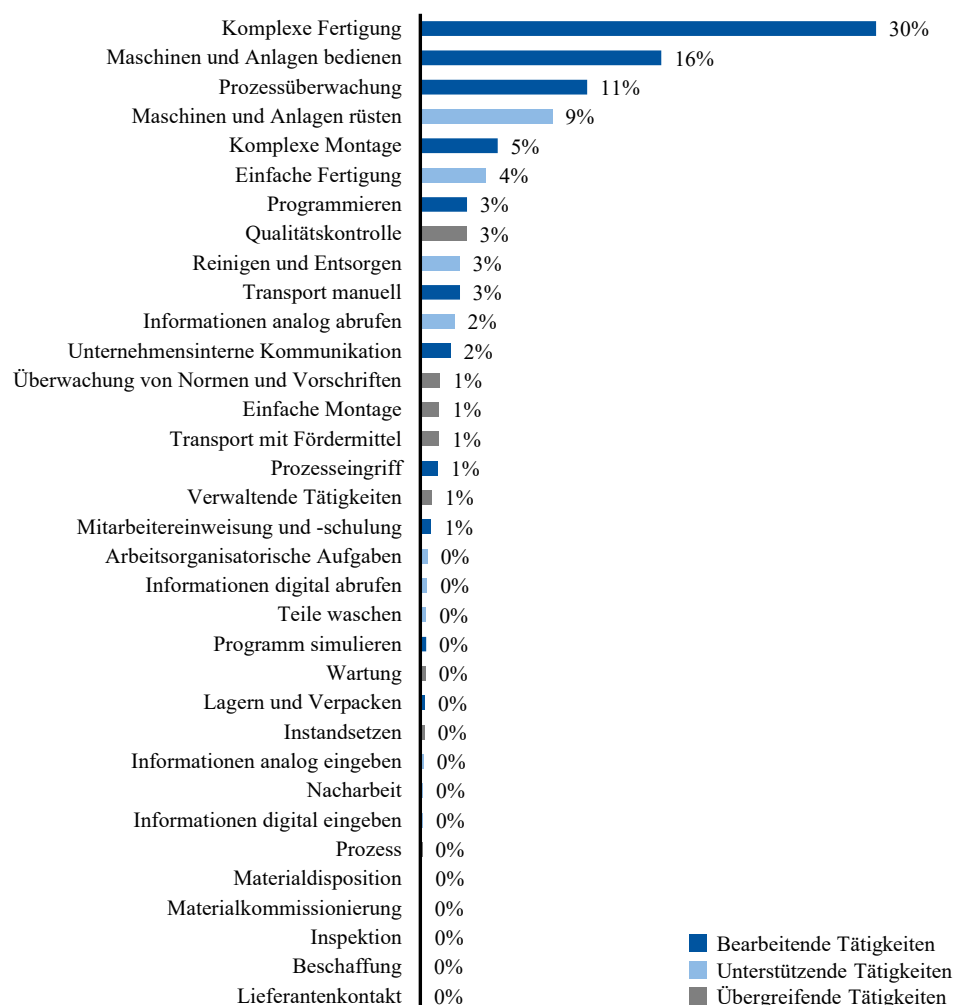
Zur Erleichterung der Durchführung der Analyse und zur Sicherstellung einer einheitlichen Zuordnung von Tätigkeiten durch unterschiedliche Beobachter ist die Detailebene um typische Beispiele ergänzt.

4.1.2 Aktuelle Tätigkeiten in der metallverarbeitenden Industrie

Die Tätigkeitsstrukturanalyse wurde für 30 teilnehmende Mitarbeitende aus drei Unternehmen durchgeführt. Über zwei bis fünf Tage wurden alle Tätigkeiten jedes teilnehmenden Mitarbeitenden mithilfe des in Abbildung 8 dargestellten Erfassungsbogens aufgenommen. Die Anteile jeder Tätigkeit an der Gesamtarbeitszeit wurden errechnet und ergeben die

relative Häufigkeitsverteilung der Tätigkeiten. Die Häufigkeitsverteilung der Tätigkeiten ist nachfolgend über alle 30 Teilnehmenden gemittelt dargestellt.

Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung aller Tätigkeiten nach ihrer Bezeichnung im Erfassungsbogen



Quelle: eigene Darstellung

Die Häufigkeitsverteilungen der Tätigkeiten der einzelnen Mitarbeitenden unterscheiden sich nicht maßgeblich untereinander. Es zeigt sich, dass der Schwerpunkt der Tätigkeiten aller untersuchten Mitarbeitenden der komplexen Fertigung und Montage, dem Rüsten und Bedienen von Maschinen und Anlagen sowie der Prozessüberwachung zugeordnet werden können. Die Gesamtauswertung aller Tätigkeitsstrukturanalysen

ergibt, dass bearbeitende Tätigkeiten in Berufen der metallverarbeitenden Industrie mit insgesamt 86 Prozent der Arbeitszeit maßgeblich dominieren. Dabei macht direkte Arbeit mit Maschinen, beispielsweise im Rahmen rüstender, überwachender und bedienender Tätigkeiten im Fertigungsprozess, den überwiegenden Anteil der Tätigkeiten aus. Tätigkeiten im Zusammenhang mit digitalen Anwendungen, beispielsweise die Eingabe und der Abruf digitaler Informationen sowie Arbeiten mit Programmen, machen nur einen sehr geringen Anteil aus. Übergreifende Tätigkeiten wie beispielsweise verwaltende Tätigkeiten oder unternehmensinterne Kommunikation nehmen hingegen mit unter 5 Prozent nur einen sehr geringen Anteil der Arbeitszeit in Anspruch.

Mitarbeitende mit dem Beruf Werkzeugmechaniker verzeichnen verglichen mit den Berufen Industriemechaniker und Zerspanungsmechaniker einen höheren Anteil von Tätigkeiten komplexer Fertigung und Montage, während planende und vorbereitende Tätigkeiten insgesamt geringer als im Durchschnitt ausgeführt werden. Die Berufe Industriemechaniker und Zerspanungsmechaniker verwenden anteilig mehr Zeit zur Rüstung, Überwachung und Steuerung von Maschinen. Im Beruf Industriemechaniker ist der Anteil planender und vorbereitender Tätigkeiten etwas höher als der dargestellte Durchschnitt aller Häufigkeitsverteilungen. Tätigkeiten der Rüstung, Reparatur und Instandhaltung sind im Beruf Werkzeugmechaniker seltener erfasst worden als in den Berufen Zerspanungsmechaniker und Industriemechaniker. Insgesamt ist jedoch festzuhalten, dass die Verteilungen keine deutlichen Unterschiede aufweisen und daher eine zusammengefasste Betrachtung für Berufe der metallverarbeitenden Industrie für das vorliegende Forschungsvorhaben angemessene Aussagekraft besitzt, um Trends und Handlungsempfehlungen aufzuzeigen.

4.2 Mitarbeiterinterviews

Die Mitarbeiterinterviews dienen der systematischen Informationsgewinnung zur realitätsgetreuen Abbildung aktuell erforderlicher Kompetenzen in Berufen der metallverarbeitenden Industrie. Außerdem soll erfasst werden, welche Veränderungen in den Tätigkeiten und Weiterbildungsaktivitäten in der betrieblichen Praxis in den letzten Jahren bereits vollzogen wurden. Zunächst wird der Aufbau des Interviewleitfadens beschrieben, um darauffolgend zentrale Ergebnisse der Mitarbeiterinterviews vorzustellen.

4.2.1 Aufbau des Interviewleitfadens

Der Interviewleitfaden wurde mit dem Ziel konzipiert, ein möglichst vollständiges Grundgerüst für sämtliche Mitarbeiterinterviews zu bieten, auf dessen Basis möglichst standardisierte Themengebiete in einzelnen Interviews abgehandelt werden können. Zur Erhöhung der Vergleichbarkeit von individuellen Antworten wurde der Leitfaden je nach Situation jeder Befragung erweitert oder angepasst, sodass für die vorliegende Studie relevante Themen durch alle Befragungen abgebildet werden konnten. Angelehnt an Helfferich wurden die Grundprinzipien der qualitativen Forschung – Offenheit, Begrenzung der Fragenanzahl, formale Übersichtlichkeit, gute Handhabbarkeit, Verfolgung des natürlichen Erinnerungs- und Argumentationsflusses sowie Priorisierung themenrelevanter, spontaner Erzählungen – zugrunde gelegt (Helfferich 2005, S. 24 ff.).

Da das Ziel der Mitarbeiterinterviews eine Abbildung der aktuellen Tätigkeiten und Kompetenzen in Unternehmen der metallverarbeitenden Industrie ist, bilden entsprechende Fragen den Kern des Leitfadens. Im Hinblick auf eine zukunftsorientierte Erfassung des Ist-Zustands in Unternehmen wurden abschließend Ansichten zu aktuellen Trends und persönlichen Vorstellungen erfasst. Nachfolgend ist eine Zusammenfassung des Interviewleitfadens mit einzelnen konkreten Fragen dargestellt.

Abbildung 10: Zusammenfassung Interviewleitfaden

Leitfadenstruktur	Fragen
1. Einführungsphase	<ul style="list-style-type: none"> Vorstellung Interviewer, Erklärung Forschungsprojekt, Angaben zum Zeitrahmen des Interviews, Erlaubnis zum Aufnehmen erfragen, Vorstellung des Themas
2. Person & Werdegang	<ul style="list-style-type: none"> Wie alt sind Sie? Wie lange arbeiten Sie bereits bei dem aktuellen Unternehmen? Wann und wo haben Sie die Schule abgeschlossen, und was war das für ein Abschluss? Können sie Ihren beruflichen Werdegang erläutern? (Berufsausbildung, Qualifikationen, Unterbrechungen, Tätigkeiten während des Studiums) Wie sah Ihre berufliche Entwicklung innerhalb des Unternehmens aus?
3. Berufliche Tätigkeit	<ul style="list-style-type: none"> Wie wird Ihre jetzige Arbeitsposition innerhalb des Unternehmens bezeichnet? Können Sie mir bitte einen typischen Arbeitstag bzw. die Aufgaben entlang möglicher Projektphasen beschreiben? Was sind dabei Kernaufgaben und was sind Nebenaufgaben bei Ihrer Tätigkeit? Arbeiten Sie alleine oder in Gruppen? Welche technischen Hilfsmittel sind für Ihre Arbeit notwendig?
4. Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> Welche Kompetenzen brauchen Sie, um Ihre Tätigkeiten ausführen zu können? Haben Sie diese Kompetenzen in der Ausbildung erlernt oder im Beruf selber? Wie sieht es bezüglich Ihrer Kompetenzentwicklung innerhalb des Unternehmens aus? Brauchen Sie nun andere Kompetenzen als früher? Wie stellen Sie diese Kompetenzen sicher? Gibt es öfter Programme für die Mitarbeiter, um neue Kompetenzen zu erlernen/ verbessern?
5. Zukunftsvorstellungen	<ul style="list-style-type: none"> Was sind Ihre beruflichen Ziele/ wo wollen Sie beruflich später stehen? Konnten Sie in den letzten Jahren bzw. allgemein irgendwelche Veränderungen bezüglich Arbeitsweise, Arbeitsutensilien und Arbeitsplatz feststellen? Falls ja, was ist Ihre persönliche Einschätzung zu diesen Veränderungen? Haben Sie eventuell Ängste wegen dieser Veränderung/ immer mehr werdenden Einführung von Industrie 4.0?

Quelle: eigene Darstellung

Die Struktur lässt sich wie folgt beschreiben:

1. Einführungsphase

Der erste Themenbereich leitet die Befragung durch eine Vorstellung des Projekts ein. Dabei werden das Forschungsvorhaben sowie Formalia, beispielsweise die Dauer des Interviews, offengelegt. Ebenfalls wird die befragende Person vorgestellt sowie rechtliche Hinweise, beispielsweise die Anonymisierung aller Daten sowie die Erlaubnis des Aufnehmens, erläutert. Ziel dieses Themenbereichs ist ein Heranführen der Befragten an die Thematik und das Ziel des Interviews.

2. Angaben zur Person und zum beruflichen Werdegang

Zur soziodemografischen Erfassung der befragten Personengruppe werden Fragen zum Alter, Geschlecht sowie zur Dauer der Unternehmenszugehörigkeit gestellt. Darüber hinaus werden der berufliche Werdegang sowie erlangte schulische und berufliche Qualifikationen erfragt. Ziel dieses Themenbereichs ist eine möglichst genaue Erfassung der relevanten Tätigkeits- und Lernverläufe sowie der zugehörigen Qualifizierungsprozesse zur Vorbereitung und während des Berufs. Dabei kann ein Eindruck gewonnen werden, inwieweit sich die Befragten als Subjekt oder Objekt ihres beruflichen Handelns betrachten. Gleichzeitig wird geprüft, dass auch hinsichtlich des beruflichen Werdegangs ein möglichst breites Spektrum durch die vorliegende Studie abgebildet wird.

3. Ermittlung der aktuellen beruflichen Tätigkeiten

Zur Erfassung der beruflichen Tätigkeiten wird die vorherige Beschreibung der aktuellen Arbeitsposition um die subjektive Darstellung typischer Arbeitsverläufe sowie der wahrgenommenen Haupt- und Nebentätigkeiten im Beruf ergänzt. Darüber hinaus werden Aspekte der Gruppenarbeit und genutzter Hilfsmittel geprüft. Ziel dieses Themenbereichs ist eine Aufnahme der individuell wahrgenommenen und auszuführenden Tätigkeiten sowie deren Gewichtung zueinander im Arbeitsalltag. So werden real gestellte Anforderungen an Berufe der metallverarbeitenden Industrie erfasst.

4. Ermittlung von Kompetenzen

Um die Erfassung beruflicher Tätigkeiten für die vorliegende Studie sinnvoll zu ergänzen, wird eine Spiegelung auf erforderliche Kompetenzen vorgenommen. Dabei ist sowohl eine Aufnahme der für die Tätigkeiten relevanten Kompetenzen als auch eine Rückverfolgung zum Ursprung dieser Kompetenzen relevant. Sowohl das Erlernen

von Kompetenzen im Rahmen der Ausbildung als auch die unternehmensinterne Weiterentwicklung im Beruf sind dabei von Belang. Darüber hinaus wird geprüft, welche spezifischen Kompetenzen für die Verrichtung welcher Tätigkeiten vonnöten sind. Auf Basis der Beobachtungen, die im Rahmen der Tätigkeitsstrukturanalyse gemacht worden sind, sowie der individuellen Wahrnehmung erforderliche Kompetenzen der befragten Mitarbeitenden wurden aktuelle Kompetenzprofile abgeleitet (vgl. Kapitel 4.3).

5. Abfrage von Zukunftsvorstellungen

Im Zusammenhang zukünftiger Kompetenzprofile und Qualifikationsbedarfe wird im Rahmen der Mitarbeiterinterviews miterfasst, wie die aktuellen Vorstellungen diesbezüglich bei Mitarbeitenden sind. Dabei wird die subjektive Wahrnehmung des weiteren Werdegangs sowie bereits erfolgter Veränderungen hinsichtlich der Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen im Beruf erfasst. Auch persönliche Bewertungen von erfolgten Veränderungen und Ängste hinsichtlich bevorstehender Entwicklungen, beispielsweise der zunehmenden digitalen Vernetzung im Zuge von Industrie 4.0, sind von Relevanz. Ziel dieses Themenbereichs ist eine subjektive Abfrage von Zukunftsvorstellungen, um etwaige Abweichungen zu zukünftigen Entwicklungen als Ergebnis der im späteren Verlauf durchgeführten Experteninterviews zu identifizieren.

4.2.2 Zentrale Ergebnisse der Mitarbeiterinterviews

Die Ergebnisse der Mitarbeiterinterviews wurden schrittweise dokumentiert, transkribiert und entlang der Leitfadenstruktur gegliedert. Nachfolgend werden zentrale Ergebnisse jedes Themenbereichs zusammenfassend wiedergegeben. Die detaillierten Ergebnisse der Auswertung der Mitarbeiterinterviews werden im Rahmen aktueller Kompetenzanforderungen in Kapitel 4.3 dargestellt.

Angaben zur Person und zum beruflichen Werdegang

Die befragten Mitarbeitenden starteten ihre Ausbildung üblicherweise nach Beendigung der Schulbildung und wurden nach Abschluss der Ausbildung durch das ausbildende Unternehmen übernommen.

„Von der Schule bin ich direkt hierher in die Lehre gegangen und habe eine Ausbildung als Werkzeugmechaniker, Stanz- und Umformtechnik, gemacht. Ich bin seitdem schon immer hier gewesen.“ (Quelle: Mitarbeiter C)

Vereinzelt wurde das Unternehmen im Laufe des beruflichen Werdegangs gewechselt; insgesamt ist aber eine geringe Fluktuation der Mitarbeitenden festzustellen. Innerhalb der Unternehmen erfolgten teilweise Schulungen zur Weiterentwicklung der Mitarbeitenden; diese jedoch überwiegend zur Erhöhung der Flexibilität einzelner Mitarbeitender innerhalb ihres aktuellen Berufs, beispielsweise zur Erlernung neuer Maschinensteuerungen und einem damit verbundenen flexibleren Einsatz unterschiedlicher Mitarbeitenden in unterschiedlichen Bereichen der Fertigung.

„Ich bin auf Schulungen für die Steuerung von Maschinen geschickt worden. Teilweise war das im Haus, teilweise kamen die Leute hierher oder wir sind zu den Herstellern gefahren.“ (Quelle: Mitarbeiter A)

Die Frage nach der eigenen Weiterentwicklung im Unternehmen wurde kaum als eine Frage nach beruflichem Aufstieg aufgefasst. Daraus ist zu schließen, dass die befragten Mitarbeitenden im Rahmen des bestehenden Berufs das Potenzial zu einer Veränderung, beispielsweise einer Beförderung durch Weiterbildungen, nicht aktiv behandeln. Zur Adressierung neuer Aufgaben und Anforderungen im Zuge der digitalen Vernetzung ist aus den geführten Interviews nicht erkennbar, dass mögliche Weiterbildungsaktivitäten ausreichend an die Mitarbeitenden herangetragen werden oder entsprechende Weiterbildungsangebote von Mitarbeitenden nicht entsprechend wahrgenommen werden.

Ermittlung der aktuellen beruflichen Tätigkeiten

Die befragten Mitarbeitenden berichteten, ungeachtet der absolvierten Ausbildung, von ähnlichen Tätigkeiten. Unterschiedliche Berufe wiesen dabei große Überschneidungen hinsichtlich der grundlegenden Tätigkeiten auf. Innerhalb einzelner Berufe hingegen variierten spezifische Tätigkeiten abhängig von dem Unternehmen und der Auftragslage. Mit zunehmender Berufserfahrung und Betriebszugehörigkeit ist eine Zunahme der Verantwortung im Unternehmen festzuhalten; Veränderungen hinsichtlich des Arbeitsinhalts sind jedoch insgesamt gering. Gruppenarbeit ist häufig vorgesehen, jedoch auch abhängig von der Dringlichkeit spezifischer Aufträge.

„Es kommt auf die Auftragslage an. Wir sind in Gruppen unterteilt und arbeiten hauptsächlich zu zweit an einem Werkzeug. Falls die Zeit aber knapp ist und der Auftrag fertig gemacht werden muss, kann es auch dazu kommen, dass drei Mann an einem Werkzeug arbeiten.“ (Quelle: Mitarbeiter F)

Die Befragten beschrieben eine überwiegend durch Vorgesetzte und die unmittelbare Auftragslage erfolgende Arbeitsstrukturierung. Tätigkeiten

wurden eigenverantwortlich durchgeführt, jedoch erfolgte die Zuteilung von Aufträgen meist über den direkten Vorgesetzten. Dies deutet darauf hin, dass komplexere Planungsaufgaben in der Regel nicht Teil der Arbeit der Befragten sind.

