Bildung

Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025

Sabine Pfeiffer, Horan Lee, Christopher Zirnig, Anne Suphan

Bildung

Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025

Sabine Pfeiffer, Horan Lee, Christopher Zirnig, Anne Suphan

Inhalt

1	Vorwort	6
2	Management Summary	7
3	Einleitung	14
4	Methodisches Vorgehen	20
5	Qualifizierung heute: Branche	36
6	Qualifizierung heute: Berufe	42
7	Qualifizierung heute: Betriebe	48
8	Industrie 4.0 heute: Wandel und Digitalisierung	56
9	Industrie 4.0 heute: Einschätzungen in den Vorreiterunternehmen	64
10	Industrie 4.0 und Qualifizierung heute	72
11	Q2025: Qualifikationswege und -mischungen	75
12	Industrie 4.0 bis 2025: Erwartete Entwicklungen	80
13	Industrie 4.0 und Q2025 – qualitative Szenarien	82
14	Industrie 4.0 und Q2025: Qualifikations- und Kompetenzanforderungen	93
15	Industrie 4.0 und Q2025: Innovationsbedarf, Lernwege und -orte	118
16	Inspiration zum Handeln	126
17	Literatur	131
18	Anhang	136

Inhalt detalliert

1 Vorwort 6

2 Management Summary 7

Studie und Datenbasis 7
Qualifizierung im Maschinen- und Anlagenbau heute 8
Industrie 4.0 heute 9
Qualifizierung für Industrie 4.0 heute 11
Qualifizierung bis 2025 11
Industrie 4.0 bis 2025 12
Qualifizierung für Industrie 4.0 bis 2025 12

3 Einleitung 14

3.1 Frage- und Zielstellung der Studie 16
3.2 Aufbau der Studie 19

4 Methodisches Vorgehen 20

4.1 Quantitative Sekundärauswertung zur Branche 21
4.2 Qualitative Studie: Methodik und Materialkorpus 22
4.2.1 Sample und Materialkorpus 22
4.2.2 Aktivierende Visualisierung mit der Q-Methode 24
4.3 Quantitative Erhebung: Methodik und Stichprobe 28
4.3.1 Befragte Unternehmen 29
4.3.2 Befragte Personen 33

5 Qualifizierung heute: Branche 36

5.1 Formale Qualifikation und Fortbildungsverhalten 36
5.2 Lebendiges Arbeitsvermögen 39

6 Qualifizierung heute: Berufe 42

6.1 Berufe im Maschinen- und Anlagenbau 42
6.2 Ausbildungsquote und -berufe (gewerblich-technisch) 43
6.3 Berufsbild Produktionstechnologe/-in 44

7 Qualifizierung heute: Betriebe 48

7.1 Methodische und inhaltliche Innovationen in der Erst- und Weiterbildung 48
7.2 Betriebliche Gestaltungsvarianten der Qualifizierung 50
7.3 Rolle der Ausbildung bei Innovationen im Unternehmen 52

8 Industrie 4.0 heute: Wandel und Digitalisierung 56

8.1 Fertigungstyp und Komplexität 56
8.2 Wandel und Digitalisierung 56
8.3 Quantitative Verbreitung in den Unternehmen 59
8.4 Aktuelle Bedeutung einzelner Technologien 61

9 Industrie 4.0 heute: Einschätzungen in den Vorreiterunternehmen 64

9.1 Disruptive Geschäftsmodellinnovation 64
9.2 Progressive Prozessinnovation 67
9.3 Zukunftsweisend-erweiterte Produktinnovation 69

10 Industrie 4.0 und Qualifizierung heute 72

10.1 Industrie 4.0 und Qualifizierung heute nach betrieblichen Gestaltungsvarianten 73
10.2 Industrie 4.0 und Qualifizierung heute nach Innovationstypen 74

11 Q2025: Qualifikationswege und -mischungen 75

11.1 Zukunft von Elementen beruflicher Qualifizierung 75
11.2 Qualitative Begründungszusammenhänge 76

12 Industrie 4.0 bis 2025: Erwartete Entwicklungen 80

13 Industrie 4.0 und Q2025 – qualitative Szenarien 82

13.1 Szenario 1: Die Schere geht auseinander – Growing Gap 83

13.2 Szenario 2: Für alle geht es nach oben – General Upgrade 86
13.3 Szenario 3: Beruflichkeit als Scharnier – Central Link 89
14 Industrie 4.0 und Q2025: Qualifikations- und Kompetenzanforderungen 93
14.1 Fachliche Anforderungen 94
14.1.1 Web 2.0/Mobile Geräte 94
14.1.2 Cyber-Physical-Systems/Internet of Things 96
14.1.3 Additive Verfahren 100
14.1.4 Robotik 103
14.1.5 Wearables und Augmentation 105
14.2 Querkompetenzen zur Bewältigung von Komplexität und Innovation 106
14.2.1 Datenschutz/Privacy 106
14.2.2 Umgang mit Big Data 108
14.2.3 Interdisziplinäre Zusammenarbeit 111
14.2.4 Gestaltung von Innovation 114
15 Industrie 4.0 und Q2025: Innovationsbedarf, Lernwege und -orte 118
15.1 Innovationsbedarf in der beruflichen Bildung 118
15.2 Lernorte und Lernwege 119
15.3 Bedeutung von Industrie 4.0 innerhalb der betrieblichen Aus- und Weiterbildung bis 2025 123
16 Inspiration zum Handeln 126
Material für Reflexion und Diskussion 126
Qualifizierung 2025: Was Branche und Unternehmen heute schon tun können 128
Danksagung 130
17 Literatur 131
18 Anhang 136
18.1 Frageleitfaden qualitativ 136
18.2 Fragebogen Online-Erhebung 139

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Berufliche MINT-Qualifizierung und Innovationsfähigkeit 17
Thematischer Aufbau der Studie 19
Übersicht über Erhebungselemente 20
Qualitative Studie: Sample und Materialkorpus 23
Q-Methode: Schema und Karten (Q-set) 25
Q-sort: Ergebnis nach Relevanz 27
Befragte Unternehmen nach Wirtschaftszweigen 30
Unternehmensgrößen nach Beschäftigten 31
Funktionen, Rollen, Tätigkeit der Befragten 33
Qualifizierungsbiografie der Befragten 34
Vertrautheit der Befragten mit dem Thema Industrie 4.0 35
Höchster Ausbildungsabschluss und Anzahl der Abschlüsse 36
Beruflich Qualifizierte und Fortbildungsverhalten 37
Arbeitsvermögen nach Qualifikationsniveau 39
Arbeitsvermögen nach Berufen 41
Berufe im Maschinen- und Anlagenbau 42
Ausbildungsquote und -berufe (gew.-techn.) 43
Ausbildung zum/zur Produktionstechnologen/-in 45
Innovationen in der Erstausbildung 48
Innovationen in der Weiterbildung 49
Betriebliche Gestaltungsvarianten der Qualifizierung – Zuordnung 51
Betriebliche Gestaltungsvarianten der Qualifizierung – Verteilung 52
Rolle der Ausbildung bei Wandel im Unternehmen 55
Fertigungstyp und Komplexität 57
Wandel und Digitalisierung 58
Industrie 4.0 heute 60
Aktuelle Bedeutung von Industrie 4.0-Technologien 61
Aktuelle Bedeutung nach einzelnen Technologien 62
Industrie 4.0 und Qualifizierung 72
Industrie 4.0 und Qualifizierung heute – betriebliche Gestaltungsvarianten 73
Industrie 4.0 und Qualifizierung heute – Innovationstypen 74
Zukunft von Elementen beruflicher Qualifizierung 76
Bedeutung von Industrie 4.0-Szenarien bis 2025 80
Industrie 4.0 – Q2025: Innovationsbedarf in der beruflichen Bildung 118
Lernwege und -orte für fachliche Anforderungen 121
Lernwege und -orte für Querkompetenzen 122
Industrie 4.0: Anforderungen in der Erstausbildung bis 2025 123
Industrie 4.0: Anforderungen in der betrieblichen Weiterbildung bis 2025 124

1 Vorwort

Der Maschinen- und Anlagenbau nimmt in der deutschen Industrie eine Schlüsselrolle ein. Er ist Zulieferer, Ausrüster und Dienstleister für alle anderen industriellen Bereiche. Mit über einer Million Beschäftigten ist er Deutschlands größter Industriearbeitgeber.

Damit die deutsche Industrie auch in Zukunft ihre Erfolgsgeschichte fortschreiben kann, muss sie die grundlegendste Veränderung seit Jahrzehnten erfolgreich meistern: Industrie 4.0. Eine durch die IMPULS-Stiftung des VDMA beauftragte Studie zur „Readiness Industrie 4.0" – also zum Umsetzungsstand bei unseren Unternehmen vor Ort – hat im Jahr 2015 ergeben, dass Industrie 4.0 im Maschinen- und Anlagenbau angekommen ist. Industrie 4.0 wird in den Unternehmen als Chancenthema angesehen.

Im Zentrum von Industrie 4.0 steht – trotz zunehmender Automatisierung – der Mensch. Denn ohne qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wird es nicht gelingen, die Technologieführerschaft des Maschinen- und Anlagenbaus und dessen führende Position auf den internationalen Märkten nachhaltig zu behaupten. Industrie 4.0 stellt neue Anforderungen an die Beschäftigten – durch neue Technologien, neue Organisationsformen und Arbeitsabläufe.

Die vorliegende Studie befasst sich daher mit den Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Qualifikationsanforderungen an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Maschinen- und Anlagenbau. Sie zeigt, wie die Unternehmen schon heute in der Aus- und Weiterbildung auf die Herausforderungen von Industrie 4.0 reagieren und welche Hürden sich dabei noch stellen. Sie beleuchtet auch, welche Qualifikationsbedarfe, die durch Industrie 4.0 entstehen, die Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus als prioritär ansehen und welche Bedeutung dabei unterschiedliche Wege und Orte des Lernens spielen. Damit leistet die Studie einen Beitrag zur aktuellen Diskussion um das Thema „Arbeit 4.0" und soll unseren Mitgliedsunternehmen dabei helfen, ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für heute und die Zukunft zielgerichtet zu qualifizieren.

Die Studie bestärkt uns im VDMA in unserem Kurs. Unser VDMA-Forum Industrie 4.0 versteht sich mit seinen diversen Angeboten und Handlungsfeldern als Partner und Dienstleister der Unternehmen. In dieses breite Spektrum fügt sich die Studie als weiterer Baustein ein.

An dieser Stelle danken wir Prof. Dr. Sabine Pfeiffer von der Universität Hohenheim und ihrem Team für die Erstellung der Studie. Gleichfalls danken wir den vielen Personal- und Ausbildungsverantwortlichen in unseren Mitgliedsunternehmen, die an der Umfrage, an Interviews und Workshops mitgewirkt haben.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß bei der Lektüre.

Ihre

Hartmut Rauen
Stellv. Hauptgeschäftsführer

Dr. Jörg Friedrich
Abteilungsleiter
Bildung

2 Management Summary

Studie und Datenbasis

Zielstellung und Fokus

Die Studie fragt nach den Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Qualifizierung im Maschinen- und Anlagenbau. Im Mittelpunkt stehen die Anforderungen an die berufliche Aus- und Weiterbildung, und zwar speziell in den gewerblich-technischen Berufen und in der akademischen Bildung der MINT-Bereiche. Da dem System der beruflichen Bildung in der Branche traditionell und quantitativ eine besondere Bedeutung zukommt, liegt hier ein Schwerpunkt der Ergebnisdarstellung.

Im Zuge der Debatten und Entwicklungen um Industrie 4.0 wird davon ausgegangen, dass der Maschinen- und Anlagenbau als zentrale Ausrüster- und Anwenderbranche vor großen Veränderungen steht und damit deutliche Konsequenzen für die Qualifizierung verbunden sind. Worin diese aber konkret liegen, ist noch weitgehend offen und wird kontrovers diskutiert. Ziel der Studie ist es, dazu den aktuellen Blick der betrieblichen Praxis einzufangen. Dafür werden die aktuelle betriebliche Ausgangslage und die in der betrieblichen Praxis eingeschätzten Entwicklungspotenziale bis 2025 erfasst.

Durch die Verbindung qualitativer und quantitativer Methoden bietet die Studie sowohl einen explorativen Blick in die Tiefe als auch eine Abschätzung zur Breite der Entwicklung. Die Studie stellt die Sichtweise von betrieblichen Experten für Qualifizierung und in Vorreiter-Unternehmen für Industrie 4.0 dar.

Zur weiteren Begründung und Rahmung der Studie dient Kapitel → 3.

Kurzinfo Datenbasis

- Die Studie kombiniert qualitative und quantitative Methoden. Die Ergebnisdarstellung gliedert sich thematisch (zum Aufbau der Studie siehe Kapitel → 3.2). Dabei werden die unterschiedlichen Datensätze und Erhebungsmethoden komplementär aufeinander bezogen. Die Datenbasis ruht auf drei Säulen (zu den methodischen Details siehe Kapitel → 4):

- eigene Auswertungen der repräsentativen BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung für den Maschinen- und Anlagenbau (n=518);

- vier qualitative und stärker explorativ angelegte Unternehmensfallstudien an mehreren Standorten (35 Einzelinterviews) kombiniert mit fünf Gruppendiskussionen und drei Betriebsbegehungen ergeben 42 Stunden transkribiertes Audio-Material;

- eine quantitative Online-Befragung mit Verantwortlichen der Branche für Qualifizierung. Von knapp über 2.208 per E-Mail über den VDMA erreichten Personen haben sich 210 an der Umfrage beteiligt, 198 haben den Fragebogen komplett beantwortet.

Die qualitativen Erhebungen fanden im Sommer und Herbst 2015 statt, die Online-Befragung im Februar 2016.

Aufbau der Studie

Die Darstellung der Ergebnisse findet sich in den Kapiteln 5 bis 15. Dabei wird thematisch und nach der zeitlichen Perspektive unterschieden:

- Die Kapitel 5 bis 10 betrachten die aktuelle Situation. Zunächst wird der Ist-Stand zur Qualifizierung und zum Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 getrennt dargestellt, dann gezeigt, wie heute schon in Aus- und Weiterbildung auf Industrie 4.0 reagiert wird.

- Die Kapitel 11 bis 15 stellen die Einschätzungen der Befragten bis zum Jahr 2025 vor. Auch dabei werden in den ersten beiden Kapiteln die Themen Qualifizierung und Industrie 4.0 einzeln betrachtet, um dann die Einschätzungen zur Qualifizierung für Industrie 4.0 bis 2025 detailliert zu erläutern.

Eine ausführlichere Darstellung zum Aufbau der Studie findet sich in Kapitel → 3.2.

Qualifizierung im Maschinen- und Anlagenbau heute

Qualifikationsstand branchenweit

Die Beschäftigten in der Branche sind formal hervorragend qualifiziert und bewältigen Wandel und Komplexität heute schon in großem Maße und mit einem Spitzenwert bei den informellen Fähigkeiten.

Die Beschäftigten im Maschinen- und Anlagenbau sind formal hoch qualifiziert: 59 % geben einen beruflichen und 24 % einen akademischen Abschluss an, weitere 14 % haben eine Fortbildung zum Meister oder Techniker absolviert. Das System der beruflichen Aus- und Fortbildung spielt damit in der Branche eine relevantere Rolle als bundesweit. Generell zeigt die Branche ein lebhaftes Fortbildungsverhalten: 41 % der Beschäftigten haben mehr als einen Abschluss. Erwerbsbiografisch finden sich viele Mischungen zwischen beruflichen und akademischen Formen der Bildung: Wer nach der Berufsausbildung einen weiteren Abschluss macht, entscheidet sich zu 26 % für ein Hochschulstudium; wer nach einem Studium als Erstqualifikation einen zweiten Abschluss absolviert, entscheidet sich zu 25 % für eine Qualifikation im System der dualen Berufsausbildung oder beruflicher Fortbildungsqualifikationen (Kapitel → 5.1).

Zur Bewältigung von Wandel und Komplexität am Arbeitsplatz sind nicht nur formale Abschlüsse wichtig, sondern in der Praxis erworbene informelle Fähigkeiten (wie Erfahrungswissen, Intuition, Gefühl für Abläufe u. Ä.). Dieses Arbeitsvermögen lässt sich mithilfe des Arbeitsvermögen-Index (AV-Index) berechnen. Dabei zeigen die Beschäftigten der Branche mit 80 % nicht nur einen deutlich höheren Wert als die Beschäftigten aller Branchen bundesweit mit 71 %, vor allem die Berufe im MINT-Bereich und die gewerblich-technischen Ausbildungsberufe weisen Spitzenwerte auf. Nur die IT-Kernberufe erreichen in der Branche unterdurchschnittliche Werte (Kapitel → 5.2).

Berufe in der Branche und den Befragungsunternehmen

Gewerblich-technische Ausbildungsberufe spielen quantitativ eine zentrale Rolle. Es dominieren die klassischen Metall- und Zerspanungsberufe und der Hybridberuf Mechatroniker. Das noch junge Berufsbild des/der Produktionstechnologen/-in wird bisher kaum angenommen, die Inhalte des Profils sind zu wenig bekannt.

Fast 30 % der Beschäftigten in der Branche sind den Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufen zuzuordnen, 63 % dem Bereich gewerblich-technisch oder MINT. Die Bedeutung dieser Berufe liegt damit in der Branche deutlich über dem Bundesdurchschnitt für alle Beschäftigten (Kapitel → 6.1).

Branchenweit und in den Befragungsunternehmen dominieren zahlenmäßig die Berufe Industriemechaniker/-in, Mechatroniker/-in und Zerspaner/-in. Der Hybrid-Beruf des/der Mechatronikers/-in ist der zweitwichtigste Ausbildungsberuf der Branche (Kapitel → 6.2).

Das Berufsbild des/der Produktionstechnologen/-in ist relativ neu und adressiert zum Teil Inhalte, die besonders passfähig für die Anforderungen einer Industrie 4.0 sein könnten. Bundesweit liegen die Ausbildungszahlen jedoch weiterhin im nur kleinen dreistelligen Bereich. Fast 90 % der befragten Unternehmen bilden das Berufsbild nicht oder nicht mehr aus, 55 % begründen dies mit mangelndem Bedarf und bei 28 % ist das Thema nicht angekommen oder das Berufsbild unbekannt. Eine große Schwierigkeit besteht in der Einschätzung des Niveaus (Kapitel → 6.3).

Umgang mit Qualifizierung in den Unternehmen der Branche

Die Unternehmen der Branche zeigen sich punktuell beweglich und veränderungsbereit im Hinblick auf die Strukturen der Aus- und Weiterbildung. Sie unterstützen Beschäftigte bei der beruflichen und akademischen Fortbildung und belohnen Weiterbildung in der Regel mit entsprechenden Beschäftigungschancen.

Rund zwei Drittel nutzen die inhaltlichen und methodischen Freiräume des Berufsbildungssystems. In den letzten fünf Jahren gab es faktische Änderungen in der Ausbildung zu 39 % bei Inhalten und zu 44 % bei Methoden. Die Zusammenarbeit mit Berufsschulen und anderen Institutionen oder Gremien der Berufsbildung ist mit jeweils um die 80 % stark ausgeprägt. In der Weiterbildung dominieren technische Angebote mit 77 % vor nicht-technischen mit 63 %. Eine überwiegende Mehrheit der Befragten gibt an, dass Facharbeiter zu 84 % bei einer Meister- oder Technikerausbildung und zu 68 % bei einem Studium vom Unternehmen unterstützt werden. Zudem scheint sich Fortbildung zu lohnen: 80 % der Befragten sehen eine qualifikations-adäquate Beschäftigung als Regel (Kapitel → 7.1).

Insgesamt dominiert aber ein bodenständigabwartendes Verhalten in Bezug auf die innovative Nutzung der Freiräume und Strukturen des Berufsbildungssystems. Wie eng die Bereiche Qualifizierung und Forschung und Entwicklung (FuE) bei Innovationsprozessen zusammen arbeiten, ist sehr unterschiedlich: zum Teil ist diese eng und geschieht frühzeitig, zum Teil ist sie abwartend bis nachholend entkoppelt.

Auf Basis der einzelnen Fragen zum Umgang mit Aus- und Weiterbildung zeigen sich unterschiedliche Varianten der betrieblichen Gestaltung von Qualifizierung. 45 % der Unternehmen verhalten sich proaktiv- oder moderat-innovativ, 55 % bodenständig abwartend. Vor allem größere Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten sind proaktiv-innovativ in der betrieblichen Gestaltung von Aus- und Weiterbildung. Damit werden die Möglichkeiten der betrieblichen Gestaltung innerhalb des Systems beruflicher Bildung überwiegend weniger stark genutzt als dies denkbar wäre. Zum Teil verweist dieser Befund auf ein eher traditionelleres Verhalten der für Qualifizierung Verantwortlichen, zum Teil auch auf die Passförmigkeit der gegebenen Strukturen (Kapitel → 7.2).

Im Hinblick auf möglicherweise disruptive Veränderungen im Kontext von Industrie 4.0 könnte die Zusammenarbeit zwischen den Qualifizierungsbereichen und Forschung und Entwicklung (FuE) zukünftig relevanter werden. In der Online-Erhebung wurden die aktuellen Formen dieser Zusammenarbeit nach Intensität und Zeitpunkt abgefragt. Aus den Daten lassen sich vier typische Formen ableiten: In 50 % der Unternehmen ist die Ausbildungsseite bereits heute frühzeitig und intensiv in FuE-Maßnahmen eingebunden (Typen: strategisch-gestaltende Innovation und mitgestaltende Interaktion), in 41 % der Unternehmen findet eine Zusammenarbeit erst in der Umsetzungsphase statt (Typ: traditionelle Integration) und 9 % verlassen sich mehr auf Impulse von außen als auf die eigene Innovationskraft (Typ: nachholende Entkopplung) (Kapitel → 7.3).

Industrie 4.0 heute

Wandel und Komplexität

Der Maschinen- und Anlagenbau bietet heute schon hoch komplexe Produkte in kleinsten Losgrößen und Engineering-Dienstleistungen an. Die Beschäftigten der Branche erleben einen stärker digitalen und vielfältigeren technischen Wandel als die anderer Branchen. Die für Qualifizierung Verantwortlichen dagegen sind deutlich weniger vom digitalen und technischen Wandel betroffen.

Losgröße 1 und kundenspezifische Produkte sind Themen, die im Zuge von Industrie 4.0 eine große Rolle spielen. Beide sind für den

Maschinen- und Anlagenbau nichts Neues. Das zeigt sich auch bei unseren online befragten Unternehmen: Diese bieten mit 84 % überwiegend komplexe Produkte und Dienstleistungen an und fertigen zu 73 % in Einzel- und Kleinserienfertigung, 75% verkaufen auch Engineering-Dienstleistungen (Kapitel → 8.1).

Die Branche ist aktuell schon stark vom digitalen Wandel geprägt: 52 % der Beschäftigten waren in den letzten zwei Jahren vor der Befragung mit neuen Computerprogrammen konfrontiert. Der Wandel im Maschinen- und Anlagenbau ist damit nicht nur stärker IT-getrieben, sondern auch vielfältiger als er sich für Beschäftigte in den meisten anderen Branchen zeigt: In allen abgefragten technikgetriebenen Feldern übertreffen die Werte der Branche deutlich die für alle Beschäftigten in Deutschland. Bei den online Befragten, die überwiegend aus dem Bereich Qualifizierung stammen, finden neuere Formen von Digitalisierung mit 2,1 % kaum statt. Das Erleben des digitalen und technischen Wandels scheint sich in der Branche also wesentlich dramatischer zu zeigen als bei den für Qualifizierung Verantwortlichen (Kapitel → 8.2).

Umsetzungsstand und Varianten von Industrie 4.0

Die befragten Unternehmen sind einerseits weit vorn bei der Umsetzung von Industrie 4.0, die Befragten selbst zeigen sich jedoch noch vergleichsweise unwissend. Bei den Fallstudienunternehmen gelten CPS mit Abstand als aktuell relevanteste Technologien und in der Online-Befragung dominieren heute die Themen Web 2.0 und Robotik. Auch bei den Vorreiter-Unternehmen lassen sich Strategie-Varianten im Umgang mit Industrie 4.0 festhalten.

Beim Thema Industrie 4.0 schätzen die Befragten ihre Unternehmen zwiespältig ein: Sie sehen diese zu 19 % als Vorreiter und zu 34 % als Follower und berichten in 27 % der Fälle von intensiver Umsetzung in mehreren Bereichen sowie in 33 % von begonnener Umsetzung in Teilbereichen. Die Befragten sehen ihre Unternehmen damit weiter vorn als in vergleichbaren Branchen-Studien zum Thema Industrie 4.0. Gleichzeitig findet sich mehr Unwissenheit beim Thema: 19 % schätzen Industrie 4.0 als nicht relevant oder nicht bekannt ein und 28 % sehen bislang keinerlei Umsetzungen zu Industrie 4.0 oder können dazu keine Angaben machen (Kapitel → 8.3).

Bei der Abfrage zum Stellenwert einzelner Technologie-Facetten von Industrie 4.0 unterscheiden sich die qualitativ befragten Vorreiter-Unternehmen und die online Befragten: In den Vorreiter-Unternehmen werden cyber-physische Systeme (CPS) mit 62 % als aktuell besonders wichtig bezeichnet, in der Online-Befragung wird dagegen mit 31 % das Thema Web 2.0/ mobile Geräte auf dem Shopfloor als bedeutsam hervorgehoben. Während für die Fallstudien-Unternehmen neue Robotik-Ansätze mit unter 3 % aktuell kaum relevant sind, werden diese in der quantitativen Befragung mit 27 % als zweitwichtigste Technologie genannt (Kapitel → 8.4).

Die Einschätzung der Industrie-4.0-Entwicklung variiert selbst zwischen und innerhalb der qualitativ untersuchten Vorreiter-Unternehmen. Unterschieden werden drei Innovationsstrategien: von der disruptiven Geschäftsmodellinnovation über die progressive Prozessinnovation bis zu einer zukunftsweisend-erweiterten Produktinnovation. Diese drei Strategien geben keine Grade der Umsetzung wider, sondern illustrieren, wie vielfältig und gestaltungsbedürftig Industrie 4.0 ist und sein wird. Ebenso unterschiedlich sind daraus abzuleitende Folgen für die Bereiche Arbeitsorganisation, Qualifikation und Beschäftigung (Kapitel → 9).

Qualifizierung für Industrie 4.0 heute

Industrie 4.0 spielt heute schon in der Mehrheit der befragten Unternehmen eine Rolle – in der Erstausbildung wie in der Weiterbildung. Je innovativer Unternehmen sich bei Qualifizierung zeigen und je weiter sie Industrie 4.0 umgesetzt haben, desto mehr finden sich heute schon Antworten im Bereich der Qualifizierung.

Der überwiegende Teil der Befragten sieht aktuell das Thema Industrie 4.0 in der Qualifizierung verankert: 62 % bejahen dies für die Weiterbildung und 71 % für die Erstausbildung. Unternehmen, die sich proaktiv-innovativ in der Qualifizierung zeigen, und solche, die Vorreiter beim Thema Industrie 4.0 sind, integrieren das Thema gleichgewichtig in Aus- und Weiterbildung. Die in beiden Feldern – Qualifizierung und Industrie 4.0 – eher abwartend agierenden Unternehmen verankern das Thema aktuell etwas stärker in der Weiterbildung als in der Erstausbildung. Selbst Befragte, die Industrie 4.0 bislang für ihr Unternehmen als nicht relevant einschätzen, sehen das Thema schon heute zu 40 % in der Erstausbildung verortet (Kapitel → 10).

Qualifizierung bis 2025

Duales Studium und berufliche Fortbildungssysteme werden wichtiger werden. Der stärkste Bedeutungsverlust wird beim Meister gesehen – für die Mehrheit eine negative Entwicklung. Unabhängig von der Einschätzung, ob eine Verkürzung der Ausbildungszeiten kommen wird oder nicht: das Meinungsbild gegen eine Verkürzung ist einhellig.

Ohne schon auf das Thema Digitalisierung und Industrie 4.0 einzugehen, wurden online und qualitativ auch allgemeine bildungspolitische Themen mit Blick auf das Jahr 2025 erhoben. Die Befragten gehen mit Zustimmungswerten von jeweils deutlich über 90 % davon aus, dass das Duale Studium und berufliche Weiterbildungssysteme wichtiger werden (Kapitel → 11.1).

Vor allem für die Fortbildung zum Meister wird mit 42 % erwartet, dass deren Bedeutung abnehmen wird. Gleichzeitig wird diese Entwicklung als besonders negativ eingeschätzt. Ebenfalls überwiegend kritisch sehen die Befragten die von ihnen zu 70 % erwartete Bedeutungszunahme kürzerer Ausbildungszeiten. Die 30 %, die von einer abnehmenden Bedeutung der Verkürzung ausgehen, begrüßen diese Entwicklung dagegen. Unabhängig von der erwarteten Entwicklung wird sich bei diesem Thema eindeutig gegen eine Verkürzung ausgesprochen (Kapitel → 11.1).

Begrüßt werden webbasierte Lernmodule als digitale Ergänzung bestehender Ausbildungsformen. Das Duale Studium wird positiv gesehen, trotzdem werden seine Schwächen diskutiert.

Die qualitativen Fallstudien zeigen, wie unterschiedlich und differenziert die Sichtweisen hinter den Zahlen sind. So wird die zunehmende Nutzung ergänzender digitaler Lernmodule innerhalb der Ausbildung erwartet und erwünscht. Statt einer Verkürzung der Ausbildungszeiten, wird die Notwendigkeit betont, neue Inhalte schneller in die Qualifizierung einzubringen. Trotz der begrüßten Bedeutungszunahme des Dualen Studiums zeigen sich auch kritische Stimmen: Diese betonen einen Mangel an technischen Fertigkeiten und betrieblicher Praxis sowie Defizite bei konzeptuellen und wissenschaftlichen Fähigkeiten (Kapitel → 11.2.2).

Industrie 4.0 bis 2025

Robotik und Web 2.0/mobile Geräte sind aktuell die stärksten Technikthemen in den Unternehmen – mit eher abnehmender Bedeutung bis 2025. Auch cyber-physische Systeme finden sich jetzt schon in den Befragungsunternehmen, ihre Bedeutung wird bis 2025 stark zunehmen. Wearables sind derzeit noch kaum ein Thema, hier wird aber die größte Bedeutungszunahme bis 2025 erwartet.

Fünf technologische Facetten von Industrie 4.0 wurden online abgefragt. Web 2.0/mobile Geräte und Robotik sind heute schon in 50 % bzw. 44 % der Unternehmen relevant. Für 2025 wird für beide Themen eine weniger stark wachsende Bedeutung gesehen. CPS und additive Verfahren werden aktuell in etwa 30 % der Unternehmen eingesetzt, hier wird bis 2025 jeweils ein Bedeutungsaufwuchs auf 55 % erwartet. Der größte Sprung und die widersprüchlichste Einschätzung zeigt sich bei den Wearables: Heute sind sie nur in 9 % der Unternehmen zu finden, dennoch sehen 55 % einen Bedeutungszuwachs bis 2025. 36 % der Unternehmen sehen auch zukünftig keine Relevanz für das Thema (Kapitel → 12).

Qualifizierung für Industrie 4.0 bis 2025

Unterschiedliche Szenarien

Die Einschätzungen zur Entwicklung von Qualifizierung im Kontext von Industrie 4.0 differieren. Es zeigen sich drei Varianten. Die einen gehen von einer Polarisierung aus, andere erwarten generell einen steigenden Qualifikationsbedarf und eine dritte Gruppe sieht in der dualen Beruflichkeit eine wichtiger werdende Verbindung zwischen unterschiedlichen Qualifikationsniveaus.

Die qualitativen Interviews zeigen, dass Einschätzungen zur Qualifizierung verbunden sind mit den Erwartungen über sich durchsetzende technische und arbeitsorganisatorische Lösungen. Drei Typen zukünftiger Szenarien lassen sich ausmachen: Beim Szenario „Growing Gap“ geht die Schere zwischen hoch und niedrig Qualifizierten stärker auseinander. Eine andere Gruppe erwartet ein „General Upgrade“, also die Notwendigkeit einer höheren Qualifizierung für alle. Eine dritte Gruppe betont die besondere und ihrer Ansicht nach steigende Bedeutung der Facharbeiterqualifikation und der damit verbundenen spezifischen Beruflichkeit, die sie als „Central Link“ sehen und als Scharnier zwischen Qualifikationsniveaus, Fachrichtungen und abstrakten wie konkreten Anforderungen (Kapitel → 13).

Innovationsbedarf in der beruflichen Bildung
Die bestehenden Berufsbilder gelten als gut gerüstet und inkrementelle Veränderungen überwiegend als ausreichend. Auch substanzielle Veränderungen werden erwartet, aber dem System der beruflichen Aus- und Weiterbildung zugetraut. Es zeigt sich etwas mehr Änderungsbedarf bei den Methoden als bei den Inhalten.

Für die Strukturen der beruflichen Aus- und Weiterbildung wird zwar deutlicher Änderungsbedarf gesehen. Dieser aber ist überwiegend inkrementeller Natur und in den bestehenden Systemen zu bewältigen. Mit dem größten substanziellen Änderungsbedarf wird in der Weiterbildung gerechnet (47 %). Für die Erstausbildung erwarten 58 % keinen oder nur inkrementellen Änderungsbedarf. Keine Anpassungen halten nur 9 % bei den Methoden und nur 11 % bei den Inhalten der Aus- und Weiterbildung für notwendig (Kapitel → 15.1).

Lernorte und Lernwege

Die Qualifizierung für Industrie 4.0 wird vor allem in der Hochschule, bei digitalen Formen des Lernens und in der Verantwortung des Einzelnen gesehen. Der beruflichen Erstausbildung in Berufsschule und Betrieb sowie der betrieblichen Weiterbildung werden eine deutlich kleinere Rolle zugestanden. Diese Tendenz zum Akademischen und Digitalen zeigt sich bei fachlichen Anforderungen etwas stärker als bei überfachlichen Kompetenzen.

Digitale Lernwege gelten als wichtige Lernwege: 44 % betonen deren Relevanz für die Vermittlung fachlicher Anforderungen und 40 % für die von überfachlichen Querkompetenzen wie etwa interdisziplinäre Zusammenarbeit. Jeder fünfte Befragte meint, dass Lernen vor allem in der Verantwortung des Einzelnen liegt. Als wichtiger Lernort wird die Hochschule genannt: 20 % erklären, dass es insbesondere ihre Aufgabe ist, in fachlicher Hinsicht zu qualifizieren, 25 % sagen dies für die Querkompetenzen. Dagegen sehen die Befragten ihre eigene Institution – den Betrieb – überraschend wenig in der Pflicht: 22 % nennen betriebliche Aktivitäten (Erst- und Weiterbildung und eigene Angebote für eLearning) bei den fachlichen und 18 % bei den Querkompetenzen (Kapitel → 15.2).