Hinsichtlich der Arbeitskomplexität wurden gegenläufige Entwicklungen berichtet: Einerseits wurde eine Zunahme der Anforderungen beschrieben, die maßgeblich durch erhöhte Auftragskomplexität und -variabilität bedingt ist. Gleichzeitig wurde eine Abnahme der Anforderungen durch digitale Hilfsmittel und eine verringerte Fertigungstiefe erfasst.

„Die Arbeit wiederholt sich eigentlich ständig und im Laufe der Jahre stellt man seine Fähigkeiten sicher. Die Arbeit war früher zwar ein bisschen anders als heute, aber im Prinzip wiederholen sich die Tätigkeiten immer wieder.“ (Quelle: Mitarbeiter C)

Da die sich verändernden Anforderungen jedoch verschiedene Bereiche der Berufsausübung betreffen, beispielsweise ein verringertes Erfahrungswissen in der Endmontage bei gleichzeitig erhöhter Anzahl zu bedienenden Maschinen in der Fertigung, ist die Herangehensweise an Arbeitsinhalte ein Bereich, in dem potenziell Lehrbedarf besteht.

Ermittlung von Kompetenzen

Die Befragten gaben einvernehmlich an, über die Ausbildung ein breites Spektrum an Grundkenntnissen erlernt zu haben, die im Beruf von Relevanz sind. Für spezifische Arbeitsinhalte jedoch wurde deutlich auf den betrieblichen Alltag und Erfahrung verwiesen.

„In der Ausbildung wurden einem eher die Grundkenntnisse gelehrt, wie beispielsweise das Fräsen oder das Drehen. Es dauert auch maximal fünf bis sechs Jahre, bis man so ein Werkzeug ganz allein aufbauen kann. Dafür braucht man eben diese ganze Berufserfahrung, bis man sich in allen Aspekten auskennt.“ (Quelle: Mitarbeiter D)

Im Hinblick auf unternehmensspezifisch variierende Anlagen und Tätigkeiten wurde die unternehmensinterne Unterweisung durch die Befragten als sinnvoll bewertet.

„Es kommt natürlich auf die Maschine an. Wenn man irgendwo in der Lehre ist, kriegt man immer ein Grundwissen. Natürlich ist es schöner, wenn man etwas für eine bestimmte Maschine lernt, da ist die Lehre qualitativ hochwertiger. Aber es gibt keine Garantie dafür, dass man nachher in einem Unternehmen ist, wo die gleiche Steuerung und die gleichen Maschinen sind. Man muss dann auf jeden Fall in dem Unternehmen geschult werden, es sei denn, das Unternehmen sucht speziell für gewisse Steuerungen ausgebildete Mitarbeitende. Dann muss da schon ein Standard vorher gelehrt worden sein.“ (Quelle: Mitarbeiter A)

Insgesamt wurde keine systematische Weiterentwicklung der eigenen Kompetenzen berichtet. Schulungen zur Erlernung neuer Fähigkeiten erfolgten nach Bedarf des Unternehmens. Die Weiterentwicklung berufsspezifischer Kompetenzen sowie die vollständige Bildung unternehmensspezifischen Wissens erfolgt zudem häufig informell innerhalb von Unternehmen – daraus ist zu schließen, dass die Entwicklung und Sicherstellung der Kompetenzen von Mitarbeitenden zumeist reaktiv erfolgt und eine strategische Weiterbildung zukunftsrelevanter Kompetenzen nicht proaktiv gefördert wird.

Zukunftsvorstellungen

Aktuelle Trends der metallverarbeitenden Industrie waren den Befragten grundsätzlich bekannt. Gerade die zunehmende Automatisierung und Digitalisierung sowie industrielle Fertigungsprinzipien wurden bei der Frage nach Veränderungen häufig genannt. Für den Begriff Industrie 4.0 existierte keine einheitliche Beschreibung und die Vorstellungen hinsichtlich der Einflüsse von Industrie 4.0 auf den eigenen Beruf variierten.

„Also gehört hat man das ja auf jeden Fall schon mal. Ich stelle mir dann so Sachen vor, wie dass Transportwagen von allein fahren, Menschen durch den Computer ersetzt werden und so Arbeitsplätze eingespart werden; also Automatisierung im Allgemeinen. Es gibt immer den Konflikt zwischen Arbeitserleichterung und Arbeitsplätzen.“ (Quelle: Mitarbeiter M)

Insgesamt war die Sorge vor einer Gefährdung des eigenen Arbeitsplatzes gering. Zentral dabei war eine bewusste Selbstabgrenzung der befragten Mitarbeitenden von ungelernten Mitarbeitenden, beispielsweise in überwiegend standardisierten und manuellen Tätigkeiten. Ein zentraler Abgrenzungsfaktor war bei den Befragten die Selbstständigkeit in der Ausführung beruflicher Tätigkeiten. Die Steuerung und Überwachung von Maschinen und Anlagen wurde auch zukünftig als zentrale, durch den Menschen durchzuführende Tätigkeit identifiziert, die den eigenen Beruf auch in Zukunft absichern würde.

„Nein, gar nicht. An der Maschine wird immer ein Mensch stehen müssen und ich finde, dass diese ganzen Veränderungen nur Vorteile für unsere Arbeit und für die gesamte Industrie haben.“ (Quelle: Mitarbeiter E)

Insgesamt war kein umfassendes Verständnis der aktuellen Veränderungen im Zuge von Industrie 4.0 vorhanden. Angesichts der unmittelbaren Auswirkungen von beispielsweise der digitalen Vernetzung auf den eigenen Beruf ist es in Zukunft jedoch von zwingender Wichtigkeit, die Geschwindigkeit und Art der Entwicklungen durch Industrie 4.0 zu verstehen und die eigenen Bestrebungen in der Berufsausübung sowie -weiterentwicklung darauf auszurichten. Daher ist die Entwicklung eines

derartigen Bewusstseins ein Aspekt der bei der Aus- und Weiterbildung der Mitarbeitenden in der metallverarbeitenden Industrie zu berücksichtigen ist.

„Man weiß ja nie, wie sich der Arbeitsmarkt entwickelt. Ich hoffe natürlich, dass es bis in die Rente reicht. Ich bin da aber optimistisch und passe mich einfach an. Also eigentlich sehe ich das ziemlich neutral. Ich warte jetzt einfach mal ab und blicke positiv in die Zukunft.“ (Quelle: Mitarbeiter M)

4.3 Kompetenzanforderungen

Basis der vorliegenden Studie bilden die Kompetenzanforderungen, die an Berufe der metallverarbeitenden Industrie gestellt werden. Für eine Bewertung von zukünftigen Trends und daraus folgenden Handlungsempfehlungen stellt ein umfassend untersuchter Ist-Zustand die Grundlage dar. Aus den Erkenntnissen der Tätigkeitsstrukturanalyse und der Mitarbeiterinterviews werden die aktuellen Kompetenzanforderungen an Berufe der metallverarbeitenden Industrie abgeleitet. Ziel ist die Zusammenführung der erfassten Tätigkeiten und Aussagen der Mitarbeitenden, um diese differenziert bewerten zu können. Zunächst erfolgt basierend auf den theoretischen Grundlagen eine Herleitung berufsspezifischer Kompetenzen. Anschließend werden die herausgearbeiteten Kompetenzen in ein Kompetenzprofil für die metallverarbeitende Industrie eingeordnet.

4.3.1 Herleitung berufsspezifischer Kompetenzen

Über die grundlegende begriffliche Definition von Kompetenzen hinaus wird im Folgenden der Begriff Grundkompetenzen erläutert. Grundkompetenzen bezeichnen berufliche Handlungskompetenzen, mit denen Aufgaben zielgerichtet, aufgabengemäß, der Situation angemessen und verantwortungsbewusst gelöst werden können. Grundkompetenzen können weiterhin in Fachkompetenzen, Methodenkompetenzen, personale und soziale Kompetenzen untergliedert werden. Der deutsche Qualifikationsrahmen (DQR) strukturiert Grundkompetenzen entsprechend der nachfolgenden Grafik (AK DQR 2012).

Abbildung 11: Struktur des deutschen Qualifikationsrahmens



Quelle: AK DQR 2012

Soziale Kompetenzen sind demzufolge den personalen Kompetenzen zuzurechnen. Methodenkompetenzen werden als Querschnittskompetenzen verstanden und sind somit mit den anderen Kompetenzkategorien verbunden. Die Kompetenzgruppen für Berufe der metallverarbeitenden Industrie werden im Folgenden hergeleitet und erläutert. Zur verbesserten Anschaulichkeit werden sie gemäß der vorgestellten Einteilung kategorisiert.

Zur Erarbeitung relevanter Kompetenzen wurden im Rahmen dieser Studie zunächst alle Kompetenzen der Ausbildungsberufe Industriemechaniker, Zerspanungsmechaniker und Werkzeugmacher identifiziert. Sie wurden den jeweiligen Rahmenlehrplänen der verschiedenen Ausbildungen, welche durch die ständige Konferenz der Kulturminister und -senatoren der Länder beschlossen werden, entnommen (Kulturministerkonferenz 2018, vgl. auch Abbildung 4). Jede Person, die eine der Ausbildungen absolviert, soll demzufolge als Grundlage der Berufsausübung die in den Rahmenlehrplänen enthaltenen Kompetenzen besitzen. Diese Kompetenzen wurden basierend auf aktuellen Studien um solche erweitert, die allgemein in Berufen sowie im Zusammenhang mit der digitalen Vernetzung im Zuge von Industrie 4.0 relevant sind (vgl. Kapitel 2.2). Die so erhaltene Liste wurde für eine Reduzierung der Komplexität zu Kompetenzgruppen mit inhaltlich ähnlichen Kompetenzen zusammengefasst. Die herausgearbeiteten Kompetenzgruppen spannen die Gesamtheit aller potenziell erforderlicher Kompetenzen in Berufen der metallverarbeitenden Industrie auf und bilden somit den Ordnungsrahmen für die Bildung von Kompetenzprofilen.

Die Kompetenzgruppen der metallverarbeitenden Industrie sind somit stark an den beruflichen Tätigkeiten der erläuterten Berufe orientiert. Insgesamt wurden aus Rahmenlehrplänen und Fachliteratur 14 Kompetenzgruppen zusammengefasst, denen die einzelnen beruflichen Kompetenzen zugeordnet sind. Um zur Anschaulichkeit der Studie beizutragen, wurde jeder Kompetenzgruppe eine Bezeichnung gegeben, die als Sammelbegriff für die jeweils untergeordneten Kompetenzen dient. Im

Folgendes wird jede zusammengefasste Kompetenzgruppe mitsamt den umfassenden Kompetenzen, Fähigkeiten und Fertigkeiten kurz vorgestellt:

- *Fachwissen:* Unter Fachwissen ist theoretisches Wissen zur Ausübung eines Berufs der metallverarbeitenden Industrie zu verstehen. Hierzu zählen beispielsweise das Verstehen technischer Zeichnungen und die Kenntnis über Einsatzfelder von Material und Werkzeugen.
- *Planungsverhalten:* Planungsverhalten bezeichnet die Fähigkeit, komplexe Fertigkeiten im beruflichen Kontext zu strukturieren und zu organisieren. Dazu zählt sowohl das persönliche Zeitmanagement als auch die Durchführung von Arbeitsfolgen und -abläufen in der fachlich richtigen Reihenfolge.
- *Systematisch-methodisches Vorgehen:* Systematisch-methodisches Vorgehen beschreibt theoretische Kenntnisse zu beruflich relevanten Themengebieten. Dies sind beispielsweise MINT-Kenntnisse (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik), aber auch Kenntnisse zu Werkstoffkunde, Werkzeugmaschinen, Ergonomie und Umwelt.
- *Konzeptionsstärke:* Konzeptionsstärke umschreibt die Fähigkeit, um Wissen in eine prozessorientierte Herangehensweise an berufliche Tätigkeiten zu überführen. Dazu zählen beispielsweise die Strukturierung technischer Prozessabläufe sowie Prozesswissen und -denken, aber auch Produktentwicklung und Maschinentechnik.
- *Beurteilungsvermögen:* Beurteilungsvermögen behandelt den kontextuellen Umgang mit Maschinen und Anlagen nach dem erworbenen Kenntnisstand. Dazu zählen beispielsweise die selbstständige Arbeit an komplexen Anlagen sowie die Programmierung, Steuerung und Wartung von Maschinen.
- *Akquisitionsstärke:* Akquisitionsstärke bezeichnet die Kompetenz, eigeninitiativ im beruflichen Kontext nach außen zu kommunizieren. Dazu zählen beispielsweise die Kontaktaufnahme zu Kunden sowie der nachhaltige Umgang innerhalb von Kundenbeziehungen.
- *Systematisches Denken:* Systematisches Denken umfasst in Kontext der vorliegenden Studie die Fähigkeit der komplexen Problemlösung. Dazu gehören konzeptionelle Fähigkeiten wie beispielsweise der Umgang mit vernetzten Maschinen auf Basis von Kenntnissen über technische Infrastruktur, Netzwerkarchitektur sowie IT-Sicherheit.
- *Analytische Fähigkeiten:* Analytische Fähigkeiten umfassen über den direkten beruflichen Kontext hinausgehende Fähigkeiten zum Erkennen von Strukturen. Relevant sind analytische Fähigkeiten bei-

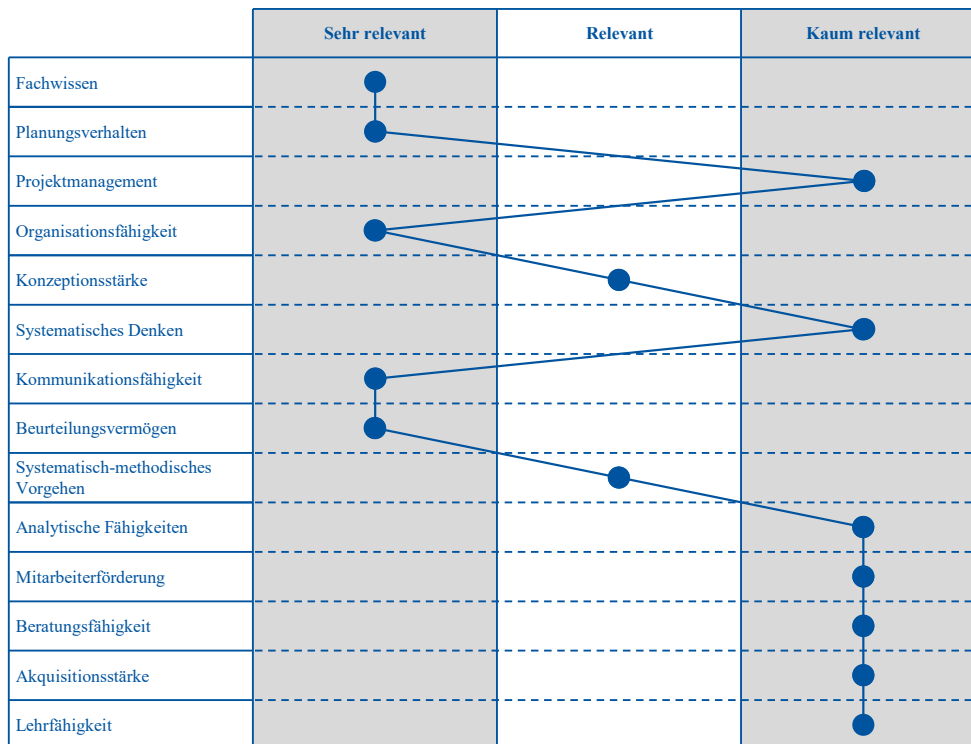
- spielsweise für Programmier- und Softwarekenntnisse. Dazu sind kognitive Mustererkennung, aber auch logisches Denken relevant.
- *Beratungsfähigkeit*: Beratungsfähigkeit umfasst Kompetenzen zur Weitergabe eigener Fähigkeiten und eigenen Wissens. Dazu zählen beispielsweise die plausible Weitergabe von Vorgehensweisen und Erfahrungen im beruflichen Kontext sowie das Vermitteln von Lösungswegen.
 - *Projektmanagement*: Projektmanagementkompetenzen bezeichnen die Fähigkeit der eigenständigen Planung, Steuerung und Durchführung von Projekten. Diese umfassen beispielsweise die Fähigkeit, mit komplexen Aufgaben und Zusammenhängen umgehen zu können.
 - *Organisationsfähigkeit*: Organisationsfähigkeit beschreibt Fähigkeiten, das eigene Handeln selbstständig zu organisieren und zu hinterfragen. Dazu zählen Attribute wie beispielsweise der Umgang mit Verantwortung, Sorgfalt, Zeitmanagement und Fähigkeiten der Stressbewältigung.
 - *Kommunikationsfähigkeit*: Kommunikationsfähigkeit bezeichnet die Anwendung von Fertigkeiten, die unmittelbar mit Kommunikation zusammenhängen. Dazu gehören neben Entscheidungs- und Durchsetzungsvermögen auch beispielsweise Fremdsprachenkenntnisse und schriftliche Ausdrucksfähigkeit.
 - *Lehrfähigkeit*: Lehrfähigkeit beschreibt sowohl den umfangreichen Besitz fachlichen und methodischen Wissens als auch die Fähigkeit dieses weitergeben und den dabei erzielten Lerneffekt bewerten zu können.
 - *Mitarbeiterförderung*: Mitarbeiterförderung bezeichnet Kompetenzen im Zusammenhang mit Management, beispielsweise die Übernahme von Führungsaufgaben sowie die Koordination und Motivation von Mitarbeitenden. Auch Qualitäts- und Risikomanagement sind Bestandteile der Mitarbeiterförderung.

Die Kompetenzgruppen sind nicht als vollständig voneinander abgrenzbar und redundanzfrei zu sehen, sondern eher als Mittel der Differenzierung unterschiedlicher Fertigkeiten im Zusammenhang mit im Beruf zu verrichtenden Tätigkeiten. Sie dienen als Struktur der zu erstellenden Kompetenzprofile.

4.3.2 Kompetenzprofil der metallverarbeitenden Industrie

In einem Kompetenzprofil werden die beschriebenen Kompetenzgruppen in Relation zueinander gesetzt und abhängig von ihrer Relevanz für die Verrichtung beruflicher Tätigkeiten gewichtet. So soll in der vorliegenden Studie eine Differenzierung zwischen dem aktuellen Kompetenzprofil von Berufen der metallverarbeitenden Industrie und einem zukünftigen Kompetenzprofil abhängig von den herauszuarbeitenden Entwicklungen realisiert werden. Zur quantifizierten Bewertung der Kompetenzgruppen für aktuelle Berufe der metallverarbeitenden Industrie werden die Tätigkeiten aus der Tätigkeitsstrukturanalyse herangezogen. Mit den Erkenntnissen aus den Mitarbeiterinterviews kann festgestellt werden, welche Kompetenzen für die Ausführung der Tätigkeit tatsächlich notwendig sind. Je Tätigkeit wurde bestimmt, welche Kompetenzgruppen zur Verrichtung der jeweiligen Tätigkeit erforderlich sind. Beispielsweise wurden basierend auf den Ergebnissen der Befragungen für die erfolgreiche Ausführung von Tätigkeiten zur Überwachung und Steuerung von Maschinen, Anlagen und technischen Prozessen die Kompetenzgruppen „Fachwissen“, „Planungsverhalten“, „Organisationsfähigkeit“, „Beurteilungsvermögen“ und „Kommunikationsfähigkeit“ zugeordnet. So werden die beruflichen Tätigkeiten in beruflich erforderliche Kompetenzgruppen überführt. Abhängig von der Erforderlichkeit der Kompetenzgruppen und der Häufigkeit der dazugehörigen Tätigkeiten im aktuellen Berufsalltag (vgl. Kapitel 4.1.2) werden kumuliert Gewichtungsfaktoren abgeleitet, die eine Abstufung der Kompetenzgruppen in die Stufen „sehr relevant“, „relevant“ und „kaum relevant“ ermöglicht. Dieses Verfahren wurde gewählt, um eine möglichst reale und aktuelle Bewertung der Kompetenzgruppen zu erzielen. Nachfolgend wird das aktuelle Kompetenzprofil für die betrachteten Berufe der metallverarbeitenden Industrie dargestellt.