Anforderungen in der Erst- und Weiterbildung

Wer den Betrieb als wichtigen Lernort für Industrie-4.0-Themen einschätzt, kümmert sich heute schon um die Qualifizierung für Industrie 4.0. Big Data hat heute und in 2025 eine hohe Bedeutung in der Aus- und Weiterbildung. Technische Themen werden heute für die betriebliche Qualifizierung als weniger wichtig eingeschätzt als in der Zukunft. Soziale Kompetenzen dagegen sind heute mehr ein Thema der Erst- und Weiterbildung als in 2025.

Wer dem Lernort betrieblicher Erstausbildung und Weiterbildung beim Thema Industrie 4.0 eine hohe Bedeutung beimisst, sieht für alle technisch-fachlichen und für die Querkompetenzen eine hohe Bedeutung in der Erst ausbildung- und Weiterbildung. Teils wird die Bedeutung als Übergangsphänomen bewertet, teils als generell steigend (Kapitel → 14).

Datenschutz und Privacy spielen mit 79 % heute schon eine Rolle in der Erstausbildung und Big Data zu 53 %. Damit sind die datenbezogenen Querkompetenzen heute bereits stärker ein Thema der Ausbildung als die im engeren Sinne fachlich-technischen Anforderungen. Über den Zeitverlauf zeigt sich bei den Querkompetenzen nur ein weiterhin deutlich hoher Wert bei Big Data, hier sehen 45,6 % auch bis 2025 eine Bedeutung in der Erstausbildung.

Auch Web 2.0, additive Verfahren, CPS und Robotik werden heute schon vermittelt – mit deutlichem Zuwachs in 2025. Interdisziplinäre Zusammenarbeit und die Fähigkeit zur Gestaltung von Innovationen werden heute als besonders wichtiges Thema der Aus- und Weiterbildung gesehen (Kapitel → 15.3).

3 Einleitung

Der Maschinen- und Anlagenbau gilt als eine der beschäftigungs- und exportintensivsten Branchen Deutschlands. Im Dezember 2014 waren knapp über eine Million Menschen im Maschinen- und Anlagenbau beschäftigt und haben 212 Milliarden Euro Umsatz erwirtschaftet (VDMA 2015). Die Exportquote der 6.419 Branchenunternehmen lag mit 76 % weit über der Importquote von 55,4 %. Die mit einer durchschnittlichen Unternehmensgröße von 173,9 Beschäftigten mittelständisch geprägte Branche investiert 5,7 Milliarden Euro jährlich in Forschung und Entwicklung (ebd.). Wenn also heute überall von der Digitalisierung der Arbeit und insbesondere von Industrie 4.0 gesprochen wird, so betrifft diese im Maschinen- und Anlagenbau schon rein quantitativ eine große Zahl von Unternehmen und Beschäftigten. Beim Thema Industrie 4.0 ist die Branche aber zusätzlich besonders relevant.

Unter Industrie 4.0 wird überwiegend eine neue Phase der industriellen Revolution verstanden, die nach der Mechanisierung, Elektrifizierung und Informatisierung der Industrie nun mit dem „Internet der Dinge“ eine intelligentere und weltweite Vernetzung von Maschinen, Lagersystemen und Betriebsmitteln als cyber-physische System (CPS) verspricht (Kagermann et al. 2013: 5). Diese Szenarien verbinden sich mit einer ganzen Reihe weiterer technischer Entwicklungen wie 3D-Druck, Adaptive Robotics, Machine-to-Machine (M2M), Cloud Computing, App Economy, Geschäftsmodellinnovation, Smart Factory, mobile Endgeräte usw. Angestrebt wird ein „völlig neues Konzept der Produktionsautomatisierung“ (Hirsch-Kreinsen 2014: 5).

Industrie 4.0 ist eine Diskussion, die zunächst stark von der IT-Perspektive aus geprägt wurde. Möglicherweise sind daher viele der unter diesem Stichwort verhandelten Szenarien noch relativ unkonkret und teils weit weg von den Realitäten der Produktion im Maschinen- und Anlagenbau (Randow 2014). Für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau gilt der Trend zu Industrie 4.0 als „Steilvorlage“ – gerade wegen des Know-how-Vorsprungs (Auer 2014), schon heute bestehen die Produkte der Branche zu 30 % aus Software und Automatisierungstechnik (Göricke 2014).

Obwohl – oder vielleicht gerade weil – viele Nutzungsszenarien noch vage sind, werden mit Industrie 4.0 viele Potenziale verbunden und große Erwartungen geweckt. So wird beispielsweise durch Industrie 4.0 eine Produktivitätssteigerung für den Maschinen- und Anlagenbau um 30 % bis 2025 erwartet (Bauer et al. 2014; Niegsch 2016). Gleichzeitig scheint das Thema in der Praxis vieler Unternehmen noch nicht angekommen zu sein oder die dortigen Problemlagen zu wenig zu berühren: So listet eine aktuelle Studie zu den relevantesten Enterprise-Resource-Planning-Themen aus Anwendersicht das Thema Industrie 4.0 mit nur 4,1 % Nennungen an letzter Stelle des Rankings (Sontow et al. 2014) und gerade mittelständische Unternehmen sehen die Potenziale der Digitalisierung eher skeptisch (DZ Bank 2014). Auch im Maschinen- und Anlagenbau erscheint der Stand widersprüchlich: Zwar befassen sich knapp 60 % der Unternehmen aktiv mit dem Thema Industrie 4.0, davon aber nur ein Drittel intensiv (Lichtblau et al. 2015).

Beim Thema Qualifizierung ist die Branche vergleichsweise gut aufgestellt: Länder ohne eine lange Tradition in der dualen Berufsausbildung hinken Deutschland Jahrzehnte hinterher, wenn es darum geht, technologisch anspruchsvollen Veränderungen mit entsprechenden Ausbildungsinhalten und -formen zu begegnen. So fordern Unternehmen in den USA aktuell einen neuen Qualifikationstyp, der auf die Veränderungen in der Produktion unter anderem durch CNC-Technik (CNC = rechnergestützte numerische Steuerung) reagieren und zwischen den „white collars“ und den „blue collars“ angesiedelt sein solle; dieser „grey collar“ (Manpower 2013) beschreibt mit Grundkenntnissen in der CNC-Programmierung oder der statistischen Prozesskontrolle Inhalte, die in Deutschland schon mit der ersten Neuordnung der Metallberufe 1987 integriert wurden. Auch in Großbritannien wird

der Mangel an produktionstechnologisch qualifizierten Arbeitskräften zunehmend erkannt, dem Unternehmen mit einem Modell betrieblich integrierter Ausbildung begegnen wollen (EEF 2016).

Eine besondere Innovationsfähigkeit des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus liegt in der Zusammenarbeit von Ingenieuren und Facharbeitern in Innovationsprozessen (Kädtler et al. 2013, Pfeiffer 2015a, Pfeiffer et al. 2012a). In diesen geht es gerade nicht um ein Ende des Erfahrungswissens (Baethge et al. 2007), sondern um die Verbindung des produktionstechnologischen Theorie- und Praxiswissens der Facharbeiter/-innen mit dem ingenieurwissenschaftlichen Theorie- und dem ingenieurpraktischen Erfahrungswissen der Entwicklungsingenieure/-innen (Pfeiffer 2012). Dieses fruchtbare Zusammenspiel ist gefährdet, wenn akademische Qualifizierung „Moderations-Mechatroniker" für ein „Engineering by Powerpoint" ausbildet – so beschreiben betriebliche Akteure die zu wenig mit betrieblicher Praxis geerdeten Absolventen/-innen aus ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen (ebd.; Pfeiffer et al. 2012b). Erforderlich sind daher sowohl die Integration wissensbasierter und reflexiver Handlungskonzepte in die berufliche Bildung als auch eine stärkere Erfahrungsbezogenheit des hochschulischen Studiums (Wissenschaftlicher Beraterkreis 2014: 5). Die besondere Bedeutung beruflicher Facharbeit für die Innovationsfähigkeit der Branche wird üblicherweise in den aktuellen Studien zu Qualifizierung und Industrie 4.0 nicht ausreichend berücksichtigt. Wie wichtig auch für eine akademische Qualifizierung der betriebliche Kontext ist, zeigt eine aktuelle Untersuchung: Das Studium vermittelt demnach zu wenig interdisziplinäres Denken und generell zu wenig soziale Kompetenzen – gerade hier wird die Stärke des Dualen Studiums gesehen (VDMA & VDI 2016). Der „Lernort Betrieb" ist also von essentieller Bedeutung, das zeigen auch andere Studien zur Ausbildung sogenannten organisationalen Arbeitsvermögens (Schütt et al. 2015), dies wird aber meist unterschätzt, wenn aus der Perspektive Industrie 4.0 Ableitungen für den akademischen Bereich vorgenommen werden.

Generell konzentriert sich die Forschung weitgehend auf akademische Anforderungen und unterschätzt die besonderen Formen beruflicher Aus- und Weiterbildung (Pfeiffer 2015b). So hält die Promotorengruppe für die Aus- und Fortbildung ein verstärktes Zusammenwachsen von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), Produktions- und Automatisierungstechnik und Software für dringend notwendig (Kagermann et al. 2013: 59) – eine Forderung, die für die berufliche Aus- und Weiterbildung bereits 2008 und damit vor Beginn der Debatte um Industrie 4.0 mit dem Berufsbild des Produktionstechnologen (Müller 2012) realisiert wurde. Die Bedeutung von Qualifizierung und Kompetenzentwicklung für die Einführung von Industrie 4.0 wird – so eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO – als durchgängig sehr hoch eingeschätzt. Insbesondere werden die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen (86 %), stärkeres interdisziplinäres Denken und Handeln (77 %) und höhere IT-Kompetenz (76 %) als wichtig angesehen (Schlund et al. 2014: 6–7). Solche eher wenig konkreten Aussagen, die Soft Skills und soziale Kompetenzen aufgreifen und in sehr allgemeiner Form IT-Kompetenzen adressieren, bestimmen durchgängig das bisherige Bild zum Thema Qualifizierung und Industrie 4.0. Dass zudem dass Thema Weiterbildung generell nicht dort bearbeitet wird, wo am meisten Bedarf besteht, ist ein wiederkehrender Befund, der jüngst bestätigt wurde. So zeigt die repräsentative Studie zu „Wertewelten Arbeit 4.0", dass Weiterbildung zwar über alle sieben empirisch festgestellten Wertewelten positiv wahrgenommen wird, es sich aber Gewinner und prekäre Verlierer finden. Zudem mangelt es an Unterstützung bei der Weiterbildung und an Anerkennung nach erfolgter Weiterbildung durch die Unternehmensseite (nextpractice 2016: 48–49). Insgesamt bewegt sich die Debatte zu Qualifizierung und Industrie 4.0 oft auf einem sehr abstrakten und allgemeinen Level, sie adressiert selten den Maschinenbau im Besonderen,

vernachlässigt meist die konkrete Arbeit in der Produktion und benennt oft allgemeine soziale Kompetenzen, die als Anforderungen bereits in den 1980er Jahren identifiziert wurden und in den Metall- und Elektroberufen seit den Neuordnungen von 2003 und 2004 integriert sind (Ahrens & Spöttl 2015). Auch eine ausführliche Sichtung des aktuellen Forschungsstands zu Qualifizierung und Industrie 4.0 zeigt (Pfeiffer 2015b): Nur wenige Studien bemühen sich um eine Konkretisierung auf der Arbeitsebene und hinsichtlich spezifischer Bedarfe (eins der wenigen Positivbeispiele ist die Studie zum Internet der Dinge in der Logistik von Windelband et al. 2010). Erst jüngst erschienene Untersuchungen konzentrieren sich stärker auf den Maschinen- und Anlagenbau und auf die Anforderungen im System der beruflichen Bildung. Hier sind insbesondere zu nennen: Die Online-Erhebung der Industrie- und Handelskammer, die für Baden-Württemberg 638 Unternehmen der Branche befragen konnte (BWIHK 2016: 46) und eine fast zeitgleich veröffentlichte Analyse der hessischen Unternehmensvereinigung, die sich weniger auf die Branche, dafür aber auf Berufe im Bereich Elektronik und Mechatronik konzentriert (VHU 2016). Beide Studien kommen zu dem Schluss, dass das berufliche System prinzipiell gut gewappnet ist für Industrie 4.0. Hall u.a. (2015: 18) dagegen erwarten auf Basis bundesweiter Daten durch Industrie 4.0 und dem damit einhergehenden Strukturwandel innerhalb des verarbeitenden Gewerbes einen zunehmenden Bedarf an den IT-Kernberufen. Nach den Projektionen der Studie werden allein durch Industrie 4.0 bis 2025 in den Branchen „Maschinenbau“ und „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen“ zusätzliche 2.300 Erwerbstätige mit IT-Qualifikation benötigt. Wenn sich letztlich auch alle einig sind, dass die Qualifizierung durch Industrie 4.0 einen „großen Schub“ machen müsse (Neumann 2014), ist damit also noch nicht gesagt, was dies inhaltlich konkret für die Aus- und Weiterbildung bedeuten könnte. Dieser Frage geht unsere Studie ein stückweit nach und versucht dabei, die besondere Charakteristik der Branche und ihre Heterogenität zu berücksichtigen.

3.1 Frage- und Zielstellung der Studie

Wie der kurze Abriss zum Forschungsstand zeigt: Zu den Besonderheiten des Maschinen- und Anlagenbaus und speziell zu konkreten Qualifizierungsanforderungen durch Industrie 4.0 sind derzeit noch viele Fragen offen. Wie wirkt sich also Industrie 4.0 auf die Beschäftigten im Anlagen- und Maschinenbau sowie auf deren Qualifikationsstruktur aus? Die ist das zentrale Thema unserer Studie. Mit der vorgelegten Studie möchten wir einen Beitrag zu einer branchenspezifischen Konkretisierung der Debatte leisten. Diese Konkretisierung bezieht sich auf die Herausforderung durch bestimmte technische Veränderungen für den Maschinen- und Anlagenbau durch Industrie 4.0

- als **Leitanbieter** – also für die eigenen Entwicklungs- und Produktionsprozesse im Zuge der Veränderung der Produkte und Dienstleistungen, die durch Industrie 4.0 zukünftig angeboten werden;

- als **Leitmarkt** – also durch den Einsatz veränderter Automatisierungs- und Produktionstechnologien und IT-Infrastrukturen innerhalb der eigenen Entwicklungs- und Produktionsprozesse.

Der Maschinen- und Anlagenbau ist eine besondere Branche, die Auswirkungen von Industrie 4.0 werden daher in dieser Studie vor dem Hintergrund dieser Besonderheit beleuchtet. Für diese branchenspezifischen Dimensionen bietet Industrie 4.0 neue Chancen und möglicherweise auch Risiken, auf jeden Fall ist von erheblichen Veränderungen auszugehen. Welche genau dies aus Sicht der betrieblichen Praxis aktuell und zukünftig sind, entscheidet maßgeblich über die Konsequenzen für Qualifizierung. Dabei ist anzunehmen, dass die Beurteilung der zukünftigen Entwicklung eng mit dem derzeitigen Stand zusammenhängt. Bei den

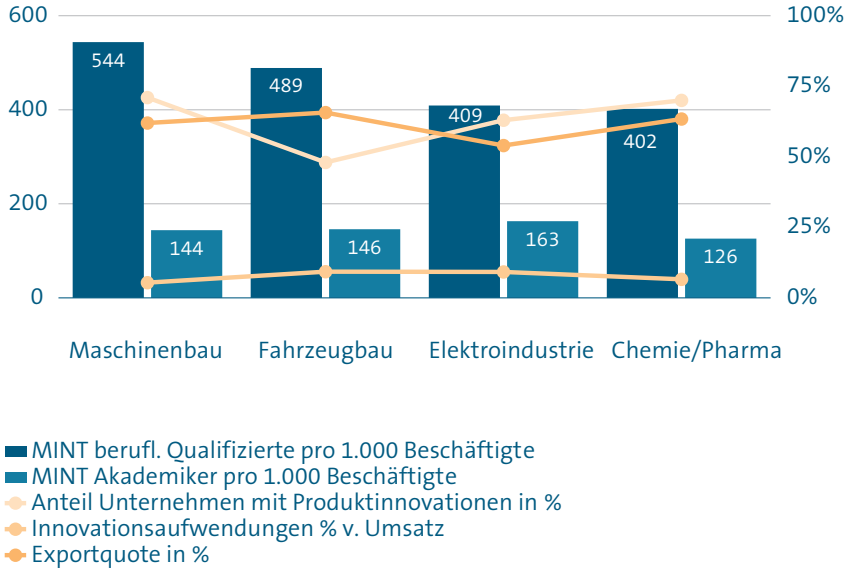
genannten Konkretisierungsdimensionen zielt die Studie daher darauf, für die Branche eine möglichst genaue Einschätzung zu generieren:

- zur aktuellen betrieblichen **Ausgangslage** und
- zu den in der betrieblichen Praxis eingeschätzten **Entwicklungspotenzialen bis 2025**.

Auf dieser Grundlage sollen Aussagen getroffen werden, wie sich Industrie 4.0 konkret auf die Aus- und Weiterbildung im Maschinen- und Anlagenbau auswirkt. Dazu wird auch die aktuelle Sicht der betrieblichen Praxis eingefangen und zwar von den Menschen, die im Maschinen- und Anlagenbau zentral mit Fragen der Qualifizierung beschäftigt sind.

Die Studie legt bewusst einen Schwerpunkt auf die nicht-akademischen Wege der Qualifizierung – ohne die akademische Qualifizierung auszublenden. Das hat zunächst mit dem immer noch hohen Anteil beruflicher Qualifizierung zu tun: 67 % der Beschäftigten in Deutschland haben aktuell mindestens eine Ausbildung im beruflichen System (Bosch 2014: 10). Gleichzeitig ist die Bedeutung der akademischen MINT-Qualifikationen für die Innovationsfähigkeit der deutschen Wirtschaft umfassend belegt: So kommen Anger u.a. (2013: 11–13) zu dem Schluss, dass die Branchen mit den meisten MINT-Akademikerinnen und -Akademikern pro 1.000 Beschäftigten die Spitzengruppe bei innovationsrelevanten Indikatoren bilden. Ein differenzierterer Blick auf die vom Institut der deutschen Wirtschaft (IW) verwendeten Daten verdeutlicht jedoch den Beitrag beruflich qualifizierter MINT-Fachkräfte zum Innovationsgeschehen in den innovativsten industriellen Branchen. Im Maschinenbau sind von 1.000 Beschäftigten 544 beruflich und 144 akademisch qualifiziert, in der Elektroindustrie beträgt das Verhältnis 409 zu 163 und im Fahrzeugbau 489 zu 146. Die industriellen Branchen mit Bestwerten bei den Innovationsindikatoren

Berufliche MINT-Qualifizierung und Innovationsfähigkeit



Datenbasis: Anger u. a. 2013; BMWi 2014; BDI 2013; eigene Darstellung

(Anteil von Unternehmen mit Produktinnovation, Innovationsaufwendungen und Exportquote; vgl. BMWi 2013: 84 ff.) weisen besonders hohe und die Akademikeranteile weit übertreffende Anteile an beruflich qualifizierten MINT-Beschäftigten auf. Dieses Bild zeigt sich am deutlichsten im Maschinen- und Anlagenbau (zum Beitrag beruflich Qualifizierter zur Innovation vgl. ausführlich Pfeiffer 2015a). Ein einfacher kausaler Zusammenhang zwischen dem Anteil bestimmter Beschäftigtengruppen – seien es die beruflich oder die akademisch Qualifizierten – und innovationsrelevanten Branchenkennzahlen kann zwar nicht gezogen werden. Dennoch belegen auch vielfältige qualitative Studien den Innovationsbeitrag beruflich Qualifizierter – gerade im Maschinen- und Anlagenbau –, wo sie als „hidden hands" in Forschung und Entwicklung (Kädtler et al. 2013) oder als unverzichtbares Scharnier zwischen Invention und Innovation dienen (Wühr et al. 2012).

Daher legt die Studie „Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025" – insbesondere in der quantitativen Erhebung (Kapitel → 4.3) – einen Schwerpunkt auf beruflich Qualifizierte.[1] Dies geschieht auch vor dem Hintergrund, dass Auszubildende im Maschinen- und Anlagenbau zwar sehr zufrieden sind mit dem Dualen System, junge Menschen im Schulsystem davon vor ihrer ersten Berufsentscheidung aber kaum erfahren (Krüger & Laubach 2014). Möglicherweise lässt sich dies auf das jahrelange und auf wackligen Zahlen beruhende „Schlechtrechnen" der Berufsbildung zurückführen (Pfeiffer 2016). Auch bundesweit verweisen die Trends der letzten Jahre eher auf eine abnehmende Attraktivität des Berufsbildungssystems und gewerblich-technischer Berufe (BMBF 2015), dabei belegen ländervergleichende Studien die Vorteile des Dualen Systems und seine institutionelle Bedeutung (Bosch 2016). Wenn damit der Branche bei einer für Innovation (zumindest heute) besonders relevanten Arbeitskraftgruppe womöglich der Nachwuchs verloren geht, stellt sich gerade im Kontext von Industrie 4.0 und mit einer zeitlichen Perspektive bis 2025 die Frage, was dies bedeutet: Lassen sich beispielsweise durch Industrie 4.0 attraktivere produktionsnahe Arbeitsplätze schaffen? Oder werden mehr akademische Qualifikationen auch auf dem Shopfloor benötigt? Auch unsere Studie wird hier keine abschließenden Antworten geben können. Mit ihrem Blick auf den Zusammenhang von Qualifizierung und Industrie 4.0 bis 2025 versteht sie sich aber als ein empirisch fundierter Beitrag zu dieser Thematik.

1 Diese Fokussierung blendet andere Bildungswege und -bereiche nicht aus, beschränkt sich aber auf für die Branche spezifische Themen, die im Rahmen einer solchen Studie bearbeitet werden können. So wäre etwa die Bedeutung des Dualen Studiums wegen der Vielfalt seiner – vergleichsweise noch jungen – Erscheinungsformen in der quantitativen Befragung nicht angemessen zu erfassen, ohne eine vertretbare Länge des Fragebogens zu sprengen. Eine ausführliche Studie dazu ist gerade am IAQ in Arbeit (Krone 2016). Und auch die kaufmännischen Berufe sowie indirekte betriebliche Funktionsbereiche in Logistik, Planung etc. mussten ausgeklammert bleiben, hier ist der generelle Forschungsstand – insbesondere mit Blick auf den Maschinen- und Anlagenbau – noch wenig ausgereift. Ebenso fokussiert der aktuelle Forschungsstand zu Qualifizierung und Industrie 4.0 aktuell noch sehr auf die technischen und im engeren Sinne produktionsbezogenen Bereiche (eine der wenigen aussagekräftigen Studien etwa zu Qualifizierung und Logistik ist die von Windelband et al. 2010). Hier fehlt also noch die Grundlage, um in einer Studie dieses Umfangs nahtlos anknüpfen zu können.

Thematischer Aufbau der Studie

Kapitel	Themenstrang Qualifizierung	Themenstrang Industrie 4.0	Zeitperspektive
5, 6, 7	Qualifizierung heute		Heute
8, 9		Industrie 4.0 heute	
10	Qualifizierung und Industrie 4.0 heute		
11	Qualifizierung 2025		2025
12		Industrie 4.0 bis 2025	
13, 14, 15	Qualifizierung 2025 und Industrie 4.0		

Q2025: Aufbau der Studie nach Themensträngen, zeitlicher Perspektive und Kapiteln.

3.2 Aufbau der Studie

Die Studie basiert auf einem dreifachen Mix aus qualitativen und quantitativen Erhebungen sowie einer Sekundärauswertung der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung für den Maschinen- und Anlagenbau. Zunächst werden das methodische Vorgehen erläutert und die drei Elemente detailliert vorgestellt (Kapitel → 4). Die Ergebnisdarstellung in den Kapiteln 5 bis 15 folgt einer thematischen Gliederung. Dabei werden in einzelnen Kapiteln jeweils Ergebnisse der unterschiedlichen qualitativen und/oder quantitativen Auswertungen gemeinsam erläutert und systematisch aufeinander bezogen. Der Gliederungsaufbau der Studie trennt einerseits inhaltlich zwischen reinen Qualifizierungsthemen (Kapitel → 5 bis 7 und 11) und dem Thema Industrie 4.0 (Kapitel → 8, 9 und 12) und andererseits zeitlich zwischen der aktuellen Situation (Kapitel → 5 bis 10) und der Perspektive bis ins Jahr 2025 (Kapitel → 11 bis 15). Die nachfolgende Grafik zeigt zudem, dass die Themenstränge Qualifizierung und Industrie 4.0 in weiteren Kapiteln miteinander verknüpft werden – auch hier wieder zeitlich einmal für die aktuelle Situation (Kapitel → 10) und für den Ausblick bis ins Jahr 2025 (Kapitel → 13 bis 15). Das letzte Kapitel stellt einige mögliche Konsequenzen, die aus den Ergebnissen gezogen werden können, für den Verband und für die Unternehmen zur Diskussion (Kapitel → 16).

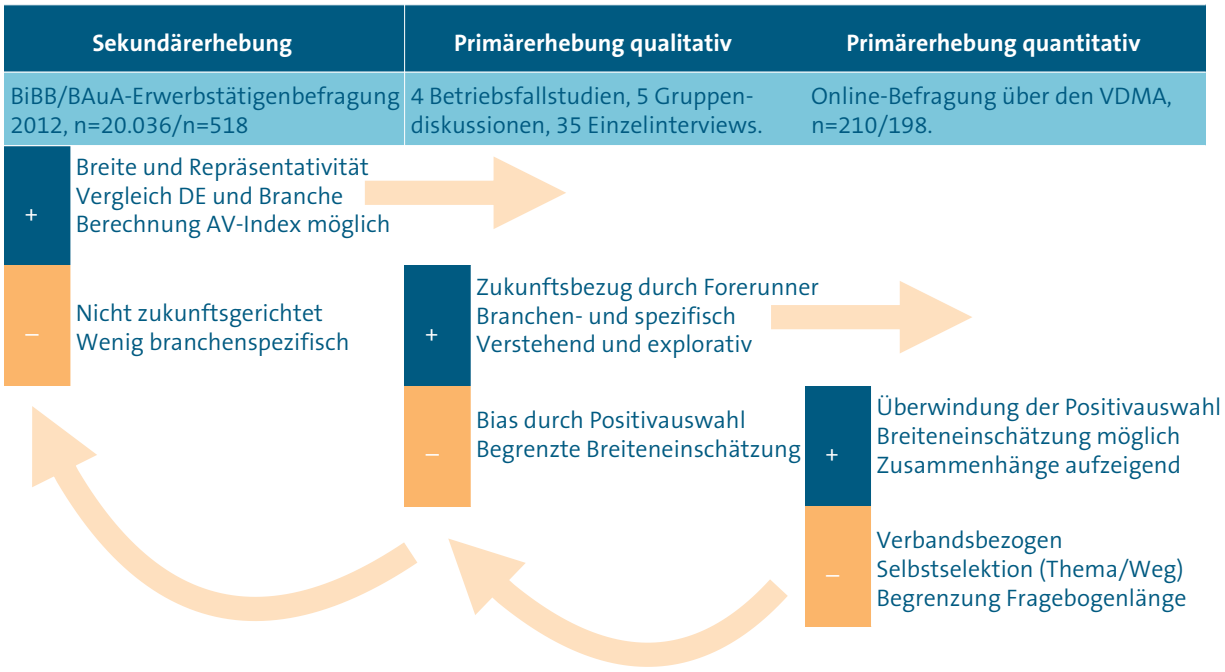
4 Methodisches Vorgehen

Das Thema Industrie 4.0 ist relativ jung und wird breit diskutiert. Damit ergeben sich besondere Herausforderungen an das methodische Design. Die Forschung sollte gewährleisten, dass in der Empirie ...

- nicht nur der breite gesellschaftliche und fachliche Diskurs gespiegelt wird, sondern ein Blick in die Realität der Betriebe gelingt;
- das vage Label „Industrie 4.0“ und die darauf gerichteten Qualifizierungsanforderungen möglichst konkretisiert werden können;
- allgemeine Zukunftsfragen zur Qualifizierung 2025 nicht ausschließlich in Bezug auf Industrie 4.0 thematisiert werden.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, haben wir nicht nur qualitative und quantitative Methoden verwendet, sondern auch die jeweiligen Ergebnisse in einen systematischen Zusammenhang gestellt. Unsere Studie basiert auf drei empirischen Teilen: Für einen repräsentativen Branchenüberblick und Vergleichsrahmen werten wir erstens die Daten der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung von 2012 zu Teilfragestellungen aus und konzentrieren uns dabei auf Daten zur formalen Qualifikation, zum technischen, organisatorischen und digitalen Wandel und schließlich zum Ausmaß der informellen Kompetenzen für die Bewältigung dieses Wandels und damit einhergehender Komplexität. Diese Sekundärauswertung (vgl. Kapitel → 4.1) vergleicht Daten der Branche mit denen für ganz Deutschland und zeigt vor allem, dass branchenspezifische Zukunftsthemen zu Wandel und Qualifizierung

Übersicht über Erhebungselemente



Q2025: Erhebungselemente: Stärke, Schwächen, Bezugspunkte.

damit nicht ausreichend differenziert abgebildet werden können. Der eigentliche Kern dieser Studie besteht daher aus zwei Primärerhebungen.

Dafür haben wir zweitens eine qualitative Untersuchung durchgeführt, die neben Betriebsfallstudien in vier Unternehmen weitere Experteninterviews und Gruppendiskussionen umfasst (zu Sample und Methodik siehe Kapitel → 4.2.1). Bei den 35 qualitativen Einzelinterviews wurde unter anderem die sogenannte Q-Methode als visualisierendes Element verwendet, die wir in einem extra Kapitel kurz vorstellen, da sie in Deutschland bislang kaum verwendet wird (Kapitel → 4.2.2). Drittes Element unserer Studie und zweite Säule unserer Primärerhebung ist eine quantitative Online-Befragung, die sich über Verteilungswege des VDMA überwiegend an Verantwortliche aus dem Bereich der Qualifizierung richtete und an der 215 Personen teilnahmen (Kapitel → 4.3). Die Ergebnisse aus allen drei Erhebungselementen werden ab Kapitel → 5 entlang inhaltlicher Themenschwerpunkte dargestellt. So wird es möglich, die Stärken der drei Erhebungselemente zu nutzen und ihre jeweiligen Schwächen tendenziell zu kompensieren. Aus diesem Grund wurden die drei Erhebungselemente auch zeitlich versetzt durchgeführt: Die Auswertung der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung erfolgte im Mai 2015, die qualitativen Erhebungen fanden im Zeitraum Juli 2015 bis Oktober 2015 statt und die quantitative Online-Erhebung im Februar 2016.

4.1 Quantitative Sekundärauswertung zur Branche

Für eine breite Brancheneinordnung haben wir zu einzelnen Themen eine Sekundärauswertung der BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung (Hall et al. 2014) durchgeführt. Bei diesem Datensatz handelt es sich um eine repräsentative Erhebung der Arbeitsplatzgegebenheiten erwerbstätiger Personen, die mindestens 15 Jahre alt sind und mindestens zehn Stunden wöchentlich arbeiten. Die Befragung erfolgt per CATI (computergestützte Telefoninterviews) und zielt auf eine detaillierte Erfassung der Branchen und vor allem der Arbeitstätigkeiten und Qualifikationen der Beschäftigten. Der Datensatz zählt zu den tätigkeitsbezogenen Beschäftigungserhebungen. Bisher wurden sechs Erhebungen durchgeführt, die den Zeitraum 1979 bis 2011/2012 umfassen. Weitere Erhebungen fanden statt in 1985/86, 1991/92, 1998/99 und 2005/06. Eine detaillierte Dokumentation zum Datensatz und zur Erhebung findet sich bei Rohrbach-Schmidt und Hall (2013). Das Scientific Use File (SUF) wird vom Forschungsdatenzentrum des BIBB über GESIS zur Verfügung gestellt (www.bibb.de/de/1386.php).

Die für unsere Auswertung verwendete Branchenzuordnung für den Maschinen- und Anlagenbau basiert auf der Klassifikation der Wirtschaftszweige (NACE 2008) und umfasst den WZ 28 mit Untergruppen und damit eine branchenbezogene Teilstichprobe von n = 518. Der Großteil der Befragten aus der Branche ist männlich (84 %), Frauen sind mit 16 % vertreten, damit zeigt sich erwartungsgemäß eine deutlich männlich dominierte Erwerbstätigkeit in der Branche. Das Durchschnittsalter der Befragten beträgt 47 Jahre (Standardabweichung 10,5) und entspricht in etwa dem des Gesamtdatensatzes der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung (MW = 46; SD 10,7).

Die Breite und Repräsentativität des Datensatzes lässt damit einen Vergleich der Branche mit den Daten für alle Branchen in Deutschland zu.

Wie alle großen und auf Wiederholung zielenden Datensätze aber ist auch dieser wenig branchen- und themenspezifisch und hat systematische Grenzen bei neuen und in die Zukunft gerichteten Themen. Ausgewertet werden nur Teilfragestellungen mit direktem Bezug zu Q2025-Themen. Zentrale Ergebnisse auf Basis unserer Auswertungen des BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung finden sich in den Kapiteln → 5 und → 6, einzelne Dateneinblicke verteilen sich thematisch auf weitere Kapitel und werden dort mit Ergebnissen aus den beiden Primärerhebungen verknüpft.

4.2 Qualitative Studie: Methodik und Materialkorpus

Im Zentrum der qualitativen Studie stehen Erhebungen in vier Unternehmen an mehreren Standorten. Hier wurden Intensivfallstudien durchgeführt und jeweils Personen aus den Bereichen Forschung und Entwicklung (FuE), Personal und Ausbildung sowie Betriebsrat befragt. Die Auswahl der Unternehmen erfolgte im Rahmen zweier Gruppendiskussionen mit Bildungsexperten der Branche. Dabei wurde als Auswahlkriterium festgelegt, dass die zu untersuchenden Unternehmen für das Thema Industrie 4.0 und im Bereich Qualifizierung als besonders innovativ und vorbildgebend für die Branche gelten.

Weitere einzelne Interviews kontrastieren die Ergebnisse aus den Intensivfallstudien mit der Perspektive kleinerer oder größerer Unternehmen und solchen, die in Bezug auf die Umsetzung von Industrie 4.0 allenfalls als nachholende Follower eingeschätzt werden. Die vier Fallunternehmen haben jeweils deutlich über 500 Beschäftigte in Deutschland und stammen aus den Bereichen Werkzeugmaschinenbau und Antriebstechnik. Methodisch wurde nach der industriesoziologischen Fallstudie vorgegangen (Pongratz & Trinczek 2010) und nach der prozessorientierten Arbeits- und Organisationsforschung (Ernst 2010).