Abbildung 12: Kompetenzprofil der metallverarbeitenden Industrie



Quelle: eigene Darstellung

Kompetenzgruppen, die als „sehr relevant“ bewertet wurden, werden aktuell für fast alle beruflichen Tätigkeiten benötigt. Dazu zählen Fachwissen, Planungsverhalten, Organisationsfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und Beurteilungsvermögen. Diese Kompetenzgruppen repräsentieren ein Profil, das die selbstständige Ausführung zuvor fest erlernter Tätigkeiten ermöglicht. Kompetenzgruppen, die eigenständige und komplexe Herangehensweisen repräsentieren, werden signifikant im beruflichen Alltag der metallverarbeitenden Industrie gefordert. Dazu zählen Konzeptionsstärke und systematisch-methodisches Vorgehen. Kompetenzgruppen, die beispielsweise starke Eigeninitiative und selbstständige Übertragbarkeit von abstrakten Methoden auf neue Problemstellungen repräsentieren, sind bisher nicht häufig zur Verrichtung beruflicher Tätigkeiten in der metallverarbeitenden Industrie vonnöten und daher aktuell von geringer Bedeutung für die Ausführung der betrachteten Berufe. Dazu zählen Projektmanagement, systematisches Denken, analytische Fähigkeiten, Mitarbeiterförderung, Beratungsfähigkeit, Akquisitionsstärke und Lehrfähigkeit.

Bezogen auf die Struktur der Grundkompetenzen sind aktuell alle als „sehr relevant“ bewerteten Kompetenzgruppen den Fach- und persona-

len Kompetenzen zuzuordnen. Fachkompetenzen werden vor allem im Rahmen der Ausbildung erlernt und im Beruf unternehmensspezifisch weiterentwickelt. Aktuell sind Fachkompetenzen als zu lehrende Kompetenzgruppen somit von berechtigter Relevanz. Personale und somit auch soziale Kompetenzen sind aktuell nur teilweise als relevant für die Berufsausübung zu bewerten. Der überwiegende Anteil der als „kaum relevant“ bewerteten Kompetenzgruppen ist den Methodenkompetenzen zuzuordnen. Insgesamt sind Methodenkompetenzen, obwohl sie interdisziplinär gefordert und geschätzt werden, in Berufen der metallverarbeitenden Industrie aktuell von geringer Bedeutung. Als Querschnittskompetenzen befähigen gerade Methodenkompetenzen jedoch zu der Erlernung neuer Kompetenzen aus allen Kategorien und ermöglichen so eine höhere Anpassungsfähigkeit.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass aufgrund des Umfangs der Mitarbeiterinterviews nicht von vollends generalisierbaren Ergebnissen auszugehen ist. Durch die begrenzte Zahl der Befragten und deren Unternehmenszugehörigkeit sind die dadurch erzielten Ergebnisse als ein hilfreicher Ansatzpunkt zu betrachten, jedoch kein repräsentatives Gesamtbild der metallverarbeitenden Industrie. Ziel der vorliegenden Studie ist, basierend auf einer begrenzten Zahl an für die Industrie repräsentativen Unternehmen, eine allgemeine Aussage zu treffen. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Einzelfälle und Sondersituationen ist nicht garantiert.

5. Aktuelle Trends und Einflüsse auf den Arbeitsplatz

Die zunehmende Digitalisierung und digitale Vernetzung unter dem Begriff Industrie 4.0 werden in Zukunft die produzierende Industrie nachhaltig verändern. Dieser Prozess gelingt nur, wenn ein hinreichend genaues Bild der Zukunft bekannt ist. Dazu sind die Benennung und Bewertung von gesellschaftlichen und technischen Trends von entscheidender Bedeutung. Abbildung 13 zeigt die im Rahmen des Forschungsvorhabens entwickelte Übersicht der relevantesten Trends von Industrie 4.0, die im weiteren Verlauf detailliert dargestellt werden.

Abbildung 13: Clusterung der relevanten Trends von Industrie 4.0



Quelle: eigene Darstellung

5.1 Darstellung bestehender Trends

Datenverfügbarkeit und -verarbeitung

Im Bereich der Strukturierung und Speicherung von Daten hat es in den letzten Jahren bereits weitreichende Entwicklungen gegeben. Ein häufig verwendeter Sammelbegriff für datenbasierte Technologien ist das Internet der Dinge. Es beschreibt die Vernetzung von virtuellen und physischen Objekten zum Zweck des gegenseitigen Informationsaustausches (Bauernhansl et al. 2014, S. 57 f.). Unternehmen speichern schon heute ihre Daten in eigenen Daten- und Rechenzentren, wodurch die Zugänglichkeit und Sicherheit der Daten erhöht werden soll. Mit der zunehmenden Anzahl an mobilen Endgeräten und einer verstärkten Sensorierung der Produktionsanlagen, steigt auch die Menge der Daten exponentiell (Vogel-Heuser et al. 2016, S. 271).

Zu den aktuellen Trends im Bereich der Datenverwaltung zählt die Auslagerung der Daten in die Cloud. Unternehmen können dadurch ihre

Prozesskosten für die Wartung und Aufrechterhaltung der eigenen Dateninfrastruktur deutlich senken. Gleichzeitig können die Anbieter durch das simultane Bedienen mehrerer Kunden mit unterschiedlichsten Anforderungen die Auslastung ihrer Datacenter erhöhen und somit deutlich effizienter arbeiten als einzelne Unternehmen (Heinze 2017, S. 34). Ein weiterer Ansatz zur Speicherung der unternehmenseigenen Daten ist die Blockchain. Abgewandelt vom ursprünglichen Verwendungszweck, dem Handling von Kryptowährung, gehört die Blockchain zu den neueren Cloud-Technologien und bietet einen dezentralen Ansatz, um Daten aus einem Rechenzentrum oder über die Cloud zu verwalten und zu speichern. Anstatt Daten in eigenen Rechenzentren zu speichern, arbeiten dezentrale Cloud-Speicherplattformen mit so genannten Farmern zusammen, die ihre überschüssige Festplattenkapazität vermieten.

Zu den Hauptvorteilen der Blockchain-Speicherung gehören die Ausfallsicherheit, Transparenz und die Zugänglichkeit von Daten (Diedrich et al. 2018, S. 3 f.). Jedoch erhöht diese Art der Speicherung durch die Fragmentierung großer Datenmengen auch den operativen Prozessaufwand. Eine Möglichkeit, um mit großen Datenmengen schon im Entstehungsprozess zu umzugehen, ist das sogenannte Edge-Computing (Shi et al. 2016, S. 637 ff.). Hierbei werden anfallende Prozessdaten dezentral in der Netzwerkperipherie verarbeitet. Edge-Computing-Systeme unterscheiden zwischen nützlichen Daten und so genannten „Wegwerfdaten“ und behalten nur solche Daten, welche einen sinnstiftenden Mehrwert besitzen. Hierdurch wird die Netzwerkinfrastruktur und Datacenter entlastet.

Zu den wohl wichtigsten Befähigern, welche solche technischen Innovationen möglich machen, gehört die Weiterentwicklung drahtloser Kommunikationstechnologien (Scheer et al. 2003, S. 361 ff.). Die neueste Entwicklung, der Kommunikationsstandard 5G, markiert einen weiteren großen Meilenstein und eröffnet mit seinen erhöhten Datenraten und den verbesserten Latenzzeiten neue Möglichkeiten der digitalen Vernetzung in der zukünftigen Produktion (Bahr/Walewski 2020, S. 102 ff.). Die Vernetzung von Produktionsanlagen, Sensornetzwerken, mobilen Endgeräten und weiteren Instanzen in einem Unternehmensnetzwerk führen zu immer komplexeren Strukturen. Solche Systeme werden vermehrt unter dem Begriff Cyber-physische Systeme zusammengeführt (Andelfinger/Hänisch 2017, S. 111 ff.). Parallel mit den Anstrengungen zur Optimierung der Produktion durch eine immer stärkere Vernetzung aller Systeme, müssen diese auch vor äußeren Einflüssen geschützt werden. Hackerangriffe auf die Unternehmensinfrastruktur können weitreichende Folgen haben (Karabulut 2017, S. 98 ff.). Daher nimmt die Forschung an neuen Ansätzen zur Sicherstellung des Schutzes der eigenen Daten vor

Cyberkriminalität einen weiteren wichtigen Bereich im Rahmen der Entwicklung digital vernetzter Lösungen ein. Da dieser jedoch vor allem durch die Informatik geprägt ist und keinen direkten Einfluss auf die Tätigkeiten der Mitarbeitenden auf dem Shopfloor hat, soll an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden.

Datenbasierte Geschäftsmodelle

Unternehmen zeigen zunehmend die Bereitschaft, ihre Daten Dritten anzuvertrauen. Unter anderem durch den Zugriff auf diese Daten konnten Methoden des maschinellen Lernens zu marktreifen Produkten weiterentwickelt werden. Durch die Digitalisierung in allen Bereichen der produzierenden Industrie haben sich gänzlich neue Geschäftsmodelle entwickelt. Ein Bereich, der besonders von der Vernetzung profitiert, ist das Geschäft im Bereich Predictive Maintenance und Condition Monitoring (Huber/Kaiser 2015). Durch die zur Verfügung gestellten, realen Prozessdaten können der aktuelle Zustand und bei Störungen der Ausfallgrund von komplexen Produktionsanlagen mit noch nie dagewesener Genauigkeit bestimmt werden. Zukünftig soll der nahende Ausfall von Maschinen frühzeitig erkannt werden und durch präventive Wartungen verhindert werden (Andelfinger/Hänisch 2017, S. 4 ff.). Dies soll schlussendlich reguläre Wartungsintervalle ersetzen und den Austausch von noch „guten“ Bauteilen verhindern.

Ein recht neuer Trend ist die Einführung von Subskriptionsmodellen für die Produktion. Hierbei erwirbt der Kunde nicht mehr die Produktionsanlage, sondern lediglich deren Produktionskapazität (Boos et al. 2018, S. 39 ff.). Hierdurch verschieben sich jeweils die Interessen von Anbieter und Kunde, wodurch eine insgesamt effizientere Produktion und die Verteilung des Geschäftsrisikos erzielt werden soll. Häufig findet man in diesem Bereich auch die Begriffe intelligente Produkte und subskriptive Geschäftsmodelle. Anstatt Produkte zu verkaufen, werden diese in sogenannten Smart Services als Dienstleistung angeboten. Flugzeugturbinen werden so nach Flugstunden und Schweißroboter nach geleisteten Schweißpunkten abgerechnet. Diese flexiblen Verbrauchermodelle werden in Zukunft verstärkt Anwendung finden.

Die Ausgestaltung solcher Geschäftsmodelle kann bspw. mit dem Business Model Canvas erfolgen. Er besteht aus den neun Modulen Value Proposition, Customer Segments, Channels, Customer Relationships, Revenue Streams, Key Resources, Key Activities, Key Partnerships und Cost Structure und beschreibt somit ein Geschäftsmodell ganzheitlich (Osterwalder/Pigneur 2010, S. 42). Im Bereich Value Proposition wird das zentrale Wertversprechen an den Kunden formuliert, auf dem das Geschäftsmodell aufbaut. Das Customer Segment benennt

und charakterisiert die Kunden, auf die mit dem Wertversprechen abgezielt werden soll. In den Modulen Channels und Customer Relationships ist zu definieren, wie der Nutzen an den Kunden transportiert wird, bzw. wie die Beziehung zum Kunden gepflegt wird. Die Erzeugung des Kundenwerts wird in den Modulen Key Activities, Key Resources sowie Key Partners beschrieben. Abschließend nutzt der Business Model Canvas die Module Revenue Stream und Cost Structure zur Beschreibung des Erlösmodells des Geschäftsmodells. Aufgrund dieser klaren und gleichzeitig einfachen Strukturierung wird er insbesondere von Startups häufig anstelle des gewöhnlichen Business Plans eingesetzt.

Fertigungstechnologien

Auch im Bereich der Fertigungstechnologien zeichnen sich für metallverarbeitende Unternehmen Trends ab, welche ihren Weg aus der Konzeptphase und auf den Shopfloor gefunden haben. Diese Trends sind in der Regel nicht direkt Teil von Industrie 4.0, da sie nicht der Definition einer vernetzten Produktion entsprechen. Allerdings werden sie häufig zusammen mit definitorisch korrekten Industrie 4.0-Technologien und Anwendungen genannt, da sie teilweise Befähiger einer digitalen Vernetzung darstellen oder ein Ergebnis daraus anwenden.

Eine der aktuell vielversprechendsten Entwicklungen ist der 3D-Druck von metallischen Bauteilen. Dieser ist vor allem im Bereich des Prototyping von besonderer Relevanz. Die hohe Flexibilität und die immer ausgereifteren Verfahren bieten die Möglichkeit, komplexe Modelle kostengünstiger und schneller anzufertigen. Auch Fortschritte zur Steigerung des Erstellungsvolumens machen diese Fertigungstechnologie immer interessanter für die Serienproduktion (Mission Additive 2020). Vereinzelt werden diese bereits in Produktionsanlagen als fester Bestandteil der Produktionskette etabliert. Die Relevanz dieser Technologie wird in Zukunft noch deutlich steigen. Eine Variation des 3D-Drucks ist der 4D-Druck, welcher die Komponente Zeit mit in den Produktionsprozess einbezieht. Bei diesem Verfahren verändert das Bauteil nach Abschluss der Fertigung seine Form entweder durch zuvor induzierte Eigenspannungen oder durch äußere Stimuli wie Feuchtigkeit, Temperatur, Berührung oder Strahlung. Hierdurch können Bauteilen zusätzliche Funktionalitäten verliehen werden. Diese Entwicklung der so genannten intelligenten Materialien befindet sich aber noch in ihrer Anfangsphase (Schallmo et al. 2018, S. 22 f.).

Ein weiteres vielversprechendes Feld ist die Etablierung intelligenter Roboter in der Produktion. Herkömmliche Roboter in der Fertigung führen zuvor programmierte Bewegungsabläufe durch und müssen durch Sicherheitsbarrieren von den Mitarbeitenden getrennt werden. Dies

macht sie zu verhältnismäßig unflexiblen Komponenten in einer Produktion, die immer flexibler werden muss. Mit dem Neuaufleben maschinellen Lernens werden diese Roboter jedoch zunehmend „intelligenter“. Sensorierung und verbesserte Bilderkennung zeigen in einigen Use Cases bereits, dass eine kollaborative Arbeit mit den Menschen auch ohne Sicherheitszäune möglich ist (Wagner 2018, S. 115 ff.). In der Serienfertigung wurden bereits Systeme eingesetzt, welche die Bewegung der Mitarbeitende beim Heben schwerer Komponenten unterstützt (Kuka 2016). Da die Entwicklung wirklich „smarter“ Systeme jedoch noch nicht ausgereift ist, werden diese in den kommenden Jahren nur als Unterstützer menschlicher Arbeitsabläufe eingesetzt. Sie werden einfache, repetitive Aufgaben übernehmen und den Mitarbeitenden bei anderen Bewegungsabläufen entlasten. Ein weiterer Aspekt dieses Trends ist die Mobilisierung kleinerer Robotersysteme, wodurch diese Aufgaben auf dem Shopfloor flexibler erledigen können und den Mitarbeitenden noch weiter von kleineren Aufgaben befreien (Bix 2018, S. 27 ff.). Auch für ältere Produktionsanlagen werden mittlerweile Lösungen angeboten, diese nachträglich mit einer Sensorierung auszustatten. Dies wird vornehmlich kleinen und mittelständischen Unternehmen die Möglichkeit bieten, ebenfalls die Vorteile der vernetzten Digitalisierung zu nützen (Künzel/Köcker 2015, S. 8 f.).

Fertigungsauslegung

Der Trend zu immer individuelleren Produkten, die in immer kleineren Losgrößen gefordert werden, nimmt weiter zu. Die zunehmende digitale Vernetzung bildet die Grundlage, um dem durch eine veränderte Fertigungsauslegung, gerecht zu werden. Diese orientiert sich stärker an der sogenannten Losgröße 1, also der Serienfertigung von Bauteilen, die jeweils ein Unikat darstellen, um den Herausforderungen die individuelleren Produkte begegnen zu können (Redlich et al. 2018, S. 63 ff.). Produktionsanlagen werden daher zukünftig so gestaltet werden, dass diese flexibel umrüstbar sind. Dies äußert sich in einer zunehmend modularisierten Produktion. Dadurch wird es möglich, Produktionskapazitäten und -anlagen schnell und flexibel auf die Erfordernisse vor Ort anzupassen (Hannover Messe 2019). Im Zuge dessen müssen sich die Mitarbeitenden in der Produktion ebenfalls auf einen Wandel ihrer Aufgabenfelder einstellen, da sich ihre Arbeitsplätze zunehmend schneller und nachhaltig verändern werden (Richter et al. 2017, S. 117 ff.). Gleichzeitig werden auch die Planung und Bewirtschaftung der Produktionsgebäude stärker vernetzt und mit den vorhandenen Daten angereichert.

Unter dem Begriff Building Information Modeling werden zukünftig ganze Produktionswerke als virtuelles Modell simuliert und visualisiert

(Bracht et al. 2018, S. 260 ff.). Durch diesen datenbasierten Ansatz wird der Planungsprozess der Fabrik der Zukunft produktiver und wird hinsichtlich der Kosten, Termineinhaltung und Qualität verbessert. Das dahinterstehende Zielbild ist der Digitale Zwilling, welcher zukünftig vollständige Fertigungsketten und Produktionsstandorte virtuell abbildet (Wohlfeld 2019). Dies schafft zahlreiche Möglichkeiten, Abläufe entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu analysieren und zu optimieren. Bei einem Digitalen Zwilling wird die simulierte Realität kontinuierlich mit Messdaten der Maschinen versorgt. Mit zunehmender Sensorierung von Anlagen, Endgeräten und Hallen wird dieses Abbild immer genauer. Durch die Entwicklung und Anwendung fortgeschrittener Algorithmen können durch maschinelles Lernen Muster und Abhängigkeiten in diesen komplexen Systemen erkannt werden. Dadurch werden systematische Fehler erkannt und Potenzial zu weiterer Verbesserung von Betriebsabläufen geschaffen (Kunnen et al. 2019, S. 192 ff.). Auch mit dem Fokus auf Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung können Fabriken durch ein vernetztes Energie-Management und optimierte Steuerungsprogramme effizienter betrieben werden (Mattes et al. 2017, S. 3 ff.).

Fertigungsunterstützung

Neben der Auslegung der Produktionsinfrastrukturen werden auch bei der Fertigungsunterstützung signifikante Veränderungen erwartet. Mit der fortschreitenden Etablierung eines digitalen Shopfloor-Managements werden zukünftig die team- und standortübergreifenden Prozesse stärker verknüpft (Faller et al. 2018, S. 133 ff.). Intelligente Systeme tragen erheblich zur Effizienzsteigerung und Optimierung der zwischenmenschlichen Kommunikation bei. Durch eine hohe Transparenz der zur Verfügung stehenden Ressourcen und Prozesse werden Mitarbeitende bei der Planung und Koordination unterstützt.