Die Interviews wurden anhand eines wenig strukturierten Leitfadens geführt (Kapitel → 22.1) und enthielten stark narrative sowie aktiv visualisierende Elemente (Pfeiffer et al. 2012c). Der Leitfaden startet mit einer offenen Frage zum Begriff Industrie 4.0 und gliedert sich in mehrere, thematisch stärker fokussierte Teile. Entsprechend eines konsequent qualitativen Ansatzes dient der Leitfaden im Interview als grobe Orientierung. Je nach subjektiven Erfahrungen und spezieller Expertise der Interviewpartner wurden in den Interviews unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt. Die Auswertung erfolgte inhaltsanalytisch (Kuckartz 2012; Mayring 2007) und unterstützt durch die Analyse-Software MAXQDA. Die dreistufige Verkodung und das Theoretical Sampling orientierten sich an den Prinzipien der Grounded Theory (Glaser & Strauss 2010).

4.2.1 Sample und Materialkorpus

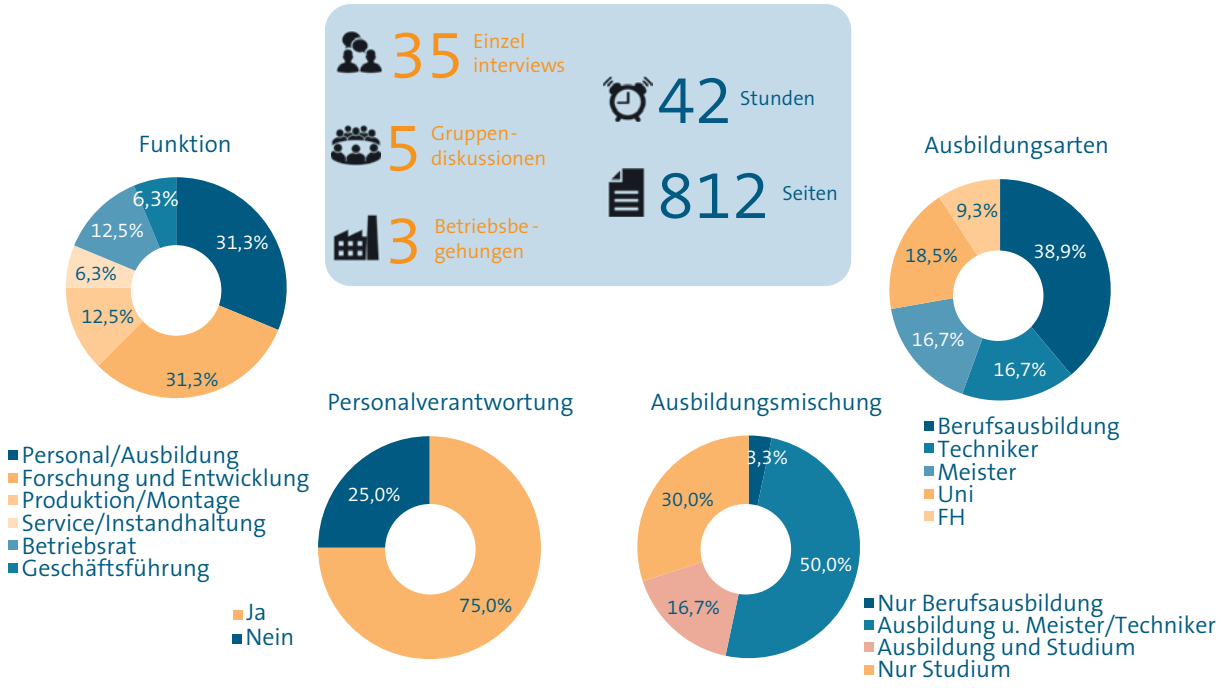
Geführt wurden 35 Einzelinterviews, ergänzt um drei Betriebsbesichtigungen und fünf Gruppendiskussionen. Die Gruppendiskussionen umfassten eine mit zwischen 1980 und 1999 Geborenen (Berufsausbildung und Duales Studium), eine mit dem internationalen Führungskreis eines Fallunternehmens, zwei mit Bildungs- und Branchenexperten und eine mit Ausbildern aus der Automobilindustrie zur Branchenkontrastierung. Die Interviews wurden aufgenommen, die Gruppendiskussionen teils aufgenommen, teils protokolliert. Insgesamt liegen 42 Audiostunden vor, die vollständig transkribiert 812 Normseiten ergeben. Die Einzelinterviews dauerten überwiegend zwischen 60 und 90 Minuten, das kürzeste 45 Minuten und das längste über 3 Stunden. Die Befragten der Einzelinterviews waren mit zwei Ausnahmen alles Männer, das Durchschnittsalter der Befragten lag bei 46,9 Jahren.

Da wir vor allem Experten zum Thema Industrie 4.0 und/oder Qualifizierung befragt haben, verwundert es nicht, dass diese auf einen großen Erfahrungsschatz blicken: Die Befragten vereinen insgesamt 597 Jahre betrieblicher Erfahrung und sind im Durchschnitt 10,43 Jahre in ihrer

aktuellen Abteilung bzw. Funktion. Die Mehrheit hat zudem direkte Personalverantwortung und zwar im Durchschnitt für 169 Beschäftigte. Jeweils 31,3 % der Befragten kommen aus den Bereichen Personal/Ausbildung oder Forschung und Entwicklung. Insgesamt 18,8 % kommen aus den operativeren Bereichen Produktion/Montage und Service/Instandhaltung. Betriebsräte (12,5 %) und Geschäftsführung (6,3 %) komplettieren das Sample.

Die Qualifikationsbiografie der Befragten ist deutlich vom Dualen System der Berufsausbildung geprägt: 38,9 % haben damit ihr Berufsleben gestartet und nur 3,3 % keine weiteren formalen Qualifikationen erlangt. Bei den Ausbildungsrichtungen dominieren die gewerblich-technischen Berufe und darin wiederum die Metallberufe Werkzeugmacher, Mechaniker und Maschinenschlosser. Jeweils 16,7 % haben eine Fortbildung zum Meister oder Techniker absolviert. Darüber hinaus ist auch die akademische Ausbildung stark vertreten: 18,5 % der Befragten haben einen Universitätsabschluss und 9,3 % einen Abschluss an einer Fachhochschule. Auch bei den Studienabschlüssen finden sich zu zwei Dritteln am häufigsten solche im MINT-Bereich, der Rest teilt sich auf in wirtschaftswissenschaftliche oder pädagogische Fachrichtungen. Ein Blick auf die Ausbildungsmischungen zeigt: 30 % haben nur einen akademischen Abschluss, die Hälfte hat neben der Ausbildung eine berufliche Fortbildung zum Meister oder Techniker absolviert und bei 16,7 % schließt an die berufliche Ausbildung ein Studium an. Vier der Befragten haben sogar mehr als einen akademischen und/oder Fortbildungsabschluss.

Qualitative Studie: Sample und Materialkorpus



Q2025: Steckbrief zu den qualitativen Erhebungen.

4.2.2 Aktivierende Visualisierung mit der Q-Methode

Ein Element der qualitativen Interviews haben wir der sogenannten Q-Methode entlehnt. Diese Methode wird für die Erfassung von Meinungen oder Einstellungen verwendet, wobei die subjektive Struktur der einzelnen Befragten ohne zu starke kategoriale Vorgaben abgebildet wird. Die Befragten ordnen Karten mit vorgegebenen Statements (Q-set) einem Schema zu und bestimmen dabei selbst die Rangordnung und die Beziehungen zwischen den einzelnen Aussagen (Q-sort). Es geht bei diesem Verfahren darum, subjektive Relationen zu erfassen. Nicht Repräsentativität ist das Ziel, sondern die Sichtbarmachung der Gemeinsamkeiten und der Verschiedenheit subjektiver Konstruktionen. Die Fallzahlen liegen bei dieser Methode oft zwischen 10 und 50 Befragten (vgl. zur Q-Methode ausführlich Müller & Kals 2004).

In unserer Studie haben wir die Q-Methode verwendet, um durch die kartenbasierte Visualisierung einzelner Industrie-4.0-Facetten und die Dynamik der Positionierung andere und konkretere Erzählungen zu erhalten, als dies in einem reinen Leitfaden-Interview möglich ist. Positive Erfahrungen mit einer solchen Form der aktivierenden Visualisierung im qualitativen Interview bestanden bereits (Pfeiffer et al. 2012c). Für unsere Studie war das Ziel, mithilfe dieser Methode konkreter und analytisch präziser über Industrie 4.0 reden zu können. Während die Q-Methode aufwändigere statistische Verfahren zur subjektbezogenen Typenbildung und Einzelfallanalyse nutzt, beschränken wir uns daher in der Auswertung für diesen Bericht auf eine deskriptive Darstellung der einzelnen Technik-Facetten.

Insgesamt wurden zehn verschiedene technische Facetten von Industrie 4.0 vorgegeben, zudem war ein Joker möglich. Die insgesamt 11 Karten konnten neun Feldern zugeordnet werden, die Interviewpartner mussten also zwei Karten als völlig irrelevant aussortieren. Die Felder waren wie eine kleine Normalverteilung angeordnet und bildeten entlang der Spalten fünf unterschiedliche Relevanz-Niveaus ab von „sehr realistisch/aktuell in Umsetzung“ (+ +) bis „kaum realistisch/nicht innerhalb von 10 Jahren umgesetzt“ (– –).

Die technologischen Facetten der zehn Karten wurden aus dem seit 2011 geführten Diskurs zu Industrie 4.0 abgeleitet. Dafür wurden über 200 Publikationen aus den Bereichen Wissenschaft und Fachmedien sowie Positionspapiere von Verbänden und Sozialpartnern systematisch ausgewertet. Die ausgewählten zehn Industrie-4.0-Facetten stehen für die am stärksten diskutierten branchentypischen Anwendungsfälle für den Maschinen- und Anlagenbau. Für die Studie haben wir sie umgesetzt in folgende Szenario-Vignetten (in Anlehnung an Aguinis & Bradley 2014), die typische Anwendungsarten verdeutlichen sollen:

- **Schichtabstimmung über Web 2.0.** Mitarbeiter stimmen sich in der Gruppe oder auch schichtübergreifend mit einer App ab, wer beispielsweise am Samstag zu einer nötigen Sonderschicht ins Unternehmen kommt. Auch für das Ideenmanagement und für Kontinuierliche Verbesserungsprozesse (KVP) werden webbasierte Tools genutzt. Jeder greift darauf zu, egal wo er gerade ist und egal mit welchem Gerät: ob am Arbeitsplatz vom Werkstatt-PC, ob aus der Fertigung mit dem Tablet oder von zu Hause mit dem Smartphone. Auch die Servicetechniker stimmen sich weltweit ab, wer etwa den nächsten Kundendiensteinsatz in Brasilien übernehmen wird oder unterstützen sich bei der Fehlersuche.

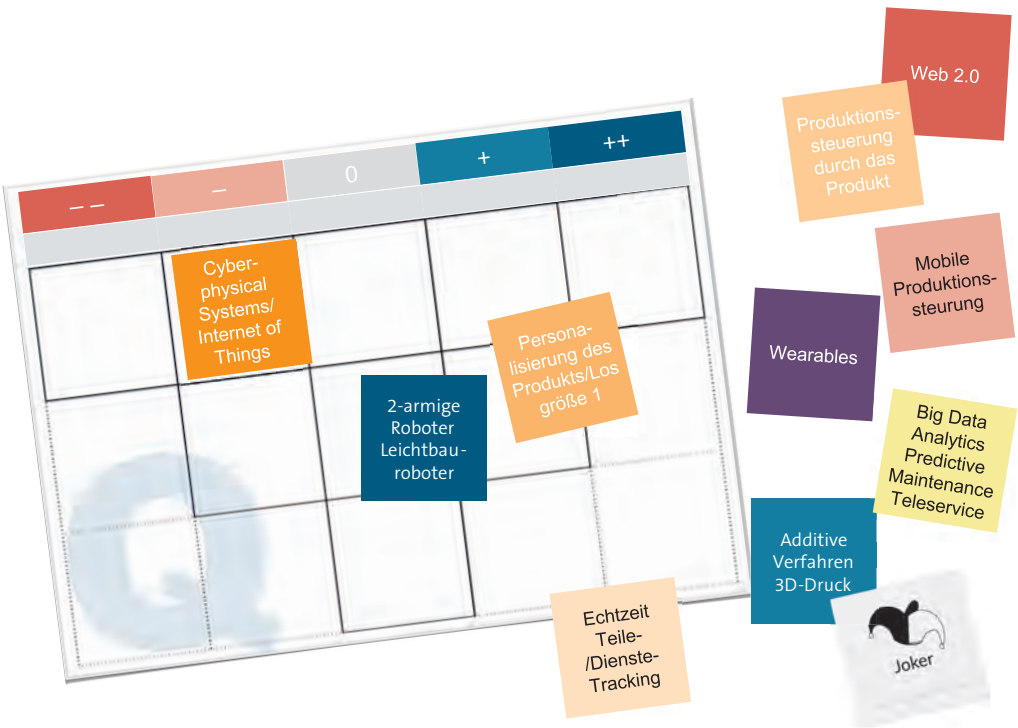
- **Mobile Devices zur Produktionsüberwachung (Inhouse oder beim Kunden).** Die Produktionsabläufe sind dank neuer, weitgehend selbst steuernder Vernetzung nicht mehr so betreuungsintensiv wie vorher. Mitarbeiter müssen nicht mehr ständig dabei sein. Es sind weniger Mitarbeiter nötig, die aber höher qualifiziert sind. Die vielen Sensoren

im Ablauf zeigen auf mobilen Geräten kontinuierlich den Zustand der Anlage an und melden, wenn ein Eingriff notwendig ist.

- **Echtzeit Teile-/Dienste-Tracking durch den Kunden.** Alle Abläufe sind so digitalisiert, dass immer einsehbar ist, wieweit eine Maschine bereits montiert ist oder welche Stufe das Engineering für eine Kundenentwicklung gerade erreicht hat. Nicht nur alle Mitarbeiter sehen in der entsprechenden App, wo welche Prozesse gerade stehen – auch dem Kunden kann ein Tracking der Prozesse in Echtzeit angeboten werden.

- **Produktionssteuerung durch das Produkt.** Die Produktionsfeinsteuerung konnte deutlich optimiert werden. Sie erfolgt jetzt dezentral. Das zu fertigende Produkt steuert sich praktisch selbst durch den gesamten Prozess. Jeder Bearbeitungsschritt, jede Qualitätsprüfung – alles erfolgt weitgehend automatisch, weil Teile und Maschinen direkt miteinander ihre Daten austauschen. In den ganzen Prozess muss wesentlich weniger durch Menschen eingegriffen werden. Die Mitarbeiter stehen immer seltener in der lauten Werkhalle, sie überwachen den Prozess von einer Leitwarte aus und haben Zeit, sich in einer kommunikationsfördernden Kreativecke anstehenden KVP-Fragen zu widmen oder sich den Prototyp für ein neues Produkt anzusehen. Auch

Q-Methode: Schema und Karten (Q-set)



Q2025: 10 Industrie 4.0-Facetten, 1 Joker – 9 Felder (n=32)

die jüngeren Mitarbeiter haben nun wieder Lust, auf dem Shopfloor zu arbeiten – es ist ein richtig attraktiver Arbeitsplatz geworden.

- **Personalisierung der Produkte bis Losgröße 1.** Durch zunehmende Vernetzung und intelligentere Produktionsabläufe wird es möglich, noch kundenspezifischer zu produzieren. Heute können alle Produkte in Losgröße 1 angeboten werden – und das bei einer Kostenstruktur, die früher nur bei größeren Losgrößen denkbar war und bei relativ standardisierten Produkten. Kunden können spezifische Wünsche im Netz selbst konfigurieren, die Daten gehen direkt für alle weiteren Schritte in die Engineering- und/oder die Produktionsdaten ein.

- **Cyber-physische Systeme/Internet der Dinge.** In einer Zahnradfertigung werden technisch extrem anspruchsvolle Zahnräder in kleinen Losgrößen (maximal 20) gefertigt. Der Stand verschiedener Arbeitsschritte (Fräsen, Schleifen, Härten etc.) unterschiedlicher Lose und der Ort der Teile wird mithilfe von QR-Codes erfasst, die Daten an einen externen Dienstleister gegeben, der auf dieser Basis optimierte Routen für den Milkrunner[2] vorschlägt – diese kann der qualifizierte Intra-Logistiker auf seinem Tablet einsehen.

- **Big Data in der Instandhaltung/Fernwartung.** Die unzähligen Sensoren in den Maschinen und Anlagen – ob in der eigenen Fertigung oder beim Einsatz der Maschinen und Anlagen beim Kunden – generieren permanent unzählige Daten. Was früher schon erfolgreich zur vorausschauenden Instandhaltung oder zur Fernwartung beim Kunden genutzt wurde, wird weiterentwickelt. Die Daten werden mithilfe von Big-Data-Anwendungen und intelligenten Algorithmen permanent ausgewertet. Damit können Anlagenstillstände Inhouse und beim Kunden deutlich vermindert werden und Ersatzteile rechtzeitig vor Verschleißerscheinungen produziert und bereitgestellt werden. Das spart intern Kosten und ermöglicht neue Geschäftsmodelle.

- **Zweiarmige und Leichtbauroboter.** Große Industrieroboter hatten sich früher in vielen Bereichen nicht gerechnet. Aber mit den leichteren und kostengünstigeren Robotern lohnt sich deren Einsatz jetzt immer mehr. Für einzelne Zufuhr- und Einlegearbeiten etwa und selbst für die Verpackung von Ersatzteilen kann ein zweiarmiger Roboter eingesetzt werden. Diese vorher eher wenig anspruchsvollen Tätigkeiten sind weggefallen. Die Mitarbeiter an diesen Arbeitsplätzen wurden weitergebildet und betreuen nun größere Bereiche der Intralogistik. Auch in der Montage unterstützen diese Roboter ältere Mitarbeiter, die sich beim Bücken oder bei bestimmten Bewegungen schwerer tun.

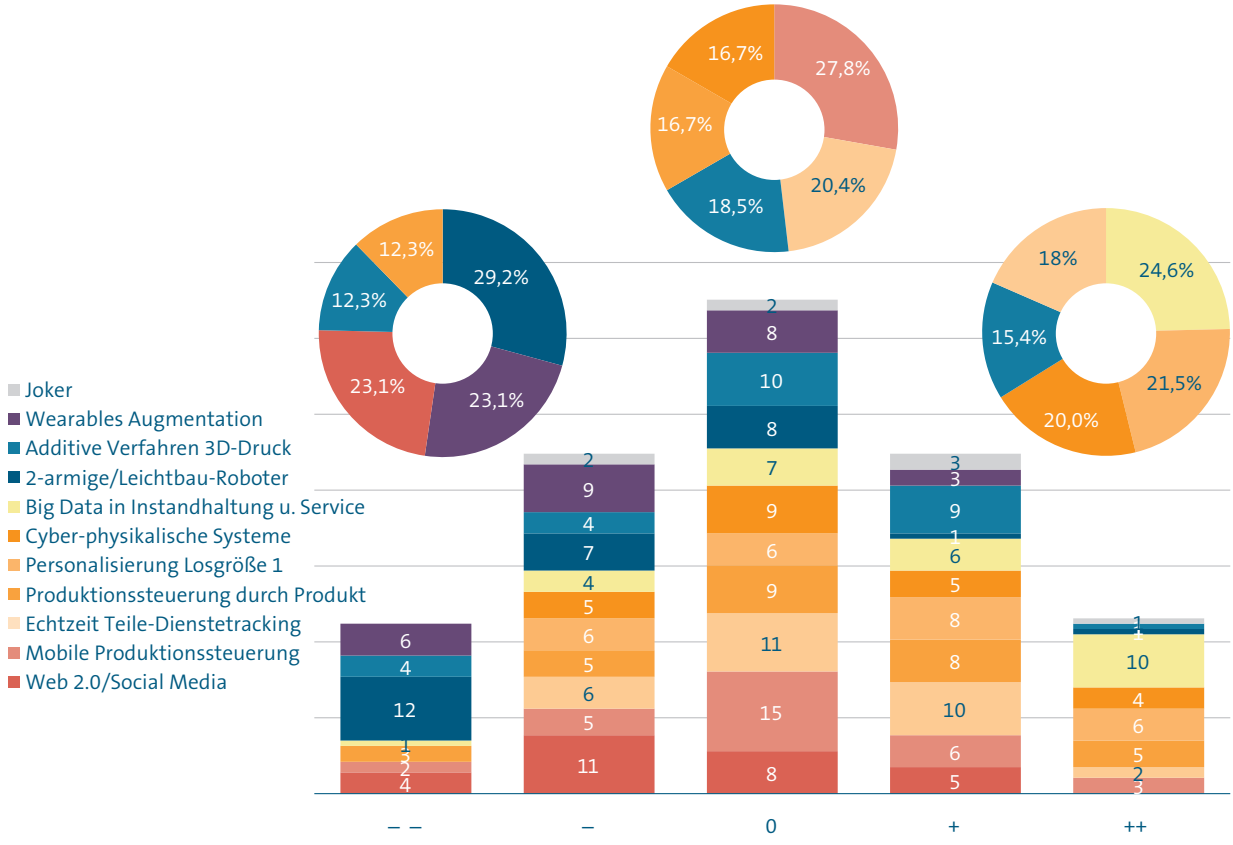
- **Additive Verfahren/3D-Druck:** In nur wenigen Jahren ist 3D-Druck von einer Spielerei zu einer ernst zu nehmenden Anwendung geworden. Alle benötigten Materialien können mit ausreichender Maßhaltigkeit auf diese Weise hergestellt werden. Das hat die Prozesse im Werkzeugbau deutlich verändert – Rapid Tooling wird dort zunehmend eingesetzt. Bei den großen Vertriebs- und Servicestandorten beispielsweise in Asien und in den USA stehen nun auch 3D-Drucker und erlauben die schnelle Produktion einzelner kleinerer Ersatzteile, die damit in kürzester Zeit zum Kunden geliefert werden können. Die Entwicklung zusammen mit Kunden, aber auch abteilungsübergreifend im eigenen Haus, ist besser und schneller geworden:

2 Den Befragten war der Begriff weitgehend bekannt, möglicherweise gilt dies nicht für alle Leser/-innen dieser Studie. Das Konzept Milkrun ist ein Begriff der innerbetrieblichen Logistik. Es bedient sich des Bildes des traditionellen Milchjungen, der Milchflaschen zu vielen verschiedenen Haushalten transportiert: Von einer Stelle aus werden bedarfsgerecht verschiedene Abnehmerstellen beliefert. Im betrieblichen Kontext versorgt damit eine Stelle – je nach Produktionsgröße durch unterschiedlich viele Personen – verschiedene Produktions- und/oder Montagestationen mit den jeweils benötigten Teilen. Personen, die diese Tätigkeiten ausüben, werden im betrieblichen Jargon oft als Milkrunner bezeichnet.

Einzelne Anlagenteile können montage- und servicegerechter schnell im 3D-Drucker als Prototyp realisiert werden – das erleichtert die gemeinsame Kommunikation und beschleunigt die Entwicklungsprozesse.

- **Wearables und Augmentation:** Neu hinzugekommen sind Technologien, die Beschäftigte am Körper tragen. So hilft ein smarter Handschuh in der Montage. Da die Produkte immer unterschiedlicher werden, sind Montagearbeitsplätze anspruchsvoller geworden: Routine und sich ständig wiederholende Abläufe sind kaum noch vorhanden. Der smarte Handschuh unterstützt dabei und meldet auf einem Display, wenn das falsche Teil montiert oder die falsche Schraube gegriffen wird. Bei der Instandhaltung von Maschinen beim Kunden helfen intelligente Brillen. Will der Kunde ein kleineres Verschleißteil selbst austauschen, kann er den Anweisungen in der Brille folgen. Beim echten Serviceeinsatz der eigenen erfahrenen Mitarbeiter im Supportfall sind intelligente Brillen nicht nötig. Teure Servicereisen fallen nur

Q-sort: Ergebnis nach Relevanz



Q2025: n=32 – 352 Karten auf 288 Felder, zugeordnet 286, bei ++ eine Doppelung, bei 0 einmal 3 Felder leer.

noch bei größeren und aufwändigeren Supportfällen an. Das Unternehmen kann auf dieser Basis eine Servicedienstleistung mit monatlicher Preisfestsetzung anbieten.

Den Befragten wurden diese Szenario-Vignetten mit typischen Anwendungsarten vorab kurz vorgestellt, um ein gemeinsames Verständnis zu gewährleisten. In 32 Interviews konnte eine komplette Q-Sortierung durchgeführt werden, bei 11 Karten konnten so insgesamt 352 Karten den 288 Feldern zugeordnet werden. Real zugeordnet wurden 286 (nq), da ein Interviewpartner die mittlere Spalte und damit drei Felder freiließ und in einem anderen Fall ein Feld mit zwei Karten belegt wurde. Der Joker wurde in acht Fällen eingesetzt, dabei wurden in drei Fällen konkretere Themen genannt: Vernetzung (Cross Company, nach innen in der Intralogistik und in Bezug auf vollständige Datenintegration); Plattformen und virtuelle Unternehmen (Entwicklung und Nutzung, u.a. für den weltweiten Einsatz von Servicetechnikern) sowie Arbeitsgestaltung und -organisation.

Die Abbildung gibt einen ersten Überblick zur Verteilung der Q-Karten. Das Säulendiagramm unten zeigt, wie sich die Industrie-4.0-Facetten den einzelnen Relevanz-Spalten zahlenmäßig zuordnen. Die drei Ringdiagramme oben verdeutlichen die Anteile gruppiert nach den zwei eindeutigen Relevanz-Niveaus (+ +/+; rechts und – –/–; links) und dem neutralen Dazwischen (0; mittig) und stellen jeweils die fünf häufigsten Zuordnungen dar. Dabei ergibt sich ein heterogenes Bild mit wenig eindeutigen Tendenzen:

- Additive Verfahren etwa finden sich in allen drei Relevanz-Gruppierungen prominent; Echtzeit-Tracking und CPS sind jeweils in zwei Relevanz-Niveaus (+ +/+ und 0) vertreten, ebenso das Thema Personalisierung/Losgröße 1 (– –/– und 0).
- Ins Auge fällt, dass Big Data mit Abstand die höchste Einzelrelevanz aufweist und drei Themen als überwiegend wenig bis gar nicht relevant eingestuft wurden, nämlich: Robotik, Web 2.0 und Wearables.
- In der neutralen mittleren Spalte (0) dominieren Technik-Facetten, die vor allem für neue Optionen in der Steuerung der Produktionsabläufe stehen: sei es durch mobile Geräte, durch Echtzeit-Tracking oder durch das elektronisch kommunizierende Produkt.

Detailliertere Auswertungen und Zusammenhänge mit den Ergebnissen der quantitativen Erhebung folgen an anderer Stelle (Kapitel → 8.4). Diese Übersicht soll nur einen ersten Eindruck vermitteln. Zudem sollte die Quantifizierung dieser Daten nicht vom qualitativ intendierten Einsatzzweck der Methode zur Generierung konkreterer und detailreicherer Interviewpassagen ablenken.

4.3 Quantitative Erhebung: Methodik und Stichprobe

Anfang Februar 2016 wurde durch den VDMA eine E-Mail an den verbandsinternen Verteiler zur Erhebung versandt. Dieser Verteiler umfasst 2.525 Personen vor allem mit Bezug zu den Themen Personal und Qualifizierung, es handelt sich dabei überwiegend um Personen aus Mitgliedsfirmen, aber auch um Beschäftigte des Verbands und thematisch einschlägige Experten. 317 E-Mail-Adressen waren nicht mehr erreichbar, sodass die Empfängerzahl netto bei 2.208 lag. In einem Mitte Februar 2016 versendeten Newsletter des VDMA zu Personalthemen mit einem Empfängerkreis von 948 Personen fand sich zudem ein kleiner Hinweis auf den Online-Fragebogen – partielle personelle Überschneidungen beider Ansprachewege sind naheliegend, wurden aber wegen des Aufwands nicht quantifiziert. Beide Wege der Ansprache waren mit einem eigenen Link versehen, sodass die Rücklauferfolge nachvollziehbar sind: Nur

5 Personen haben den Fragebogen über den Newsletter-Link erreicht, 210 kamen über den E-Mail-Verteiler. Das entspricht den folgenden Rücklaufquoten: Insgesamt liegt diese für beide Ansprachewege bei 6,81 %, über den Newsletter ließ sich nur eine Rücklaufquote von 0,53 % generieren, über den E-Mail-Verteiler dagegen von 9,51 %. Nur eine einzige Frage war zwingend zu beantworten, sodass die Stichprobengröße teils differiert (die einzelnen Angaben zum N finden sich jeweils in den Ergebnisdarstellungen).

Wie in der qualitativen Erhebung auch wurden Qualifizierungsthemen jeweils zum Stand heute und mit Perspektive 2025 erfragt und dabei zwischen Q2025 (allgemeine Zukunftsthemen für Qualifizierung) und Industrie 4.0 (spezifische Herausforderung) unterschieden. Der Fragebogen enthielt alle üblichen Varianten der Abfrage (Checkboxen, Matrixantworten, Radiobuttons, Drop-Down-Listen, Filterfragen und Freifelder; der komplette Fragebogen findet sich im Anhang → 18.2). Die abgefragten Themenblöcke lassen sich unterscheiden nach:

- **Unternehmen** (Unternehmensgröße und Anzahl Auszubildende, Produktionscharakteristik und Innovationsgrad, Fertigungstyp)
- **Person** (Alter, Funktion, Betriebs- und Abteilungszugehörigkeit, Qualifikation)
- **Qualifizierung im Unternehmen heute** (gewerblich-technische Ausbildung, Weiterbildung, Beruf Produktionstechnologe, Einbindung der Ausbildung bei Wandel)
- **Q2025** (Zukunftseinschätzung zu verschiedenen Elementen beruflicher Bildung)
- **Industrie 4.0 –** heute (Vertrautheit der Person mit dem Thema, Umsetzung im Unternehmen)
- **Industrie 4.0 –** heute (fachliche und überfachliche Anforderungen und Lernorte)
- **Q2025 und Industrie 4.0** (fachliche und überfachliche Anforderungen und Lernorte morgen)

Die durchschnittliche Ausfüllzeit lag bei 15 Minuten. Der Fragebogen wurde bewusst nicht länger gehalten, um die Abbruchquote zu minimieren, die bei längeren Fragebogen tendenziell steigt (Kuckartz et al. 2009a; Kuckartz et al. 2009b). Nachfolgend werden die wichtigsten Daten zur Stichprobenbeschreibung dargestellt und zur besseren Einordnung mit anderen Datensätzen – wie der sekundär ausgewerteten BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung – oder anderen thematisch einschlägigen Studien verglichen.

4.3.1 Befragte Unternehmen

Der Maschinen- und Anlagenbau ist eine extrem vielfältige und heterogene Branche und umfasst innerhalb der üblichen statistischen Klassifikation der Wirtschaftszweige (NACE 2008) im WZ 28 insgesamt 17 Unterklassifikationen. Diese wurden mit Mehrfachnennungsoption abgefragt, zusätzlich wurde als Auswahlantwort ein Feld „Sonstiges“ angeboten. Die Heterogenität der Branche zeigt sich deutlich im Antwortverhalten: Die überwiegende Mehrheit von 60,6 % hat (auch) die Kategorie „Sonstiges“ angekreuzt, 32,3 % haben nur ein Kreuz bei „Sonstiges“ gesetzt, sie haben sich also bei keinem der branchentypischen Wirtschaftszweige einordnen können oder wollen. Mehrfachnennungen bei der Auswahl der Wirtschaftszweige gab es dagegen kaum, nur in einem Fall wurden zwei Wirtschaftszweige angekreuzt. Die Wirtschaftszweige der amtlichen Statistik scheinen also in beachtlichem Ausmaß der Selbsteinordnung der Befragten nicht zu entsprechen.

Das zeigt sich auch daran, dass 58 unter „Sonstiges“ weitere Angaben gemacht haben (kleineres rötliches Ringdiagramm in der Abbildung unten). Neben einer wiederum diversen Auswahl von Maschinen für unterschiedlichste Branchen und Einsatzgebiete (17 Nennungen) gab es auch solche aus dem Bereich Messen,

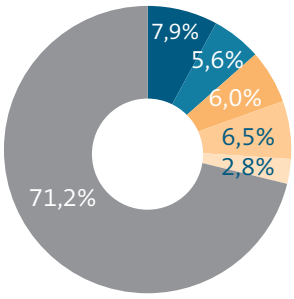
Prüfen und Bildverarbeitung (8), Antriebs-, Automatisierungstechnik und Robotik (8), Werkzeugbau, -herstellung und Metallverarbeitung (7), Elektronik und Energie (6), Sonder- und Spezialmaschinenbau (4), IT, Software und Engineering (4) sowie Automotive (4).

Eine Übersicht zu den fünf in der Q2025-Studie am häufigsten vertretenen Wirtschaftszweigen findet sich im großen Ringdiagramm rechts in der Abbildung. Genannt wurden: Werkzeugmaschinen (11,6 %), Maschinen für die Verarbeitung von Kunststoffen und Kautschuk (11,1 %), hydraulische und pneumatische Systeme sowie Pumpen und Kompressoren mit jeweils 6,1 % und schließlich der Wirtschaftszweig Armaturen mit 4,5 % (n = 198).