Zukünftig werden digitale Assistenzsysteme über personalisierte Interfaces den Mitarbeitenden relevante Informationen echtzeitnah übermitteln und somit bei der frühzeitigen Identifikation von Problemen und bei der Koordination der Produktionsabläufe unterstützen (Fischer et al. 2019, S. 177 ff.). Dadurch werden Mitarbeitende von Routineaufgaben befreit und können diese Zeit für qualifizierte Arbeit nutzen. Der vermehrte Einsatz von Sprachassistenten und sensorierter Bekleidung hilft dem Mitarbeitenden darüber hinaus, die händischen Dokumentations- und bedienaufgaben zu reduzieren (Raso et al. 2019, S. 359 ff.). Dies gestaltet nicht nur Arbeitsabläufe effizienter, sondern verringert auch das Risiko von Arbeitsunfällen

Künstliche Intelligenz wird zukünftig auch bei der automatischen Wissensarbeit helfen. Intelligente Kuratierungsanwendungen können Infor-

mationen für Mitarbeitende suchen und finden sowie große Datenmengen sichten, ordnen, zusammenfassen und verknüpfen sowie diese anschließend visualisieren (Kunath/Winkler 2019, S. 270). Dies unterstützt das Unternehmen und die Belegschaft beim Wissensmanagement und beugt zudem dem Wissensverlust durch das Ausscheiden älterer Mitarbeitenden vor.

Auch die Anwendung von Virtual Reality und Augmented Reality werden zukünftig den Wissenstransfer zielgerichteter gestalten. Durch immersives Erleben der Lerninhalte können Aus- und Weiterbildungen nachhaltiger und nachvollziehbarer gestaltet werden (Thomas et al. 2018). Unterstützend dienen diese Systeme auch bei der Entwicklung virtueller Prototypen oder bei der Produktkonfiguration. Vernetzte Augmented-Reality-Systeme können den Mitarbeitenden in der Montage und bei Reparaturen assistieren und dabei Fertigungszeiten und Fehlerquoten reduzieren (Jost et al. 2017, S. 155 ff.). Durch die Visualisierung von Arbeitsschritten bieten diese Systeme auch die Möglichkeit, ungelernete Mitarbeitende anzulernen. Darüber hinaus können durch die Unterstützung von zugeschalteten Experten auch Wartungen durchgeführt werden, die ansonsten einen Vorortbesuch eines Technikers benötigen würden (A&D 2018, S. 20 ff.). Dies reduziert Stillstandzeiten und erweitert die Selbstständigkeit der Anlagenbediener. Die globale Vernetzung dieser Anlagen ermöglicht darüber hinaus eine Fern- bzw. Onlineüberwachung der Maschinen. So können auftretende Fehler schnell erkannt werden oder noch vor dem Auftreten vermieden werden.

Durch den Einsatz von Exoskeletten können die Mitarbeitenden bei schweren und repetitiven Aufgaben unterstützt werden. Durch die Verringerung der körperlichen Belastung werden gesündere Arbeitsbedingungen geschaffen, wodurch es Mitarbeitenden möglich wird, langfristig und gesundheitsschonend ihrer Arbeit nachzugehen. Diese Systeme werden bereits in einigen Unternehmen getestet und müssen, bedingt durch den demografischen Wandel und den zunehmenden Fachkräftemangel, weiter etabliert werden (Schick 2018).

Neben mitarbeiterfokussierten Systemen zur Fertigungsunterstützung werden weitere Entwicklungen bei fahrerlosen Transportsystemen erwartet. Diese profitieren von der Entwicklung in den Bereichen autonomes Fahren, künstliche Intelligenz und Vernetzung. Zukünftig werden diese Systeme ohne vordefinierte Bahnen flexibel und echtzeitnah auf die Anforderungen auf dem Shopfloor reagieren können (Kaczmarek et al. 2019).

Eine weitere Entwicklung in der Intralogistik ist die zunehmende Anwendung von Indoor-Lokalisierungssystemen zur Positionierung und Warenverfolgung auch außerhalb der Maschinen (Tekler 2005, S. 13 ff.).

Somit kann die Situation auf dem Shopfloor noch besser analysiert werden und Engpässen entgegengewirkt werden.

5.2 Abbildung der Trends in den Demonstrationswelten des RWTH Aachen Campus

Die Darstellung der aktuellen Trends in der metallverarbeitenden Industrie machen deutlich, dass die meisten Technologien ihre Vorteile nur in der gegenseitigen Verknüpfung realisieren können. Das Potenzial wird erst richtig ausgeschöpft, wenn bestimmte Schlüsseltechnologien ausreichend entwickelt und etabliert sind. Um die Auswirkungen und das Potenzial der aktuellen Technologien auf den Shopfloor von heute zu untersuchen, haben das WZL und weitere Partner am RWTH Aachen Campus mehrere Demonstrationswelten errichtet, welche die technischen Entwicklungen in realen Prozessabläufen erforscht.

Erlebniswelt Werkzeugbau

Die Erlebniswelt Werkzeugbau der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH soll Besuchern den Werkzeugbau der Zukunft näherbringen und zeigen, welche Möglichkeiten sich, insbesondere im Kontext Industrie 4.0, in Zukunft ergeben werden. Durch die besseren und kostengünstigeren Technologien, die derzeit auf den Markt kommen, wird sich jedoch auch die Arbeitswelt im Werkzeugbau signifikant verändern. Damit dieser Wandel nicht überraschend kommt und die Zukunft aktiv gestaltet werden kann, können Werkzeugbaubetriebe und andere Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung in der Erlebniswelt Werkzeugbau einen Ausblick in diese Zukunft erhalten und verschiedene Technologien aktiv ausprobieren, um diese auf die Anwendbarkeit im Kontext ihrer unternehmenseigenen Herausforderungen und Rahmenbedingungen zu überprüfen. Hierzu zählen bspw. Apps zur Optimierung der internen Arbeitsprozesse, AR- und VR-Lösungen zur Durchführungen von Konstruktions- oder Schadensbesprechungen, Indoor-GPS Lösungen und intelligente Sprachassistenten – alles Begriffe, die in den Medien täglich verwendet werden und die teilweise auch bereits in produzierenden Unternehmen zum Einsatz kommen. Diese Tools ermöglichen den Mitarbeitern eine digitale Informationsaufnahme, sowie eine direkte Informationsbereitstellung. Zusätzlich verläuft diese im Idealfall proaktiv während der Tätigkeit der Mitarbeiter ohne dass er diese Informationen selber aufrufen muss, beispielsweise während des Try-outs Prozesses. Die dafür entwickelte App kann dem Mitarbeiter situations-

bedingt bekannte Fehlerbilder seines Prozessschrittes bereitstellen, gleichzeitig aber auch mögliche, bereits erprobte, Lösungsansätze anbieten. Einen systematischen Einsatz dieser Technologien in der Einzel- und Kleinserienfertigung gibt es jedoch nur vereinzelt.

Demonstrationswerkzeugbau

Der Demonstrationswerkzeugbau der WBA dient als Forschungsumgebung, in der reale Aufträge unter Termin-, Qualitäts- und Kostendruck abgewickelt werden. Diese Forschungsumgebung wurde aufgebaut, um neue organisatorische Konzepte und innovative technologische Entwicklungen auszuprobieren, einem breiten Publikum vorzustellen und zu optimieren. Damit die Arbeiten unter realen Bedingungen erfolgen können, werden im Demonstrationswerkzeugbau unterschiedliche Technologien, Systeme und Werkzeuge eingesetzt. So sind im Demonstrationswerkzeugbau u. a. CNC-Fräsmaschinen, Senk- und Drahterodiermaschinen vorhanden, um die Fertigungsprozesskette im Werkzeugbau ganzheitlich abbilden zu können. Darüber hinaus werden im Demonstrationswerkzeugbau moderne und leistungsfähige Softwaresysteme, wie PPS-, ERP-, CAD-, CAM- und weitere Systeme und Hilfsmittel eingesetzt.

Innerhalb dieser Umgebung können Forschungsvorhaben unter realen Bedingungen erprobt werden. Beispielsweise werden mithilfe gesammelter Informationen aus Simulationsmodellen, Maschinensteuerungen und Fertigungsprozessdaten, während der Fertigung Vorhersagen getroffen werden. Bei zerspanenden Verfahren beispielsweise können auf diese Art und Weise Maßabweichungen im Voraus erkannt werden und dem Arbeiter mitgeteilt und visualisiert werden. Dazu zählen aber auch eine GPS-Bauteillokalisierung zur optimierten Fertigungssteuerung, Datenbrillen und Tablets zur Informationsweitergabe und -verarbeitung sowie dezentrale Computersysteme, für eine echtzeitnahe Rückmeldung von Fertigungsdaten. Diese Tools ermöglichen eine umfassende digitale Vernetzung auf dem Shopfloor. Langfristiges Ziel ist die Vernetzung dieser Systeme zur Schaffung einer Datensingularität, wodurch es für Facharbeiter und Führungskräfte zu Erleichterungen in der Informationsweitergabe kommt und diese teilweise automatisiert abläuft.

DFA Demonstrationsfabrik Aachen

Die Demonstrationsfabrik bietet die einzigartige Möglichkeit, gemeinsam mit Industrie und universitären Partnern Fragestellungen des Produktionsmanagements anhand einer realen Produktion empirisch zu untersuchen. Die Infrastruktur der Fabrik zeichnet sich durch eine hohe Konnektivität und eine Fülle an Datenerzeugungs- und Kommunikationspunkten

aus. Auf diese Weise wird während der Produktion eine Vielzahl von Bewegungsdaten erzeugt. In Verbindung mit der flexiblen und wandelbaren Auslegung der Demonstrationsfabrik wird so die Durchführung produktions-systematischer Experimente, eingebettet in einen realen Produktionsbetrieb, möglich. Forschungspartnern wird auf diese Weise die exklusive Möglichkeit zuteil, anhand realer Produktionsdaten z. B. Produktionssteuerungsprinzipien, Montagekonzepte oder Layoutalternativen zu erproben und quantitativ zu bewerten. Die Wissenschaftler der Demonstrationsfabrik unterstützen dabei in der Konzeptionierung, Durchführung und Auswertung von Versuchsreihen im realen Produktionsumfeld.

Die Demonstrationsfabrik dient gemeinsam mit den Innovation-Labs des Clusters Smart Logistik als reales experimentelles Umfeld für Industrie 4.0. Die Einzigartigkeit der Forschungsinfrastruktur besteht in der Möglichkeit, einen realen Fabrikbetrieb in seiner gesamten Komplexität von der Geschäftsprozess- bis auf die Ausführungsebene zu untersuchen. In diesem Umfeld werden Ansätze und Lösungen der Industrie 4.0 in enger Kooperation mit unseren Industrie- und Forschungspartnern entwickelt, implementiert und im realen Betrieb erprobt. So ermöglicht die Demonstrationsfabrik beispielsweise die Integration neuester Sensor-Technologien in der Produktion und lässt anhand von realen Rückmeldedaten die Untersuchung der Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Planung und Steuerung der Produktion zu.

Neben der Vernetzung unterschiedlicher IT-Systemwelten, mit denen die Demonstrationsfabrik betrieben wird, werden ebenso innovative Formen der dezentralen Informationsbereitstellung von der Planungs- bis auf die Shopfloor-Ebene während des Fabrikbetriebs untersucht. Gemeinsam mit unseren Industrie- und Forschungspartner erarbeitet die DFA praxisorientierte Antworten auf die Frage, wie morgen Industrie 4.0 die kollaborative Arbeitswelt gestalten wird.

Anlauffabrik

In der Anlauffabrik finden Entwickler, Produzenten und Zulieferer von Elektrofahrzeugen die optimale Umgebung, um ihre Idee in Serie zu bringen. Aufbauend auf den Forschungsergebnissen des WZLs steht in der Anlauffabrik die Produzierbarkeit im Fokus. Unter serienähnlichen Bedingungen werden Produktionsprozesse validiert und die Massenproduktfähigkeit einzelner Komponenten oder Fahrzeuge realisiert. Durch das breite Angebot an Anlagen und der Abbildung des gesamten Produktionsprozesses kann eine serienähnliche Umgebung geschaffen werden.

Eingebettet in den RWTH Campus Melaten sowie das Cluster Produktionstechnik im Besonderen finden sich seit Ende 2013 auf insgesamt 2.100 m² vom 3D-Drucker, Laserschweißzelle, Biegemaschine und Portalfräse über Framing Station bis hin zum Fahrwerksprüfstand und Montagelinien alle Anlagen, die für die Produktion entsprechender Elektromobilkomponenten oder eines gesamten Elektrofahrzeugs benötigt werden. Moderne Anlagen wie 3D-Drucker ermöglichen eine schnelle Produktion und Austestbarkeit von Teilen welche mit herkömmlichen Produktionsanlagen so nicht realisierbar ist.

Die verschiedenen Projekte aus den Demonstrationswelten des Produktionsclusters zeigen, dass sich zukünftig die Zusammenarbeit sowohl zwischen Menschen als auch zwischen Menschen und Maschinen grundlegend verändern wird. Im Mittelpunkt davon steht der Mensch als steuerndes und regelndes Element. Daraus bilden sich neue Formen der Kollaboration über alle Ebenen eines Unternehmens, die die Effizienz betrieblicher Prozesse zukünftig signifikant steigern wird. Industrie 4.0 steht somit für die Steigerung der Kollaborationsproduktivität in der Fabrik und führt zu einer Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen. Die allgemeine Entwicklung zeigt, dass der Gebrauch von digitalen Endgeräten in allen Bereichen zunehmen wird. Diese ermöglichen Mitarbeitenden eine umfangreiche Informationszugänglichkeit. Dadurch wird die Produktion für den einzelnen deutlich transparenter. Gleichzeitig nimmt jedoch auch die Gesamtmenge der präsentierten Informationen stark zu. Da entsprechende intelligente Filter noch nicht ausgereift sind, liegt es in der Verantwortung des Mitarbeitenden, diesen eingehenden Informationsfluss, aber auch die selbst generierten personenbezogenen Daten, zu regulieren und zu bewerten.

5.3 Darstellung betrachteter Arbeitsplätze der Zukunft

Die aufgezeigten Trends von Industrie 4.0 sowie die Betrachtung der Demonstrationswelten am RWTH Aachen Campus zeigen vielfältige Möglichkeiten zur Umsetzung von Anwendungsfällen von Industrie 4.0 auf dem Shopfloor metallverarbeitender Unternehmen. Die Ergebnisse der Mitarbeiterinterviews im Rahmen der Erfassung des Status quo der Mitarbeitertätigkeiten haben jedoch gezeigt, dass insbesondere für KMU aktuell und in näherer Zukunft keine breite Anwendung digital vernetzter Lösungen zu erwarten ist. Vielmehr sehen sich viele Unternehmen mit Herausforderungen der Digitalisierung sowie Grundzügen der digitalen Vernetzung konfrontiert. Es konnten im Rahmen der Mitarbeiterinter-

views sowie auch der Experteninterviews mit Unternehmensvertretern keine Bestrebungen identifiziert werden, über die dargestellte erste Reifegradstufe der Visualisierung hinausgehende Lösungen mittelfristig zu implementieren. Im Sinne der Entwicklung anwendbarer Handlungsempfehlungen für die Weiterbildung wurden für die Betrachtung der zukünftigen Tätigkeiten daher primär Arbeitsplätze, die eben die Reifegrade Digitalisierung sowie Visualisierung abbilden, herangezogen. Exemplarisch wurden hierfür eine Automatisierungszelle mit verketteten Fertigungsprozessfolgen, eine papierlose Fertigung, eine adaptive digitale Fertigungssteuerung, die feature-basierte CAM-Programmerstellung sowie die Interpretation von Daten cyber-physischer Systeme ausgewählt.

Im Folgenden werden die ausgewählten Anwendungen aufgezeigt und dargestellt, wie sich die benannten Trends auf Arbeitsplätze aktueller Betriebe auswirken können. Für die Darstellung der Auswirkungen wurde neben dem durchgeführten Expertenworkshop auf die Expertise der Forscher über die Funktionsweise der Arbeitsplätze zurückgegriffen sowie auf weitere unstrukturierte Interviews, die mit verschiedenen Nutzern dieser Arbeitsplätze in der heutigen betrieblichen Praxis durchgeführt wurden.

5.3.1 Automatisierungszelle mit verketteten Fertigungsprozessfolgen

Ein großer Faktor bei Automatisierungszellen und vernetzten Fertigungsprozessketten ist das Handling von Rohlingen und Bauteilen zwischen einer beliebigen Kombination aus Werkstückträgern, Bearbeitungs- und Messstationen. Dieser Prozess ist langwierig und kann je nach Werkstückgröße eine belastende Tätigkeit für den Mitarbeitende darstellen. Aus diesem Grund werden vermehrt automatisch agierende Roboterarme eingesetzt.

Abbildung 14: Automatisierungszelle mit verketteten Prozessfolgen



Quelle: Hermle 2020

Da es sich bei diesen Robotern aktuell um reguläre Ausführungen ohne intelligente Sensorierung handelt, werden die Maschinen- und Prozessverkettung mit einem abgeschlossenen Sicherheitsbereich umgeben. Hierdurch wird der Mensch-Maschine-Kontakt nur an definierten Be- und Entladeräumen durch Nutzung von bspw. standardisierten Spannsystemen definiert. Für den Mitarbeitenden werden dadurch die Rüsttätigkeiten und die unmittelbare Maschinenbedienung reduziert. Durch die freiwerdenden Kapazitäten wird die Mehrmaschinenbedienung durch den Mitarbeitenden deutlich gesteigert. Das Tätigkeitsspektrum erweitert sich um das Management und die Planung der Prozesskette. Digitale Geräte zur Maschinenüberwachung ermöglichen zudem eine ortsunabhängige Erbringung vieler Tätigkeiten des Mitarbeitenden.

5.3.2 Digitale, adaptive Fertigungssteuerung

Um den wachsenden Anforderungen an eine Koordination dieser Vielzahl an unterschiedlichen Prozessen in der Fertigung gerecht zu werden, bedarf es innovativer Ansätze zur Beherrschung dieser Komplexität. Ziel solcher Ansätze muss es zunächst sein, durch das Erzeugen einer möglichst großen Transparenz über alle Fertigungsprozesse die Komplexität strukturiert sichtbar zu machen. Ein Ansatz dies zu realisieren ist die Nutzung von aus Supermärkten bekannten Electronic shelf labels.

Abbildung 15: Electronic shelf labels zur adaptiven Fertigungssteuerung



Quelle: Boos et al. 2019, S. 31

Der Einsatz dieser digitalen Label in der Produktion trägt zur vernetzten Unterstützung der Steuerung bei. Das Hauptfeature ist die echt-zeitnahe Visualisierung aller zu einem Fertigungsauftrag gehörenden Informationen, z. B. die Auftragsnummer, das Fertigstellungsdatum des Fertigungsschritts und des Gesamtprozesses, der nächste Arbeitsplatz, die Vorgabezeit, und vieles mehr. Durch den Einsatz der Labels wird eine Reduzierung der notwendigen Kommunikation zwischen den Mitarbeitenden und dem Meister, bzw. der Arbeitsvorbereitung erreicht. Die erzeugte Informations- und Prozesstransparenz ermöglicht es dem Mitarbeitenden, seine Aufgaben selbst zu planen und zu priorisieren. Dadurch entfällt ein Teil der bisherigen Meistertätigkeiten im Bereich Planung und Steuerung und verschiebt sich in vor- und nachgelagerte Prozessschritte. Eine Reduzierung der Anzahl der Meister konnte im beschriebenen Anwendungsfall nicht beobachtet werden, vielmehr wird die freiwerdende Arbeitszeit für fachlich anspruchsvollere Optimierungsaufgaben verwendet. Dies führt zu einer gesteigerten Eigenverantwortung der Mitarbeitenden in der Auftragssteuerung und erfordert ein arbeitsplatzübergreifendes Prozessverständnis.

5.3.3 Papierlose Fertigung

Viele Unternehmen streben mittlerweile unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung eine papierlose Fertigung an. Die Reduzierung des Papieraufkommens auf dem Shopfloor hat jedoch auch weitere Vorteile. Die digitale Darstellung aller Informationen für den Werker über diverse Endgeräte wie Tablet, Computer und Touchbild-

schirm verbessern ebenfalls die Informationstransparenz und Rückmel- demöglichkeiten der Mitarbeitenden.