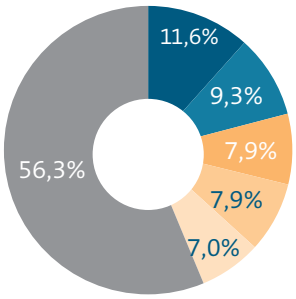
Ein Vergleich mit der Readiness-Studie zu Industrie 4.0 von Lichtblau u.a. (2015), die allerdings nach Fachverbandszugehörigkeit statt nach Wirtschaftszweigen fragt, zeigt: Dort repräsentieren die am häufigsten genannten Fachverbände stärker technologische Bereiche, die enger mit Industrie 4.0 verknüpft sind: die Antriebstechnik (11,6 %), Robotik (9,3 %), Software sowie Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik mit jeweils 7,9 % und Fluidtechnik mit 7 % (siehe

Befragte Unternehmen nach Wirtschaftszweigen

Readiness: Vergleich Fachverbände



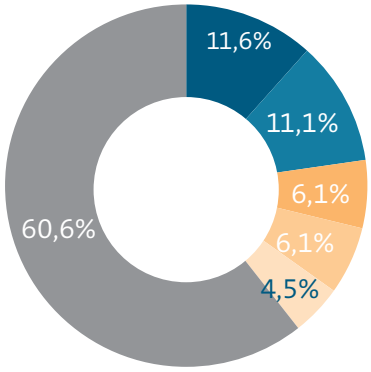
Readiness: häufigste genannte Fachverbände



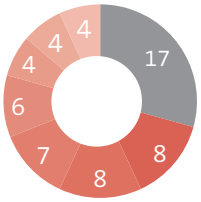
- Antriebstechnik
- Robotik
- Software
- Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik
- Fluidtechnik
- Sonstige

- Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme
- Kunststoff- und Gummimaschinen
- Kompressoren, Druckluft- und Vakuumtechnik
- Pumpen + Systeme
- Armaturen
- Sonstige

Q2025: 5 häufigste genannte Wirtschaftszweige



- Werkzeugmaschinen
- Maschinen für Kunststoffen/Kautschuk
- Hydraulische und pneumatische Systeme
- Pumpen und Kompressoren
- Armaturen
- Sonstige



- Divers
- Antriebstechnik, Automatisierung und Robotik
- Messen und Prüfen
- Werkzeugbau/Metallverarbeitung
- Elektro und Energie
- IT und Engineering
- Sondermaschinenbau
- Automotive

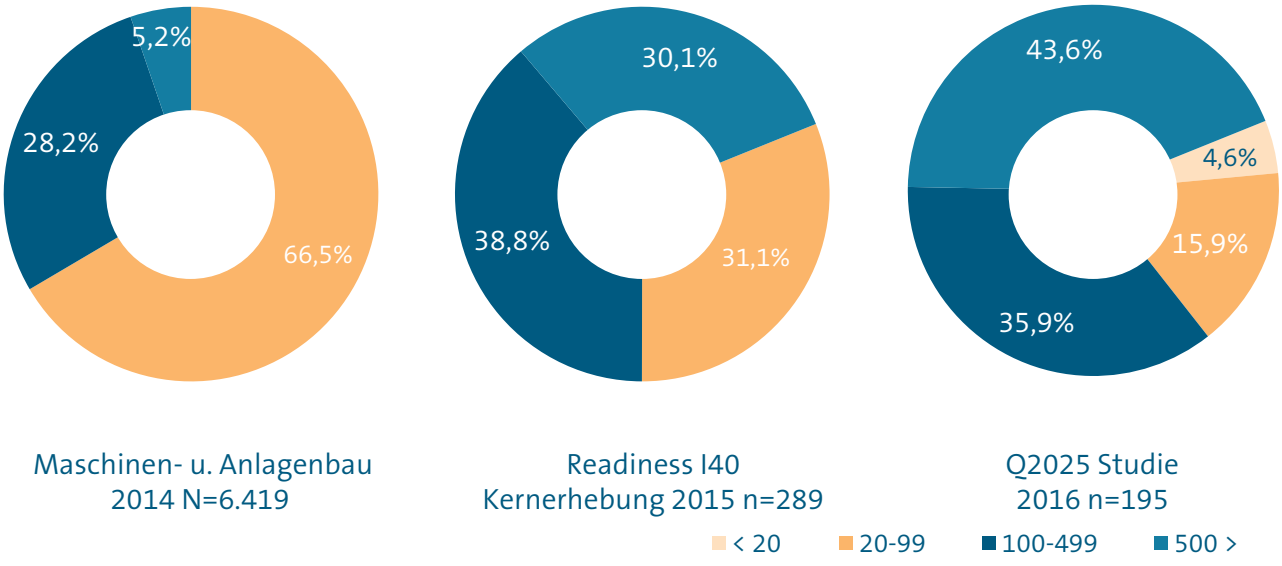
Q2025: 17 Wirtschaftszweige der Branche nach NACE 2008; Mehrfachnennung möglich (n=198); offene Fragen n=58;
im Vergleich zur Readiness-Studie (Lichtblau u. a. 2015): Angaben zu Fachverbandszugehörigkeit (n=215).

mittleres Ringdiagramm). Für einen besseren Vergleich sind im linken Ringdiagramm zusätzlich die Prozentangaben der Fachverbandszugehörigkeit aus der Readiness-Studie dargestellt, die am ehesten den fünf häufigsten Wirtschaftszweigen in unserer Q2025-Studie entsprechen. Im Ergebnis wird deutlich, dass die Befragten der Q2025-Studie eher aus den klassischen und hardware-orientierten Bereichen der Branche stammen als die Befragten der Readiness-Studie. Dies dürfte sich sowohl mit der unterschiedlichen Themenstellung als auch mit den verschiedenen Zugangswegen erklären, kann aber auch als ein Indiz für eine etwas geringer ausgeprägte Nähe unserer online Befragten zum Thema Industrie 4.0 gewertet werden. Wir gehen diesem Indiz weiter nach (vgl. zur Vertrautheit der Befragten mit Industrie 4.0 Kapitel → 4.3.2 und zum Stand des Themas in den befragten Unternehmen Kapitel → 8). Die Unternehmensauswahl für die qualitative Studie folgte dagegen dem Kriterium eines eindeutigen Vorreiter-Status beim Thema Industrie 4.0 (vgl. Kapitel → 8.3).

Für 2014 weist der VDMA 6.419 Unternehmen als branchenzugehörig aus mit einer durchschnittlichen Beschäftigtenzahl von 173,9 (VDMA 2015). Auf Basis der Frage in unserer Q2025-Studie „Wie viele Mitarbeiter/-innen beschäftigt Ihr Unternehmen in Deutschland insgesamt?“ ergab sich ein Mittelwert von 1.614 Beschäftigten (SD = 4.979,2), das kleinste befragte Unternehmen hat zwei Beschäftigte, das größte 55.000 (n = 195).

Die starke Streuung und der Mittelwert weisen bereits darauf hin, dass unsere Befragung einen Bias nach oben zeigt, die typische mittelständische Branchenstruktur also nicht ausreichend abgebildet ist. Dies ist jedoch auch in den meisten anderen branchenbezogenen Online-Befragungen der Fall, so etwa in der Studie schon

Unternehmensgrößen nach Beschäftigten



Q2025 Erhebung im Vergleich zu Daten Unternehmensregister und Readiness-Studie (Lichtblau u. a. 2015)

erwähnten Readiness-Studie. Dort wird die Anzahl der befragten Unternehmen nach Größe gruppiert angegeben und diese in Beziehung gesetzt zu den Daten des Unternehmensregisters (Lichtblau et al. 2015: 15–16). Um einen Vergleich zu erleichtern, sind diese Daten, die Daten der Readiness-Kernerhebung und die unserer Q2025-Studie nachfolgend in Prozentzahlen dargestellt. In der Branche liegt mit 66,5 % der Großteil der Unternehmen in der Gruppe von 20 bis 99 Beschäftigten, 28,2 % liegen im Bereich zwischen 100 und 499 Beschäftigten und nur 5,2 % haben mehr als 500 Beschäftigte. Die Verteilung in der Readiness-Kernerhebung zeigt, dass deutlich mehr Unternehmen zu den größeren und großen der Branche zählen, die branchendominanten Unternehmen zwischen 20 und 99 Beschäftigten sind mit 31,1 % dagegen unterrepräsentiert – was allerdings beim Thema Industrie 4.0 nicht überrascht.

Eine weitere für das Thema Qualifizierung im Maschinen- und Anlagenbau relevante und aktuellere Studie ist die Befragung von 1.596 Auszubildenden durch Krüger und Laubach (2014). Hier sind die Größen der 163 Unternehmen in sechs Klassen und leicht anders geschnitten unterteilt, sodass eine eindeutige Gegenüberstellung nicht möglich ist. Einzig die Klasse mit 20 bis 99 Beschäftigten lässt einen direkten Vergleich zu, sie liegt mit 2,3 % ebenfalls deutlich unter dem Branchenüblichen; 89 % der befragten Auszubildenden lernen in einem Unternehmen mit 200 oder deutlich mehr Beschäftigten (ebd. 2014: 24).

In der Readiness-Kernerhebung und in denen der Branche sind jeweils nur Unternehmen ab 20 Beschäftigte abgebildet. In unserer Q2025-Studie wurden dagegen auch neun Unternehmen (bzw. 4,6 % bei n = 195) mit Beschäftigtenzahlen unter 20 erfasst. Insgesamt liegen also 20,5 % in der Größenklasse bis 99 Beschäftigte, weitere 35,9 % zwischen 100 und 499; Unternehmen mit über 500 Beschäftigten sind im Sample zu 43,6 % vertreten. Damit sind in unserer Studie einerseits ebenfalls große Unternehmen überrepräsentiert. Andererseits gehört jeder fünfte Befragte zu einem Kleinunternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten – also sind auch die Stimmen derjenigen erfasst, die in der amtlichen Statistik und in vielen anderen Befragungen meist nicht vertreten sind.

Damit der Fragebogen nicht zu lang wird, wurden Daten zur Ausbildung nicht zu detailliert erhoben und dabei lediglich auf die gewerblich-technische Ausbildung fokussiert. Gefragt wurde einerseits nach der Zahl aller derzeit sich in einer gewerblich-technischen Ausbildung befindlichen Auszubildenden.[3] Die befragten Unternehmen schließen jährlich insgesamt 9.318 (n = 191) Ausbildungsverträge im gewerblich-technischen Bereich ab und bilden nach eigenen Angaben aktuell insgesamt 13.237 junge Menschen in diesem Bereich aus. Im Durchschnitt befinden sich 68,23 gewerblich-technische Auszubildende in den Unternehmen der Befragten (SD = 11,74, n = 194). Im Sample sind Unternehmen mit gar keinem Auszubildenden im gewerblich-technischen Bereich vertreten, der Spitzenreiter nennt aktuell 1.600 Auszubildende in diesem Feld (n = 195). Zu den Ausbildungsberufen und -quoten in den Unternehmen der Befragten siehe Kapitel → 6.2.

Ohne in dieser Befragung auf die nach Region und Hochschulart stark differierenden Formen des Dualen Studiums eingehen zu können, haben wir gefragt, wie viele Personen aktuell ein duales – und auch hier wieder: technisches – Studium im Unternehmen durchlaufen. Insgesamt sind dies aktuell bei den befragten Unternehmen 3.491 dual Studierende im technischen Bereich (n = 188).

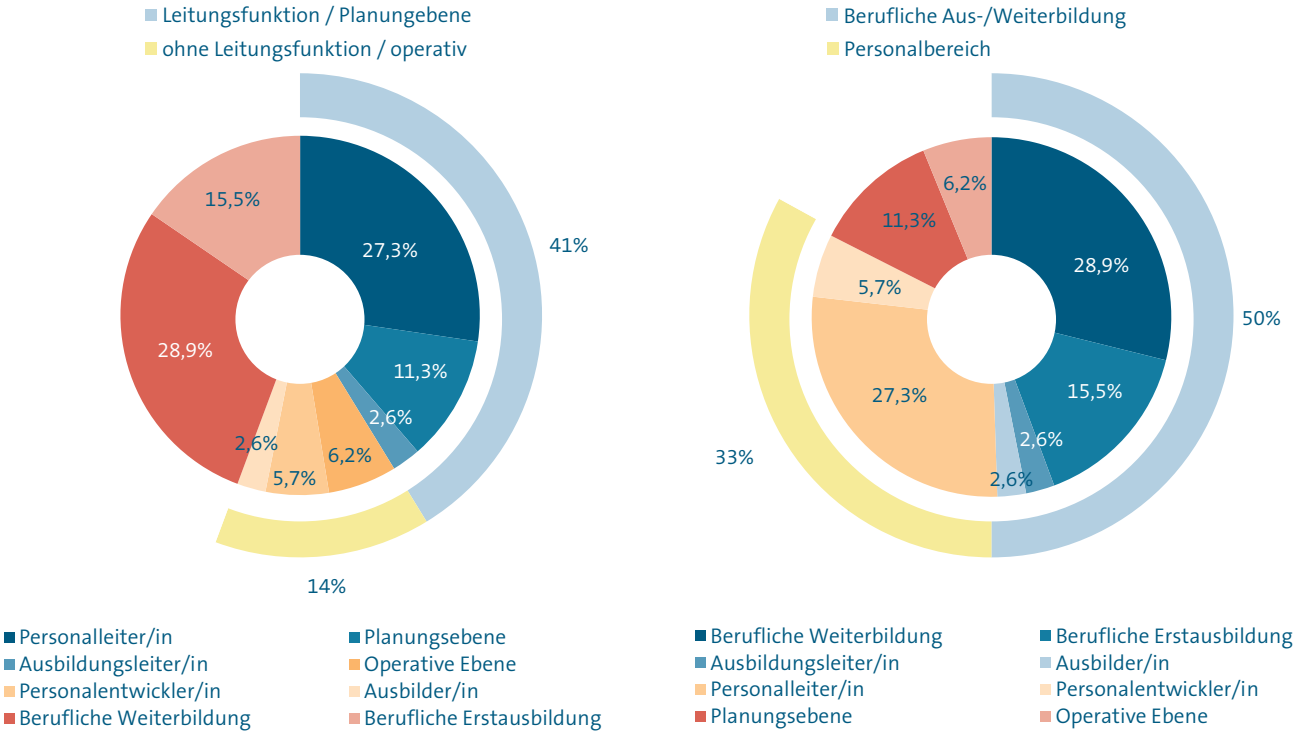
3 Dabei haben vor allem bei den kleinen Unternehmen mit weniger als 20 Beschäftigten fünf Fälle nicht plausibel hohe und oft weit über den Beschäftigtenzahlen liegende Ausbildungszahlen angegeben, sie wurden daher bei einigen, die Ausbildung betreffenden Fragen als Ausreißer betrachtet.

4.3.2 Befragte Personen

Die Befragten sind durchschnittlich 44,9 Jahre alt (SD = 10,13; n = 194), der jüngste Befragte gibt ein Alter von 23 an, der älteste ist 66 Jahre alt. Damit ist unser Befragten-Sample etwas jünger als der Branchendurchschnitt (vgl. Kapitel → 4.1). Im Schnitt geben die Befragten an, seit 12,2 Jahren überwiegend mit dem Thema Aus- und Weiterbildung beschäftigt zu sein (SD = 9,2) – das beeindruckende Maximum liegt hier in einem Fall bei 36 Jahren Erfahrung mit dem Thema Ausbildung.

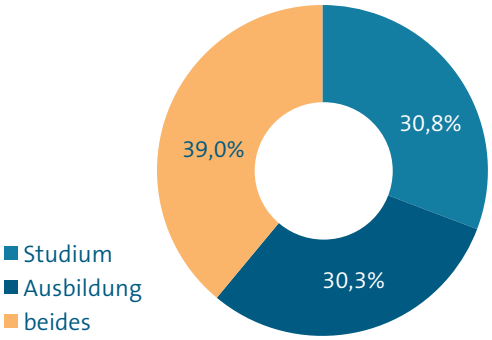
Insgesamt wurden neun unterschiedliche Funktionen, Rollen oder Tätigkeiten der Befragten abgefragt, wobei Mehrfachnennungen möglich waren. Im Nachfolgenden sind die Angaben zu haupt- und nebenberuflichen Ausbildern/-innen nicht weiter unterschieden, da sich nur eine Person als hauptamtlich verortet hat. Die Abbildung zeigt unterschiedliche Darstellungslogiken. In beiden inneren Ringdiagrammen sind die einzelnen Angaben unterschiedlich gruppiert und danach im jeweils äußeren Ring noch einmal zusammengefasst. Beim Blick in die inneren Ringdiagramme zeigt sich auch das Ranking der Nennungen (n = 194): Die meisten Befragten verorten sich in der beruflichen Weiterbildung (28,9 %), die zweitgrößte Gruppe sind mit 27,3 % Personalleiter/innen und an dritter Stelle findet sich der Bereich der beruflichen Erstausbildung (15,5 %). Gruppiert nach Leitungsverantwortung zeigt sich im links dargestellten Ring, das mit 41 % die Mehrheit der Befragten eine Leitungsfunktion

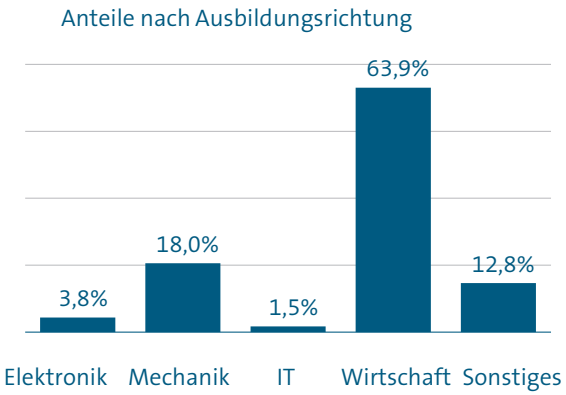
Funktionen, Rollen, Tätigkeit der Befragten

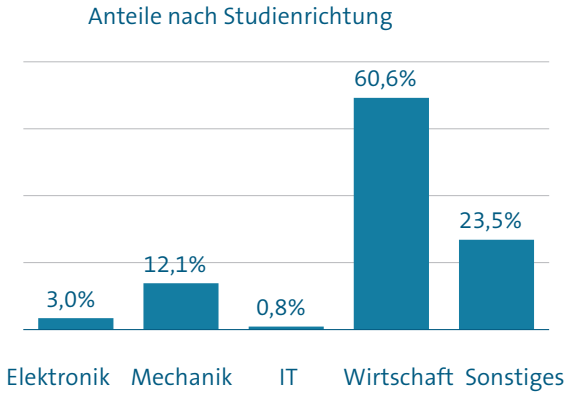


Q2025: Mehrfachnennung war möglich, n=194.

Qualifizierungsbiografie der Befragten







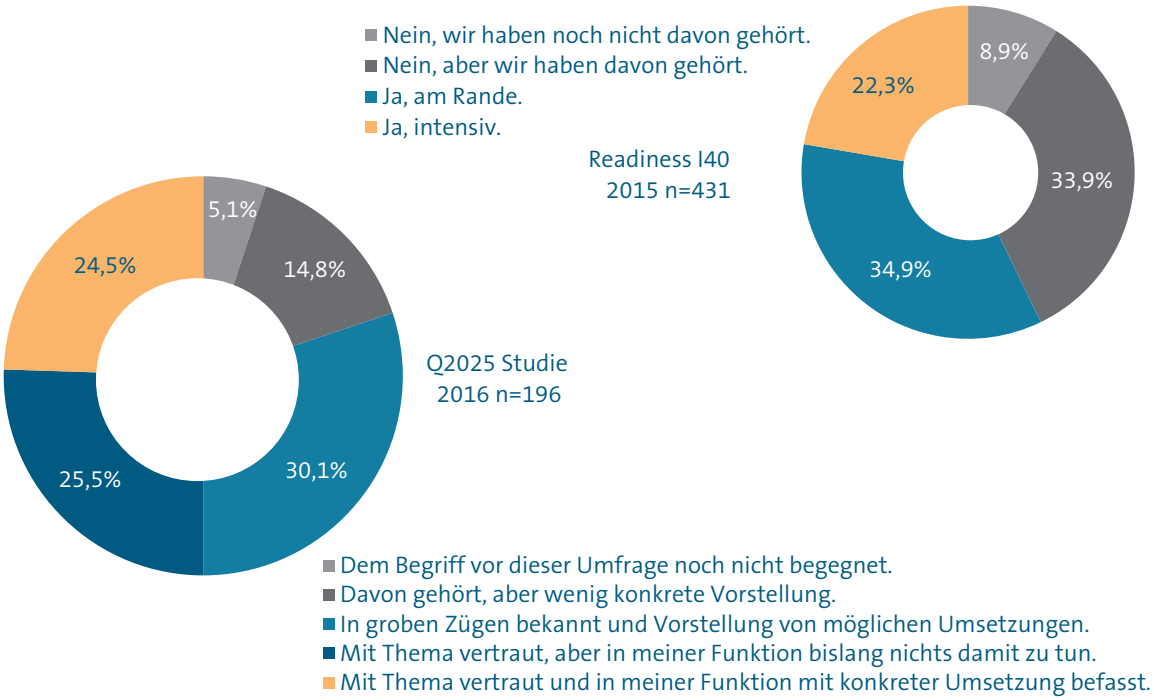
Q2025: n=195; Ausbildungsrichtung: n=133; Studienrichtung n=132

innehat und/oder im Planungsbereich tätig ist, während 14 % operative Tätigkeiten ohne Leitungsverantwortung angeben. Die rechte Darstellung illustriert die Verortung der Befragten nach ihrer Rolle: Die Hälfte der Befragten sieht ihren Schwerpunkt im Bereich der beruflichen Erst- und Weiterbildung im engeren Sinne, während 33 % sich allgemeiner dem Bereich Personal(-leitung und/oder -entwicklung) zuordnen.

Betrachten wir auch die Qualifizierungsbiografie der Befragten. Mit 39 % hat der größte Anteil der Befragten sowohl eine Berufsausbildung als auch ein Studium absolviert. Jeweils etwa ein Drittel gibt nur eine Ausbildung (30,3 %) oder nur ein Studium (30,8 %) als Qualifizierungsweg an, insgesamt haben jeweils 69,74 Personen ein Kreuz bei Studium oder Ausbildung gesetzt (n = 195). Innerhalb dieser Gruppen (n = 133 bzw. 136) wurden dann noch weitere Antworten zur Fachrichtung gegeben. Die Befragten haben mit starker Mehrheit in beiden Ausbildungswegen den Bereich Wirtschaft gewählt: bei der beruflichen Ausbildung 63,9 % und beim Studium 60,6 %. Relativ weit abgeschlagen finden sich die technischen Fachrichtungen. Neben den Bereichen Mechanik (18 % bei Ausbildung vs. 12 % im Studium) und Sonstiges (12,8 % vs. 23,5 %) sind Elektronik (3,8 % vs. 3,0 %) und IT (1,5 % vs. 0,8 %) sehr gering vertreten. Diese Verteilung ist an sich nicht verwunderlich, schließlich wurden überwiegend für Qualifizierung oder Personal Verantwortliche befragt, die sich in größeren Unternehmen meist aus den nicht-technischen Fachrichtungen rekrutieren. Es deutet sich damit aber auch an: Gerade die für die Digitalisierung relevanten Disziplinen sind im Bereich Qualifizierung zumindest berufsbiografisch nicht vorgezeichnet – die für Qualifizierung Zuständigen haben an dieser Stelle möglicherweise selbst Qualifizierungsbedarf. Eine These, die sich im weiteren Verlauf der Ergebnisdarstellung weiter erhärten wird.

Im offenen Feld zu „Sonstiges“ wurden beim Studium 27 Angaben gemacht: Diese stammen mit drei Ausnahmen aus dem nicht-technischen

Vertrautheit der Befragten mit dem Thema Industrie 4.0



Q2025 Erhebung im Vergleich zu Daten Unternehmensregister und Readiness-Studie (Lichtblau u.a. 2015)

Bereich. Die größte Gruppe bilden dabei die Sozialwissenschaften und Pädagogik, gefolgt von der Betriebswirtschaft (teils mit Vertiefung in der Personalentwicklung) und schließlich die Rechts- und Geisteswissenschaften. Zur Berufsausbildung finden sich 15 Angaben im offenen Feld, 12 sind eindeutig dem kaufmännischen Bereich zuzuordnen.

Um die Stichprobe besser einschätzen zu können, wurde auch ermittelt, wie sehr die Befragten bereits mit dem Thema Industrie 4.0 befasst oder vertraut sind. Die fünf verwendeten Fragen versuchen eine Abstufung zu erfassen, die vom (Nicht-)Wissen um den Begriff und um mögliche Umsetzungen bis zu konkreten Umsetzungen im Rahmen der eigenen Funktion reicht. Damit ist hier nur die Sichtweise der Person selbst gemeint, nicht die Aktivitäten des Unternehmens zum Thema (vgl. Kapitel → 8.3).

Obwohl eine ähnlich gelagerte Frage in der Readiness-Studie von Lichtblau u.a. (2015) nicht auf die Vertrautheit der befragten Person mit dem Thema Industrie 4.0 zielt, sondern auf das Unternehmen und auf ein nicht näher spezifiziertes „Wir“, werden beide Ergebnisse in der Grafik gegenübergestellt, um eine annähernde Einordung der Stichprobe zu ermöglichen.

Mit 5,1 % haben deutlich weniger Befragte als in der Readiness-Studie vor unserer Untersuchung noch gar nichts vom Begriff „Industrie 4.0“ gehört, weitere 14,8 % kennen zwar den Begriff, verbinden damit aber noch keine konkrete Vorstellung. Insgesamt also ist das Thema „Industrie 4.0“ einerseits für 19,9 % und damit für jeden fünften Befragten noch Terra incognita. Andererseits verbinden 30,1 % mit dem Begriff bereits Vorstellungen und 25,5 % sind mit ihm vertraut. Insgesamt bezeichnen sich 50 % als mit dem Begriff vertraut, 24,5 % von ihnen sind bereits in ihrer aktuellen Funktion mit konkreten Umsetzungen zu Industrie 4.0 befasst.

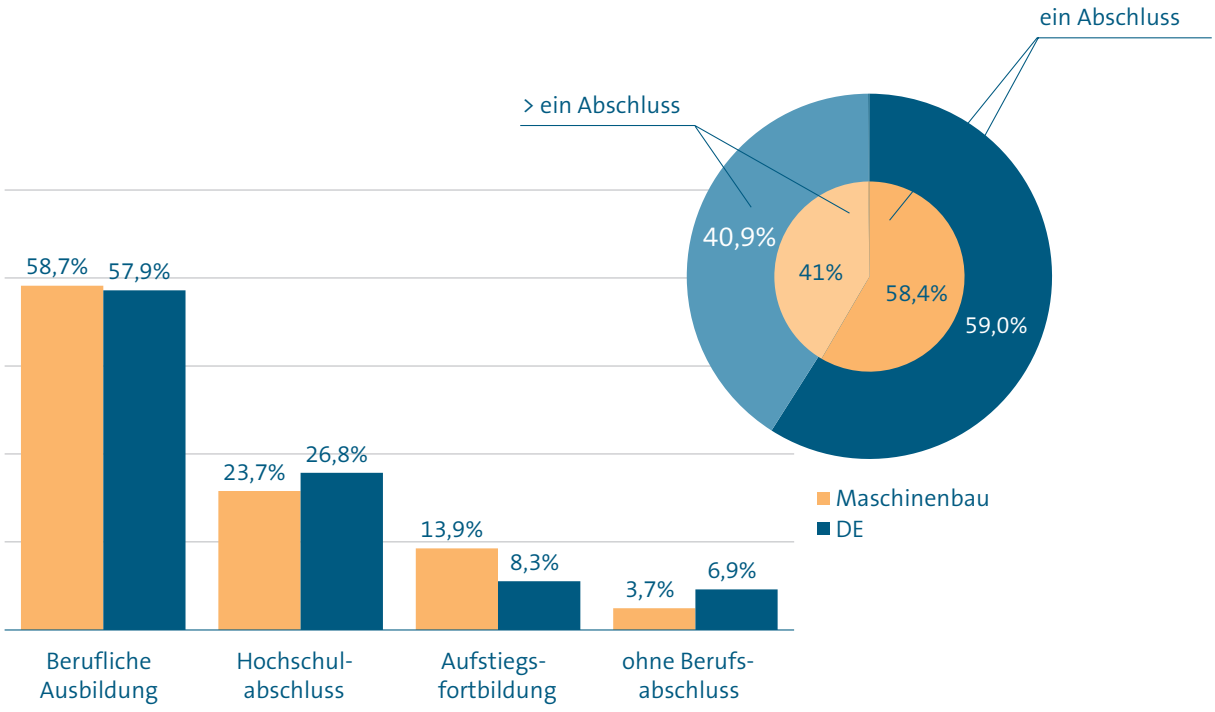
5 Qualifizierung heute: Branche

Die Studie zu Qualifizierung 2025 will in die Zukunft schauen – ein Unterfangen, das wissenschaftlich seine Grenzen hat, denn: Gestaltet sich die Transformation in eine Industrie 4.0 so dynamisch und disruptiv wie derzeit überwiegend angenommen, dann greifen Prognosen auf Basis von in der Vergangenheit erhobenen Daten systematisch zu kurz. Ein Blick in vorhandene Daten ermöglicht jedoch eine Beurteilung des Ist-Standes. Bevor im späteren Verlauf die Einschätzungen der befragten Experten zur Qualifizierung bis 2025 dargestellt werden, gibt dieses Kapitel daher einen Überblick zur Qualifizierung im Maschinenbau heute. Anhand der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung (vgl. Kapitel → 4.1) wird zunächst über die formalen Qualifikationen und das Fortbildungsverhalten in der Branche informiert. Danach folgt eine Einschätzung der informellen Kompetenzen in der Branche, die insbesondere im Umgang mit Komplexität und Wandel relevant sind. Anhand des AV-Index messen wir dieses lebendige Arbeitsvermögen für die Branche.

5.1 Formale Qualifikation und Fortbildungsverhalten

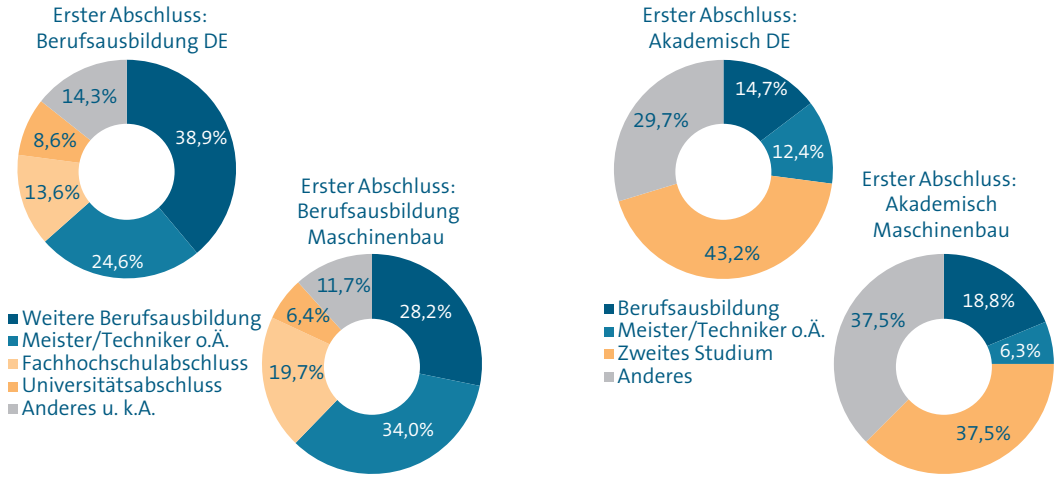
Wie vielgestaltig Qualifizierung in der Branche ist, verdeutlicht ein Blick auf die höchsten Ausbildungsabschlüsse auf Basis der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012. Die Abbildung

Höchster Ausbildungsabschluss und Anzahl der Abschlüsse



BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012, N=518, Maschinenbau DE, eigene Berechnung.

Beruflich Qualifizierte und Fortbildungsverhalten



BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012, DE (n=7.412) und Maschinenbau (n=204), eigene Berechnung.

zeigt, wie diese sich in der Branche und bei allen Beschäftigten in Deutschland verteilen. 58,7 % der Beschäftigten im Maschinenbau nennen eine berufliche Ausbildung als höchsten Abschluss, ein Wert der nur wenig über dem für alle Erwerbstätigen in Deutschland liegt (57,9 %). Einen Hochschulabschluss geben in der Branche 23,7 % an und damit etwas weniger als in Deutschland insgesamt (26,8 %). Dies lässt sich zum Teil auf den dafür höheren Anteil absolvierter Fortbildungen wie Meister und Techniker zurückführen: Dieser liegt im Maschinenbau mit 13,9 % deutlich über dem gesamtdeutschen Anteil von 8,3 %. Personen ohne Berufsabschluss finden sich in der Branche mit 3,7 % weitaus seltener als im Branchengesamt (6,9 %). Damit ist aber noch nicht das ganze Bild gezeichnet: Zwar hat die Mehrheit von 58,4 % in der Branche tatsächlich nur einen Abschluss, dafür haben aber 41,4 % mehr als einen beruflichen oder akademischen Abschluss. Wie die Abbildung zeigt (Diagramm rechts), unterscheidet sich dieses Verhältnis kaum von dem aller Beschäftigten in Deutschland.

Die Daten der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung ermöglichen darüber hinaus einen Einblick in Qualifizierungsverläufe und damit in das Fortbildungsverhalten. Wir betrachten nachfolgend jeweils nur die Fälle mit mehr als einem Abschluss und illustrieren den Fortbildungsverlauf von der ersten zur zweiten Qualifikation.[4] Die Abbildung verdeutlicht das in zweifacher Gegenüberstellung:

- zum einen für Deutschland insgesamt (Ringdiagramme oben) und für den Maschinen- und Anlagenbau (Ringdiagramme unten);
- und zum anderen auf welcher Grundlage die Fortbildung begonnen wurde – dies ist entweder eine betriebliche oder schulische Berufsausbildung (Ringdiagramme links) oder eine akademische Ausbildung (FH oder Universität; Ringdiagramme rechts).

Die Ringdiagramme zeigen auf, welche Qualifikationsschritte im zweiten Abschluss gemacht werden bzw. wie diese sich auf die unterschiedlichen Zielqualifikationen verteilen. Betrachten wir zunächst die Wege derer, die von einer **Berufsausbildung** starten.

4 In der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung werden auch weitere Qualifikationsstufen erfragt, deren Fallzahlen aber sehr klein sind. Zudem sind die Daten nicht weiter nach Fachrichtungen zu differenzieren, um nicht geringe Fallzahlen zu generieren. Die Daten umfassen also nicht nur gewerblich-technische oder MINT-Qualifikationen, sondern das ganze Spektrum. Zu beachten ist auch, dass nur erfolgreich absolvierte Qualifikationen in den Daten zu finden sind.

Relativ viele – branchenübergreifend sogar der größte Anteil – entscheiden sich im zweiten Schritt nicht für eine höhere Qualifikation, sondern für eine weitere Berufsausbildung. Diese Tendenz ist im deutschen Branchengesamt mit 38,9 % stärker ausgeprägt als im Maschinenbau mit 28,2 %. Im Maschinenbau wird mit 34 % bei einer Weiterqualifizierung in erster Linie eine Fortbildung zum Techniker oder Meister gewählt. Bundesweit liegt der Anteil bei 24,6 %. Damit entscheiden sich branchenübergreifend mehr für eine Fortbildung im beruflichen System als für eine akademische Ausbildung als zweiten Abschluss. Insgesamt wählen 22,2 % der deutschen Erwerbstätigen bei einer zweiten Qualifikation den akademischen Weg, in der Mehrheit studieren sie an einer Fachhochschule. Im Maschinenbau liegt der Anteil mit 26,1 % sogar noch höher, auch in der Branche scheint die Fachhochschule (19,7 %) attraktiver zu sein als die Universität (6,4 %).