Zum Einsatz kommen dabei unterschiedlichste Softwaresysteme, welche dem Werker Zugriff auf diverse Funktionen bieten. Diese können unterschiedlichste Ausprägungen haben. Zusätzliche Anwendungen, wie der mobile Zugriff auf Montageanleitungen und 3D-Konstruktionsmodelle, die unterstützte Werker selbstkontrolle, automatische Stunden- rückmeldungen oder das Abrufen des Arbeitsvorrats sind denkbar.

Abbildung 16: Beispiele einer papierlosen Fertigung



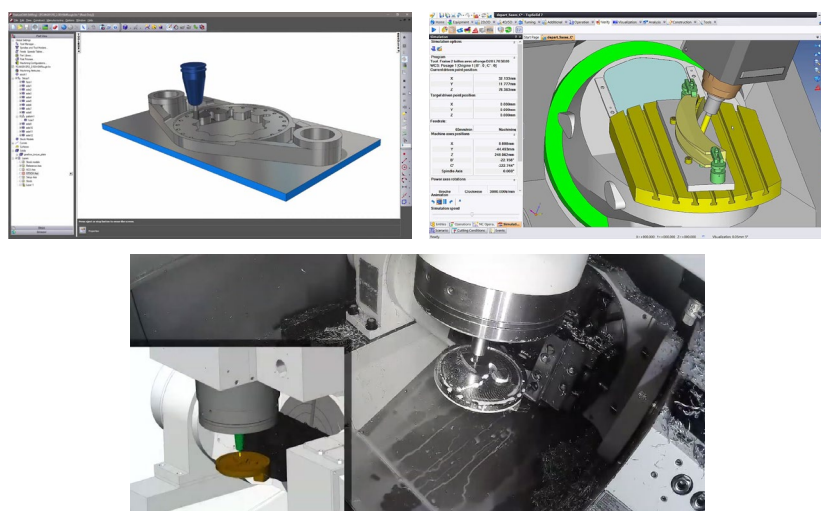
Quelle: eigene Darstellung

Für die Mitarbeitenden auf dem Shopfloor verändert sich durch den Umgang mit verschiedenen digitalen Devices grundsätzlich die Interaktion und Kommunikation mit Maschinen und Kollegen. Für die erfolgreiche Implementierung muss auch eine prozessuale Anpassung im Änderungsmanagement und bei den Mitarbeitenden stattfinden, da z. B. keine Notizen auf Zeichnungen mehr möglich sind. Des Weiteren muss der Umgang mit den verschiedenen Systemen erlernt werden, um Zugriff auf alle benötigten Informationen zu haben. Vor allem für ältere Mitarbeitende wird eine Umgewöhnungsphase stattfinden müssen, da die Verfügbarkeit von 2D-Zeichnungen deutlich reduziert wird und 3D-Modelldarstellungen zur Regel werden.

5.3.4 Feature-basierte CAM-Programm-Erstellung

Ein weiteres Beispiel für die zukünftige Gestaltung von Arbeitsplätzen auf dem Shopfloor der metallverarbeitenden Industrie ist die feature-basierte Erstellung von CAM-Programmen. Die herkömmliche Erstellung von CAM-Programmen ist aufwendig, langwierig und je nach Erfahrung der Mitarbeitenden mit Fehlern verbunden. Nicht zuletzt diese Fehleranfälligkeit des Prozesses führt dazu, dass Maschinenbediener den Fertigungsprozess persönlich überwachen müssen und somit als untätiger Beobachter an die Maschine gebunden sind.

Abbildung 17: Ausschnitte aus der CAM-Programm-Erstellung



Quelle: eigene Darstellung

Häufig wiederholen sich aber bestimmte Feature bei den zu fertigenden Bauteilen und somit auch in den CAM-Programmen. Diese Feature-Wiederholung macht man sich zu Nutze und bietet diese als Presets mit weiteren intelligenten Assistenten an. Auf diese Weise können große Teile des CAM-Programms automatisiert erstellt werden und bedürfen maximal einer Überprüfung durch die Mitarbeitenden.

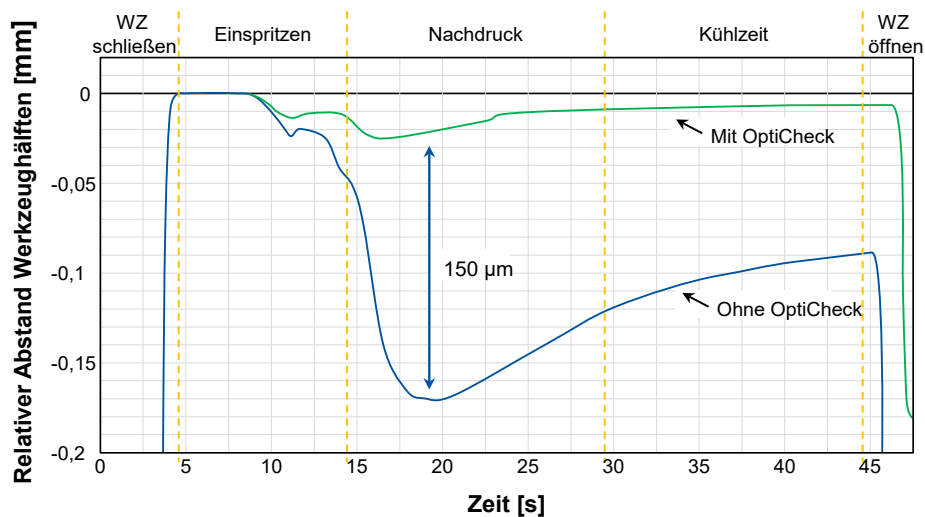
Während bereits seit einiger Zeit insbesondere einfache Bohrungen automatisiert erkannt werden, wird der Funktionsumfang in den nächsten Jahren weiter kontinuierlich zunehmen und nicht nur deutlich komplexere Mehrstufenbohrungen umfassen, sondern weitere Bearbeitungsgeometrien sowie die automatisierte Auswahl von Fräsworkzeugen und Programmparameterdefinitionen. Diese Methode zur Erstellung des CAM-Programms führt zu einer deutlichen Reduktion des Arbeitsauf-

wandes bei der Generierung der Werkzeugwege. Der Fokus verschiebt sich deutlich auf rein kontrollierende Tätigkeiten.

5.3.5 Dateninterpretation cyber-physischer Systeme

Durch die steigende Anzahl von Sensorik und Aktorik in Maschinen, Anlagen und Werkzeugen und die dadurch entstehenden, bereits erläuterten cyber-physischen Systeme erzeugen eine große Menge an Daten. Der Vorteil solche Systeme entsteht unter anderem erst durch die Interpretation der gewonnenen Datenmengen. Ziele sind z. B. ein besseres Prozessverständnis, automatische Reaktionen des Systems auf Änderungen von Einflussgrößen und Herstellung komplexerer Bauteile. Ferner lassen sich durch die Aufnahme und Interpretation der Daten eine Vielzahl von Analysen der Fertigungsprozesse erstellen. Diese Analysen können wiederum in weiteren Schritten zur Optimierung der Fertigung genutzt werden. So können beispielsweise Zeitstudien zu Transport-, Liege-, und Fertigungszeiten an einzelnen Fertigungstechnologien und -maschinen mit einem hohen Maß an Genauigkeit und über eine beliebig große Menge an Bauteilen durchgeführt werden.

Abbildung 18: Beispielhafte Ausgabe cyber-physischer Systeme



Quelle: Schneiderform 2017

Die Mitarbeitenden müssen hierfür ein Verständnis für die Visualisierung und Interpretationsfähigkeit der Ausgabewerte der cyber-physischen Systeme entwickeln. Dabei sind insbesondere der richtige Umgang mit einer vom „Bauchgefühl“ der Mitarbeitenden abweichenden Interpretati-

on der Datenbasis entscheidend sowie die Ableitung von Maßnahmen basierend auf den dargestellten Informationen. Dies kann jedoch nur erfolgen, wenn die Mitarbeitenden ein Verständnis für die Funktionsweise der Systeme zum eigenständigen Umgang damit besitzen.

6. Veränderungen in Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen

Für die Ableitung der zukünftigen Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen der Mitarbeitenden auf dem Shopfloor der metallverarbeitenden Industrie wurden entsprechend der vorgestellten Forschungsmethodik verschiedene Experteninterviews sowie ein Expertenworkshop durchgeführt. Darüber hinaus wurden die Zwischenergebnisse auf verschiedenen Fachtagungen, wie bspw. der LABORA 2019, vorgestellt und mit Experten diskutiert.

6.1 Erwartete Veränderung der Tätigkeiten der Mitarbeitenden

Für die Erfassung der erwarteten Veränderungen der Tätigkeiten der Mitarbeitenden auf dem Shopfloor der metallverarbeitenden Industrie wurden initial leitfadengestützte Experteninterviews mit Unternehmens- und Verbandsvertretern durchgeführt. Der verwendete Leitfaden ist in die sieben Abschnitte Einführungsphase, erfolgte Veränderungen, zukünftige Auswirkungen auf Berufsbilder und Arbeitsplätze, Einfluss auf Arbeitsweisen, Mitarbeiterqualifizierung, Herausforderungen und Risiken sowie Abschlussphase unterteilt. Innerhalb dieser Kategorien wurden die Fragen, für die Unternehmens- und die Verbandsvertreter leicht unterschiedlich ausgestaltet, um jeweils konkret auf Unternehmens- oder Branchenspezifika eingehen zu können.

Abbildung 19: Auszug des Interviewleitfadens für die Verbandsvertreter

	<p>...vertreter die Auswirkungen der 4. Industriellen Revolution auf die Anforderungsprofile von Mitarbeitern in Unternehmen?</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gegenwartsperspektive ○ Zukunftsperspektive ○ Auswirkungen auf unterschiedliche Bereiche 	<p>In welchem Ausmaß... es bereits heutzutage zu einem Wandel in den Tätigkeitsfeldern von Mitarbeitern verschiedener Unternehmen? Welche Bereiche der Produktionsprozesskette sind besonders stark von der informationstechnischen Vernetzung betroffen bzw. welche Bereiche werden in Zukunft besonders stark betroffen sein? Wie verändern sich Arbeitsplätze konkret?</p>
2	<p>In welchem Ausmaß wirkt sich die Flexibilisierung der Produktion auf die Organisation von Unternehmen und damit die Anzahl an...</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Verstärkter Einsatz von Maschinen ○ Entstehung neuer Berufsrollen ○ Wegfall von Arbeitsplätzen? ○ Ungelernte oder mehr Fachkräfte? 	<p>Sehen Sie mit der Digitalisierung verstärkt den Wegfall von Arbeitsplätzen oder die Entstehung neuer Berufsrollen?</p>

Quelle: eigene Darstellung

Die Kodierungen der transkribierten Interviews wurden im Rahmen der Auswertung zu 15 übergeordneten Kategorien aggregiert. Dies sind „Veränderungen der Arbeitsumgebung“, „Veränderungen der Mitarbeitenden“, „Veränderungen der Ausbildung“, „Veränderungen der Weiterbildung“, „Entwicklung der Arbeitsplatzanzahl“, „Entstehung neuer Berufsrollen“, „Veränderungen der Tätigkeiten der Berufsbilder“, „Automatisierungsgrad der Tätigkeiten“, „Flexibilisierung der Arbeit“, „Einfluss auf Gendergerechtigkeit und Diversity“, „Qualifizierungsbedarf“, „Qualifizierungsmethoden“, „Risiken der digitalen Vernetzung“ und „Umgang mit den Risiken durch die Unternehmen“. Die Auswertung der Interviews lässt hinsichtlich der erwarteten Veränderungen der Tätigkeiten drei wesentlich Aussagen zu.

Zum einen kann festgehalten werden, dass im Bereich der Tätigkeiten, die aktuell durch angelernte und gering-qualifizierte Mitarbeitende durchgeführt werden, keine signifikante Zunahme der Automatisierung und somit auch kein Wegfall dieser Arbeitsplätze zu erwarten ist. Die Reduzierung der Kosten für Automatisierungslösungen wird aktuell als zu gering angesehen, um kurz- bis mittelfristig solche Automatisierungen wirtschaftlich rentabel umsetzen zu können. Gleichzeitig sind auch für die Tätigkeiten dieser Mitarbeitenden nicht nur im Umfang, sondern auch in ihrer Art keine bedeutenden Veränderungen zu erwarten. Das häufig befürchtete Zielbild einer menschenleeren Fabrik wird so in Zukunft voraussichtlich nicht eintreten.

Zweitens wird für alle Mitarbeitende auf dem Shopfloor die Interaktion mit digitalen Devices deutlich zunehmen. Bereits seit einigen Jahren lässt sich feststellen, dass die Bedeutung einer papierlosen Fertigung deutlich zunimmt. Für alle Unternehmen, die bisher ihren Shopfloor noch nicht digitalisiert haben, wird dies mit hoher Wahrscheinlichkeit in den nächsten Jahren zumindest teilweise folgen. Daraus resultiert, dass für die Mitarbeitenden der Umgang mit digitalen Devices, zumeist Computer und Tablets, zum Standard werden wird.

Die dritte wesentliche Aussage bezieht sich auf die Aufgabenbreite und -tiefe der Mitarbeitenden und ist durch eine gewisse Abhängigkeit von der Unternehmensgröße geprägt. Grundsätzlich ließen sich in den Experteninterviews und -workshops zwei gegenläufige Meinungen identifizieren: Auf der einen Seite die Erwartung, dass sich das Tätigkeitsspektrum der Mitarbeitenden auf dem Shopfloor ausdehnen wird und zunehmen Tätigkeiten übernommen werden, die aktuell in den Berufsbeschreibungen nicht zu finden sind. Auf der anderen Seite erwarten mehrere Experten ein enger werdendes Tätigkeitsspektrum der Mitarbeitenden, das allerdings deutlich tiefergehend zu beherrschen sei. Eine genauere Betrachtung der Hintergründe der Experten lässt diese auf den ersten Blick gegensätzlich erscheinenden Aussagen jedoch in ein kohärentes Gesamtbild aggregieren. Betrachtet man die Mitarbeitendenanzahl der Unternehmen zeigt sich diese als wesentlich ausschlaggebend für die zwei dargestellten Trends. Für kleinere Unternehmen ergeben sich aus der Digitalisierung und der digitalen Vernetzung Kompetenzbedarfe, die aktuell häufig nicht durch bestehende Mitarbeitende zu bedienen sind. Aufgrund der finanziellen Rahmenbedingungen ist, insbesondere in einer Übergangsphase, kein Aufbau des für diese Aufgaben erforderlichen Personals möglich. Stattdessen ist eine Erweiterung des Tätigkeitsspektrums der bestehenden Mitarbeitenden zu erwarten. Diese werden somit zunehmend zu Generalisten. Der gegensätzliche Trend einer zunehmenden Spezialisierung der Mitarbeitenden lässt sich hingegen vor allem bei Unternehmen mit höherer Mitarbeitendenanzahl feststellen. Hier ist der entstehende Bedarf an zusätzlichen Tätigkeiten groß und die finanziellen Ressourcen ausreichend, um diesen Bedarf mit speziell auf diese Tätigkeiten ausgebildeten Mitarbeitenden zu besetzen.

Darüber hinaus lässt sich feststellen, dass eine zunehmende Digitalisierung und digitale Vernetzung dabei helfen können, mittel- bis langfristig das Image metallverarbeitender Berufe, als körperlich anstrengend und „dreckig“ zu gelten, zu wandeln. Dies kann eine nachhaltige Steigerung des Anteils weiblicher Bewerber in diesen Berufen hervorrufen. Die Reduzierung der ergonomischen Belastungen für die Mitarbeitenden

wird darüber hinaus von allen Befragten als Potenzial zur Adressierung des entstandenen und sich in Zukunft weiter intensivierenden Fachkräftemangels gesehen. Insbesondere die in den Interviews befragten Unternehmensvertreter heben die Potenziale der digitalen Vernetzung zur Verbesserung des Wissensmanagements hervor. Durch eine kontextbasierte proaktive Informationsbereitstellung digital vernetzter Systeme sowie die zunehmende Automatisierung manueller Tätigkeiten planen die Befragten eine Reduzierung der Belastung der Mitarbeitenden und somit eine Steigerung der möglichen Beschäftigungsdauer der Mitarbeitenden. Außerdem rechnen die Unternehmensvertreter in dieser Folge mit geringeren Ausfallzeiten sowie direkten und indirekten Krankheitskosten. Voraussetzung hierfür ist es, dass durch zusätzliche Qualifizierungsmaßnahmen die Anforderungen einer digital vernetzten Produktion erfüllt werden können (siehe Kapitel 6.2 und Kapitel 7).

Aus den dargestellten Veränderungen der Tätigkeiten lassen sich die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Mitarbeitenden auf dem Shopfloor der metallverarbeitenden Industrie ableiten.

Der aus der zunehmenden Digitalisierung und digitalen Vernetzung resultierende Kompetenzbedarf im Bereich Programmierung und Datenanalyse wird zumeist im Engineering, Vertrieb oder ähnlichen Tätigkeiten bedient und auf diese Auswirkungen haben. Für die Mitarbeitenden auf dem Shopfloor werden erweiterte Programmierertätigkeiten nur dort anfallen, wo sie auch bisher aufgetreten sind, bspw. in der CAM-Programmierung. Ansonsten werden vielmehr das Verständnis und die Interpretation von bereitgestellten Daten und Informationen für die Mitarbeitenden von Relevanz sein.

Allerdings werden im Bereich der Facharbeiter die Auswirkungen der zunehmenden Automatisierung deutlich wahrnehmbar sein. Die dadurch entstehenden freien Mitarbeiterkapazitäten können entweder zu einer Reduzierung der Anzahl Facharbeiter führen oder können durch die Unternehmen zur Umsatzsteigerung durch Wachstum genutzt werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass es gelingt, die betroffenen Mitarbeitenden durch entsprechende Weiterbildungen dahingehen zu qualifizieren, dass sie den digitalen Wandel des Unternehmens aktiv mitgestalten können (siehe Kapitel 7).

Die mit der Automatisierung häufig verbundene Verkettung von Prozessfolgen sowie die Vernetzung von Daten- und Informationsquellen aus unterschiedlichen Prozessschritten erfordern darüber hinaus ein deutlich stärkeres Gesamtprozessverständnis der Mitarbeitenden. Die Facharbeiter müssen nicht mehr nur die Arbeit an einem einzelnen Arbeitsplatz, also z. B. einer Werkzeugmaschine, beherrschen, wie es aktuell häufig der Fall ist, sondern vielmehr die Beziehungen und Auswir-

kungen zwischen den verschiedenen Prozessschritten verstehen und bewerten zu können, um eine Automatisierungslinie effektiv überwachen zu können oder Auswirkungen auf nachfolgende Prozessschritte abzuschätzen.

Die beschriebene domänenübergreifende Arbeit fordert gleichzeitig von den Mitarbeitenden eine Stärkung der sozialen Kompetenzen. Die Arbeit in interdisziplinären Teams gehörte bisher nicht zu den üblichen Arbeitsformen, wird aber in Zukunft in ihrer Bedeutung und Häufigkeit stark zunehmen. Die dabei entstehenden Herausforderungen der domänenübergreifenden Kommunikation und der gemeinsamen Lösungsfindung im Team gilt es durch die Mitarbeitenden zu beherrschen.

Darüber hinaus werden sich für die Mitarbeitenden auf dem Shopfloor durch die Digitalisierung neue Möglichkeiten zur Flexibilisierung ihrer Arbeit bieten. Da ihre Arbeit in der Regel direkten Bezug zu den Maschinen hat bzw. ihre Anwesenheit vor Ort erforderlich ist, bezieht sich dies allerdings nicht auf die regulären Tätigkeiten, sondern vor allem auf Bereitschaftsdienste. Durch die heute bei aktuellen Werkzeugmaschinen zum Standard gehörenden Möglichkeiten des Remote-Zugriffs auf die Maschinensteuerungen können in Kombination mit Videoübertragungen aus dem Bearbeitungsraum schon heute immer mehr Störungen per remote durch die Mitarbeitenden im Bereitschaftsdienst von zu Hause gelöst werden.

In Summe ergeben sich somit eine Vielzahl verschiedener Veränderungen der Tätigkeiten durch die Digitalisierung und digitale Vernetzung, die sich ebenfalls auf die Mitarbeitenden selber auswirken. Es kann festgehalten werden, dass die Veränderung des Tätigkeitsumfangs innerhalb der verschiedenen Branchen (siehe Betrachtungsbereich auf S. 14) der metallverarbeitenden Industrie relativ unabhängig erfolgt, jedoch durchaus durch die Unternehmensgröße determiniert wird. Während bei größeren Unternehmen eine Verengung des Tätigkeitsspektrums und weitere Spezialisierung der Mitarbeiter zu erwarten ist, ist bei kleineren Unternehmen eine Verbreiterung des Tätigkeitsspektrums zu erwarten.

6.2 Ableitung von Kompetenzprofilen in einer digital vernetzten Produktion

Basierend auf den identifizierten Veränderungen der Arbeitsplätze und Tätigkeiten der Mitarbeitenden auf dem Shopfloor metallverarbeitender Unternehmen lässt sich ein Kompetenzprofil für diese Mitarbeitenden ableiten, wie es in einer digital vernetzten Produktion teilweise bereits

gefordert wird und in Zukunft voraussichtlich noch stärker erwartet werden wird. Wie in der Beschreibung der Forschungsmethodik zu Beginn der Studie erläutert, wurde hierzu auf die Experteninterviews auf der einen Seite sowie der Expertenworkshop auf der anderen Seite Bezug genommen. Dabei lässt sich initial festhalten, dass die bestehenden Kompetenzen, wie sie in Kapitel 4.3 beschrieben wurden, auch in Zukunft von Bedeutung sein werden. Diese werden z. T. jedoch in ihrer jeweiligen Bedeutung weiter steigen oder abnehmen. Zusätzlich werden als sogenannte digitale Kompetenz bezeichnete Kompetenzen von Bedeutung sein. Unter digitale Kompetenz wurden im Rahmen dieses Forschungsvorhabens neun einzelne Kompetenzen subsummiert (das Wording der Kompetenzen erfolgt teilweise in Anlehnung an Heyse, Erpenbeck 2010, wodurch es in manchen Fällen zu scheinbaren Überschneidungen mit Fertigkeiten, Fähigkeiten und Haltungen kommen kann – definitorisch werden nachfolgend jedoch in jedem Fall Kompetenzen beschrieben):

- Offenheit für Veränderung
- Nutzung von digitalen Devices
- Initiative
- Interpretationsfähigkeit
- Verständnis von Algorithmen
- Vertrauen in Daten und Hinterfragen von Informationen
- ganzheitliches Denken
- Entscheidungsfähigkeit
- Lern- und Transferfähigkeit

Nachfolgend sollen die jeweiligen Kompetenzen kurz erläutert werden. Dazu wird entsprechend der methodischen Vorgehensweise in den Interviews und dem Workshop zunächst die technologischen Veränderungen beschrieben und anschließend die daraus resultierende Veränderung der Kompetenz abgeleitet.

Offenheit für Veränderung

Resultierend aus der grundsätzlichen, signifikanten Veränderung, der der Shopfloor in der metallverarbeitenden Industrie in Zukunft unterliegen wird, werden sich die Mitarbeitenden in Zukunft mit einem gesteigerten Bedarf nach Offenheit für Veränderungen konfrontiert sehen. Zwar stellt Change-Management für die Unternehmen und ihre Mitarbeitenden auch in der Vergangenheit schon immer ein relevantes Thema dar. Da insbesondere KMU häufig Defizite in einem erfolgreichen Change-Management aufweisen, wird eine erfolgreiche digitale Transformation

dieser Unternehmen jedoch besondere Herausforderungen an die Mitarbeitenden stellen.

Nutzung von digitalen Devices

Insbesondere durch die zunehmende Digitalisierung und die damit verbundene Reduktion von Papier auf dem Shopfloor erhöht sich die Nutzung verschiedener digitaler Devices durch die Mitarbeitenden. Wie in der Beschreibung der betrachteten zukünftigen Arbeitsplätze angeführt, wird es sich dabei mittelfristig nicht um Smart-Glasses, Smart-Gloves etc. handeln, sondern vornehmlich um konventionelle Computer, Tablets und Smart-Watches. Der grundsätzliche Umgang mit diesen Geräten stellt insbesondere für die jüngeren Mitarbeitenden und aktuellen Auszubildenden keine große Herausforderung dar.

Für ältere Mitarbeitende kann insbesondere durch die selbstverständliche Nutzung durch die jungen Mitarbeitenden schnell ein bei der Anpassungsqualifizierung nicht berücksichtigtes Defizit entstehen, das sich auf einen Großteil der Tätigkeiten der Mitarbeitenden auswirkt. Zusätzlich erhöht die Vernetzung und Verknüpfung verschiedener IT-Systeme die Abhängigkeiten und die Anfälligkeit des Gesamtsystems. Die Mitarbeitenden müssen daher in der Lage sein, die Vernetzung im Unternehmen zu verstehen, um bspw. sensibler für Cybersicherheitsrisiken zu sein.

Initiative

Die zunehmende Eigenverantwortung der Mitarbeitenden, die aus der gesteigerten Vernetzung der gesamten Prozesskette resultiert, fordert gleichzeitig von den Mitarbeitenden auch eine Zunahme an Initiative. Nur durch eine gesteigerte Eigeninitiative sind die Mitarbeitenden in der Lage, die erforderliche Interdisziplinarität und Entscheidungsfähigkeit, insbesondere bei fehlenden Informationen, leisten zu können. Außerdem stellt dies den wesentlichen Befähiger dar, um die aus der digitalen Vernetzung resultierenden Potenziale bottom-up, also ausgehend von den Mitarbeitenden auf dem Shopfloor, realisieren zu können.

Interpretationsfähigkeit

Um im Rahmen der Digitalisierung erfasste und anschließend vernetzte Daten nutzbar zu machen, müssen Mitarbeitende in Zukunft verstärkt in der Lage sein, diese Daten zu interpretieren und zu Informationen und/oder Wissen zu transformieren. Dieser Aspekt wird insbesondere ältere Mitarbeitende vor neue Herausforderungen stellen, die sich in der Vergangenheit bei ihren Tätigkeiten häufig auf ihre Erfahrung oder ihr „Bauchgefühl“ verlassen haben und konnten. Da die Analysen großer

Datenmengen nicht-triviale, bisher nicht bekannte Zusammenhänge aufdecken sollen, können diese teilweise von bisherigen Erkenntnissen oder Vorgehensweisen abweichen. Sollten die Mitarbeitenden ihr Erfahrungswissen zu stark in die Interpretation von Daten einfließen lassen, könnte dies dazu führen, dass Sie die Informationen welche in den Daten stecken nicht verwenden, sondern stattdessen auf ihre Intuition vertrauen, wodurch kein neues Wissen generiert wird. Gleichzeitig bietet dies jedoch auch Potenzial früher implizites Wissen zu explizieren und so die Interpretationsfähigkeit jüngerer Mitarbeitender schneller zu entwickeln.

Verständnis von Algorithmen und Programmen

Wie im vorhergegangenen Kapitel bereits dargelegt wurde, wird eine zunehmende digitale Vernetzung nur begrenzt dazu führen, dass Mitarbeitende auf dem Shopfloor vermehrt Programmierfähigkeiten übernehmen werden. Vielmehr werden sie diese, wie in der vorherigen Kompetenz beschrieben, interpretieren müssen. Um eine solche Interpretation erfolgreich durchführen zu können, ist ein Verständnis für die grundsätzliche Funktionsweise von Algorithmen und Programmen erforderlich. Dies ist ohne die Fähigkeit des Programmierens möglich, da im Rahmen der Programmierung lediglich die Handlungsvorschrift des Algorithmus in einem für einen Computer verständlichen Code umgesetzt wird. Die Mitarbeitenden müssen daher lediglich die Funktionsweise eines Algorithmus als endliche Abfolge von Einzelanweisungen zur Lösung eines Problems verstehen. Da die daraus resultierenden Teilergebnisse häufig nicht greifbar bzw. die Auswirkungen einzelner Algorithmen nicht direkt sichtbar sind, stellt die Ergebnisinterpretation von Algorithmen bzw. Programmen die Mitarbeitenden aktuell noch vor ungewohnte Herausforderungen.

Vertrauen in Daten und Hinterfragen von Informationen

Eng mit dem Verständnis von Algorithmen und der Interpretationsfähigkeit verbunden ist das Vertrauen in Daten bzw. das Hinterfragen bereitgestellter Informationen. Wenn bereitgestellte Informationen mehrwertstiftend durch die Mitarbeitenden verwendet werden sollen, ist ein verantwortungsbewusster Umgang mit diesen notwendig. Die Interpretation der Daten hängt also nicht nur von einem Verständnis der Algorithmen ab, sondern ebenso vom kritischen Umgang mit diesen. Nach Ansicht der Experten sind es aktuell vor allem jüngere Mitarbeitende, die bereitgestellten Daten, auch aufgrund der grundsätzlich höheren Digitalisierung ihres Privatlebens, unkritischer gegenüberstehen. Ältere Mitarbeitende hingegen erachten die Aufnahme von Daten häufig als nicht erforder-

derlich und begegnen bereitgestellten Informationen eher kritisch, was schlussendlich die Realisierung der mit der Datenbereitstellung verbundenen Potenziale erschwert.

Ganzheitliches Denken

Ein wesentlicher Befähiger für die Interpretationsfähigkeit ist das ganzheitliche Denken. Die Vernetzung der gesamten Wertschöpfungskette erhöht die direkten Abhängigkeiten. Mitarbeitende müssen daher in der Lage sein, die gesamte Prozesskette zu überblicken, um Entscheidungen treffen zu können. Für eine erfolgreiche, korrekte Interpretation von Daten und Informationen ist zukünftig somit verstärkt ein interdisziplinäres, ganzheitliches Denken erforderlich. Dies bedeutet nicht, dass Mitarbeitende in jedem Fall auch Fachwissen aus angrenzenden Disziplinen beherrschen müssen. Wie einführend dargelegt, hängt dies stark mit der Unternehmensgröße zusammen. Ein Verständnis für diese angrenzenden Disziplinen ist jedoch in jedem Fall erforderlich, um zielgerichtete fachliche Diskussionen führen zu können.

Entscheidungsfähigkeit

Die dargelegten Kompetenzen rund um die Interpretationsfähigkeit der Mitarbeitenden sowie der Initiative erfordert schlussendlich auch eine erhöhte Entscheidungsfähigkeit der Mitarbeitenden. Durch die aufgrund der zunehmenden Digitalisierung und digitalen Vernetzung veränderten Tätigkeiten wird dem einzelnen Mitarbeitenden eine erhöhte Verantwortung übertragen, bspw. durch die Überwachung einer vollständigen Automatisierungslinie anstatt der Bedienung einer einzelnen Werkzeugmaschine. Diese höhere Eigenverantwortung erfordert gleichzeitig auch eine gesteigerte Entscheidungsfähigkeit. Hinzukommt, dass die zu treffenden Entscheidungen deutlich komplexer sind, da eine zunehmende Menge an Informationen und Wirkbeziehungen berücksichtigt werden muss.

Lern- und Transferfähigkeit

Im Vergleich zu bisherigen technologischen Entwicklungen erfolgt die Digitalisierung mit exponentieller Geschwindigkeit, wie schon das Mooresche Gesetz bewiesen hat. Auch wenn diese Entwicklung nicht in gleichem Maße sofort in den Betrieben umgesetzt werden kann, ist dennoch zu erwarten, dass in Zukunft immer schneller und immer häufiger digitale Veränderungen in den Betrieben stattfinden werden. Um den daraus resultierenden Anforderungen begegnen zu können, wird von den Mitarbeitenden in Zukunft eine erhöhte Lernfähigkeit gefordert sein. Dies gilt ebenso für die Transferfähigkeit, um die erlernten grundlegenden Funk-

tionsweisen von Mikrocontrollern, Algorithmen und Programmen auf neue Anwendungsfälle übertragen zu können.

Die beschriebenen Veränderungen der Tätigkeiten der Mitarbeitenden (siehe Kapitel 2.2) führen jedoch nicht nur zu neuen Kompetenzen, die von den Mitarbeitenden gefordert werden, sondern die Expertenworkshops haben gezeigt, dass sich auch bestehende Kompetenzanforderungen in ihrer Bedeutung verändern oder in ihrer Bedeutung gleichbleiben, jedoch andere Charakteristika umfassen. Die dadurch am stärksten betroffenen Kompetenzen sind:

- Fachwissen
- systematisches Denken
- Kommunikationsfähigkeit
- analytische Fähigkeiten

Nachfolgend werden auch diese Kompetenzen kurz erläutert sowie die der Veränderung zugrundeliegenden technologischen Trends dargestellt.

Fachwissen

Wie eingangs dargelegt, zeigen sich für die Entwicklung des erforderlichen Fachwissens zwei gegensätzliche Trends. In Summe wird sich die Bedeutung des erforderlichen Fachwissens jedoch für beide Trends nicht verändern. Im Fall größerer Unternehmen, die die entstehenden Kompetenzbedarfe mit zusätzlichen Mitarbeitenden bedienen können, bedeutet dies für die Mitarbeitenden, dass sich das erforderliche Fachwissen in ihrer Disziplin noch einmal vertieft. Gleichzeitig müssen sie jedoch auch in der Lage sein, mit angrenzenden Disziplinen zielgerichtete Fachgespräche zu führen. Sie benötigen also auch ein grundlegendes Verständnis für deren Arbeitsweisen und -inhalte. In kleineren Unternehmen hingegen können die entstehenden Kompetenzbedarfe nicht durch zusätzliche Mitarbeitende gedeckt werden. In diesem Fall muss die Erweiterung des Fachwissens vor allem in den angrenzenden Disziplinen, wie bspw. Elektrotechnik, erfolgen.

Systematisches Denken

Die zunehmende Vernetzung der Prozesskette sorgt auf der einen Seite für eine deutliche Zunahme der verfügbaren Informationen und auf der anderen Seite für eine Interdisziplinarität der Informationen. Zur Beherrschung dieser und Beibehaltung der erforderlichen Entscheidungsfähigkeit bedarf es in Zukunft einem verbesserten systematischen Denken durch die Mitarbeitenden. Dies bedeutet, dass sie die Auswirkungen in-

nerhalb eines digital vernetzten Systems durch ein ganzheitliches Verständnis deutlich besser bewerten können.

Kommunikationsfähigkeit

Die Kommunikationsfähigkeit hatte auch bisher eine hohe Relevanz für die Mitarbeitenden auf dem Shopfloor. Bisher hat sich dies jedoch auf die Kommunikation innerhalb des eigenen Fachbereichs bezogen. Infolge der prozessweiten Vernetzung wird diese Kommunikationsfähigkeit in Zukunft vermehrt in interdisziplinären Situationen erforderlich sein. Durch unterschiedliche Arbeitsweisen und Fachwörter der verschiedenen Fachdisziplinen ist daher eine Erweiterung der Kommunikationsfähigkeit um den Faktor Interdisziplinarität erforderlich.

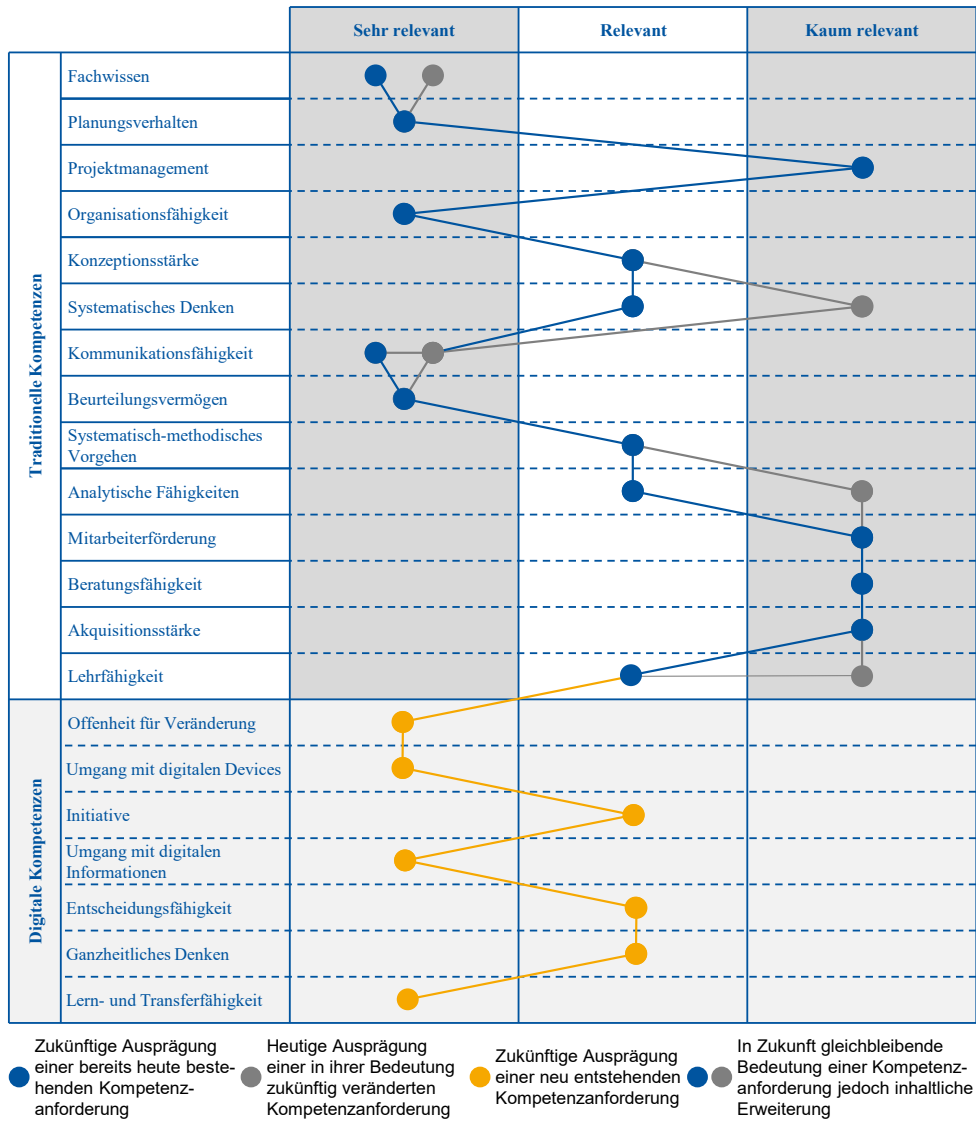
Analytische Fähigkeiten

Durch die Digitalisierung und die digitale Vernetzung erfolgt eine Zunahme der gesammelten Daten und zur Verfügung gestellter Informationen. Mitarbeitende müssen daher in der Lage sein, deutlich mehr Informationen zu analysieren und zu verstehen, um zu geeigneten Schlussfolgerungen zu gelangen. Im Gegensatz zum systematischen Denken handelt es sich hierbei also um einen vertiefenden Umgang mit Einzelbestandteilen eines digital vernetzten Systems.

Basierend auf den digitalen Kompetenzen sowie den angeführten Bedeutungsveränderungen aktuell bereits bestehender Kompetenzen ergibt sich das nachfolgende Kompetenzprofil für Mitarbeitende auf einem digital vernetzten Shopfloor in der metallverarbeitenden Industrie (vgl. Abbildung 20).