Werfen wir noch einen Blick auf die Personen, die mit einem **akademischen Abschluss** in ihr Erwerbsleben starten. Entscheiden diese sich später für eine zweite Qualifikation, ist dies sowohl bundesweit zu 43,2 % und im Maschinenbau zu 37,5 % wieder ein Studium. Allerdings wechseln auch viele im zweiten Qualifizierungsschritt in die berufliche Fortbildung: Bundesweit sind dies 14,7 %, im Maschinenbau sogar 18,8 %. Zählt man die Anteile hinzu, die dem beruflichen Fortbildungssystem zuzurechnen sind (DE: 12,4 %; Branche: 6,3 %), dann wählen bundesweit 27,1 % und im Maschinenbau 25,1 % im zweiten Schritt eine nicht-akademische Qualifizierung. Weitere dürften sich in den großen und wegen der auf Branchenebene kleinen Fallzahlen unter „Anderes“ zusammengefassten Anteilen verbergen.

Berufliche Erst- und Fortbildung sind offensichtlich auch für akademisch Qualifizierte ein durchaus attraktiver Weg. Insgesamt belegen die Daten eine weiterhin hohe Anziehungskraft der beruflichen Qualifizierung. Ein erster Abschluss im Dualen System stellt demnach eine solide Basis für Weiterqualifizierung dar – auch in den akademischen Pfad hinein. Die Ergebnisse illustrieren auch, dass die unter dem Stichwort Akademisierung geführte Debatte (Kuda et al. 2012; Nida-Rümelin 2014) oft diskursiv stärker trennt, was Erwerbstätige in einem ausgeprägten Hin und Her leben: Die Mischungen sind vielfältiger, als in der Debatte berücksichtigt wird. Das gilt auch und insbesondere für den Maschinen- und Anlagenbau.

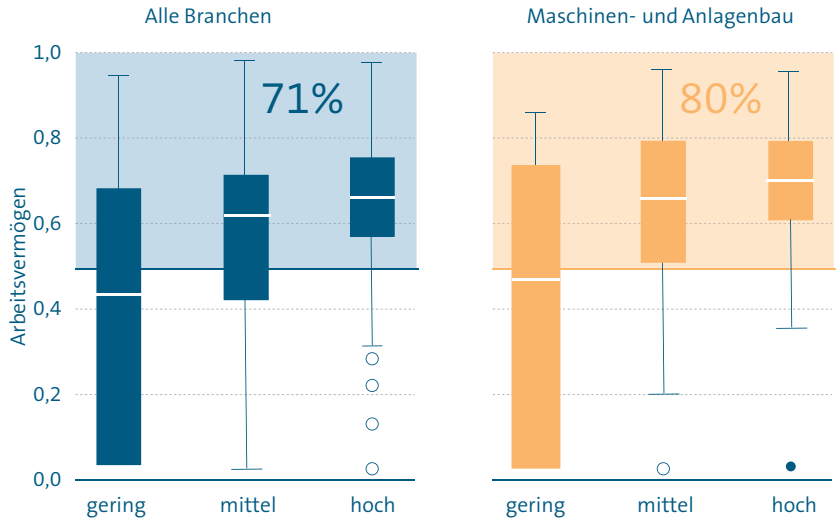
Zu beachten ist anhand dieser Daten allerdings auch: Es werden Verläufe abgebildet. Damit kommt die Vergangenheit von länger im Erwerbsleben stehenden Beschäftigten stärker zum Tragen als Bildungsentscheidungen jüngeren Menschen. Personen, die sich etwa vor zehn Jahren für eine Meisterausbildung entschieden haben, taten dies unter anderen Voraussetzungen als jüngere Menschen, die aktuell vor einer (möglicherweise ersten) Weiterbildungsentscheidung stehen. Die hier dargestellten Daten geben also durchaus einen Einblick in das aktuelle Mischungsverhältnis von Qualifikationen in unserer Beschäftigtenstruktur, sie erlauben aber keine Ableitungen oder gar Prognosen über das Fortbildungsverhalten in der Zukunft.

5.2 Lebendiges Arbeitsvermögen

Wandel passiert nicht einfach, er muss von den Beschäftigten bewältigt werden. Dabei spielen neben der formalen Qualifikation auch informelle Fähigkeiten und Erfahrungswissen eine große Rolle. Aus der soziologischen Automatisierungsforschung ist bekannt, dass informelle und implizite Fähigkeiten vor allem für den Umgang mit Unwägbarkeiten und Komplexität sowie zur erfolgreichen Bewältigung des Wandels am Arbeitsplatz besonders wichtig sind: Je höher der Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad, desto zentraler ist – insbesondere zur Vermeidung von Störungen – dieses „Hightech-Gespür“ (H. G. Bauer et al. 2006; Pfeiffer 2007). Anders als formale Abschlüsse lassen sich diese Fähigkeiten menschlichen Arbeitsvermögens nicht einfach in der amtlichen Statistik abbilden, eine quantitative Abschätzung zum Ausmaß ermöglicht jedoch der AV-Index. Dieser basiert auf einem theoretisch gerahmten und empirisch extern validierten Modell aus 18 Items der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung, in dem Anforderungen durch situative und strukturelle Komplexität, durch situative Unwägbarkeiten und an das Erfahrungslernen erfasst werden (Pfeiffer & Suphan 2015).

Der Index ergibt einen Wert zwischen 0 und 1 und misst nicht eine rein individuelle Fähigkeit, sondern die am Arbeitsplatz konkret zu bewältigende und abgeforderte Komplexität. Konservativ gerechnet betrachten wir nur die AV-Werte von mindestens 0,5 als stark ausgeprägt. Die Abbildung zeigt jeweils für alle Beschäftigten in Deutschland (links) und die Beschäftigten im Maschinen- und Anlagenbau (WZ 28; rechts), wie sich die Werte entlang der drei Qualifikationsniveaus gering (keine Ausbildung), mittel (beruflicher Abschluss) und hoch (höherer oder akademischer Abschluss) verteilen. Generell lässt sich erstens erkennen: Der AV-Index steigt mit höherem Qualifikationsniveau. Das ist zu erwarten, da Beschäftigte mit höherer Qualifikation

Arbeitsvermögen nach Qualifikationsniveau



Qualifikation	AV-Index MW	Anteil	Std.-Abw.
gering	0,413	4 %	0,335
mittel	0,625	69 %	0,242
hoch	0,673	27 %	0,217
Insgesamt	0,630	100 %	0,244

Qualifikation	AV-Index MW	Anteil	Std.-Abw.
gering	0,347	8 %	0,327
mittel	0,520	67 %	0,300
hoch	0,602	25 %	0,252
Insgesamt	0,526	100 %	0,298

AV-Index (Pfeifer/Suphan 2015); Datenbasis BiBB/BAuA 2012; DE n=16.450; WZ28 n=398.

überwiegend Tätigkeiten mit größerem Handlungsspielraum und damit höherer Komplexität ausüben. Zweitens weisen selbst gering Qualifizierte einen stark nach oben streuenden AV-Index auf und verrichten damit nicht – wie oft unterstellt wird – ausschließlich repetitive und monotone Arbeit.[5] Und drittens dient die berufliche Qualifikation – also das mittlere Qualifikationsniveau – offensichtlich vielen Menschen als Basis, um an komplexen und von Wandel stark betroffenen Arbeitsplätzen eingesetzt zu werden.

Aus der Grafik lässt weiterhin ablesen:

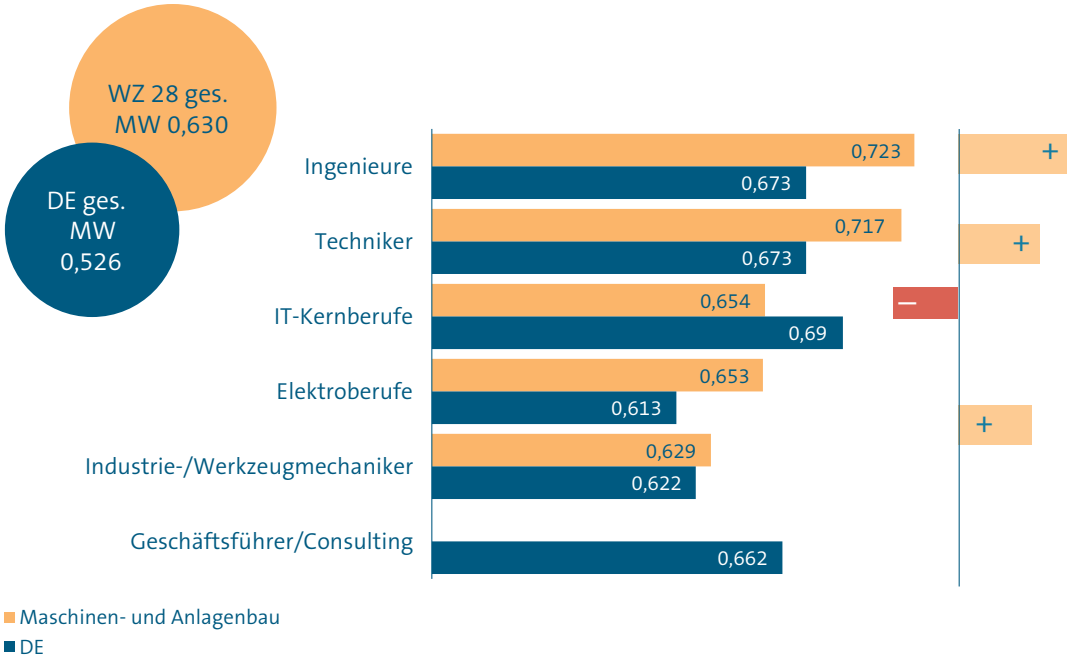
- Im Maschinen- und Anlagenbau liegen die AV-Index-Werte in allen drei Qualifikationsniveaus eindeutig über den Werten für alle Branchen in Deutschland.
- Während deutschlandweit 71 % aller Beschäftigten einen hohen AV-Index-Wert aufweisen, liegt dieser im Maschinen- und Anlagenbau mit 80,4 % deutlich höher.
- Im Maschinen- und Anlagenbau geht damit heute schon die Mehrheit der Beschäftigten erfolgreich mit Komplexität, Unwägbarkeiten und dem Wandel am Arbeitsplatz um. Und das gilt insbesondere auch für die Beschäftigten, die im beruflichen System qualifiziert wurden.

Da die AV-Werte in allen Qualifikationsniveaus im Maschinenbau über denen für alle Branchen liegen, verhält es sich analog beim Mittelwert des AV-Index: Dieser ist beim Maschinen- und Anlagenbau mit 0,630 höher und streut weniger (SD = 0,244; n = 465) als für alle Beschäftigten in Deutschland (MW = 0,526; SD = 0,298; n = 16.450). Interessant ist zudem der Vergleich von Berufen aus dem gewerblich-technischen und MINT-Bereich. In der Grafik sind nur die Berufe aus beiden Gruppen mit den höchsten Werten beim AV-Index und mit ausreichend hohen Fallzahlen dargestellt. Trotz dieses Ausschnitts erhärtet sich hier, was sich bei den Qualifikationsniveaus schon angedeutet hat: Der Maschinen- und Anlagenbau liegt fast durchgängig in den Werten über denen für alle Branchen. Das gilt nicht nur für akademisch qualifizierte Ingenieure (AV-Wert im Maschinenbau 0,723) oder beruflich fortgebildete Techniker (0,717), sondern auch für gewerblich-technische Ausbildungsberufe wie im Bereich Elektro (0,653) oder den Industrie- und Werkzeugmechaniker (0,629). Zu besseren Einordnung des AV-Index-Werts ist am unteren Ende der Grafik der Wert für die Berufsgruppe „Geschäftsführer, Unternehmens- und Wirtschaftsberatung“ angegeben, diese kommen über alle Branchen hinweg auf einen Wert von AV = 0,662 und liegen damit unter oder in der Nähe der aufgeführten technischen Berufe. Auch das unterstreicht noch einmal die Aussage: Die gewerblich-technischen Ausbildungsberufe und die höher qualifizierten MINT-Berufe haben generell sehr hohe AV-Werte, diese Berufsgruppen gehen besonders stark mit Unwägbarkeiten, Komplexität und Wandel um. Im Maschinen- und Anlagenbau stimmt diese Aussage mit einer Ausnahme für alle aufgeführten Berufe.

Denn es fällt auf, dass der AV-Wert bei den IT-Kernberufen im Maschinen- und Anlagenbau deutlich unter dem für alle Branchen liegt. Die IT-Berufe bewältigen also sowohl im Vergleich mit den anderen gewerblich-technischen Berufen innerhalb der Branche als auch im branchenübergreifenden Vergleich der eigenen Berufsgruppe im Maschinenbau weniger Wandel und Komplexität. Dieser niedrigere Wert könnte bedeuten, dass IT-Berufe in der Branche überwiegend in klassischen und eher eng gefassten IT-Bereichen wie Netzwerk/Systemadministration eingesetzt werden. Interpretieren ließe sich das in dreifacher Hinsicht:

5 Zu beachten ist allerdings die kleine Fallzahl beim geringen Qualifikationsniveau in der Branche. Die Branchenzahlen für die beiden anderen Qualifikationsniveaus liegen im aussagekräftigen Bereich. Repräsentativität kann der Datensatz der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung, trotz seiner Größe und seiner Gesamtrepräsentativität, jedoch nicht für jede Unterdifferenzierung unterhalb der Branchenebene leisten.

Arbeitsvermögen nach Berufen



Pfeiffer/Suphan (2015). Basis BIBB/BAuA Erwerbstätigenbefragung 2012

- **Erstens** könnte der niedrigere AV-Wert in den IT-Kernberufen darauf hindeuten, dass IT-Kompetenzen – zumindest bislang – in diesen Bereichen kaum benötigt werden, weil die Branche in Bezug auf den Digitalisierungsgrad anderen Branchen hinterherhinkt (Digitalisierungsdefizit-These).

- **Zweitens** könnte dieser Befund anzeigen, dass die Nutzung dieses IT-Potenzials bislang nicht ausreichend für und in Verschränkung mit anderen branchentypischen Technikbereichen (FuE, Support, Applikation etc.) gelingt (Nutzungsdefizit-These).

- **Drittens** schließlich könnte sich das Ergebnis damit erklären, dass die in den branchentypischen Fachbereichen benötigten IT-Kompetenzen weitgehend von den Berufen aus den Schwerpunkten Mechanik und Elektronik übernommen werden (Kompensationsthese).

Die erste These scheinen andere Befunde der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung jedoch nicht zu bestätigen. In Kapitel → 8.2 wird erläutert, dass der Wandel im Maschinen- und Anlagenbau überwiegend und deutlicher als im Branchengesamt durch die Digitalisierung getrieben wird. Wie sich der Wandel aktuell verhält und wie er zukünftig eingeschätzt wird, ist Gegenstand der weiteren Ausführungen und wird unter anderem behandelt im Kapitel → 9. Inwieweit zukünftige Digitalisierungsprozesse zu neuartigen IT-bezogenen Qualifikationsanforderungen führen und ob diese sich eher in bestehende technische Berufsfelder integrieren oder eine stärkere Generierung eigenständiger IT-Profile erfordern – diesen Fragen zur Nutzungsdefizit- und Kompensationsthese gehen wir in den Kapiteln → 14 und → 15 nach.

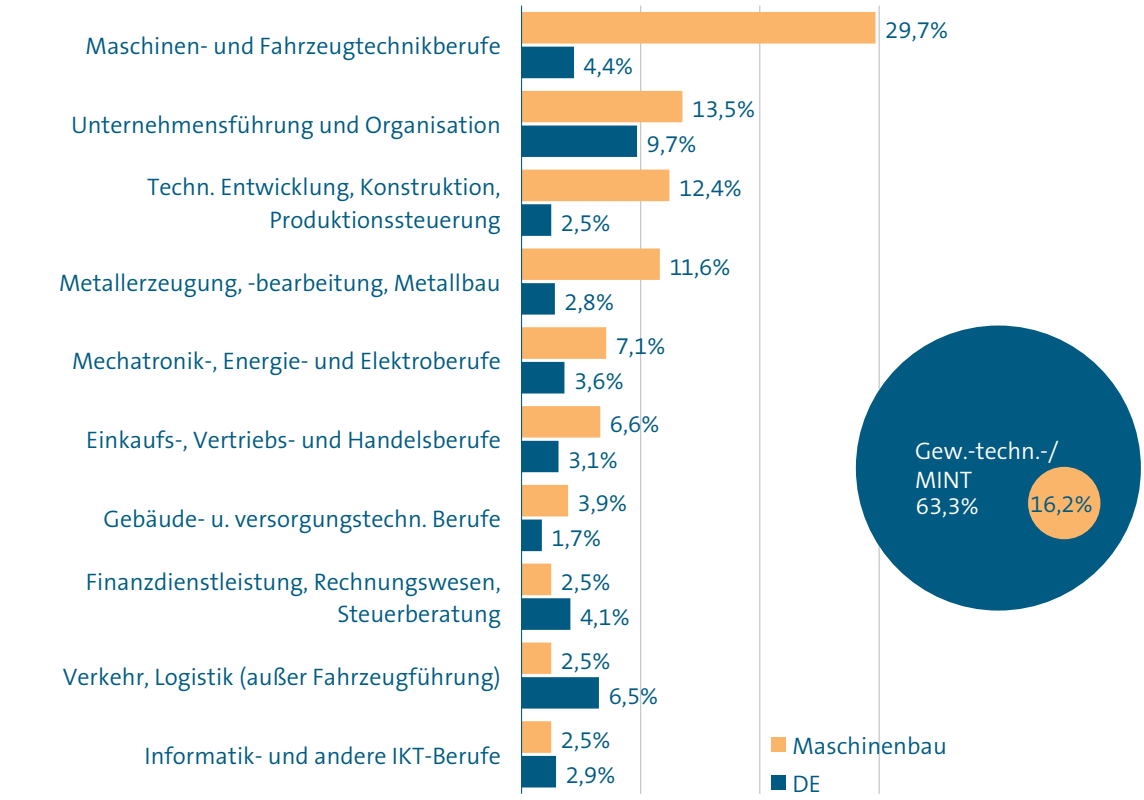
6 Qualifizierung heute: Berufe

Berufe und die berufliche Qualifizierung sind nicht nur eine Besonderheit des deutschen Bildungssystems, sie spielen gerade im Maschinen- und Anlagenbau schon immer eine herausgehobene Rolle. Das gilt vor allem für die Berufe des gewerblich-technischen Bereichs, aber auch für die akademische Qualifizierung in den MINT-Fächern. Wir zeigen zunächst auf Basis des BiBB/BAuA-Datensatzes die wichtigsten Berufe und ihre Verteilung in der Branche im Vergleich zu ganz Deutschland. Im zweiten Unterkapitel konzentrieren wir uns auf die Unternehmen, die an unserer Online-Befragung teilgenommen haben: Neben der betrieblichen Ausbildungsquote im gewerblich-technischen Bereich betrachten wir auch die Angaben zu den am häufigsten ausgebildeten Berufen und vergleichen diese mit den Ausbildungszahlen in Deutschland. Schließlich stellen wir detaillierte Ergebnisse dar zum Beruf des/der Produktionstechnologen.

6.1 Berufe im Maschinen- und Anlagenbau

Berufe im gewerblich-technischen Bereich oder den MINT-Fächern sind für die Innovationsfähigkeit des Maschinen- und Anlagenbaus höchst relevant (Pfeiffer 2016). Die Balkengrafik zeigt dies eindrucksvoll auch anhand der quantitativen

Berufe im Maschinen- und Anlagenbau



BIBB/BAuA 2012, 10 häufigste Berufe im Maschinen- und Anlagenbau (n=518) und DE gesamt (20.036).

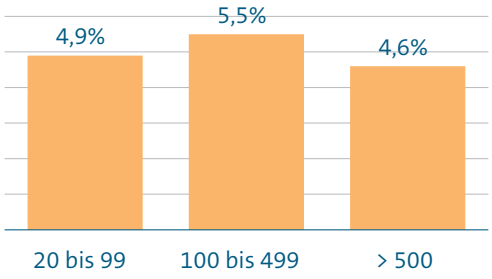
Bedeutung. Gegenübergestellt werden verschiedene Berufsgruppen in der Branche und alle Beschäftigten in Deutschland. Gezeigt werden die zehn in der Branche am stärksten vertretenen Berufe und ihre jeweiligen Anteile in Deutschland (obwohl dort natürlich teils andere Berufsgruppen unter den Top Ten vertreten sind). Die Maschinen- und Fahrzeugtechnikberufe führen das Ranking im Maschinen- und Anlagenbau mit 29,7 % an und liegen damit deutlich über dem Anteil von 4,4 % für Gesamtdeutschland. In allen technisch ausgerichteten Berufen erzielt die Branche höhere Anteile als die gesamtdeutsche Beschäftigtenstruktur. Zusammen sind im Maschinen- und Anlagenbau 63,3 % der Beschäftigten Berufen des Metall- und Elektrobereichs zuzuordnen, in Deutschland insgesamt sind es 16,2 %.

6.2 Ausbildungsquote und -berufe (gewerblich-technisch)

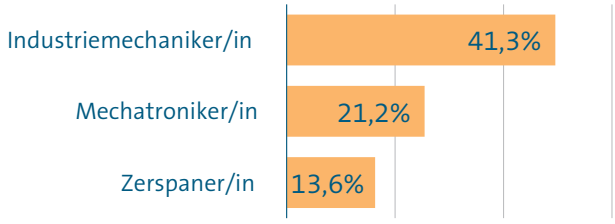
Um einen groben Überblick zu erhalten, welche gewerblich-technischen Ausbildungsberufe in den Unternehmen der Befragten dominieren, wurden die Befragten in unserer Online-Erhebung gebeten, die drei zahlenmäßig wichtigsten Ausbildungsberufe zu nennen. Das Ranking ist in der Abbildung rechts dargestellt und zeigt, dass in den befragten Unternehmen die klassischen Metallberufe überwiegen: Am häufigsten wurde

Ausbildungsquote und -berufe (gew.-techn.)

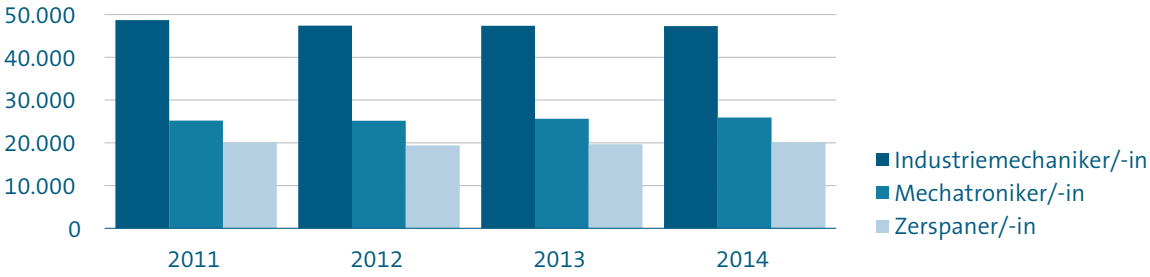
Q2025: Gew.-techn. Ausbildungsquote nach Unternehmensgröße



Q2025: Häufigste Ausbildungsberufe



BIBB: Auszubildendenzahlen nach Jahren



Auszug BIBB-Datenblätter (teils Monoberuf) vom 05.03.2016, Zahlen bundesweit und für Zuständigkeitsbereich
IH.Q2025: Mittlere Ausbildungsquoten nach Betriebsgrößen und die drei am häufigsten genannten Berufe.

mit 41,3 % der/die Industriemechaniker/-in genannt, gefolgt von den Berufsbildern Mechatroniker/-in (21,2 %) und Zerspaner/-in (13,6 %). Danach finden sich nur noch einstellige Nennungen, etwa mit 6 % die Elektronikberufe.

Ein Vergleich mit der Verteilung dieser Berufe bundesweit und der oben erwähnten Auszubildenden-Studie (Krüger & Laubach 2014) für die Branche zeigt deutliche Parallelen zum Ausbildungsverhalten der in der Q2025-Studie befragten Unternehmen. Wie das querliegende Diagramm in der Abbildung illustriert, deckt sich das Ranking der Q2025-Befragung in der Abfolge weitgehend mit dem bundesweiten Ranking der Ausbildungszahlen in diesen drei Metallberufen (BIBB 2016a, 2016b, 2016c). Auch in der Auszubildendenstudie von Krüger und Laubach (2014) finden sich beim Ranking von 12 Ausbildungsberufen an der Spitze der/die Industriemechaniker/-in, gefolgt von Mechatroniker/-in und Zerspaner/-in. Wieder vergleichbar liegen Berufe mit elektronischem Schwerpunkt im Mittelfeld. Während bundesweit die Zahl der Auszubildenden im Bereich Fachinformatik im Jahr 2014 über 10.700 betrug (BIBB 2016d), wird dieser Beruf im Ranking von Krüger und Laubach (2014) gar nicht aufgeführt und in unserer Q2025-Studie nur von 1,1 % der Befragten unter den drei zahlenmäßig wichtigsten Ausbildungsberufen genannt.

Unter der Ausbildungsquote wird üblicherweise die Zahl aller sich in Ausbildung befindlichen Beschäftigten im Verhältnis zur Gesamtzahl aller Beschäftigten verstanden. Wir beschränken uns in unserer Q2025-Studie auch hier bewusst auf die gewerblich-technischen Auszubildenden. Über alle befragten Unternehmen hinweg liegt die gewerblich-technische Ausbildungsquote im Mittel bei 3,6 %. Die Verteilung nach Unternehmensgrößen verdeutlicht das Diagramm in der Abbildung links oben: Bei Befragten aus den großen Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten ist die Ausbildungsquote am niedrigsten mit 4,6 % und am höchsten mit 5,5 % bei den Unternehmen zwischen 100 und 499 Beschäftigten. Allgemein – also für alle Berufsrichtungen – liegt die Ausbildungsquote im Maschinenbau in 2014 bei 6,6% (vdma.org).

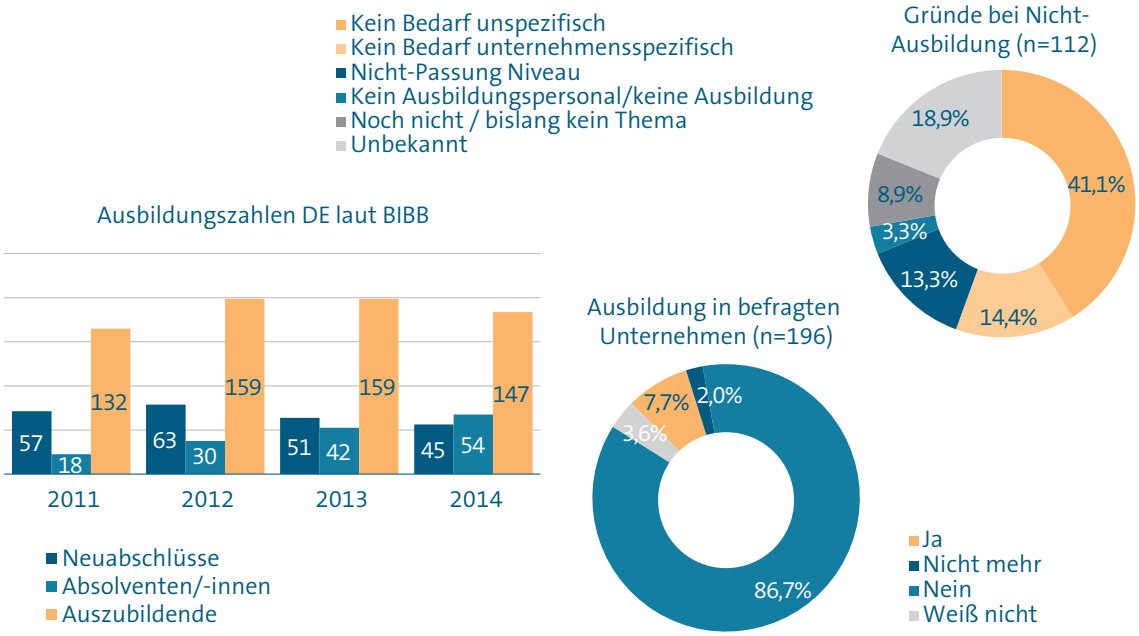
6.3 Berufsbild Produktionstechnologe/-in

Das in sehr kurzer Zeit entstandene Berufsbild Prozessmanager/-in Produktionstechnologie wird einerseits als Mechatronik mit mehr IT- und Prozesswissen und daher als besonders passend für die Anforderungen in der Industrie 4.0 gesehen (Müller 2012; Pfeiffer 2016). Andere verorten das Berufsbild dagegen als „eher dienstleistungsbezogen“ und daher von geringer Nähe zu Industrie 4.0 (Spöttl 2016, S. 143 und 166). Der seit 2008 ausgebildete wird Beruf bislang nur zögerlich angenommen (Schneider & Schomakers 2015). Laut Datenauszug des BIBB vom 14. Februar 2016 befinden sich seit 2011 bis Ende 2014 nicht einmal 160 Auszubildende in diesem Beruf und die Neuabschlüsse durchbrechen kaum die Marke von 50 Personen; die Zahl der Absolventen/-innen liegt bisher bei insgesamt 144 (BIBB 2016e).

Entsprechend gering sind auch die Zahlen in unserer Befragung: 86,7 % bilden dieses Berufsbild nicht aus, 7,7 % tun dies aktuell – ein trotz allem hoher Wert im Vergleich zu den bundesweiten Zahlen. Interessanterweise geben 2 % an, dieses Berufsbild nicht mehr auszubilden. Obwohl wir überwiegend mit Qualifizierung befasste Personen befragt haben, sind 3,6 % unsicher, ob das Berufsbild in ihrem Unternehmen ausgebildet wird (n = 196).

Das relativ junge Berufsbild, an das ein zweistufiges Fortbildungssystem anschließt, gilt als hoch innovativ (Müller 2012) und als vorausschauende Antwort des Dualen Systems auf die Anforderungen von Industrie 4.0 (Pfeiffer 2016). Wir haben gesehen, dass dennoch die Ausbildungszahlen bislang äußerst gering sind – sowohl bundesweit als auch im Sample unserer Online-Befragung (vgl. Kapitel → 4.3). Daher sind wir in der Online-Befragung und in den

Ausbildung zum/zur Produktionstechnologen/-in



Auszug BIBB-Datenblatt 2730 vom 14.02.2016, Zahlen bundesweit und für alle Zuständigkeitsbereiche im Vergleich zu Unternehmen in der Q2025 Erhebung; bei Gründen: Kategoriebildung aus offener Frage.

qualitativen Interviews den Einschätzungen zu diesem Berufsbild nachgegangen. Nachfolgend stellen wir zunächst die in der quantitativen Befragung genannten Gründe vor, warum dieses Berufsbild nicht ausgebildet wird. Im Anschluss geben wir einen Einblick in die Einschätzungen über diesen Ausbildungsberuf und das dazugehörige Fortbildungssystem aus der Perspektive der qualitativen Interviews.

Wer bei der Online-Befragung angegeben hatte, das Berufsbild nicht oder nicht mehr auszubilden, wurde in einer offenen Frage zu den dahinterliegenden Gründen gefragt. Diese Möglichkeit für teils längere und differenzierte Stellungnahmen wurde insgesamt von 112 Personen wahrgenommen. Von diesen nutzten allerdings 23 das Feld, um „keine Angabe“ oder „nein/keine Gründe“ einzutragen. Die verbleibenden Antworten haben wir zunächst inhaltlich kategorisiert. Demnach sagen 18,9 %, ihnen sei das Berufsbild unbekannt – ein angesichts der Zielgruppe der Befragung doch erstaunlich hoher Wert. Für 8,9 % gab es bislang einfach noch keinen speziellen Grund, sich mit dem Thema zu beschäftigen. Hier wird das „noch nicht“ betont.

Die Mehrheit von 41,1 % sieht keinen Bedarf für das Berufsbild, ohne dies näher zu spezifizieren, 14,4 % nennen unternehmensbezogene Gründe: Teils fehle es an Arbeitsplatz- und/oder Übernahmechancen, da häufig keine Produktion, Fertigung, Montage oder Endmontage vorhanden sei. Diese Bereiche wurden zuvor überwiegend ins Ausland verlagert, teilweise verortet sich das Unternehmen aber auch stärker im Bereich Engineering oder IT. In einem Fall wird die tariflich bedingte Übernahmeverpflichtung in ein mindestens befristetes Arbeitsverhältnis als „Hinderungsgrund für bestimmte Einstellungen“ genannt.

Interessant und widersprüchlich sind die Aussagen zur Einschätzung des Niveaus. Bei diesem Thema sind die Angaben im Online-Fragebogen auch am ausführlichsten. Im Kern zeigen sich drei Begründungsmuster – die so auch in den qualitativen Interviews zu finden sind.

Erstens werden die Anforderungen an das Berufsbild Produktionstechnologie deutlich höher eingestuft als diejenigen an einen üblichen gewerblich-technischen Ausbildungsberuf. Daher werden Maschinenbautechniker, Wirtschaftsingenieure oder andere Hochschulabsolventen

insbesondere aus dualen Studiengängen bevorzugt. Zwei exemplarische Zitate aus unseren qualitativen Interviews illustrieren das. Hier wird anders als im quantitativen Fragebogen aus der Perspektive der Unternehmen erzählt, die das Berufsbild ausbilden. Die Einschätzungen sind aber genauso gruppiert wie in der Online-Befragung und benennen das hohe inhaltliche Niveau an sich sowie die damit einhergehenden höheren Einstiegsvoraussetzungen:

> „Elektro-, Informatik- oder Mechatronik-Berufe reichen vom Niveau her ja schon fast an Studiengänge heran. Die sind schon upgegraded. [...] Ich war früher auch ein Verfechter des Upgradens von Berufsbildern, aber dabei ist man eben abhängig vom dualen Partner. Und da stellt sich die Frage, ob die Schule dem folgen kann. Da sagen natürlich viele Unternehmen: Das macht doch die Hochschule viel besser“ (EXV001_74-76).

> „[Wir] haben nur Abiturienten eingestellt und auch nur Leute, die über 18 waren, [...] aber wir haben auch das Abitur an der Stelle als Zugangsvoraussetzung gesetzt, weil sonst wäre das [gemeint ist die Ausbildung zum Produktionstechnologen] nicht zu packen gewesen“ (B003_32-33).

Zweitens werden das notwendige Alter, die erforderliche Reife und Erfahrung betont. So finden sich in der quantitativen Befragung die Aussagen, Reife und Erfahrung seien für den Umgang mit der geforderten Komplexität entscheidend, diese Fähigkeiten würden „in der Arbeit“ und „im Team“ entwickelt und daher nach der Ausbildung. Während in der Online-Befragung diese Argumente wiederum explizit genannt wurden, um die Entscheidung gegen dieses Berufsbild zu begründen, werden sie in den qualitativen Interviews von Personen vorgebracht, die mit der Ausbildung des Produktionstechnologen Erfahrung haben. Dabei wird auch problematisiert, wo die Auszubildenden die notwendigen Fähigkeiten überhaupt erwerben könnten:

> „Bestimmte Anforderungen an dieses Berufsbild finde ich ein bisschen schwierig, weil da kommt ein junger Mensch, es ist ja eigentlich nicht gedacht für Studienabgänger oder solche mit Abitur, sondern als ganz normales Berufsbild, im Extremfall gesehen für einen 15-Jährigen und das ist eigentlich so das jüngste Alter, für den ist es zu massiv. Wir vergleichen da praktisch 15-jährige junge Menschen mit irgendwelchen Abiturienten, die 18, 19 sind, das darf ich nicht. Die Erwartungshaltung ist dann zu hoch, was können die. Das kann ein junger Mensch gar nicht leisten mit 15. Der hat doch das Wissen und die Erfahrung nicht“ (A009_ 58-59).