Die vorangehend dargelegten digitalen Kompetenzen sind als vierte Kompetenzgruppe in die Darstellung aufgenommen worden. Außerdem wurden die Kompetenzen Verständnis von Algorithmen und Programmen, Vertrauen in Daten und Hinterfragen von Informationen sowie Interpretationsfähigkeit aufgrund ihrer Ähnlichkeit und starken Abhängigkeit voneinander unter Umgang mit digitalen Informationen zusammengefasst. Die Darstellung des zukünftigen Kompetenzprofils zeigt auf der einen Seite, dass mit den digitalen Kompetenzen eine Reihe neuer Kompetenzen in Zukunft von Bedeutung sein werden, die bisher von den meisten Mitarbeitenden auf dem Shopfloor nicht gefordert wurden. Auf der anderen Seite zeigt sich jedoch, dass sich auch bei bestehenden Kompetenzen zukünftig ein Defizit zwischen Anforderung und Ist-Zustand ergibt. Dieses Defizit gilt es durch eine effektive und effiziente Aus- und Weiterbildung zu adressieren.

Abbildung 20: Zukünftiges Kompetenzprofil in der digital vernetzten Produktion



Quelle: eigene Darstellung

7. Handlungsempfehlungen für die Aus- und Weiterbildung

Die dargestellten Forschungsergebnisse indizieren einen deutlichen Qualifizierungsbedarf für die Mitarbeitenden auf dem Shopfloor der metallverarbeitenden Industrie, die durch die aktuellen Aus- und Weiterbildungsinhalte nur teilweise adressiert werden. Zudem zeigt sich, dass bestehende Kompetenzanforderungen kaum wegfallen, sondern tendenziell um zusätzliche Kompetenzen ergänzt werden müssen. Daher besteht grundsätzlich ein Risiko, die Berufsausbildung mit zusätzlichen Ausbildungsinhalten zu überfrachten. Daher kommt der beruflichen Weiterbildung für die Aus- und Weiterbildung zusätzlicher Kompetenzen eine besondere Rolle zu. Für die Gestaltung der Formate zur Adressierung von Weiterbildungsinhalten lassen sich aus den Forschungsergebnissen zwei zentrale Anforderungen ableiten:

- 1) Für den erfolgreichen Umgang mit Industrie 4.0-Anwendungen ist ein Verständnis für die zugrundeliegenden Funktionsweisen und Zusammenhänge digitaler Technologien erforderlich. Dies ist nicht mit einer Schulung zur Nutzung einer konkreten Industrie 4.0-Anwendung im operativen Betrieb zu verwechseln.
- 2) Für die erfolgreiche Realisierung der ersten Anforderung ist eine zunehmende Berücksichtigung interdisziplinärer Inhalte erforderlich. Diese Inhalte sind für ein grundlegendes Verständnis zwingende Voraussetzung und gleichzeitig Bestandteil vieler konkreter Industrie 4.0-Anwendungen.

Wesentliche Herausforderung bei der Anpassung der Weiterbildung ist die breite Streuung der Verbreitung von Industrie 4.0 in den Unternehmen der metallverarbeitenden Industrie. Während tendenziell in größeren sowie besonders innovativen Unternehmen vermehrt Industrie 4.0-Anwendungen zum Einsatz kommen und dementsprechend auch im Rahmen der Ausbildung an die Auszubildenden vermittelt werden, stellt insbesondere für einen Großteil der KMU nicht die digitale Vernetzung, sondern erst die Digitalisierung – als notwendige Voraussetzung für Industrie 4.0 – die nächste große Herausforderung dar. Entsprechend entstehen große Unterschiede zwischen den Betrieben, die verhindern, dass Inhalte der vierten industriellen Revolution verpflichtend in Ausbildungsordnungen aufgenommen werden können, ohne dass dies signifikante Auswirkungen auf eine Vielzahl kleiner Betriebe hätte. Denn diese könnten im Falle einer verpflichtenden Aufnahme der Industrie 4.0 Inhalte den geforderten Ausbildungsinhalten nicht nachkommen, sodass zu erwarten ist, dass es zu einer deutlichen Reduzierung verfügbarer

Ausbildungsplätze kommen würde. Insbesondere für die Ausbildung stellt jedoch die Sicherstellung der Beschäftigungsfähigkeit der Auszubildenden nach Abschluss ihrer Ausbildung eine wesentliche Anforderung dar. Gleiches gilt ebenso für Mitarbeitende, die ihre Ausbildung bereits beendet haben, deren Beschäftigungsfähigkeit jedoch noch teilweise mehrere Jahrzehnte sichergestellt werden muss, wenn der Verbreitungsgrad von Industrie 4.0-Anwendungen deutlich höher sein wird als heute.

Im Rahmen der Anpassung der Aus- und Weiterbildung wurden bereits verschiedene Formate definiert, die diese Defizite adressieren sollen. Durch die Definition der Zusatzqualifikationen im Rahmen der Ausbildungsrahmenpläne wurde bereits im Sommer 2018 ein erster Lösungsbaustein für die Vermittlung digitaler Kompetenzen im Rahmen der Ausbildung geschaffen (Bundesgesetzblatt 2018). Darüber hinaus wurden personale Kompetenzen, soziale Kompetenzen und Inhalte zum Datenschutz und zur Informationssicherheit integriert. Diese Zusatzqualifikationen umfassen die vier Bereiche Systemintegration, Prozessintegration, additive Fertigungsverfahren sowie IT-gestützte Anlagenänderung. Für alle weiteren Aspekte der Zusatzqualifikationen sei an dieser Stelle auf die Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen von 28. Juni 2018 verwiesen.

Mit den Zusatzqualifikationen für Anpassungsqualifikation hat die IG Metall darüber hinaus sieben Anpassungsqualifizierungen definiert, die im Rahmen der Weiterbildung die Beschäftigungsfähigkeit der Mitarbeitenden unterstützen (IG Metall 2020). Ähnlich zu den Zusatzqualifikationen der Ausbildung werden hierbei die Themenfelder Prozessintegration, Systemintegration, IT-gestützte Herstellung, Programmierung, IT-Sicherheit, digitale Vernetzung und additive Fertigungsverfahren thematisiert. Auch hierfür sei für tiefergehende Beschreibung der Inhalte auf die Broschüre der IG Metall zur Anpassungsqualifizierungen in Metall- und Elektroberufen verwiesen. Es kann festgehalten werden, dass hiermit ein klarer Bedarf auf Seiten der Mitarbeitenden und auch der Unternehmen adressiert werden kann. Im Rahmen des Forschungsvorhabens konnte festgestellt werden, dass bisher kaum Weiterbildungsangebote bestehen, die sich explizit an die Mitarbeitenden auf dem Shopfloor richten. Für diese werden lediglich die üblichen Schulungen zum Umgang mit konkreten Softwaresystemen oder sonstigen digital vernetzten Lösungen, die durch die Anbieter des entsprechenden Systems angeboten werden, durchgeführt. Diese adressieren jedoch nicht den identifizierten Bedarf digitaler Kompetenzen. Alle weiteren Weiterbildungsangebote richten sich in der Regel an strategische Führungskräfte und thematisie-

ren die grundsätzlichen Potenziale der digitalen Vernetzung, Vorgehen zur erfolgreichen markt- und wertschöpfungsseitigen digitalen Transformation von Unternehmen oder Prozesse zur Entwicklung und Implementierung konkreter Anwendungen.

Aufbauend auf den bisher bereits realisierten Anpassungen in der Aus- und Weiterbildung sowie den definierten Anforderungen an die Gestaltung neuer Formate lässt sich aus diesem Forschungsvorhaben eine erste zentrale Handlungsempfehlung ableiten. Diese knüpft an den Empfehlungen der IG Metall zur arbeitsprozessorientierten Fortbildung als Lösungsansatz an. Darin wird der Lernprozess an den Ort der Leistungserbringung des Mitarbeitenden verschoben. Neben einer praxisnahen Vermittlung der Inhalte vermindern sich hierdurch außerdem die Ausfall- und Abwesenheitszeiten der Mitarbeitenden. Voraussetzung ist jedoch die Verfügbarkeit neuester betrieblicher Technologien. Insbesondere im Kontext der Ausbildung, aber auch für die Weiterbildung in vielen Betrieben, sind diese Voraussetzungen, wie eingangs dargelegt, nicht erfüllt.

Um diesem Defizit zu begegnen, sind basierend auf den Ergebnissen dieses Forschungsvorhabens, außerbetriebliche Lernfabriken adäquate Einrichtungen zur Vermittlung erforderlicher Kompetenzen in der Aus- und Weiterbildung, insbesondere aus Sicht von KMU. Diese sind dabei nicht mit bereits bestehenden Demonstrationsfabriken, wie sie auch im Rahmen dieser Studie bereits vorgestellt wurden, vergleichbar. Während solche Demonstrationsfabriken das Ziel verfolgen, grundsätzliche technologische Trends abzubilden und vor allem für Fach- und Führungskräfte erlebbar zu machen, beschreiben Lernfabriken im Sinne dieser Studie Orte, an denen den Mitarbeitenden auf dem Shopfloor metallverarbeitender Unternehmen Kompetenzen vermittelt werden, die sie zur Arbeit mit Industrie 4.0-Lösungen nachhaltig befähigen. Lernfabriken bilden nach diesem Verständnis eine realitätsnahe Arbeitsumgebung ab, in der neueste Maschinen, Anlagen und Technologien eingesetzt werden, um ein „Lernen im Prozess“ für alle Mitarbeitenden zu ermöglichen – unabhängig vom Digitalisierungsgrad des Unternehmens, bei dem sie beschäftigt sind. Die Qualifizierung in einer Lernfabrik könnte dann als fester Teil der Ausbildung sowie im Rahmen der beruflichen Weiterbildung erfolgen. Dies würde gleichzeitig einen neuen Ansatz für den Technologietransfer in Unternehmen darstellen. Die Auszubildenden würden das in den Lernfabriken erworbene Wissen zurück in ihre Unternehmen tragen und könnten so die digitale Transformation in den aktuell noch nicht so stark digitalisierten Unternehmen vorantreiben.

Innerhalb dieser Lernfabriken könnte den eingangs formulierten Anforderungen eines grundlegenden Verständnisses für digitale Vernet-

zung sowie der Interdisziplinarität entsprochen werden. Hierzu sind Kurzprojekte zu entwickeln, an denen Vertreter konkret definierter Berufe interdisziplinär und unter Anwendung digitaler Kompetenzen arbeiten müssen. Ähnliche Ansätze hierzu konnten im Rahmen der durchgeführten Experteninterviews in verschiedenen Unternehmen bereits identifiziert werden. So wurde bspw. durch die Nutzung von einfachen Microcontrollern, wie den eduBoard oder dem Calliope mini, die eigentlich für die Vermittlung grundlegender Programmierkenntnisse an Grundschüler konzipiert wurden, Mitarbeitenden die grundlegenden Prinzipien der Digitalisierung begreifbar gemacht. Die Sicherstellung digitaler Kompetenzen bei den Auszubildenden ist insbesondere in Fällen, in denen Auszubildende nach Abschluss ihrer Ausbildung das Unternehmen wechseln, von elementarer Bedeutung für deren langfristige Beschäftigungsfähigkeit. Das einen Auszubildenden nach seinem Wechsel aufnehmende Unternehmen kann nur auf Kompetenzen aufsetzen und diese entweder unternehmensspezifisch oder produktspezifisch weitertreiben, das grundlegende Verständnis muss aber bereits während der Ausbildung vermittelt werden. Kann ein Auszubildender diese grundlegenden digitalen Kompetenzen nicht vorweisen, ist seine Beschäftigungsfähigkeit, insbesondere außerhalb des ausbildenden Unternehmens, erheblich beeinträchtigt.

Neben den konkreten Inhalten und Arbeitsweisen der Lernfabriken ist auch deren Trägerschaft durch das Forschungsvorhaben aktuell nicht zu beantworten. Verschiedene Alternativen, wie bspw. die Trägerschaft durch private Hand, an berufsbildenden Schulen oder Universitäten oder auch angebunden an die Ausbildungswerkstätten großer Betriebe sind denkbar und werden zur Diskussion gestellt. Insbesondere die bereits bestehenden Demonstrationsfabriken bieten Potenzial durch eine Anpassung der didaktischen Konzepte die Anforderungen der Aus- und Weiterbildung zu adressieren.

Die genauen Potenziale solcher Lernfabriken sollten aus Sicht der Forschenden Gegenstand weitergehender Forschungsaktivitäten sein. Diese könnten, bspw. anhand exemplarischer Demonstratoren, klären, inwieweit die Sicherstellung der Beschäftigungsfähigkeit im Kontext der digitalen Vernetzung auch für Auszubildende und Beschäftigte von KMU unterstützt werden kann.

Neben der Entwicklung außerbetrieblicher Lernfabriken stellt die zweite Handlungsempfehlung die Validierung der Notwendigkeit bestehender Inhalte der Ausbildungsrahmenpläne dar. Im Rahmen der fortschreitenden Digitalisierung und digitalen Vernetzung werden eine Vielzahl an Tätigkeiten, die auf dem Shopfloor durchzuführen sind, wie bspw. das Lesen von Zeichnungen, entfallen, da die durchgängige Nut-

zung von 3D-Viewern und CAD-Modellen zum Standard werden wird. Bereits heute lässt sich feststellen, dass in der Ausbildung vermittelte, grundlegende Tätigkeiten in der betrieblichen Praxis keine Anwendung finden. Teilweise müssen Auszubildende diese Tätigkeiten sogar einzig für eine erfolgreiche Prüfung erlernen. Daher ist es als fraglich zu erachten, ob eine Beibehaltung dieser in den Plänen für die langfristige Beschäftigungsfähigkeit förderlich ist. Eine Aufweichung dieser Inhalte in den Ausbildungsrahmenplänen könnte bspw. durch eine Verallgemeinerung der Tätigkeiten erfolgen, die in der betrieblichen Praxis durch die Erstellung händischer Zeichnungen oder dreidimensionaler CAD-Modelle umgesetzt werden kann. Inwieweit ein vollständiger Verzicht auf bestimmte Grundtätigkeiten wie Pfeilen oder Zeichnungserstellung Auswirkungen auf die langfristige Durchführung von Grundlagentätigkeiten und somit die Beschäftigungsfähigkeit der Mitarbeitenden hat, ist jedoch für jede Einzelkompetenz im Rahmen detaillierter Forschungen zu untersuchen.

8. Kritische Reflexion der Studienergebnisse

Grundsätzlich zeigt sich, dass die übergeordneten Ergebnisse dieser Studie den Kernaussagen der bestehenden Forschungsergebnisse entsprechen. Dies bezieht sich insbesondere auf die geforderte Flexibilität und Interdisziplinarität der Mitarbeitenden infolge der prozessübergreifenden Vernetzung. Außerdem kann diese Studie die Aussage, dass der Mensch weiterhin das zentrale Entscheidungsorgan auf dem Shopfloor sein wird, definitiv bestätigen. Der teilweise heute noch prognostizierte Trend, dass eine menschenleere Fabrik das Zielbild der digitalen Vernetzung darstellen würde, lässt sich durch alle Erkenntnisse dieser Studie klar widerlegen.

Darüber hinaus konnte in dieser Studie auch tiefergehendes Wissen erzeugt werden, insbesondere in Bezug auf die Verbreitung von Industrie 4.0-Anwendungen und den zur Verfügung stehenden Weiterbildungsangeboten. Im Rahmen der Recherche der zu betrachtenden Arbeitsplätze der Zukunft wurde festgestellt, dass die Verbreitung digital vernetzter Lösungen in der Industrie noch sehr gering ist. Insbesondere kleinere Unternehmen sehen sich aktuell noch mit den Herausforderungen der Digitalisierung des Shopfloors konfrontiert. Dies begründet ein Stück weit auch die in der Literatur bereits bekannte Aussage, dass bisher kaum Weiterbildungsangebote für Mitarbeitende zum Thema Industrie 4.0 bestehen. Da aktuell nur wenige konkrete Transformationspläne in den KMU der metallverarbeitenden Industrie vorhanden sind, besteht entsprechend auch noch kein großflächiger Bedarf an solchen Angeboten. Vielmehr sind aktuell strategische Themen rund um Industrie 4.0 im Fokus der Weiterbildungsanbieter, um Führungskräften einen grundsätzlichen Entwicklungsweg aufzuzeigen.

Eine klar gegensätzliche Aussage lässt sich aus dieser Studie jedoch in Bezug auf zunehmende Entwicklungsaufgaben der Fachkräfte auf dem Shopfloor definieren. Die durchgeführten Experteninterviews haben gezeigt, dass die digitale Vernetzung zu deutlichen Veränderungen der Tätigkeiten der Mitarbeitenden im Engineering, Vertrieb und ähnlichen Bereichen sowie auf dem Shopfloor führen, auch wenn im Rahmen der Studie der Fokus auf letztere gelegt wurde. Dabei ist jedoch auch festgestellt worden, dass die digitale Vernetzung zu einer klaren, kompetenzbedingten Trennung zwischen gestaltenden Tätigkeiten (z. B. Entwicklung von Prognosemodellen) und anwendenden Tätigkeiten (z. B. Interpretation und Nutzbarmachung von Prognosen) führt. Eine eventuell dennoch stattfindende stärkere Integration von Facharbeitern in den Entwicklungsprozess hat ihre Ursprünge demnach nicht in der digitalen

Vernetzung, sondern ist durch andere Trends wie bspw. der vorgelagerten Prozessintegration begründet.

Bei der Bewertung der Forschungsergebnisse und deren Vergleich mit ähnlichen Studien ist die Belastbarkeit der Ergebnisse zwingend zu betrachten. Im Hinblick auf die Anzahl der durchgeführten Interviews und betrachteten Industrieunternehmen ist die Repräsentativität der Ergebnisse nach wissenschaftlichen Anforderungen nicht gegeben. Durch die Interaktion mit verschiedenen Verbandsvertretern reichen die den Ergebnissen zugrundeliegenden Informationen über den direkt berücksichtigten Unternehmenskreis hinaus, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Erkenntnisse auf einen Großteil der KMU der metallverarbeitenden Industrie übertragen werden können. Wissenschaftlich sichergestellt ist dies jedoch nicht. Darüber hinaus hat diese Studie aufgrund der Erkenntnisse aus den Unternehmenskontakten über den aktuellen Digitalisierungsgrad der KMU vor allem Digitalisierungslösungen und visualisierende oder transparenzschaffende digital vernetzte Anwendungen betrachtet. Prognostizierende oder adaptive Lösungen wurden aufgrund der Tatsache, dass sie für den Betrachtungsbereich der Studie in den nächsten Jahren nicht in einer signifikanten Anzahl der Unternehmen zum Einsatz kommen werden, nicht bei der Ableitung der Kompetenzanforderungen berücksichtigt.

9. Fazit und Ausblick

Die Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen der Fachkräfte in der metallverarbeitenden Industrie werden sich durch die digitale Vernetzung verändern. Die Durchführung von Tätigkeitsstrukturanalysen, Mitarbeiterinterviews, die Befragung von Experten sowie die Analyse technischer Trends und Entwicklungen zur Identifikation der Veränderungen von Tätigkeiten und Kompetenzanforderungen zeigen, dass Unternehmen und Mitarbeitende mit einem grundsätzlichen Wandel der erforderlichen Kompetenzen und Tätigkeiten rechnen müssen. Der Einsatz digitaler Medien und der Umgang mit aufbereiteten Prozessdaten erweitern das Tätigkeitsfeld der Mitarbeitenden. Das erweiterte Tätigkeitsfeld der Berufe in der metallverarbeitenden Industrie wird zwar als solches bestehen bleiben, jedoch werden sich die Schwerpunkte und die Häufigkeiten der Durchführung der jeweiligen Tätigkeiten verändern. Dabei werden komplexe Tätigkeiten, die Prozessüberwachung sowie der Umgang mit digitalen Hilfsmitteln an Relevanz gewinnen. Es ist davon auszugehen, dass ein Teil der händischen Routinetätigkeiten in geringerer Häufigkeit ausgeführt wird oder gar automatisiert wird, jedoch sollte auch berücksichtigt werden, dass nicht jede Automatisierungslösung einen Kostenvorteil mit sich bringt. Es hat sich gezeigt, dass in digital vernetzten Produktionsumgebungen repetitive Tätigkeiten zwar an Frequenz verlieren, aber nicht wegfallen. Dies könnte zur Folge haben, dass für manche Tätigkeiten und Kompetenzen eine Gefahr des Verlernens besteht. Gleichzeitig erfordern zukünftige Tätigkeitsfelder ein höheres Prozessverständnis sowie Kompetenzen in der Bearbeitung komplexer Aufgabenstellungen.