> „Ja, da gibt es ja diese Prozesstechnologenausbildung und eigentlich müsste man den viel mehr im eigentlichen Prozess, in dem er später eingesetzt wird, auch ausbilden. Oder wahrscheinlich kriegt er die über die Jahre dann trotzdem, die Erfahrung, aber es ist wichtig, dass ich ein großes Prozessverständnis habe, also nach meiner Einschätzung, für uns war das wirklich ein Erfolgsfaktor“ (A003_47-51).

Drittens wird das Berufsbild als „zu eng“ und zu speziell eingeschätzt oder als „zu flach“ beschrieben, es mangele an „Kernkompetenz“ und „Tiefgang“. Diese letzte Beurteilung wird auch von den wenigen unterstützt, die in der Online-Befragung Gründe angeben, warum der Beruf in ihrem Unternehmen nicht mehr ausgebildet wird. Neben unspezifischen Aussagen findet sich jeweils eine zum nicht passfähigen Berufsschulangebot und eine zum Niveau. Hier wird die „reine Ausbildung“ als „sehr oberflächlich“ bezeichnet, sodass die Fachbereiche für das Berufsfeld wenige Einsatzmöglichkeiten

gesehen hätten. In den qualitativen Interviews sind ähnliche Einschätzungen zu hören, insbesondere wird in mehreren Interviews das Bild des Generalisten betont oder eines sehr informatik- und datenlastigen Berufs, dem dann aber die prozesstechnologischen Grundlagen fehlen können und der deshalb Nischencharakter behalten wird. Ein Beispiel:

> „[Der Produktionstechnologe] bildet was ab, was in Zukunft sehr viel notwendiger wird, nämlich das Einfahren von Anlagen in einer Gesamtheit. Es wird aber, sage ich mal, das klassische Thema des Mechatronikers, Elektronikers oder Mechanikers nicht ablösen können. Also ich glaube, das wird aufgrund der Vielzahl der Inhalte, die dann in die Ausbildung gestopft werden, ein hervorragender Generalist, der ein übergreifendes Prozessverständnis hat und das auch beraten kann und da gibt es definitiv mehr Einsatz, als vor fünf oder sechs Jahren, es wird aber, denke ich, die nächsten fünf, sechs, sieben Jahre noch eine Nische bleiben. Nur mit dem Produktionstechnologen können Sie weder eine Montage und schon gar keine Fertigung betreiben“ (B003_30-31).

Insgesamt also spiegeln die Ergebnisse der Q2025-Studie im quantitativen Erhebungsteil wider, was sich in den bundesweiten Zahlen zur Ausbildung des Berufsbilds andeutet: Fast jedem fünften Befragten ist das Berufsbild unbekannt. Viele sehen keinen betrieblichen Bedarf, was oft begründet wird mit der Abwesenheit von Produktion am eigenen Standort – teils wird hier der einzige Einsatzort für ausgebildete Produktionstechnologen/-innen gesehen, teils ist damit aber auch eine sinnvolle Ausbildung nicht möglich. Ins Auge fallen die sehr unterschiedlichen Bewertungen zum Niveau: Wer den Zieleinsatzort des Berufsbilds höher einstuft, sieht erfahrene und akademisch oder beruflich fortgebildete Mitarbeiter im Vorteil. Andere beklagen den fehlenden Tiefgang oder ein zu enges Spezialistentum. Inwieweit diese Aussagen auf echte Passungsprobleme zwischen Berufsbild und realer Anforderung hindeuten oder eher Ausdruck unzureichender Informationslage sind, lässt sich an dieser Stelle nur vermuten. So oder so zeigen die quantitativen wie qualitativen Daten: Das neue Berufsbild scheint anhaltende Image- und Marketingprobleme zu haben.

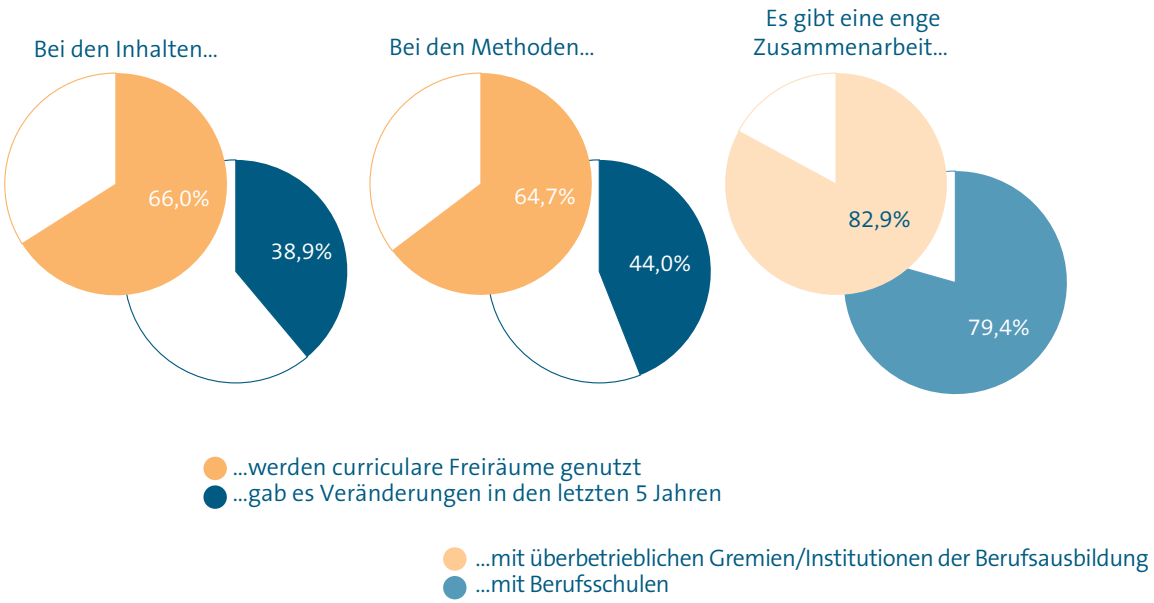
7 Qualifizierung heute: Betriebe

Unternehmen, die heute schon innovativ mit ihrer Erst- und Weiterbildung umgehen, wird es leichter gelingen, beide Bereiche auch an zukünftige Bedarfe geschickt anzupassen. Bevor wir mit unseren Befragten in die Zukunft der Qualifizierung blicken, wird hier zuerst der Ist-Stand abgebildet. Dabei geht es uns jedoch nicht um die Erfassung von formalen Daten wie der Ausbildungsquote oder Ähnlichem (vgl. dazu Kapitel → 6), sondern darum, wie innovativ die Befragten ihr Unternehmen im Umgang mit den Strukturen der Aus- und Weiterbildung einschätzen. Dazu betrachten wir in diesem Kapitel deskriptiv den Umgang der Unternehmen mit methodischen und inhaltlichen Innovationen innerhalb der Erstausbildung und innerhalb der Weiterbildung und leiten daraus drei Unternehmenstypen ab.

7.1 Methodische und inhaltliche Innovationen in der Erst- und Weiterbildung

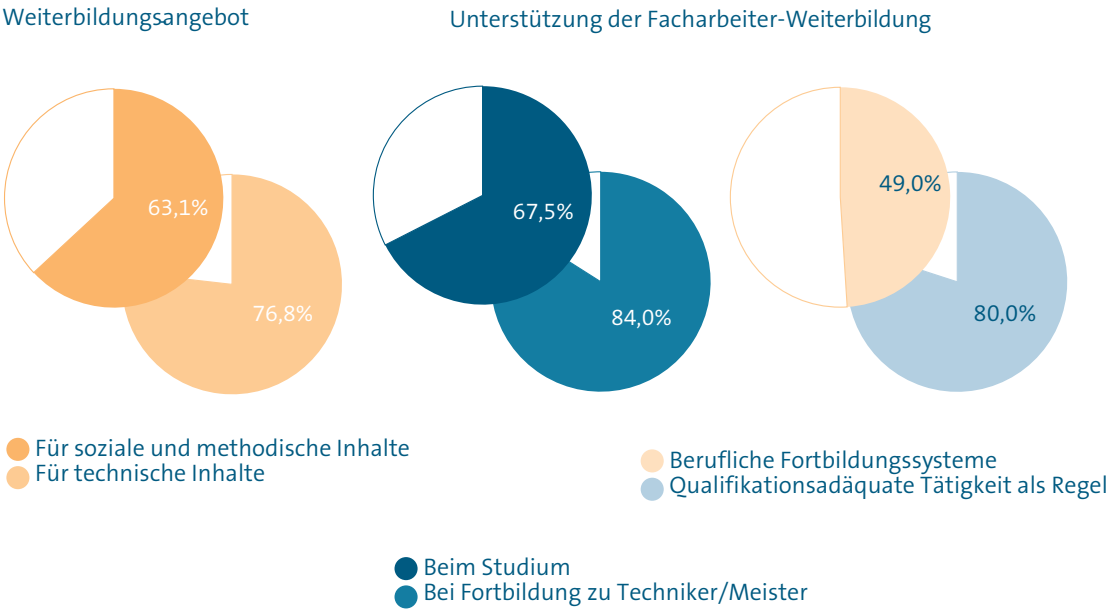
Eine Batterie von sechs Fragen zielt darauf, die Innovationsfähigkeit des Unternehmens in Bezug auf die Erstausbildung einzuschätzen. Dabei wird ermittelt, ob es in den letzten fünf Jahren weitgehend keine Veränderung gab und ob bestehende Freiräume im Curriculum der Erstausbildung erkannt und genutzt werden. Jeweils wurde nach inhaltlichen und methodischen Innovationen gefragt. Die grafische Darstellung zeigt die Prozentangaben für eine Bejahung, wobei die Ergebnisse bewusst von einer negativen in eine positive Beurteilung umcodiert wurden. Die dritte Darstellung fasst die Befunde zusammen, die eine enge Kooperation mit betrieblichen Akteuren belegen. Hier wird zwischen der Zusammenarbeit mit der Berufsschule sowie weiteren Gremien und Institutionen der beruflichen Bildung (wie Kammern, Arbeitsagenturen,

Innovationen in der Erstausbildung



Q2025: n=190 bis n=194.

Innovationen in der Weiterbildung



Q2025: n=190 bis n=194.

Prüfungsausschüsse etc.) unterschieden. Je höher der Zustimmungswert, desto innovativer wird das Unternehmen eingeschätzt.

Die Verteilung zeigt ein moderat innovatives und stark kooperatives Verhalten im Umgang mit der Erstausbildung. Zunächst scheint sich etwas mehr Bewegung bei den Methoden der Ausbildung als bei den Inhalten abzuzeichnen: 44 % geben an, dass sich in den vergangenen fünf Jahren in den Methoden der Erstausbildung etwas geändert hat, 38,9 % bejahen dies für die Inhalte. Bei der Nutzung der curricularen Freiräume liegen dagegen die Inhalte mit 66 % etwas vor den Methoden mit 64,7 %. Ein große Mehrheit erklärt, bei der Erstausbildung eng mit außerbetrieblichen Akteuren zusammenzuarbeiten: Gremien und Institutionen der Berufsausbildung werden mit 82,9 % häufiger als Kooperationspartner genannt als die Berufsschulen. Diese Zahlen vermitteln einen ersten Eindruck, in Kapitel → 7.2 zeigen wir auf, welche unterschiedlichen Innovationstypen sich im Bereich Erstausbildung identifizieren lassen.

Auch zur Weiterbildung wurden sechs Fragen gestellt. Uns interessierte, ob im Unternehmen Weiterbildungsangebote mit technischen oder sozialen und methodischen Inhalten existieren und inwiefern die Facharbeiter/-innen bei einer beruflichen oder akademischen Weiterqualifizierung unterstützt werden. Neben diesen beiden Aspekten wird die Weiterbildungsentscheidung von Beschäftigten auch davon beeinflusst, ob sie die Erfahrung gemacht haben, dass sich Weiterbildung lohnt. Deshalb fragten wir auch, ob beruflich Aufstiegsqualifizierte in der Regel ihrer Qualifikation entsprechend eingesetzt werden. Schließlich wollten wir wissen, ob das Unternehmen die neuen Fortbildungssysteme im Dualen System unterstützt, wie sie bei den IT-Berufen und beim Beruf des/der Produktions- bzw. Prozesstechnologen/-in bestehen.

Die Verteilung zeigt zunächst, dass in den Unternehmen technische Weiterbildungsangebot überwiegen: 76,8 % nennen technische, dagegen nur 63,1 % soziale und methodische Angebote. Facharbeiter/-innen erfahren mit 84 % eine deutlich höhere Unterstützung, wenn sie sich zum Meister oder Techniker fortbilden wollen als beim Schritt ins Studium – obwohl auch hier mit 67,5 % eine auffällig hohe Unterstützung signalisiert wird. Anders als es die früheren Debatten um den sogenannten Meister-„Stau“ nahelegen, sagen 80 % der Befragten, dass zum Techniker oder Meister Fortgebildete meist auch qualifikationsadäquat eingesetzt werden. Die

berufliche Fortbildung scheint sich also zu lohnen – zumindest aus Sicht der für Ausbildung und Personal Verantwortlichen. Auffällig hoch ist der Wert bei den beruflichen Fortbildungssystemen, wie sie etwa im Bereich der IT-Kernberufe oder beim Beruf des/der Produktions- bzw. Prozesstechnologen/-in zu finden sind: 49 % bejahen, dass solche Angebote im Unternehmen vorhanden sind. Möglicherweise erklärt sich die Zahl damit, dass diese Formen nicht allen Befragten bekannt sind und die Begriffe mit thematisch verwandten Weiterbildungsangeboten verwechselt wurden. Denn die geringen Ausbildungszahlen zum/zur Produktionstechnologen/-in (vgl. Kapitel → 6.3) widersprechen diesen Antworten ebenso wie die Tatsache, dass die IT-Berufe in den befragten Unternehmen eher in geringerer Zahl ausgebildet werden (Kapitel → 6.2).

7.2 Betriebliche Gestaltungsvarianten der Qualifizierung

In den qualitativen Erhebungen zeigten sich durchaus Unterschiede im Hinblick darauf, ob die Strukturen der Aus- und Weiterbildung genutzt werden, ob methodische und/oder inhaltliche Impulse von der Ausbildungsseite gesetzt werden oder nicht. Es fanden sich Beispiele sowohl für einen pro-aktiv gestaltenden Umgang wie auch für einen eher passiv abwartenden. Wird die Ausbildung als angemessen für das eigene Unternehmen wahrgenommen oder die Innovationsfähigkeit des Dualen Systems selbst als ausreichend eingeschätzt, erfolgt keine Innovation in der Erstausbildung. In der quantitativen Befragung zielen die Fragen zum Innovationsgrad in Bezug auf die Ausbildung jedoch nicht auf die einzelne Person sondern auf die Einschätzung der Befragten im Hinblick auf ihr Unternehmen. Diese bezieht sich jeweils auf methodische und inhaltliche Innovationen und wurde getrennt und mit teils unterschiedlichen Fragen für die Erstausbildung und für die Weiterbildung (→ 7.1) erhoben. Aus den sechs Fragen zur Erstausbildung bilden wir Unternehmenstypen zur Innovation innerhalb der Qualifizierung – also nicht zum Thema „Qualifizierung für Innovation".

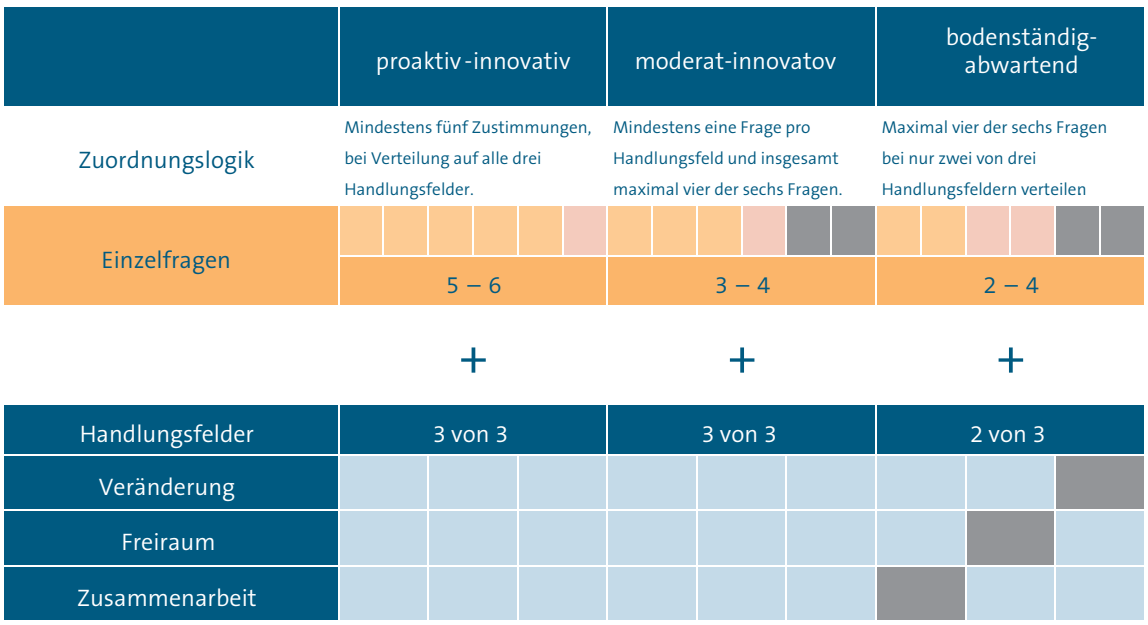
Auf der anderen Seite können höchst innovative Ausbildungsverantwortliche aus eigenem Antrieb starke Veränderungen in der Ausbildung bewirken – oft gegen die Einschätzung der Fachabteilungen, ob dies den realen Bedarf trifft. Diese diametralen Varianten der Gestaltung der Strukturen von Aus- und Weiterbildung können als Extremtypen von Ausbilderpersönlichkeiten interpretiert werden, zwischen denen es natürlich viele Mischformen gibt.

Doch diese Unterschiede können und sollen die folgenden Analysen anhand des quantitativen Materials nicht abbilden. Da Weiterbildung meist nur von größeren Unternehmen angeboten werden kann, bilden wir die nachfolgenden drei Unternehmenstypen bewusst nur in Bezug auf die sechs Fragen zum innovativen Umgang mit der Erstausbildung. Die drei Unternehmenstypen lassen sich drei Gestaltungsfeldern der Qualifizierungsinnovation zuordnen:

- **Gestaltungsfeld Veränderung**: zwei Fragen zu Veränderungen in den letzten fünf Jahren (methodischer oder inhaltlicher Art)
- **Gestaltungsfeld Freiräume**: zwei Fragen zur Nutzung curricularer Freiräume (in Bezug auf Methoden oder in Bezug auf Inhalte der Erstausbildung)
- **Gestaltungsfeld Zusammenarbeit**: zwei Fragen zur engen Zusammenarbeit mit überbetrieblichen Akteuren (Gremien des Berufsbildungssystems oder Berufsschule)

Bei der Bildung der Unternehmenstypen werden die Zustimmungen über alle Fragen hinweg und zu den Gestaltungsfeldern, in denen innovativ agiert wird, berücksichtigt. Die Varianten generieren sich also aus

Betriebliche Gestaltungsvarianten der Qualifizierung – Zuordnung



Q2025: Schema zu Gestaltungsvarianten der Qualifizierung.

einem Mix der Anzahl von Zustimmungen und der Breite der Nutzung über die drei Gestaltungsfelder. Das bedeutet im Einzelnen:

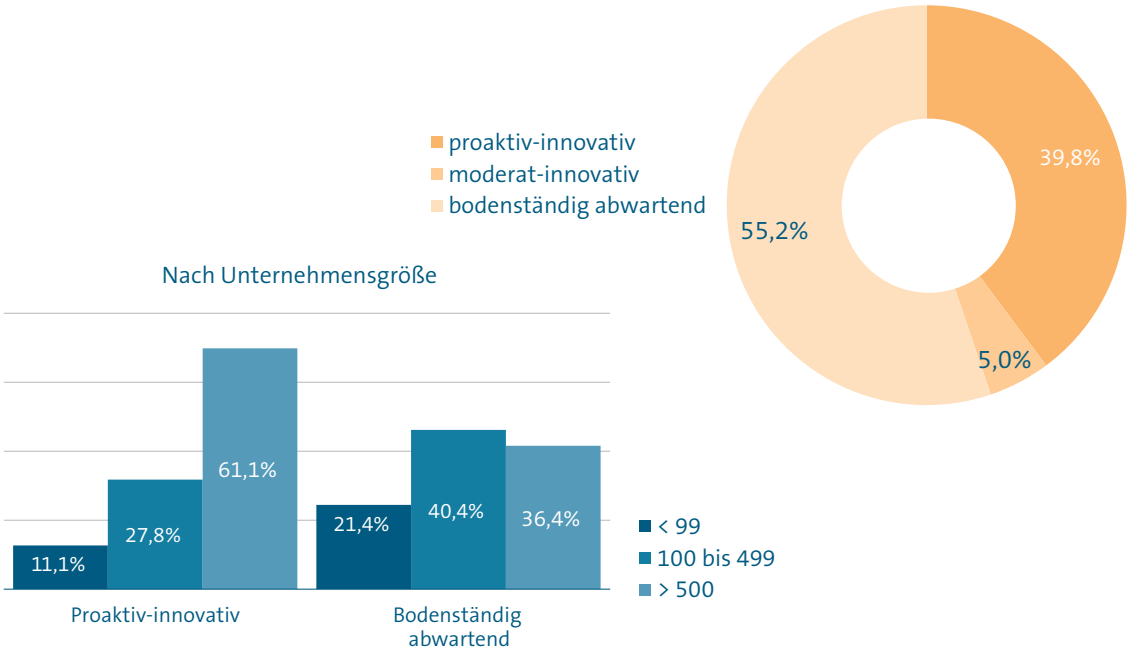
- **Betriebliche Gestaltungsvariante des proaktiv-innovativen Qualifizierers**: Hier werden nicht nur innovativ die Möglichkeiten innerhalb des Systems der dualen Berufsausbildung genutzt, sondern versucht dieses auch vielfältig zu beeinflussen. Zugeordnet werden Fälle mit insgesamt mindestens fünf Zustimmungen, die sich damit auf alle drei Handlungsfelder verteilen.

- **Betriebliche Gestaltungsvariante des moderat-innovativen Qualifizierers**: Solche Unternehmen nutzen die Möglichkeiten innerhalb des Systems der dualen Berufsausbildung teils innovativ und in allen drei Handlungsfelder. Zugeordnet werden Fälle, bei denen mindestens eine Frage pro Handlungsfeld und insgesamt maximal vier der sechs Fragen positiv beantwortet wurden.

- **Betriebliche Gestaltungsvariante des bodenständig abwartenden Qualifizierers**: Diese Unternehmen qualifizieren verlässlich im Rahmen des Systems der dualen Berufsausbildung und zeigen wenig eigenständige Veränderungsaktivität. Zugeordnet werden Fälle, bei denen maximal vier der sechs Fragen positiv beantwortet wurden und diese sich auf maximal zwei der drei Handlungsfelder verteilen.

Diese Gestaltungsvarianten besagen nicht, dass die weniger innovativ eingeschätzten Unternehmen nicht zu mehr Innovation im Bereich der Erstausbildung fähig und willens wären – es wird nur abgebildet, was bislang in den Unternehmen aus Sicht der Befragten an Veränderung im Bereich Qualifizierung umgesetzt wurde. Quantitativ dominieren wie in der qualitativen Erhebung die beiden sehr unterschiedlichen Gestaltungsvarianten: 39,8 % ordnen ihr Unternehmen bei den proaktiv-innovativen ein, die Mehrheit von 55,2 % sieht das Unternehmen aber in einem bodenständig abwartenden Modus. Nur eine kleine Gruppe von 5 % kann eindeutig als Mischform dieser beiden Gestaltungsvarianten betrachtet werden. Bei der Zuordnung der beiden dominanten Gestaltungsvarianten zeigt sich eine deutliche Tendenz: Die proaktiv-innovative Variante findet sich verstärkt in den größeren Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten.

Betriebliche Gestaltungsvarianten der Qualifizierung – Verteilung



Q2025: Verteilung und nach Unternehmensgröße (n=181).

7.3 Rolle der Ausbildung bei Innovationen im Unternehmen

Wie innovativ sich ein Unternehmen in der Erstausbildung zeigt, ist nicht nur eine Folge des mehr oder weniger innovativen Agierens der Personen, die für Ausbildung verantwortlich sind. Die Innovationsfähigkeit eines Unternehmens wird auch davon beeinflusst, wie stark und wie frühzeitig andere betriebliche Abteilungen – insbesondere die Bereiche Forschung und Entwicklung – die Ausbildungsseite über technologische Neuerungen informieren und in Veränderungsprozesse einbeziehen.

In der quantitativen Erhebung haben wir nach Formen, Intensität und Zeitpunkt dieses Einbezugs gefragt. Uns interessierte zunächst, wie Aus- und Weiterbildung generell bei Entwicklungs- und Veränderungsprozessen im Unternehmen berücksichtigt wird. Zudem wollten wir wissen, in welche Phasen von Entwicklungs- und Veränderungsprozessen die Aus- und Weiterbildung üblicherweise mit eingebunden ist.

In den beiden Balkendiagrammen (Abbildung rechts) werden die Werte entlang der Intensität der Zusammenarbeit zwischen Fachabteilungen und den für Qualifizierung Verantwortlichen (oben) und entlang der Phasen bzw. Zeitpunkte des Einbezugs (unten) dargestellt. Dabei fallen die extrem ausgeprägten Werte sofort ins Auge:

- die Ausbildung wird in der Mehrheit (50,3 %) als auf den Wandel reagierend und operativ ausführend gesehen;
- nur ein sehr kleiner Teil der Befragten (2,6 %) verortet die Quelle für Veränderungsimpulse in der Ausbildung außerhalb des Unternehmens;
- 8,3 % sehen die Ausbildung zu keinem Zeitpunkt in Veränderungsprozesse der Fachabteilungen einbezogen.

Die Fragen und Antwortmöglichkeiten für die quantitative Erhebung wurden abgeleitet aus den Befunden der qualitativen Interviews. Denn hier zeigten sich vier Typen der Einbindung, die jeweils nach Intensität und Zeitpunkt des Einbezugs zu unterscheiden sind.

Der Typ der **nachholenden Entkopplung** reagiert entweder gar nicht oder im Nachhinein auf bereits implementierte technische Veränderungen

in den Fachabteilungen, er wartet auf Veränderungsimpulse von außerhalb des Unternehmens. Diese Interviewaussage eines Ausbilders ist dafür charakteristisch:

> „Qualifizierung für die Zukunft? Gute Frage. Fällt mir gerade eigentlich nichts ein so speziell. [...] Also wir sind auf einem guten Weg, gerade mit den neuen [Produkten] – was wir alles haben. Und dadurch, dass ja alle unsere Ausbilder, die wir haben, in Prüfungsausschüssen tätig sind, haben wir ja auch immer wieder die absolut nötigsten Infos. Wir sind da ja aktiv mit dabei und steuern das dann auch so ein bisschen, sind da mitbeteiligt. Aber sonst fällt mir gerade nichts ein“ (A009_219-223).

Unter den Befragten fanden sich 8,6 %, die dem Typ der nachholenden Entkopplung zuzuordnen sind. Dieser geringe Anteil ist ein beruhigender Befund, kann dieser Typ hinsichtlich einer disruptiven, technischen Entwicklung doch als besonders problematisch gesehen werden. Allerdings könnte dieser Typ in der Befragung auch unterrepräsentiert sein.

Der Typ der **traditionellen Integration** lässt sich folgendermaßen charakterisieren: Die Ausbildung wird frühestens im Ausroll- oder Umsetzungsprozess des technischen Wandels durch die Fachabteilungen einbezogen, dies geschieht also erst, nachdem alle wesentlichen strategischen und planerischen Entscheidungen gefallen sind. Die Ausbildung reagiert auf diese Entscheidungen und setzt sie operativ um, die Qualifizierungsinhalte werden aus technischen Gegebenheiten abgeleitet. Folgende Interviewaussagen illustrieren exemplarisch diesen Typ:

> „[Schilderung zu einer technischen Neuheit: ist] noch nicht aufgeschlagen. Nein. Also direkt noch nicht, das kommt natürlich auch auf die Bereiche an, weil hier in der Ausbildung, wir sind sehr zu mit Arbeit, also richtig viel Arbeit und kümmern uns eigentlich um die Azubis und da ist das natürlich immer schwierig, dass man alles immer gleich live mitkriegt, sobald das kommt. Das ist halt immer ein Zeitproblem heutzutage oft. (...) In der Regel wird [eine technische Neuheit] erst mal im Mitarbeiterbereich eingeführt, dort praktiziert und unsere Auszubildenden sind ja so, dass die letztendlich im ersten, aber stärker ab dem zweiten Ausbildungsjahr schon in der Produktion beschäftigt sind, also, sie bekommen das letztendlich nach wie vor in den Abteilungen mit“ (B007_20-23).

In der quantitativen Erhebung zählen mit 41,4 % die meisten Befragten zu diesem Typ der traditionellen Integration. Dieser Einbindungstyp erweist sich bei inkrementellem Wandel durchaus als verlässlich und tragfähig, könnte aber bei einem stark disruptiven Wandel möglicherweise an seine Grenzen stoßen.

Ein dritter Typ kann als **mitgestaltende Interaktion** gelabelt werden. Er tauscht sich vielfältig mit den Fachabteilungen aus und greift auch gestaltend in die Prozesse ein. Die gestaltende Zusammenarbeit ist gelebter Alltag, wie die nachfolgende exemplarische Interviewpassage zeigt, und kann gerade deshalb auch bei neuen und stärker disruptiven Anforderungen genutzt werden:

> „Was wir jetzt ganz neu noch mal aufrollen werden, ist das Thema Ausbildungsbeauftragter, also diese dezentralen Ausbilder, die dann dort an den einzelnen Lernorten installiert sind, dass die eine aktivere Rolle einnehmen und sich stärker bei diesem ganzen Ausbildungsprozess dann mit integrieren. Ich sage mal bewusst einbringen. Heute finden Sie es oft noch so, dass Sie jemanden in eine Abteilung steuern, es dort aber keine dezidierten Ausbildungspläne gibt, sondern so eine Abteilung hat eine gewisse Aufgabenstellung und dann wird der dahingesteuert, um jetzt zum Beispiel ein Modul wie jetzt so [eine technische Neuerung] kennenzulernen. Aber da steht jetzt nicht im Kleinen drin, was da jetzt an einzelnen Feinlernzielen dort durchlaufen werden sollen. Und das ist ein Thema, das kann ich

> auch zentral von der Ausbildungswerkstatt aus eigentlich nicht erstellen. Da brauche ich die Leute aus der Praxis, die müssen das sagen, auf was kommt es dort an und so weiter. Und dann werden wir gemeinsam mit diesen Ausbildungsbeauftragten diese dezentralen Lehrpläne erstellen, damit wir einfach auch in der Lage sind, zum Beispiel jemanden gezielt für ein gewisses Lernziel an einen einzelnen Ort zu steuern“ (E001_49).

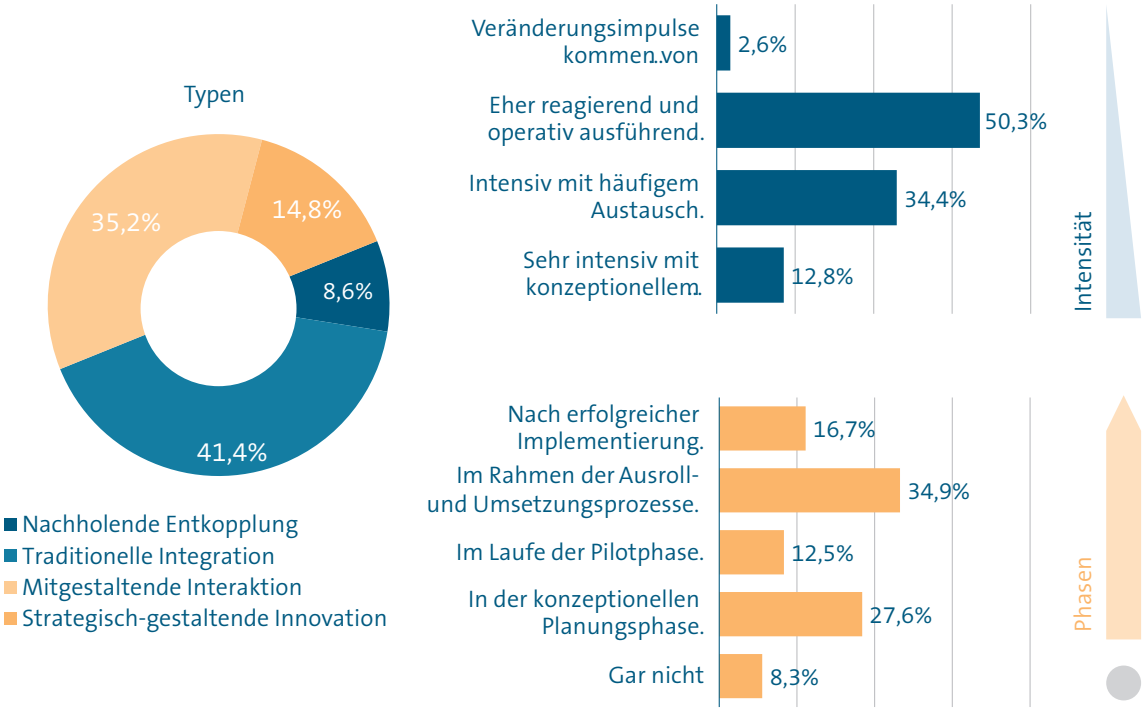
In den quantitativen Analysen wurden diesem Typ nur die Fälle zugeordnet, bei denen von der Pilotphase an und bis in die Ausroll- und Umsetzungsprozesse hinein ein intensiver und häufiger Austausch zwischen Ausbildung und Fachabteilung stattfindet. Mit 35,2 % ist dieser Typ der mitgestaltenden Interaktion die zweitgrößte Gruppe.

Der vierte in den qualitativen Interviews identifizierbare Typ der **strategisch-gestaltenden Innovation** lebt von einer frühzeitigen und engen Verzahnung von Innovation und Ausbildung und scheint für disruptiven Wandel besonders geeignet: Die Einzelabfrage belegt bei 12,8 % einen sehr intensiven und konzeptionellen Beitrag zum Wandel und weitere 12,5 % sehen die Ausbildung zeitlich schon während technischer Pilotphasen integriert. Die strategische und konzeptionelle Fähigkeit dieses Typs zeigt sich insbesondere darin, bei technologischem Wandel in den Fachabteilungen nicht nur zu fragen, was das inhaltlich für die Ausbildung bedeuten könnte, sondern auch methodische Fragen an das eigene Tun zu richten. Das nachfolgende Zitat steht exemplarisch für eine solche Ausprägung:

> „Ich glaube, dass wir weg müssen [...] von der inhaltlichen Dominanz, hin zu einer methodischen Dominanz. [...] Was heißt denn Industrie 4.0 in Bezug auf die Methoden, die wir in der Ausbildung anwenden? Und da wiederum gesagt: mir ist ein Methodentraining 1000 Mal lieber, als noch mal fünf Lehrgänge machen. Weil die fünf Lehrgänge mögen jetzt gelten, aber niemals präventiv auf lange Sicht. Das wird nicht funktionieren“ (A004_18).

Diese beiden Passagen verdeutlichen die Haltung dieses Einbindungstyps besonders eindrücklich. Dabei ist zu betonen, dass dieser Interviewpartner in seiner Grundsätzlichkeit der Infragestellung bestehender Strukturen sicher die innovativste Ausprägung dieses Typs darstellt. Quantitativ haben wir diesen Typ schlichter gebildet aus Fällen, bei denen die Integrationsart als sehr intensiv und mit konzeptionellem Beitrag charakterisiert und gleichzeitig der zeitliche Einbezug von der konzeptionellen Planungsphase an bis zur Ausroll- und Umsetzungsphase von Veränderungsprozessen verortet wurde. Dem so gebildeten Typ einer **strategisch-gestaltenden Innovation** lassen sich 14,8 % der Befragten zuordnen. Da hier die Bereitschaft am höchsten ausgeprägt ist, auch die Ausbildung selbst als Innovations-„Objekt“ zu sehen, scheint dieser Typ besonders prädestiniert, mit disruptivem Wandel umzugehen. Möglicherweise aber gelingt es diesem Typ weniger gut als dem mitgestaltenden interaktiven Typ, dabei auch die Bedarfe der Fachabteilungen ausreichend gut abzubilden. Diese haben auch bei starkem technologischem Wandel das weiterlaufende Tagesgeschäft und unveränderte Technikanforderungen zu betreuen.

Rolle der Ausbildung bei Wandel im Unternehmen



Q2025: Formen und Intensität (n=195), Phasen und Zeitpunkt (n=192); keine Mehrfachnennung möglich.

Die letzte Bemerkung zeigt schon – und diese Erkenntnis ist ein Ergebnis des systematischen aufeinander Beziehens von qualitativen und quantitativen Auswertungen –, dass es nicht um ein Innovations-Ranking gehen kann oder um die Beschreibung eines vermeintlich einzig tauglichen Modells zur Bewältigung von Industrie 4.0. Nicht zu vergessen ist zudem, dass die hier näherungsweise qualitativ beschriebenen und quantitativ eingeschätzten Typen immer Ausprägungen eines komplizierten und sich ständig verändernden Zusammenspiels von individuellen Akteuren, technischen und sachlichen Gegebenheiten, konkreten Rahmungen des Berufsbildungssystems und betrieblichen Strukturen darstellen. Die hier gezeigten Typen geben also nicht an, welcher Ausbildungstyp zu suchen oder zu qualifizieren ist, sondern wie vielfältig Ausbildung und Fachabteilungen heute schon bei der Gestaltung des Wandels zusammenarbeiten. Die zahlenmäßige Verteilung der vier aus dem empirischen Material extrahierten Typen (Grafik in der Abbildung links) belegen vor allem eines: Während der am wenigsten zukunftsfähige Typ mit 8,6 % an geringsten ausgeprägt ist, verweisen die beiden deutlich gestaltend agierenden Typen mit zusammen 50 % auf eine bereits hohe Agilität im Ausbildungsbereich. Die zentrale Herausforderung im Hinblick auf Qualifizierung 2025 dürfte wohl darin liegen, den zahlenmäßig am stärksten vertretenen Typ der traditionellen Integration stärker in Richtung gestaltender und konzeptioneller Veränderungsbereitschaft zu entwickeln, ohne dabei aber deren Rolle als verlässlichem Träger erfolgreicher und innovationsfähiger Anpassung zu gefährden.

8 Industrie 4.0 heute: Wandel und Digitalisierung

Industrie 4.0 ist vor allem ein Begriff und ein Diskurs (Matuschek 2016, Pfeiffer 2015c). Deswegen ist es wichtig, zwischen objektiv schon vollzogenen Digitalisierungsschritten und den Zukunftsvisionen und/oder -strategien zu unterscheiden. In diesem Kapitel stellen wir zunächst – soweit sich dafür eindeutige Messindikatoren finden lassen – Zahlen zu aktuellen Umsetzungen von Industrie 4.0 (oder vorbereitenden Digitalisierungsschritten) vor, in Kapitel → 9 gehen wir auf die Vorstellungen zu weiteren Entwicklungen ein.

Wir versuchen nun ein möglichst an technologischen Ausprägungen orientiertes Bild des Ist-Standes zu zeichnen und geben einen Einblick in die Fertigungstypen und den Komplexitätsgrad in den von uns online befragten Unternehmen. Aus dieser Einordung allein lässt sich der Stand einer möglichen Industrie-4.0-Umsetzung noch nicht ableiten, sie verdeutlicht aber, auf welchen heutigen Komplexitätsgrad weitere Digitalisierungsschritte treffen. Im nächsten Schritt erläutern wir die eigenen Erhebungen zu verschiedenen Aspekten des technologischen und organisatorischen Wandels und vergleichen diese direkt mit den entsprechenden Daten aus der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung für den Maschinen- und Anlagenbau für das Branchengesamt in Deutschland. Danach betrachten wir den Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 in den von uns befragten Unternehmen und stellen diesen den Daten aus der größer angelegten Readiness-Studie gegenüber. Schließlich zeigen wir die aus den qualitativen Interviews abgeleiteten Einschätzungen zu den fünf besonders relevanten technologische Facetten von Industrie 4.0, die mit der Q-Methode (Kapitel → 4.2.2) gewonnen wurden. Diese Ergebnisse sind später auch grundlegend für die Schlussfolgerungen zu konkretem Qualifizierungsbedarf (Kapitel → 14).

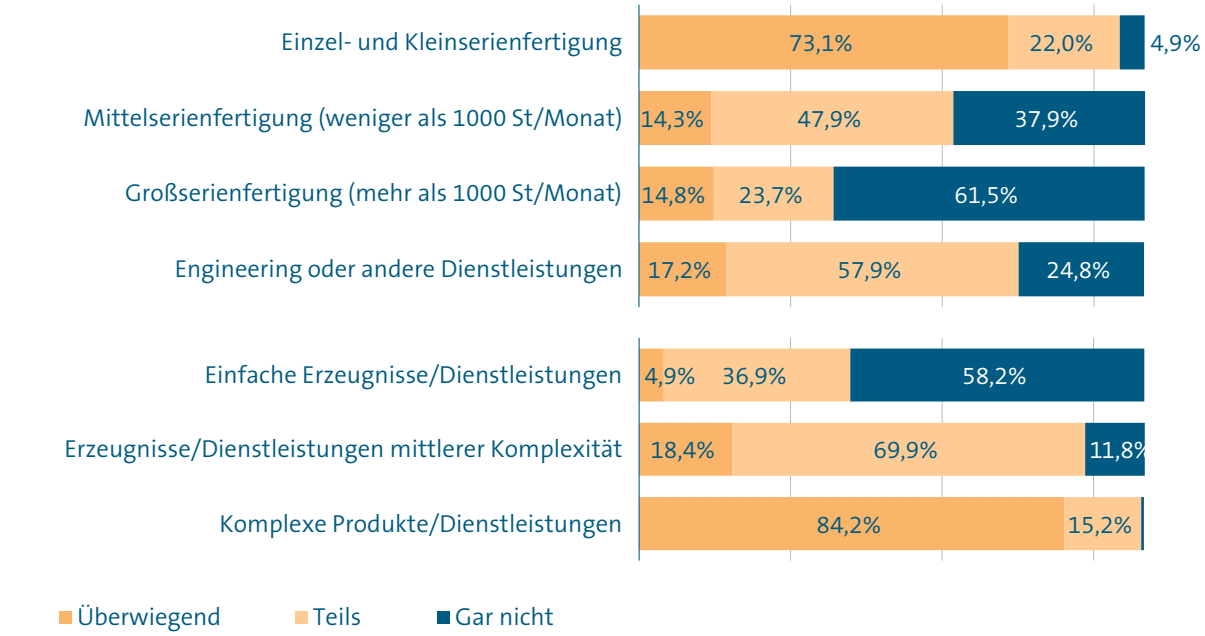
8.1 Fertigungstyp und Komplexität

Losgröße 1 und personalisierte Produkte werden häufig als eine der zukünftigen Zielgrößen von Industrie 4.0 thematisiert (Kagermann et al. 2013). Für den Maschinen- und Anlagenbau ist dies allerdings in vielen Bereichen längst eine Realität, die sich weniger als Folge neuer Digitalisierungsschritte erst ergibt, sondern als fast traditionelle Reaktion auf typische Märkte, Kunden und Produkte gesehen werden kann. Paradigmatisch steht hierfür natürlich der Sondermaschinenbau, aber auch viele Serienanbieter in der Branche sind gleichzeitig auf technologisch spezifische Applikationsentwicklungen und Engineering-Dienstleistungen spezialisiert. Kleine Serien, kundenspezifische Aufträge und hohe Komplexität – das ist typisch für die Branche und spiegelt sich auch in den von uns befragten Unternehmen wider: Mit 73,1 % gibt die deutliche Mehrheit an, vorrangig in Einzel-und Kleinserien zu fertigen, während nur 14,8 % vor allem in großen Serien produzieren. Immerhin 17,2 % der Befragten ordnen sich dem Bereich von überwiegenden Engineering- und anderen Dienstleistungen zu und 57,9 % geben hier „teils“ an. Auch beim Komplexitätsgrad der angebotenen Produkte und/oder Dienstleistungen zeigt sich ganz offensichtlich: Die deutliche Mehrheit von 84,2 % die befragten Unternehmen sieht sich im Bereich höchster Komplexität.

8.2 Wandel und Digitalisierung

Beschäftigte im Maschinenbau erleben bereits heute einen vielseitigen Wandel, den sie mit entsprechenden Kompetenzen erfolgreich bewältigen. In der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 wird die Veränderung auf mehreren Ebenen für die letzten zwei Jahre ermittelt. Gefragt wird nach dem Wandel des Unternehmens, beantwortet wird dies aus einer subjektiven und sicher stark vom Arbeitsplatz und der eigenen Tätigkeit bestimmten Perspektive. Zu den verschiedenen Dimensionen des Wandels wurde dabei explizit angemerkt: „Gemeint ist dabei jeweils wirklich Neues, keine Ersatzbeschaffung oder Updates.“ Die nachfolgende Grafik vergleicht die Angaben aus der Branche Maschinen- und Anlagenbau (n = 518) mit denen über alle Branchen hinweg (n = 20.036) (vgl. Klein et al. 2015).

Fertigungstyp und Komplexität



Q2025, n=187.

Schon ein erster Blick auf die Grafik zeigt: Der Maschinen- und Anlagenbau wandelt sich in den meisten Dimensionen stärker und damit insgesamt vielfältiger als dies aus der Perspektive der Gesamtheit der Beschäftigten in allen Branchen Deutschlands der Fall ist.

Wesentlicher Treiber des Wandels im Maschinen- und Anlagenbau ist ganz offensichtlich die Digitalisierung: Mit 51,7 % führt dieser Wert das Ranking an und liegt über dem Einfluss dieser Dimension auf alle Branchen in Deutschland (45,3 %). Auf diesen hohen Wert folgen dicht der Wandel durch neue Maschinen und Anlagen (48,8 %) und durch neue Verfahrens- und Fertigungstechnologien (45,9 %). Bei diesen industriellen Dimensionen offenbaren sich erwartungsgemäß größere Unterschiede zu den Angaben im Branchengesamt (34,2 % und 33,6 %). Denn in diesen Zahlen spiegelt sich die für die Branche charakteristische enge Verschränkung von Digitalisierungs- und Verfahrens- bzw. Produktionstechnologie wider. Der Maschinen- und Anlagenbau zeigt in diesen ersten drei Dimensionen eine überdurchschnittliche Wandlungsfähigkeit im Vergleich zu allen Branchen in Deutschland – und damit eine Beweglichkeit, die dem oft gezeichneten Bild des trägen und hinterherhinkenden Mittelstands kaum entspricht.

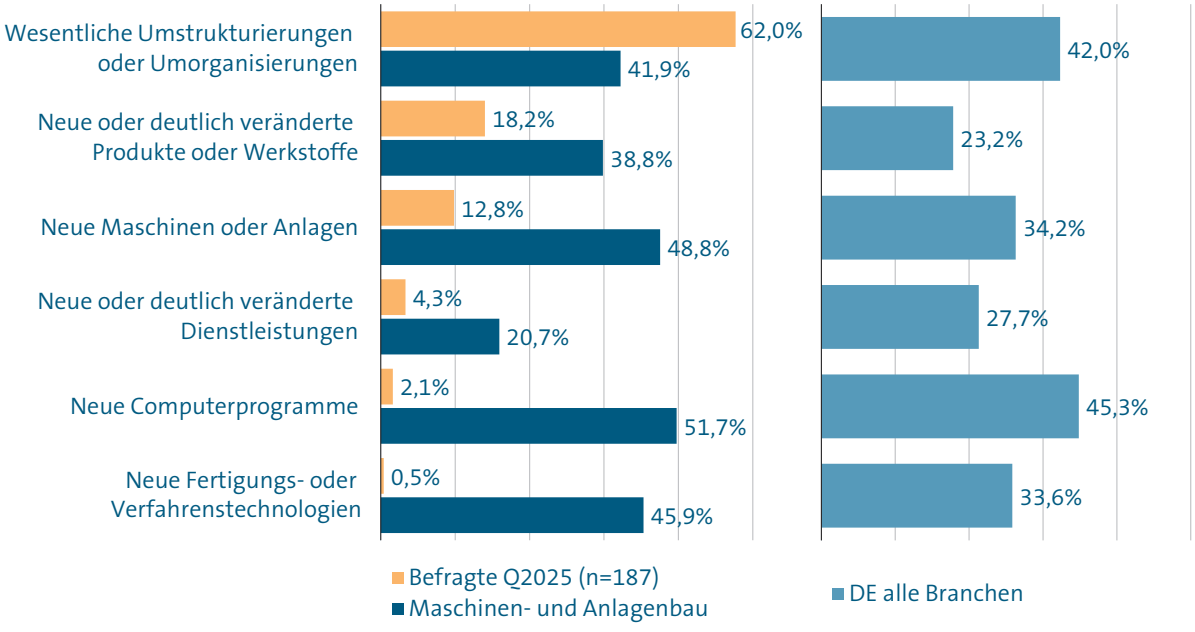
Wandel aber vollzieht sich immer weniger nur auf der technischen Ebene: Einen organisationalen Wandel durch Umstrukturierungen oder Umorganisierungen haben 41,9 % der Beschäftigten in der Branche erlebt; hier liegt die Branche also fast gleichauf mit dem Wert für ganz Deutschland (42 %). Während sich Wandel durch neue oder deutlich veränderte Produkte bzw. Werkstoffe im Maschinen- und Anlagenbau mit 38,8 % wesentlich häufiger vollzieht als im deutschen Branchenmittel (23,2 %), findet sich ein anderes Bild bei neuen oder deutlich veränderten Dienstleistungen – der einzigen Dimension, bei der im Maschinen- und Anlagenbau mit 20,7 % weniger Wandel erlebt wird als über alle Branchen hinweg (27,7 %).

Dieses Ergebnis lässt sich als Beleg für die oft beklagte Schwierigkeit der Branche interpretieren, beispielsweise über serviceorientierte Dienstleistungen (wie Betreibermodelle oder Fernwartung) zusätzliche Wertschöpfungspotenziale zu

generieren. Auch aus Perspektive der klassischen Unterscheidungen zwischen Produkt-, Prozess- und Geschäftsmodellinnovation läge es nahe, den Maschinen- und Anlagenbau als besonders stark im Bereich technikgetriebener Prozessinnovation und vergleichsweise schwächer bei den Produkt- und Geschäftsmodellinnovationen zu sehen. Diese Einordnungen lassen sich jedoch aus den Daten nicht eins zu eins ableiten. Erhoben wird nicht der Innovationsgrad von Unternehmen, sondern der erlebte Wandel aus Sicht der Beschäftigten – hier wird es oft Überschneidungen geben, die Mikroebene des Beschäftigten übersetzt sich nicht immer in die Mesoebene des Unternehmens oder gar die Makroebene einer ganzen und zudem extrem heterogenen Branche.

Wichtig für die Frage nach Qualifizierungsbedarfen ist jedoch angesichts aller Werte zum Wandel vor allem dreierlei: Erstens unterliegen die Beschäftigten im Maschinen- und Anlagenbau besonders stark dem digitalen Wandel. Zweitens ist der erlebte Wandel vielfältiger und drittens in fast allen Dimensionen umfassender als im branchenübergreifenden Vergleich. Die Beschäftigten in der Branche können also Wandel – auch den digitalen; das ist für sie keine neue Herausforderung (insbesondere da sich die Frage auf den Wandel zwischen 2010 und 2012 bezog – also auf einen Zeitraum, in dem die Debatte um Industrie 4.0 gerade erst begann). Die Daten legen zudem nahe, dass Beschäftigte im Maschinenbau im bundesweiten Branchenvergleich auch beim organisationalen Wandel nach innen keine Defizite aufweisen. Ob die bisherige Befähigung zum Wandel auch zukünftig ausreicht und ob möglicherweise gerade im Bereich Dienstleistung die entscheidenden Herausforderungen bei der Qualifizierung liegen – das kann der rückwärtsgewandte Blick

Wandel und Digitalisierung



BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012, Maschinenbau (n=518), DE (n=20.036), eigene Berechnung.

in die Daten der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung nicht beantworten, sondern wird im weiteren Verlauf dieser Studie zu klären sein.

Analog zur BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung haben wir in unserer Online-Erhebung nach Veränderungen im Unternehmen in den letzten zwei Jahren (2010 bis 2012) gefragt und zwar bewusst mit den gleichen Schwerpunktsetzungen. Die Grafik zeigt eine augenfällige Diskrepanz zwischen den Werten der Branchenergebnisse aus der BiBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung und den Angaben der Q2025-Befragten. Ohne hier die einzelnen Werte referieren zu wollen, wird Zentrales sichtbar:

- Erstens führt die Spitze des Rankings an, was in der Branche generell eher im Mittelfeld zu finden ist: Den organisatorischen Wandel (Umstrukturierung und -organisierung) sehen die Befragten mit 62 % als stärksten Wandeltreiber.

- Zweitens fällt auf, dass neue Computerprogramme und damit Digitalisierung nur für 2,1 % der Q2025-Befragten eine Rolle spielen – ein extremer Unterschied zum Wert von 51,7 % für die Branche insgesamt.

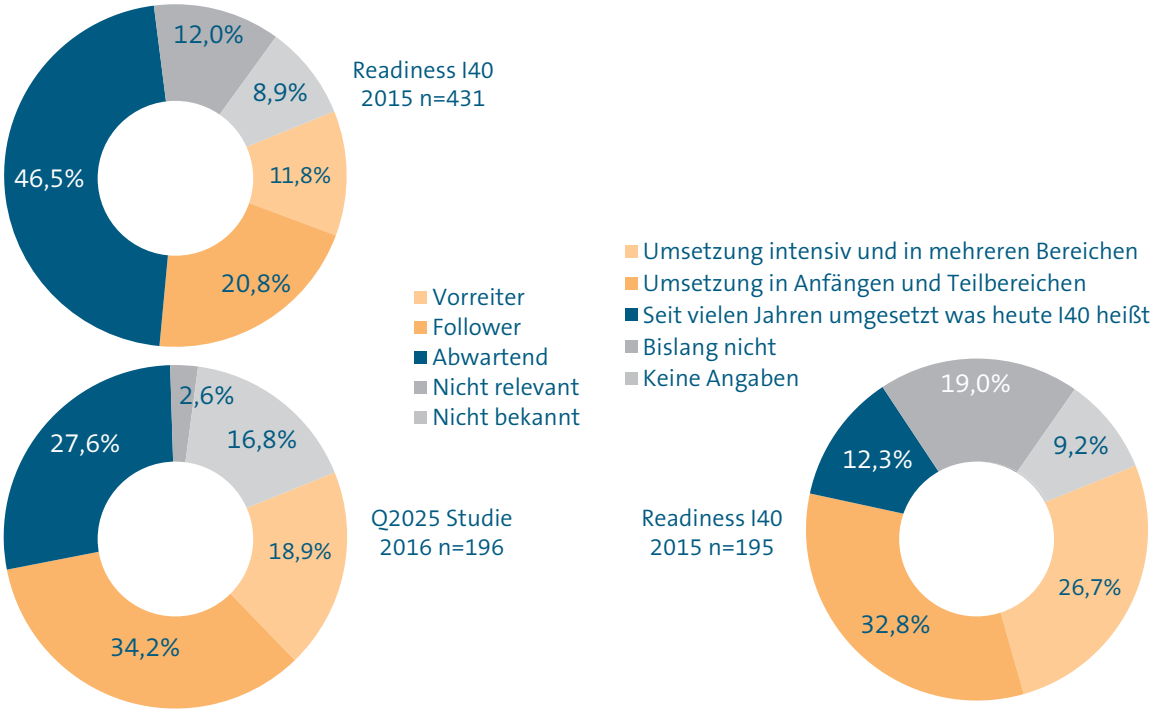
- Drittens sind die einzelnen Dimensionen bei den Q2025-Befragten mit Ausnahme des Spitzenwerts fast durchgängig geringer ausgeprägt – der Wandel wird von unseren Befragten also als weniger vielfältig erlebt als im Branchenvergleich.

Da die Q2025-Befragten überwiegend aus den Bereichen Personal und Qualifizierung stammen und in ihren Berufsbiografien eher nicht-technische Qualifizierungswege dominieren (Kapitel → 4.3.2), lässt sich dieser Unterschied teilweise mit dem aus ihrer Funktion und ihrem Werdegang gewonnenen Blick erklären. Personen in diesem Verantwortungsbereich haben sachlogisch mehr mit organisationalem als mit technischem Wandel zu tun und sind mit diesem auch selbst stark befasst. Es kann sich aber auch um einen Effekt handeln, den wir bereits an anderer Stelle beschreiben: Der Qualifizierungsbereich ist tendenziell von den FuE-Maßnahmen im Unternehmen entkoppelt (Kapitel → 7.3). Wo auch immer die Gründe liegen: Die für Qualifizierung Zuständigen erleben den digitalen Wandel deutlich weniger stark als die Beschäftigten, für deren Qualifizierung sie verantwortlich zeichnen, das zumindest ist angesichts des unter dem Stichwort Industrie 4.0 erwarteten Wandels ein bedenkenswerter Befund.

8.3 Quantitative Verbreitung in den Unternehmen

Selbst Unternehmen mit einem hohen Komplexitätsgrad bestehender Produkte und Dienstleistungen sowie diversen Fertigungstypen können sich als wenig wandlungsfähig erweisen. Gerade wenn das bisherige Produkt- und/oder Dienstleistungsportfolio auf dem Weltmarkt kontinuierlich Erfolg hat und das Unternehmen als „hidden champion“ über viele Jahre eine Nische erfolgreich besetzt, scheint sich starker Wandelbedarf zunächst akut nicht zu ergeben. Über die Wandlungs- und Innovationsfähigkeit sagen damit die oben dargestellten Zahlen allein noch nichts aus. In unserer quantitativen Erhebung haben wir beim Thema Industrie 4.0 in Bezug auf das Unternehmen wiederum auf vorhandene Frageitems zurückgegriffen, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten: In diesem Fall haben wir die Fragen zur Selbsteinschätzung aus der Readiness-Studie (2015) verwendet. Die Grafiken links stellen die Prozentzahlen zu den Einschätzungen für beide Studien gegenüber. Dabei sehen die Befragten der Q2025-Studie ihre Unternehmen beim Thema Industrie 4.0 häufiger als Vorreiter (18,9 %) und Follower (34,2 %) als in der Vergleichsstudie (11,8 % und 20,8 %). Gleichzeitig fällt auf, dass in unserer Q2025-Erhebung nur 2,6 % das Thema Industrie 4.0 als nicht relevant für ihr Unternehmen einschätzen, während es in der Readiness-Studie 12 % sind.

Industrie 4.0 heute



Q2025 Erhebung im Vergleich zu Daten Unternehmensregister nach der Readiness-Studie (Lichtblau u. a. 2015)

Allerdings sagen deutlich mehr Befragte unserer Erhebung, dass das Thema im Unternehmen nicht bekannt ist (16,8 % gegenüber 8,9 %).

In beiden Studien wird – das ist zu beachten – jeweils die Einschätzung von Personen über das Unternehmen abgefragt. Dieses Urteil mischt sich zwangsläufig mit der eigenen Vertrautheit mit dem Thema. Um – soweit möglich – zwischen Person und Unternehmen zu trennen, haben wir beides einzeln erhoben. Wie schon dargestellt findet sich auch ein polarisiertes Bild bei den Befragten: hohe Befasstheit mit dem Thema einerseits und große Ferne dazu andererseits (vgl. Kapitel → 4.3.2). Der breitgeführte Diskurs zu Industrie 4.0 und das unterstellte Hinterherhinken des Mittelstandes können Effekte „sozialer Erwünschtheit“ hervorrufen. Man neigt möglicherweise dazu, dass eigene Unternehmen besser einzustufen, als es ist. Daher haben wir in einer Frage den Umsetzungsstand zu Industrie 4.0 ermittelt, also das gleiche Thema etwas konkreter gefasst. Hier bestätigt sich das polare Bild, das in den anderen Ergebnissen schon anklang: 19 % bemerken bislang keine Umsetzung im eigenen Unternehmen und immerhin 9,2 % können dazu nichts sagen. Zwei Drittel aber sehen sich schon mit aktiver Umsetzung befasst, davon 25,7 % intensiv und in mehreren Unternehmensbereichen und 32,8 % in Anfängen und Teilbereichen. 12,3 % sind der Meinung, im Unternehmen seit Jahren vieles umgesetzt zu haben, was heute als Industrie 4.0 bezeichnet wird. Weiter unten werden wir uns mit konkreten Technikfacetten von Industrie 4.0 beschäftigen und dann sehen, ob sich diese generelle Einschätzung bestätigt.

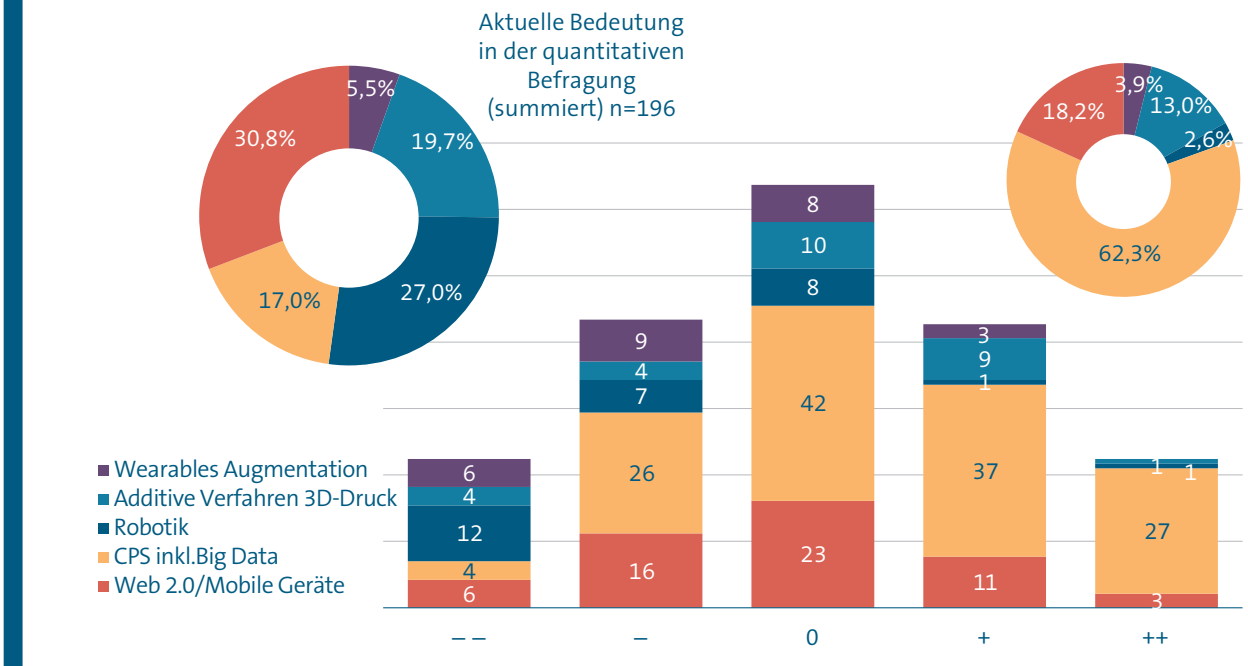
Als Fazit der quantitativen Erhebungen lässt sich festhalten: (Digitaler) Wandel und Komplexität sind charakteristisch für die befragten Unternehmen. Auch das Thema Industrie 4.0 scheint in den Unternehmen weitgehend angekommen zu sein. Demnach müssen sie auch heute schon bei der Qualifizierung auf diese Herausforderung reagieren.

8.4 Aktuelle Bedeutung einzelner Technologien

Fünf technologische Aspekte wurden nach ihrer Bedeutung heute und bis 2025 abgefragt. Uns interessierte dabei insbesondere, wie sich diese Technologien auf die Qualifizierung auswirken (Pfeiffer 2015b). Die fünf Facetten haben wir identifiziert auf Basis einer systematischen Literaturstudie aller relevanten Publikationen zum Begriff Industrie 4.0 zwischen 2011 und 2015 (siehe auch methodische Grundlagen der Q-Methode in Kapitel → 4.2.2). Die Begriffe wurden im Online-Fragebogen kurz wie folgt erläutert:

- **Web 2.0/Mobile Geräte**: Nutzung von webbasierten Tools z.B. zur Kommunikation über Schichteinsatz in der Produktion und/oder Verwendung von mobilen Endgeräten wie Tablets zur Überwachung/Steuerung von Maschinen.
- **Cyber-physical Systems/Internet of Things**: zunehmende Vernetzung von Maschinen und Produkten, ggf. auch mit logistischen Prozessen und der Möglichkeit dezentraler Produktionssteuerung oder des direkten Einbezugs des Kunden. Nutzung anfallender Daten für intelligente Instandhaltung oder Service (Big Data).
- **Additive Verfahren**: neue produktionstechnologische Ansätze wie additive Verfahren (Laser-Sintern, 3D-Druck etc.)

Aktuelle Bedeutung von Industrie 4.0-Technologien



Q2025: Ergebnisse Q-Methode=32/286. Gruppiert nach Logik der quantitativen Befragung, ohne Joker.

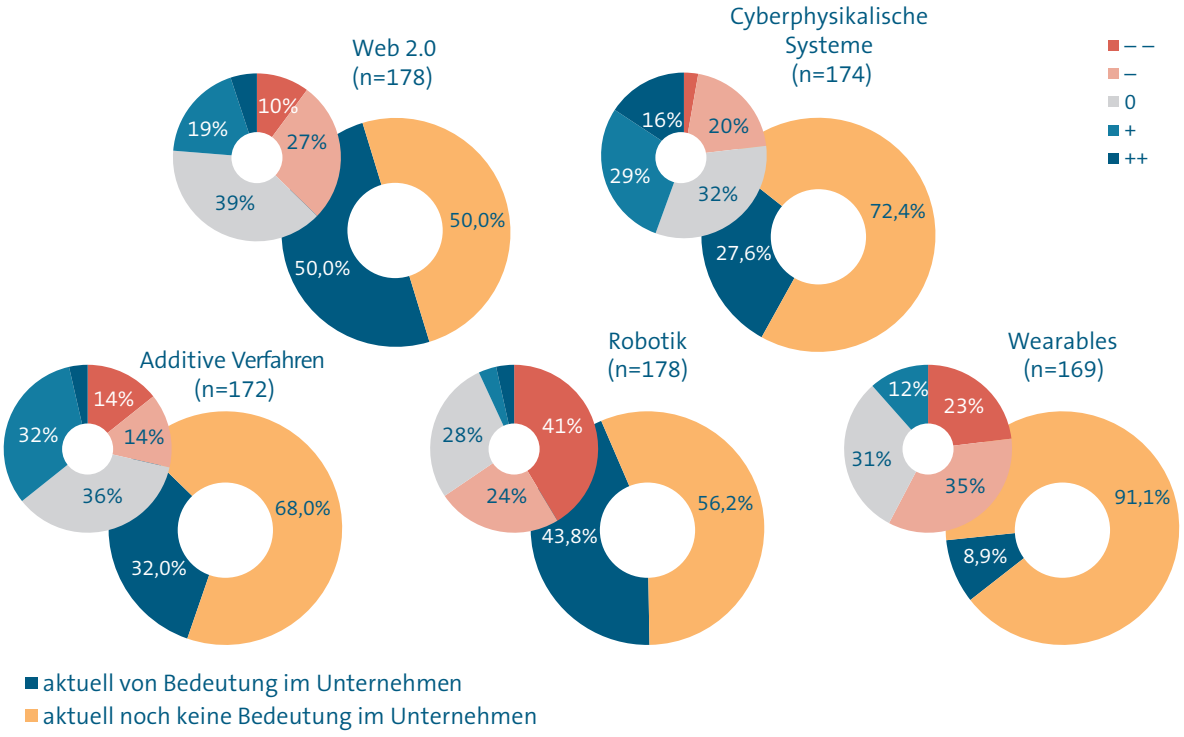
- **Robotik**: insbesondere neue Ansätze in der Robotik (adaptive Roboter, Leichtbauroboter, Zweiarmroboter).

- **Wearables und Augmentation**: Gemeint sind intelligente Handschuhe, Daten-Brillen oder ähnlich körpernahe Geräte zur direkten Unterstützung des Werkers.

Big Data spielt eine besonders große Rolle (vgl. Kapitel → 4.2.2) und wurde in den qualitativen Interviews als Technologieaspekt und als eine immer mehr Bereiche überspannende Kompetenz thematisiert – entweder im Umgang mit Daten oder im Hinblick auf die Gestaltung von Geschäftsmodellinnovation. Wir haben daher das Thema Big Data in der Online-Befragung analog zu den Ergebnissen der qualitativen Interviews zweifach verortet: zum einen integriert in das dort sehr umfassend abgefragte Technologiethema cyber-physische System (CPS), zum anderen als eigenständige Kompetenz (vgl. Kapitel → 14.1.2). In den Säulen- und Ringdiagrammen (unten und rechts in der Abbildung) wurden zur besseren Vergleichbarkeit mit den quantitativen Antworten (Ringdiagramm links) die Ergebnisse zu Big Data und CPS zusammengezogen.