KMU der metallverarbeitenden Industrie haben im Hinblick auf die Entwicklung der zukünftigen Kompetenzanforderungen meist nicht die benötigten personellen Ressourcen, um ihre Mitarbeitenden im Umgang mit Industrie 4.0-Anwendungen auszubilden. Daher ergibt sich ein Bedarf übergeordneter Angebote zur beruflichen Weiterbildung. Wie bereits in den Handlungsempfehlungen formuliert, kann die Entwicklung der benötigten Kompetenzen in sogenannten Lernfabriken stattfinden. Dort können Arbeitsprozesse in realen Umgebungen simuliert und Kompetenzen im Umgang mit digitalen Hilfsmitteln sowie ein besseres Prozessverständnis erarbeitet werden. In interdisziplinären Teams werden die Fachkräfte in digital vernetzten Arbeitsumgebungen zentral angeleitet, um anschließend komplexe Aufgabenstellungen unter Verwendung digital vernetzter Hilfsmittel zu bearbeiten. Ein entscheidender Vorteil der Weiterbildung in Lernfabriken ist die realitäts- und praxisnahe

Gestaltung der Lernumgebung und die damit einhergehende Verwendung gängiger Industrie 4.0-Anwendungen.

Ein erster Ausblick zeigt, dass bereits diverse Formen von Lernfabriken, bspw. an Universitäten, existieren. Eine übergreifende unabhängige Evaluation der bestehenden Lernfabriken wurde bis dato jedoch nicht durchgeführt. Dies lässt auf einen bisherigen Mangel an adäquaten Evaluationskonzepten für Lernfabriken und die dort angewandte Didaktik schließen. Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Studie können nun Lernfabriken hinsichtlich der dort praktizierten Didaktik verglichen und evaluiert werden. In einem weiteren Schritt kann ein umfassendes universelles Lehrkonzept aufbauend auf den in dieser Studie für relevant befundenen Kompetenzen für die Berufe der metallverarbeitenden Industrie entwickelt werden.

Parallel zur Evaluierung bestehender Lernfabriken sollte auch eine weitere Validierung der Ergebnisse dieser Forschung erfolgen. Dies bezieht sich insbesondere auf die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse auf alle KMU der metallverarbeitenden Industrie. Hierfür könnten die aufgestellten Hypothesen zur Entwicklung der Kompetenzanforderungen aufgegriffen und durch weiterführende quantitative Forschung mit einer breiten Datenbasis validiert werden.

10. Literaturverzeichnis

- A&D – Automation & Digitalisierung (2018): Ausgabe 9/2018.
- Abel, Jörg (2018): Kompetenzentwicklungsbedarf für die digitalisierte Arbeitswelt. FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit. Düsseldorf.
- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin: Büro der Forschungsunion; Geschäftsstelle der Plattform Industrie 4.0.
- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2016): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. München.
- AK DQR – Arbeitskreis Deutscher Qualitätsrahmen (2012): Arbeitskreis Deutscher Qualitätsrahmen für lebenslanges Lernen.
https://www.dqr.de/media/content/Der_Deutsche_Qualifikationsrahmen_fue_lebenslanges_Lernen.pdf (Aufruf am 08.04.2020).
- Andelfinger, Volker P./Hänisch, Till (2015): Internet der Dinge: Technik, Trends und Geschäftsmodelle. 8. Auflage, Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Andelfinger, Volker P./Hänisch, Till (2017): Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern. 1. Auflage, Springer Fachmedien.
- Arnold, Rolf/Lipsmeier, Antonius (1995): Handbuch der Berufsbildung. 3. Auflage, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bahr, Michael/Walewski, Joachim (2020): Anforderungen an die 5G-Kommunikation für die Automatisierung in vertikalen Domänen. Kapitel aus: Kommunikation und Bildverarbeitung in der Automation. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Baron, Stefan et al. (2019): Prospektive Weiterbildung für Industrie 4.0.
https://www.agenturq.de/wp-content/uploads/20190617_Leitfaden_Industrie40_FINAL.pdf (Aufruf am 08.03.2020).
- Bauernhansel, Thomas et al. (2014): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Beck, Christoph (2007): Welche Kompetenzen fordern die Unternehmen von Bewerbern? Kompetenzstudie. Fachhochschule Koblenz.
- Bix, Johannes (2018): Mobile Robotik in der bandsynchronen Montage zur flexiblen Mensch-Roboter-Interaktion. Stuttgarter Beiträge zur Produktionsforschung. 88. Auflage, Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Böhle, Fritz (2008): Facharbeit im Wandel. Konzepte und Ergebnisse industriesoziologischer Forschung.
- Boos, Wolfgang et al. (2018): Intelligente Werkzeuge und datenbasierte Geschäftsmodelle. 1. Edition, Aachen: WBA & WZL.
- Boos, Wolfgang et al. (2019): Erfolgreich Planen und Steuern im Werkzeugbau. 1. Edition, Aachen: WBA & WZL.

- Bracht, Uwe et al. (2018): Digitale Fabrik, Methoden und Praxisbeispiele, 2. Auflage, Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Bughin, Jacques et al. (2018): Automation and the future of the workforce. Discussion paper. McKinsey.
- BA – Bundesagentur für Arbeit (2018): Suchergebnisse Berufsfelder. https://berufenet.arbeitsagentur.de/berufenet/faces/index;BERUFENE_TJSESSIONID=kL-hZsqJVod_B5RdDMt-rbyglKV8cdtzQ4_vrrErdF659ns6VFwuQ!-1362145567?path=null/suchergebnisse_Berufsfelder&fil=eJwzNMALDA1BiBYAAGqNFrY%3D&fb=eJwzNDQwAClwAAAO (Aufruf am 8.03.2019).
- Bundesgesetzblatt (2018): Bekanntmachung der Neufassung der Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen, Jahrgang 2018 Teil 1 Nr. 23, Bonn.
- BIBB – Bundesinstitut für Berufsbildung (2018): Informationen zu Aus- und Fortbildungsberufen. <https://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/658658> (Aufruf am 23.07.2020).
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): Digitale Wirtschaft, Berlin.
- Cezanne, Wolfgang (1999): Allgemeine Volkswirtschaftslehre. 3. Auflage, Oldenbourg R. Verlag GmbH.
- DIHK – Deutscher Industrie- und Handelskammertag (2020): Statistik Ausbildung. <https://www.dihk.de/resource/blob/18684/1362b4c14234f5bb78cf0856f8559153/statistik-ausbildung-2019-data.pdf> (Aufruf am 19.03.2020).
- Diedrich, Christian et al. (2018): Die Blockchain als eine Technologie für die Verwirklichung von Visionen der I4.0.
- Erpenbeck, John/Von Rosenstiel, Lutz (2003): Handbuch Kompetenzmessung: Erkennen, verstehen und bewerten von Kompetenzen in der betrieblichen, pädagogischen und psychologischen Praxis. 3. Auflage, Stuttgart: Schäffer Poeschel Verlag.
- Faller, Stefan et al. (2018): Shopfloor Management in der selbstgesteuerten Logistik-Lern-Fabrik. Kapitel aus: Journal of Engineering, Management and Operations Vol. I. 1. Auflage, Zürich: Lit Verlag GmbH & Co. KG Wien.
- Fischer, Holger et al. (2019): Partizipation von Beschäftigten in der Gestaltung einer digitalisierten Arbeitswelt 4.0 mittels einer Canvas-Methode. Kapitel aus: Arbeit 4.0 im Mittelstand. Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. 1. Auflage, Berlin: Springer Gabler.
- Frieling, Ekkehart/Sonntag, Karlheinz (1999): Lehrbuch Arbeitspsychologie. 2., vollst. überarb. und erw. Aufl., Bern: Huber.

- Hannover Messe (2019): Modulare Produktion auf der Schwelle zur Markteinführung. https://www.hannovermesse.de/de/presse/pressemitteilungen/hannover-messe/pressemitteilung-detailseite_2162 (Aufruf am 09.04.2020).
- Heinze, Ronald (2017): Industrie 4.0 im internationalen Kontext: Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends. Beuth Verlag.
- Helfferrich, Cornelia (2005): Die Qualität qualitativer Daten, Manual für die Durchführung qualitativer Interviews. 4. Aufl. Wiesbaden: VS-Verlag.
- Hermle (2020): Effizienz durch Palettenwechsler und Robotersysteme. <https://www.hermle.de/de/bearbeitungszentren/automation> (Aufruf am 17.03.2020).
- Heyse, Volker et al. (2018): Mittelstand 4.0 – eine digitale Herausforderung. Führung und Kompetenzentwicklung im Spannungsfeld des digitalen Wandels. Band 11. Münster: Waxmann.
- Huber, Daniel/Kaiser, Thomas (2015): Wie das Internet der Dinge neue Geschäftsmodelle ermöglicht. Artikel aus: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik.
- IG Metall (2019): Transformationsatlas wesentliche Ergebnisse. https://www.igmetall.de/download/20190605_20190605_Transformationsatlas_Pressekonferenz_f2c85bcec886a59301dbebab85f136f36061cced.pdf (Aufruf am 17.03.2020).
- IG Metall (2020): In Metall- und Elektroberufen – Digitalisierung umsetzen!
- Ihlau, Susann et al. (2013): Besonderheiten bei der Bewertung von KMU. Planungsplausibilisierung, Steuern, Kapitalisierung. 1. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Ittermann, Peter et al. (2015): Arbeit in Industrie 4.0, Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. Dortmund: Hans-Böckler-Stiftung.
- Jeske, Tim et al. (2016): Industrie 4.0 in Metall- und Elektroindustrie. Umsetzung in der deutschen Metall- und Elektroindustrie. Artikel aus: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. 2. Auflage.
- Jost, Jana et al. (2017): Der Mensch in der Industrie – Innovative Unterstützung durch Augmented Reality. Kapitel aus: Handbuch Industrie 4.0 Bd. 1. 2. Auflage, Berlin: Springer Vieweg.
- Kaczmarek, Sandra et al. (2019): Mitarbeiterkompetenzen spielerisch entwickeln. Artikel aus: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. Ausgabe 4/2019.
- Kagermann, Henning et al. (2016): Industrie 4.0 im globalen Kontext. Strategien der Zusammenarbeit mit internationalen Partnern. Studie. München: Herbert Utz Verlag.

- Karabulut, Mücahit (2017): IT-Sicherheit in der Industrie 4.0. Abstract aus: Informatics Inside Digital Future. Hochschule Reutlingen.
- Koch, Jonas Maximilian (2017): Kompetenzen des Industriearbeiters 4.0. Hochschulschrift, 2. Ausgabe/2019, Fachhochschule Südwestfalen, Standort Meschede.
- Kuka (2016): KUKA Roboter und Menschen arbeiten Hand in Hand. <https://www.kuka.com/de-de/presse/news/2016/08/kuka-roboter-und-menschen-arbeiten-hand-in-hand> (Aufruf am 08.04.2020).
- Kultusministerkonferenz (2018): Rahmenlehrpläne. <https://www.kmk.org/themen/berufliche-schulen/duale-berufsausbildung/downloadbereich-rahmenlehrplaene.html> (Aufruf am 19.03.2020).
- Kunath, Martin/Winkler, Herwig (2019): Adaptive Assistenzsysteme zur Entscheidungsunterstützung für die dynamische Auftragsabwicklung: Konzeptionelle Überlegungen und Anwendungsszenarien unter Berücksichtigung des Digitalen Zwillings des Produktionssystems. Kapitel aus: Handbuch Industrie 4.0 und Digitale Transformation. Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderungen. 1. Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler.
- Kunnen, Steffen et al. (2019): Kopplung von Mixed Reality und einem digitalen Zwilling für den Wartungsprozess einer Industrieanlage. Teil des 17ten gemeinsamen Kolloquium Konstruktionstechnik.
- Kühl, Stefan et al. (2009): Handbuch Methoden der Organisationsforschung. Quantitative und Qualitative Methoden. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Künzel, Matthias/Meier zu Köcker, Gerd (2015): Werkstattpapier: Industrie 4.0 – die Rolle von Cluster-Initiativen im Wandel der Wertschöpfungsketten. Stuttgart: ClusterAgentur Baden-Württemberg.
- Mattes, Katharina et al. (2017): Energieeffizienz im Betriebsalltag: Chancen durch Energiemanagement und Qualifikation. Mitteilungen aus der ISI-Erhebung – Modernisierung der Produktion, No. 70, Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Mission Additive (2020): Der 3D-Druck von Metall-Technologien, Vorteile und Anwendungen. <https://www.mission-additive.de/der-3d-druck-von-metall--technologien-vorteile-und-anwendungen-a-910554/> (Aufruf am 08.04.2020).
- Obermaier, Robert (2016): Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. Betriebswirtschaftliche, technische und rechtliche Herausforderung. Wiesbaden: Gabler.

- Osterwalder, Alexander/Pigneur Yves (2010): Business Model Generation: Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Patscha, Cornelius et al. (2017): Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe bis 2030. Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Berlin.
- Raso, Rocco et al. (2019): Einsatz eines textilbasierten Assistenzsystems zur Analyse von körperlichen anstrengenden Arbeitsprozessen. Kapitel aus: Arbeit 4.0 im Mittelstand. Chancen und Herausforderungen des digitalen Wandels für KMU. 1. Auflage, Berlin: Springer Gabler.
- Redlich, Tobias et al. (2018): Interdisziplinäre Perspektiven zur Zukunft der Wertschöpfung. 1. Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler.
- Richter, Alexander et al. (2017): Industrie 4.0. Herausforderungen, Konzepte und Praxisbeispiele. 1. Auflage, Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Schallmo, Daniel (2018): Digitale Transformation von Geschäftsmodellen erfolgreich gestalten. Trends, Auswirkungen und Roadmap. 1. Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler.
- Scheer, August-Wilhelm et al. (2003): Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien – Treiber neuer Kooperations- und Kollaborationsformen. Kapitel aus dem Buch „Kooperationen, Allianzen und Netzwerke“. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Schick, Ralf (2018): Einsatz von Exoskeletten in der Arbeitswelt. Artikel aus: Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie. Springer Verlag.
- Schneiderform GmbH (2017): Smart-Tool Technology OPTICHECK. <https://www.schneider-form.de/leistungen/opticheck/> (Aufruf am 19.03.2020).
- Schuh, Günther et al. (2017): Internet of Production. Aachen: Apprimus Verlag.
- Schuh, Günther et al. (2018): Implement it! – Ein Leitfaden zur erfolgreichen Implementierung von Industrie 4.0-Lösungen. Aachen.
- Shi, Weisong et al. (2016): Edge computing: Vision and challenges. Teil von: IEEE Internet of things journal, VOL. 3, NO. 5.
- Spath, Dieter (2013): Produktionsarbeit der Zukunft. Stuttgart: Fraunhofer-Verlag.
- Statista (2019): Produzierendes Gewerbe. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Jahrbuch/jb-prod-gewerbe-dienstleistungen.pdf?blob=publicationFile> (Aufruf am 19.03.2020).

- Statistisches Bundesamt (2019): Branchenfokus Stahl und Metall. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Branchenfokus/Industrie/branchenfokus-stahl-und-metall.html> (Aufruf am 19.03.2020).
- Teker, Ugur (2005): Realisierung und Evaluation eines Indoor-Lokalisierungssystems mittels WLAN. Diplomarbeit.
- Thomas, Oliver et al. (2018): Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0. 1. Auflage, Berlin: Springer Gabler.
- Tiffert, Thomas (2018): Kompetenzen erwerben in einer Lernfabrik – von Lean bis Industrie 4.0. Hochschule für Technik und Wirtschaft. Berlin.
- Ver.di/IG Metall (2015): Erweiterte moderne Beruflichkeit. Ein gemeinsames Leitbild für die betrieblich-duale und die hochschulische Berufsbildung. Diskussionspapier.
- Vogel-Heuser, Birgit et al. (2016): Handbuch Industrie 4.0. Bd. 3, 2. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Wagner, Rainer Maria (2018): Industrie 4.0. Mit realen Fallbeispielen aus mittelständischen Unternehmen und vielen umsetzbaren Tipps. 1. Auflage, Wiesbaden: Springer Gabler.
- Weinert, Franz (2001): Vergleichende Leistungsmessung in Schulen. 2. Auflage, Weinheim.
- Wiegand, Bodo/Franck, Philip (2011): Lean Administration I-So werden Geschäftsprozesse transparent. 4. Auflage. Aachen.
- Windelband, Lars/Dworschak, Bernd (2015): Veränderungen in der industriellen Produktion – Notwendige Kompetenzen auf dem Weg vom Internet der Dinge zu Industrie 4.0. Kapitel aus: Lernen für die digitale Wirtschaft. Franz Steiner Verlag.
- WSM Wirtschaftsverband Stahl- und Metallverarbeitung e. V. (2019): WSM-Industrie. <https://www.wsm-net.de/wsm-industrie> (Aufruf am 19.03.2020).
- Wohlfeld, Denis (2019): Digitaler Zwilling für die Produktion von Übermorgen. Artikel aus der ZWF (Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb), Ausgabe 1–2/2019.
- Zeller, Beate et al. (2010): Qualifikationserfordernisse. Studie zu künftigen Qualifikationserfordernissen auf Fachkräfteebene. Nürnberg.

Autoren

Tim Graberg ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktionssystematik des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen. Er hat an der RWTH Maschinenbau sowie Wirtschaftswissenschaften studiert und beschäftigt sich im Rahmen seiner Promotion intensiv mit Themen der digitalen Vernetzung.

Jens Helbig ist Gruppenleiter am Lehrstuhl für Produktionssystematik des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen. Er hat an der RWTH sowie an der TU Istanbul Wirtschaftsingenieurwesen studiert und beschäftigt sich im Rahmen seiner Tätigkeiten in Forschung und Industrieberatung detailliert mit allen Dimensionen der digitalen Vernetzung.

Christoph Kelzenberg ist Oberingenieur am Lehrstuhl für Produktionssystematik des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen. Er hat an der RWTH Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Produktionstechnik studiert und beschäftigt sich im Rahmen seiner Tätigkeiten in Forschung und Industrieberatung detailliert mit allen Dimensionen der digitalen Vernetzung.

Günther Schuh ist Inhaber des Lehrstuhls für Produktionssystematik am Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen. Außerdem ist er der Direktor des FIR – Forschungsinstitut für Rationalisierung e.V. und Mitglied des Direktoriums des Werkzeugmaschinenlabors WZL und des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT. Zudem ist er CEO des Elektromobilitäts-Start-ups e.Go Mobile AG und Mitbegründer der StreetScooter GmbH.

Die Studie arbeitet aktuelle und künftige Tätigkeitsprofile und -anforderungen der in der Produktion Beschäftigten in kleinen und mittelständischen Unternehmen der metallverarbeitenden Industrie heraus. Sie kommt zu dem Schluss, dass deren Arbeitsplätze in der Regel nicht entfallen, aber in vielen Bereichen komplexer werden. Dadurch wird es notwendig, die bestehenden Kompetenzen der Fachkräfte zu erweitern. Das bisherige Weiterbildungsangebot für Mitarbeitende auf dem Shopfloor entspricht nicht dem identifizierten Bedarf an digitaler Kompetenz. Die Autoren plädieren daher für betriebsübergreifende Weiterbildungsangebote in Lernfabriken.