Der auch technologisch besonders vielfältige Block CPS wird mit 62,3 % in der Q-Sortierung den Feldern (+) und (+ +) zugeordnet. Die quantitativ Befragten beurteilen jedoch die aktuelle

Aktuelle Bedeutung nach einzelnen Technologien



Q2025: Industrie 4.0 aktuell – Bedeutungseinschätzung Online-Befragung im Vergleich zur Q-Methode

Bedeutung von CPS in ihrem Unternehmen mit 17 % deutlich verhaltener (Ringdiagramm links). Dafür liegt hier der Wert bei Web 2.0 und mobilen Geräten mit 30,8 % wesentlich über dem in der Q-Sortierung (18,2 %). Ein noch größerer Unterschied zeigt sich bei der Robotik mit 27 % bei den quantitativ Befragten und nur 2,6 % in den qualitativen Interviews. Additive Verfahren liegen im Mittelfeld mit 19,7 % in der Online-Befragung und 13 % in der Q-Sortierung bei (+/+ +). Wearables erhalten in beiden Erhebungen sehr kleine einstellige Werte mit 5,5 % gegenüber 3,9 %.

Die nachfolgende Abbildung stellt die Ergebnisse noch einmal einzeln für die jeweiligen Technologien dar. Dabei zeigen die größeren zweifarbigen Ringdiagramme, welche Technologie aktuell schon Bedeutung im Unternehmen hat, und die kleineren mehrfarbigen Ringdiagramme illustrieren die Verteilung zwischen (– –) und (+ +) in der qualitativen Q-Erhebung; blau steht jeweils für eine hohe aktuelle Bedeutung, so lassen sich Unterschiede im Antwortverhalten der qualitativ und der quantitativ Befragten gut erkennen. Zu beachten ist aber, dass wir in der Q-Methode mit einem größeren Neutralbereich weniger polarisiert abgefragt haben als in der quantitativen Erhebung. Ein direkter Vergleich ist hier nicht angedacht und auch nicht sinnvoll. Zum einen ist die qualitative Relevanz-Setzung beim Legen der Q-Karten differenzierter und vielschichtiger als in einer quantitativen Befragung. Zum anderen haben wir im Interview anhand der Karten auch sachlich-technisch eng zusammenhängende Technologie-Facetten bewusst einzeln abgefragt. In den Ringdiagrammen wurden diese jedoch wieder zusammen gruppiert, um Tendenzen besser sichtbar zu machen.

Die in der Summierung schon sichtbar gewordenen Antworttendenzen spiegeln sich natürlich in den Einzelergebnissen wider. Auch hier sind die offensichtlichsten Unterschiede bei der Robotik und beim Thema Web 2.0 zu finden. Diese dürften sich vor allem mit der Auswahl der qualitativ befragten Unternehmensvertreter erklären, die technologisch spezifisch und hinsichtlich ihrer Rolle beim Thema Industrie 4.0 erfolgte. Auch die Unternehmensgrößen differieren (vgl. Kapitel → 4.3.1). So informiert die Verteilung der Q-Methode eher über Unternehmen aus dem Bereich Werkzeugmaschinen und Antriebstechnik mit Beschäftigtenzahlen zwischen 3.000 und 8.000, während die Aussagen der quantitativen Erhebung eher in die Breite der Fachverbände gehen, aber auch kleinere und deutlich größere Unternehmen sowie nicht nur Vorreiter erfassen. Insgesamt aber lässt sich sagen, dass den datengetriebenen Themen (CPS und Web 2.0) teils aktuell schon eine hohe Bedeutung zugemessen wird, teils wird ihnen diese auch abgesprochen, das zeigt das Säulendiagramm mit auch nicht unerheblichen Anteilen bei (–) und (– –). Insgesamt sind CPS und Web 2.0 damit noch eher wenig zu finden.

9 Industrie 4.0 heute: Einschätzungen in den Vorreiterunternehmen

Die Wahrnehmung und Interpretation des Industrie-4.0-Diskurses sowie die damit zusammenhängenden Erwartungen bezüglich technologischer und arbeitsorganisatorischer Veränderungen variieren nicht nur zwischen den untersuchten Unternehmen, sondern auch intern zwischen den verschiedenen Beteiligten, die mit Industrie 4.0-Themen befasst sind. Zu heuristischen Zwecken können jedoch drei systematisch differierende Sichtweisen auf Industrie 4.0 ausgemacht werden, die sich entlang der Dimensionen zur Reichweite und Radikalität des Wandels und den daraus abgeleiteten Innovationsstrategien unterscheiden lassen:

- Ein sprunghafter und damit der umfassendste und qualitativ bedeutsamste Wandel durch Industrie 4.0 wird in der Sichtweise erwartet, die als **disruptive Geschäftsmodellinnovation** bezeichnet werden kann. Dabei wird die Notwendigkeit postuliert, sich jenseits ausgetretener Entwicklungspfade neue Geschäftsfelder und -strategien zu erschließen und für einen zukünftigen „Maschinen- und Anlagenbau 4.0“ als Anbieter von Cloud-Diensten, Internet-Plattformen oder anderen Daten-Infrastrukturen aufzutreten.

- Die zweite Sichtweise kann als **progressive Prozessinnovation** charakterisiert werden. Sie geht von einer moderateren Wandlungsdynamik durch Industrie 4.0 aus, die keine revolutionären Umwälzungen nach sich zieht, aber durchaus hohe Veränderungsbereitschaft und Agilität erfordert. Diese schließt auch die Anpassung und Umgestaltung der eigenen Produktionsverfahren mit ein und stellt sich auf neuartige Formen einer zunehmend IT-gestützten Wertschöpfungsorganisation aus einer (Plattform-)Nutzerperspektive ein.

- Die dritte Sichtweise der **zukunftsweisend-erweiterten Produktinnovation** ist gekennzeichnet durch eine vorsichtigere Einschätzung zum bevorstehenden Wandel durch Industrie 4.0, der sich eher schrittweise und damit in relativ absehbarer Weise vollzieht. Entsprechend pfadabhängig-vorausschauend werden Anpassungs- und Veränderungserfordernisse formuliert. Konkret schlagen sich diese in einer auf nachhaltigen Erfolg ausgelegten Produktentwicklung nieder, die frühzeitig die Signale auf Kundenseite für Innovationserfordernisse aufnimmt, um künftig bedarfsgerecht Maschinen und Anlagen anzubieten, die selbst für Industrie 4.0 geeignet sind oder in einer Industrie-4.0-Umgebung kundenspezifisch eingesetzt werden können.

Im Folgenden werden die drei genannten Sichtweisen auf Industrie 4.0 ausführlicher beschrieben.

9.1 Disruptive Geschäftsmodellinnovation

In der disruptiven Perspektive stellt sich das Thema Industrie 4.0 als die entscheidende Zukunftsherausforderung dar. Deren Vertreter waren teilweise selbst als betriebliche Experten bei der Entstehung des Industrie-4.0-Diskurses beteiligt und haben richtungsweisende Beiträge dazu geliefert bzw. zentrale Begrifflichkeiten mit geprägt. Nicht selten waren sie schon einige Jahre vor der griffigen Namensgebung in Entwicklungsprojekte eingebunden, die sich mit Digitalisierungs- und Vernetzungsprozessen im industriellen Kontext befasst haben und die sie

> „... auch gemacht hätten, wenn es keinen Industrie-4.0-Hype gegeben hätte. Wir hatten uns nämlich ein paar Jahre vorher schon umstrukturiert, um genau solche Themen, die heute da reinpassen, überhaupt bei [Firmenname] zu platzieren. Deswegen tue ich mich mit der Definition aber umso schwerer, weil zum einen haben wir die Definition mitgeschrieben, die ist aber so allgemein generisch, dass sie auf alles passt“ (A001_14).

Wie es in dem Interviewzitat anklingt, wird die diskursive Vieldeutigkeit bzw. terminologische Unschärfe des Schlagworts Industrie 4.0

durchaus wahrgenommen. Allerdings ist diese prinzipielle Offenheit auch dezidiert gewollt, da unterstellt wird, dass der Wandel durch die digitale Vernetzung in der Industrie disruptiv einsetzt und die kommenden Veränderungen darum aus heutiger Sicht nicht eindeutig benennbar oder sogar noch nicht einmal denkbar sind. Industrie 4.0 sprenge also die Grenzen des heute Vorstellbaren. Umso mehr geht es in der disruptiven Sichtweise darum, bei möglichst vielen Industrie-4.0-Entwicklungen am Ball zu bleiben, Offenheit und Akzeptanz bei den Mitarbeitern/-innen auch gegenüber visionären Ideen zu fördern und so deren kreatives Potenzial für den unabsehbaren und ergebnisoffenen Entwicklungsprozess in Richtung Industrie 4.0 zu nutzen. Aufgrund der prinzipiellen Unmöglichkeit, das Konzept Industrie 4.0 inhaltlich exakt zu bestimmen, fungiert der begriffliche Rahmen in erster Linie als

> „... Ideengeber. Für mich ist das der Aufhänger, um die Leute am Innovationsprozess überhaupt teilhaben zu lassen, dass die überhaupt Ideen generieren. Damit ist für mich Industrie 4.0 noch gar nicht fassbar. Das Internet der Dinge und Dienste sind für mich nicht Industrie 4.0, sondern nur ein Teil davon. Die Geschäftsmodelle, basierend auf solchen Diensten, egal wo die stattfinden, sind für mich nur eine Ausprägung der Ergebnisse, die dann kommen. Und Industrie 4.0 ist für mich eigentlich nur ein Bausatz, eine Denkidee, um Dinge anzugehen, die man heute nicht gedacht hat. [...] Was auf jeden Fall stattfindet: Wir machen es noch konsequenter als vorher, mit Partnern, an die man vorher nicht gedacht hat“ (A001_14).

Die Zukunftsvision Industrie 4.0 erfordere also ein Denken außerhalb des bisher bekannten Rahmens und dazu gehöre auch, neue Kooperationspartner jenseits der Branche zu suchen, beispielsweise im Finanz- und Versicherungswesen, bei Software-Firmen, Telekommunikations- oder Logistikunternehmen, um neue Wertschöpfungspotenziale auszuloten. Die Transformation vieler Geschäftsprozesse – und eben zunehmend auch innerhalb der Produktionssphäre – in datenbasierte Prozesse schaffe eine gemeinsame Grundlage für vielfältige Kooperationen über informationstechnisch bisher relativ hermetisch voneinander abgeschirmte Branchen- und Spartengrenzen hinweg.

Eine Schlüsselerkenntnis dieser Sichtweise besteht darin, dass Maschinen- und Anlagenbauer heute nicht mehr weiter wie bisher auf das klassische Erfolgsmodell „deutscher Wertarbeit“ vertrauen dürften. Der Qualitätsvorsprung gegenüber der billigeren globalen Konkurrenz schrumpfe zusehends, weshalb sich die vertrauten Parameter der jahrzehntelang erfolgreichen Wertschöpfungsstrategie verschoben hätten: Nicht mehr das Produkt bzw. der Verkauf von hochwertigen Maschinen steht im Vordergrund, sondern das Marketing rund um die Maschine, bestehend aus Services, Software-Applikationen und regelmäßigen Updates, die schnelle und lokal flexible Verfügbarkeit sowie eine kundenfreundliche Nutzung garantieren. Im Verhältnis schwinde die Bedeutung von Robustheit und Verlässlichkeit als Verkaufsargument für die Maschinen selbst gegenüber maximaler Transparenz zum Zustand der Maschinen und Anlagen (Condition Monitoring) und der umfassenden und unmittelbaren Verfügbarkeit über alle generierten Daten. Dabei müssten Fragen zur Wirtschaftlichkeit, der Produktivität und zum Kostenmanagement bereits viel konsequenter in den Konstruktionsprozess mit einbezogen werden:

> „Heute haben wir ganz oben an der Spitze: Die robusteste Maschine, die schnellste Maschine, höchste Qualität. Und die Frage ist, wenn das die letzten 20 Jahre der Anspruch war, ist das morgen noch der Anspruch? Und wir glauben: Nein. Wir glauben, es reicht, wenn es gut genug ist und dafür die Kosten an anderer Stelle anders verteilt werden“ (A001_30).

In Erwartung umwälzender Veränderungen nicht nur in technischer, sondern auch in ökonomischer Hinsicht, betrachten die Vertreter der disruptiven Sichtweise die forcierte Entwicklung

neuer Geschäftsmodelle als zentral, um unter Industrie-4.0-Bedingungen künftig auf dem Markt bestehen zu können. Die bisher erfolgreichen und gut eingespielten Wertschöpfungsstrategien im deutschen Maschinen- und Anlagenbau mit seinen typischen hohen Ansprüchen an Qualität könnten von ausländischen und/oder branchenfremden Geschäftsmodellinnovationen überrascht und das eigene Geschäftsmodell damit schlagartig entwertet werden. Mit Blick auf die Erfolgsgeschichten von Apple, Amazon, Facebook oder Google warnen die Protagonisten der disruptiven Sichtweise vor einer möglichen Verdrängung des klassischen Maschinen- und Anlagenbaus aus den zukünftig ertragreichen Geschäftsbereichen. Um von den überwiegend amerikanischen IT-getriebenen Anbietern, die mittlerweile zu Quasi-Monopolisten einer zunehmend datenbasierten Marktwirtschaft geworden sind, nicht zu stark abhängig zu werden, müssten die neuen Geschäftsmodelle auf die Entwicklung von Plattformen zielen. Plattformen besetzten und kontrollierten die entscheidende Schnittstelle zwischen Anbietern und Kunden, könnten ab einer gewissen Größe die Randbedingungen des Handels diktieren und so am besten Wertschöpfung generieren. Die Produzenten würden dagegen abhängig von derart marktbeherrschenden Plattformen, müssten ohne Aussicht auf hohe Gewinnmargen trotzdem hohe Qualität anbieten, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Arbeitsbedingungen.

> „Wenn die Plattform mehr Gewinn machen will, dann verändert sie einfach die Randbedingungen für Anbieter und für Kunden, und die Kunden und die Anbieter können nicht raus, weil die Wechselkosten einfach zu hoch sind. Und das ist auf jeden Fall erst mal eine Beobachtung, die sollte einen nachdenklich stimmen. Und es gibt auch keinen Gegenbeweis, dass das im Industriesektor nicht so kommt. Also es gibt eher die Tendenz dahin, wo man sieht, okay, das wird da auch so kommen. Also gerade im Bereich Ersatzteilevertrieb und so laufen wir genau in diese Richtung“(A005_82).

Andererseits verbinden sich mit Industrie 4.0 auch chancenreiche Entwicklungspotenziale, welche nicht nur in technologischer, sondern auch in ökonomischer Hinsicht neue Horizonte eröffnen könnten. Und zwar dann, wenn die durch Industrie 4.0 entstehenden Möglichkeiten, neue Geschäftsfelder zu entdecken und zu besetzen, selbst konsequent ausgelotet und zügig genutzt werden. Die bereits erwähnte erforderliche Kreativität bei der Umsetzung von Industrie 4.0 müsse also auch im größeren Kontext auf mögliche Geschäftsmodellinnovationen abzielen.

> „Das ist die Suche nach dem Unbekannten, nach dem Blue Ocean. Also welchen neuen Kunden nutzen? Welches neue Geschäft kann ich generieren, vor dem Hintergrund der zunehmenden Digitalisierung? Und das ist natürlich die etwas spannendere Fragestellung oder auch die schwierigere Fragestellung, weil ich kann von nichts ausgehen, was ich heute kenne, also ich muss in ein komplett neues Thema eintauchen und muss Dinge denken, die vorher so noch nie gedacht wurden und muss auch mit Trial-and-Error rausfinden, was nimmt der Markt, was nimmt der Markt nicht, was ist vielleicht noch nicht reif genug und wie kann man das Ganze dann konkret umsetzen. Und Industrie 4.0 beschreibt aus unserer Sicht genau das“ (A005_13).

Um der disruptiven Wandlungsdynamik von Industrie 4.0 als Unternehmen gewachsen zu sein, müssten nicht nur alte Überzeugungen und Denkweisen über Bord geworfen sowie konsequent innovative Wege beschritten werden. Erforderlich sei auch eine hohe Investitionsbereitschaft, um in vielfältiger Weise Ressourcen und Kompetenzen – insbesondere im IT-Bereich – aufzubauen. Als favorisierte Innovationsstrategie wird in der disruptiven Sichtweise häufig auf den Ansatz verwiesen, eine maschinenbauspezifische (Handels-)Plattform in Eigenregie aufzubauen und zu betreiben. Dadurch könne am wahrscheinlichsten sichergestellt werden, dass die

zentralen Wertschöpfungsprozesse im eigenen Geschäftsfeld angesiedelt und damit Marktautonomie erhalten bleibt.

9.2 Progressive Prozessinnovation

Diese Sichtweise nimmt eine Mittelposition in der hier nachgezeichneten Typologie ein. Darin wird in verschiedener Hinsicht eine differenzierte Perspektive gegenüber dem Thema Industrie 4.0 gewählt und sich sehr reflektiert auf zwei unterschiedliche Ebenen des Industrie-4.0-Diskurses bezogen. Während nach innen eher im Lichte von Machbarkeits- und Mehrwertkriterien abgewogen und entschieden wird, orientiert sich die Außendarstellung stärker an den hochgesteckten Erwartungen seitens (wirtschafts-)politischer Akteure, die als potenzielle Türöffner wichtig für das Unternehmen sind. Damit stellt die Politik einen wesentlichen Treiber für die Erforschung, Erprobung und Umsetzung von Industrie-4.0-Technologien dar. Allerdings führt der Legitimierungsdruck teilweise zu symbolischem Aktionismus oder auch zum nachträglichen Um-Etikettieren von Entwicklungsprojekten als Industrie 4.0:

> „Also egal in welchen Bereichen wird schon fast zwanghaft nach Ansätzen und Projekten gesucht, denen man danach auch guten Gewissens das Label Industrie 4.0 geben kann. [...] Also, da wird gerade relativ viel versucht, a) um tatsächlich die Vorteile zu nutzen, b) aber natürlich auch, um der Politik zu zeigen, wir machen was. [...] Es gibt schon zwei Bühnen. Das eine ist: Okay, das hat vermutlich einen Mehrwert und deshalb probieren wir es mal aus. Das andere ist aber: Wenn es keinen Mehrwert hat, muss ich es trotzdem machen, weil wir müssen wieder irgendwas präsentieren und wir müssen wieder zeigen, dass wir uns damit beschäftigt haben“ (B006_9-13).

Der ambivalente Charakter bei der Positionierung zum und im Industrie-4.0-Diskurs zeigt sich auch, wenn innerhalb eines Unternehmens zum einen Pilot-Bereiche existieren, die sehr weit vorne in der Entwicklung und Umsetzung von Industrie-4.0-Technologie sind, zum anderen von der Geschäftsleitung vorsichtig bis skeptisch beobachtet wird, inwiefern sich die dortigen Projekte als tragfähig erweisen und nicht nur produktionstechnisch, sondern auch insgesamt für die Geschäftsprozesse einen sichtbaren Mehrwert erzeugen. Hier deutet sich eine gewisse Zwiespältigkeit an: zwischen einer eher konservativen, an klassischen materiell-stofflichen Produktionsthemen orientierten Geschäftsführung und den innovations- und vor allem IT-affineren Mitarbeitern/-innen auf der technisch-operativen Ebene. Mitunter wird speziell in den obersten Leitungs- und Entscheidungsfunktionen der ausschlaggebende Hinderungsgrund identifiziert, warum sich das Unternehmen nicht konsequenter auf radikalere Wandlungsszenarien in Richtung Industrie 4.0 einlässt:

> „Also das, glaube ich, wird eine extreme Herausforderung. Aber, ich glaube, eher für das Management. [...] Also, ich glaube, nicht für die Mitarbeiter. Die sind wahnsinnig motiviert und haben da eigentlich richtig Bock drauf, so etwas zu machen, weil die sowohl den Mehrwert für den Kunden ... also Vertrieb sowieso ... aber ich glaube auch der Entwickler ... der Entwickler sagt auch, ja, was gibt es denn besseres? Und der Service-Techniker sowieso. Also, es gibt wahnsinnig viele Unternehmensbereiche, die den Mehrwert erkennen. Aber das Management müsste halt auch den großen Schritt wagen und sagen, ja, wir gehen von dem produzierenden Unternehmen hin zu einem Unternehmen, das auch andere Geschäftsmodelle ins Auge fasst“ (B006_108-112).

Aus dem Zusammenspiel der beschriebenen divergierenden Perspektiven ergibt sich eine bestimmte Sichtweise auf Industrie 4.0, die hier als progressiv charakterisiert wird, aber nicht lediglich als Kompromisshaltung bzw. Mischverhältnis zwischen den anderen beiden Polen (disruptiv und zukunftsweisend) interpretiert werden darf. Das progressive Verständnis einer beschleunigten

Entwicklungsdynamik durch Industrie 4.0 folgt durchaus einer eigenständigen Logik und beruht entsprechend auf klar umrissenen Einschätzungen zur Realisierbarkeit der damit verbundenen Technikvisionen. Dabei werden die technischen Möglichkeiten zur Schaffung künstlicher Intelligenz als deutlich eingeschränkter eingeschätzt, als viele bereits verbreitete Szenarien von intelligenten Algorithmen und smarten Fabriksystemen glauben machen. Auf dem Weg zu Industrie 4.0 müssten unmittelbar für die nächsten Entwicklungsschritte zunächst ganz basale Voraussetzungen geschaffen werden, wie Informations- und Datendurchgängigkeit. Im Gegensatz zu der bewusst diffusen Vision in der disruptiven Sichtweise versucht die progressive einen greifbaren Kerngedanken zu Industrie 4.0 herauszufiltern, für den dann konkrete Innovationsstrategien formuliert werden können:

> „Wenn man es wirklich auf den Kern reduziert, geht es bei Industrie 4.0 wie gesagt nur um umfassend verfügbare Information, die frei fließt. Und aus unserer Sicht ist das auch eben genau der Zugang zu dem Thema, um dann daraus alles Weitere zu entwickeln. Weil, wenn die Basisvorstellung unscharf ist, kann ich daraus auch keine Vorstellung für konkrete Umsetzungen ableiten, ich kann daraus keine Vorstellung für eine strategische Ausrichtung von einem Unternehmen ableiten und ich kann auch keine Handlungsoption ableiten“ (A005_13).

In der progressiven Sichtweise wird also relativ pragmatisch auf den öffentlichkeitswirksam initiierten und inszenierten Industrie-4.0-Diskurs reagiert. Wichtig sei dabei, nicht dem allgemeinen Hype zu erliegen, sondern den realistischen Kern einer möglichen, qualitativ neuartigen Digitalisierung der Industrie zu erkennen und diese technologischen Entwicklungen in den bewährten Bahnen der erfolgreichen Innovationsstrategie weiter zu verfolgen. Größere und möglicherweise auch sprunghafte Veränderungen in technologischer Hinsicht könnten dennoch nicht prinzipiell ausgeschlossen werden. Um als produzierendes Unternehmen nicht von solchen Entwicklungen überrollt zu werden, müssten auch an und in den eigenen Fertigungsverfahren Verbesserungspotenziale durch Industrie 4.0 ausgelotet werden – allerdings konsequent vom technologischen Ist-Stand der Produktionsprozesse aus gedacht und nicht inspiriert durch abgehobene Zukunftsvisionen, deren Umsetzungschancen weit außerhalb der derzeitigen Kernkompetenzen des Unternehmens liegen.

> „Das ist die Sichtweise, dass man einfach sagt, na ja, lass uns doch mal aus dem Hier und Heute [...] einfach mal gucken, wo kommt es zu Verlusten, zu Problemen, zur Ineffizienz, weil Informationen nicht richtig fließen? Ausgehend vom Tagesgeschäft. Und lass uns einfach mal gucken, was wir mit Technologien von morgen oder Technologien, die jetzt heute in der Domäne vielleicht noch nicht ganz so etabliert sind, was wir damit genau tun können, um diese Ineffizienzen zu lösen“ (A005_13).

Der Fokus in der progressiven Sichtweise liegt darauf, die produktionstechnischen Verfahren zu verbessern sowie diese informationstechnisch bruchlose in die gesamte Wertschöpfungskette zu integrieren. Im Rahmen progressiver Prozessinnovation gilt es, sich auf diejenigen Aspekte des Industrie-4.0-Diskrses zu konzentrieren, die direkt praktisch relevant werden können und einen sichtbaren Mehrwert erkennen lassen.

Der progressive Charakter der Veränderungsperspektive im Sinne einer kontinuierlichen Optimierung der Produktionsprozesse entlang des aktuellen technologischen Entwicklungsstands beinhaltet bei der Frage nach den Optionen bzw. Notwendigkeiten zur Geschäftsmodellinnovation auch ein potenziell gefährliches Zukunftsszenario. Insbesondere die Beobachtung Internet-getriebener Marktveränderungen im Consumer-Bereich durch die Entstehung von Plattformmonopolen lassen bei den Vertretern der progressiven Sichtweise die Sorge aufkommen, produktionstechnisch zwar up to date

bleiben zu können, aus den künftig zentralen Bereichen der Wertschöpfung aber dennoch herausgedrängt zu werden. Aufgrund fehlender Größe und Ressourcen bestehe für das Unternehmen keine Chance, selbst als Plattformbetreiber aufzutreten, zumindest müsse aber auf den Aufbau einer deutschen Plattformlösung gesetzt werden, um nicht zu stark von ausländischen – voraussichtlich amerikanischen – Anbietern abhängig zu werden.

> „Also natürlich werden wir nicht in das Consumersegment reinrutschen in dem Maße, wie das jetzt gerade die Amis mit dem Business, das sie betreiben, machen. Nur, die kommen halt von einer anderen Seite. Die sagen halt, im Consumerbusiness hat es funktioniert, welche Branche ist jetzt die nächste, die wir uns schnappen? Und der Angriff wird kommen. Die Frage ist halt nur, wann und in welcher Form. Weil, die Kassen sind voll und wenn wir jetzt nicht versuchen frühzeitig eine Interpretation von dem, was wir tun, dem entgegenzusetzen, dann ist es halt nur eine Frage der Zeit. [...] An dem Plattformthema sind wir auch dran, aber natürlich sind wir jetzt noch nicht in der Lage, so was selbst zu machen, das ist vielleicht auch gar nicht klug, das als [Firmenname2] zu tun, [...] Es werden natürlich nicht alle zum Plattformbetreiber, nur ein paar von den Dingern im industriellen Bereich, die müssen in Deutschland sein, ansonsten ist unser Wohlstand gefährdet, das ist so. Davon bin ich absolut überzeugt“ (A005_, 86, 89-90).

Zwar hätten im deutschen Maschinen- und Anlagenbau nur die wenigsten Unternehmen ausreichende Mittel, um strukturell und kompetent ein konkurrenzfähiges Plattformkonzept aufzusetzen. Aber vor dem Hintergrund zunehmender Digitalisierung und Vernetzung in der Industrie besteht ein starkes Interesse daran, an solchen Geschäftsmodellinnovationen als Nutzer zu partizipieren – sofern die Plattformangebote in Deutschland angesiedelt sind und so gewährleistet ist, dass zumindest über die Einbindung in nationalstaatlich verfasste Rahmenregelungen ein gewisser Einfluss auf die geltenden Handelsbedingungen bestehen und damit die Aussicht auf Autonomie im Marktgeschehen weitestgehend gewahrt bleibt.

9.3 Zukunftsweisend-erweiterte Produktinnovation

In dieser Sichtweise zeigt sich eine eher verhaltene Einschätzung zum Thema Industrie 4.0, die damit verbundene Qualität eines anstehenden technikinduzierten Wandels wird allgemein als evolutionär gekennzeichnet. Substanzielle Veränderungen mit weitreichenden Auswirkungen auf den gesamten industriellen Sektor oder auch nur auf den Maschinen- und Anlagenbau treten in dieser Sichtweise nicht plötzlich und unerwartet ein. Vielmehr seien jenseits der diskurstypischen Revolutionsrhetorik schon lange vor dem Aufkommen des Schlagworts Industrie 4.0 Digitalisierungs- und Vernetzungstendenzen zu beobachten gewesen, die fließend bzw. schrittweise zur stetigen Weiterentwicklung der industriellen Produktion beigetragen haben.

> „Das ist ein Sammelbegriff, der natürlich für mich auch von vielen Unternehmen [benutzt wird], die jetzt sagen wir mal irgendwelche Komponenten anbieten, die sich irgendwie mit Industrie 4.0 in Verbindung bringen lassen, auch so ein bisschen für das Marketing benutzt wird mittlerweile. Ich finde, es ist etwas überbewertet, was industrielle Revolution angeht – glaube ich, nicht? Erst mal wird es keine Revolution, sondern wir stecken schon mittendrin, also ich glaube, das Thema Digitalisierung und auch Datenaustausch, Verarbeitung ist ja schon sehr weit, ist im Alltag der Industrie angekommen. Also ich denke, dass der Begriff da an der Stelle etwas überbewertet wird. [...] Ich glaube, dass wir einfach schrittweise mit zunehmenden Möglichkeiten, was Datenerfassung angeht und Datenverarbeitung, -auswertung, dass wir da auch lernen, die dann für uns zu nutzen“ (B001_10-12).

Aufgrund des langsamer veranschlagten Veränderungstempos durch Industrie 4.0 wird in der zukunftsweisenden Sichtweise ein entsprechend geringerer Innovationsdruck verspürt. Das gilt besonders für die Frage nach einer möglichen Geschäftsmodellinnovation, die hier eine weit weniger bedeutende Rolle spielt. Zwar werden als potenzielle Begleiterscheinung von Entwicklungen in Richtung Industrie 4.0 auch intern initiierte Neuerungen bezüglich der eigenen Geschäftsprozesse und Produktionsverfahren erwogen, meist werden Innovationsanstöße jedoch als von außen kommend wahrgenommen, speziell von Kundenseite, aber auch von anderen Bereichen in der Unternehmensumwelt. Generell dominiert das Bild von einer sich erst langsam digital vernetzenden Industriesphäre, die von der Alltagswelt teilweise technologisch rechts überholt worden ist, wie das folgende Zitat andeutet:

> „Es [ist] nicht so eine Sprungfunktion [...]. Das ist einfach ein fließender Prozess, der da rüber geht. Und mal ganz einfach gesagt, die Digitalisierung ist fortgeschritten, das, was wir heute auf den Rechnern erleben, was auf unseren Smartphones oder auf den Tablets und was man alles zu Hause hat, da hat sich in den letzten zehn Jahren enorm viel entwickelt, weil die Prozessortechnik voranmarschiert ist“ (B002_28).

An erster Stelle stehen diejenigen Innovationserfordernisse, die sich direkt auf die Produktentwicklung oder den Service der verkauften Maschinen beziehen. So gehe es vor allem darum, die Bedienung und Wartung der Maschinen und Anlagen durch Industrie-4.0-Technologie möglichst einfach und nutzerfreundlich zu gestalten. Gerade die vielversprechenden Möglichkeiten der Digitalisierung und Vernetzung erlauben es, Maschinen und Anlagen zugleich mit hochkomplexer Technologie auszustatten und dennoch einfache Bedienbarkeit zu gewährleisten. Im Mittelpunkt der Produktinnovation stünde demnach die Weiterentwicklung von technischen Lösungen zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion und bei der Gestaltung von entsprechenden Interfaces. Dazu treten die Vorstellung von einer deutlich steigenden Responsivität Industrie 4.0-fähiger Technik in Richtung interaktiver Aspekte bei der Bedienung sowie die zunehmende Vernetzung zwischen anderen Maschinen.

> „Für uns bedeutet das auf der einen Seite, diese Beziehung Mensch-Maschine weiter, sage ich mal, intelligenter zu gestalten. Das heißt also, dass der intuitive Zugang zu der Maschine wächst, auf der einen Seite. Und auf der anderen Seite, dass die Maschine [...] stärker in eine Interaktion kommt. Dass also nicht nur eine Maschine bedient wird, sondern dass diese Maschine ein stückweit auch antwortet. Und dieses Antworten, das kann jetzt wieder auf verschiedene, sage ich mal, Funktionszweige zurückgreifen. Das ist auf der einen Seite Transparentmachen von Zuständen. Also stärkere sensorbasierte Auswertung, die fühlende Maschine“ (A010_19).

Besonders im After-Sale-Bereich biete Industrie 4.0 heute schon Anwendungsmöglichkeiten, die einen sichtbaren Mehrwert generieren und die teilweise schon bei der Konstruktion von Maschinen und Anlagen genutzt oder durch FuE-Projekte forciert vorangetrieben werden. Der starke Produktbezug bei der Thematisierung von Industrie 4.0 zeigt sich in der Sichtweise der zukunftsweisenden Produktinnovation nicht ausschließlich bei der technologischen Weiterentwicklung von Maschinen und Anlagen, auch die Entwicklung von Software und Dienstleistungen wird zur Erweiterung eines Industrie 4.0-fähigen Angebotsspektrums mit einbezogen. Entscheidend für die hier dargestellte Charakteristik ist jedoch, dass sich die Innovationsstrategie stark danach ausrichtet, welche neuen Produktanforderungen auf Kundenseite entstehen oder im Dialog mit ihnen definiert werden. Mitunter reichen solche Zielvisionen in technologischer Hinsicht sehr weit. Die Herausforderungen liegen dabei nicht nur in der aufwändigen Forschungs-, Entwicklungs- und Konstruktionsarbeit für Industrie 4.0-fähige

Produkte, auch die Implementierung und Instandhaltung in einer Industrie-4.0-Umgebung bei den Kunden stellen anspruchsvolle Aufgaben dar.

> „Von außen bekommen wir immer mehr die Anforderungen durch unsere Kundschaft. Gerade Keyaccount-Kunden, [Konzernname, B2C], [...] also da kommen einfach Anforderungen auf uns zu, da gibt es so Stichworte wie Dark-Line, das heißt niemand ist mehr an der Linie [...]. Dann haben wir einen weiteren Aspekt, [...] wir haben es jetzt für uns [firmeninterner Projektbegriff] genannt [...]. Das ist die Wertschöpfungsgrenze, die Prozesskette unseres Kunden. [...] Also dieses Thema des Workflows beim Kunden, das ist ja kein Thema, was durch Industrie 4.0 jetzt neu definiert worden ist. Aber diese Anforderungen werden heute weitergedacht. [...] Und diese Einbindung in den [...] flow unseres Kunden, das ist ein weiterer Aspekt, den ich oder den wir auch bei 4.0 sehen“ (A010_11-13, 19).

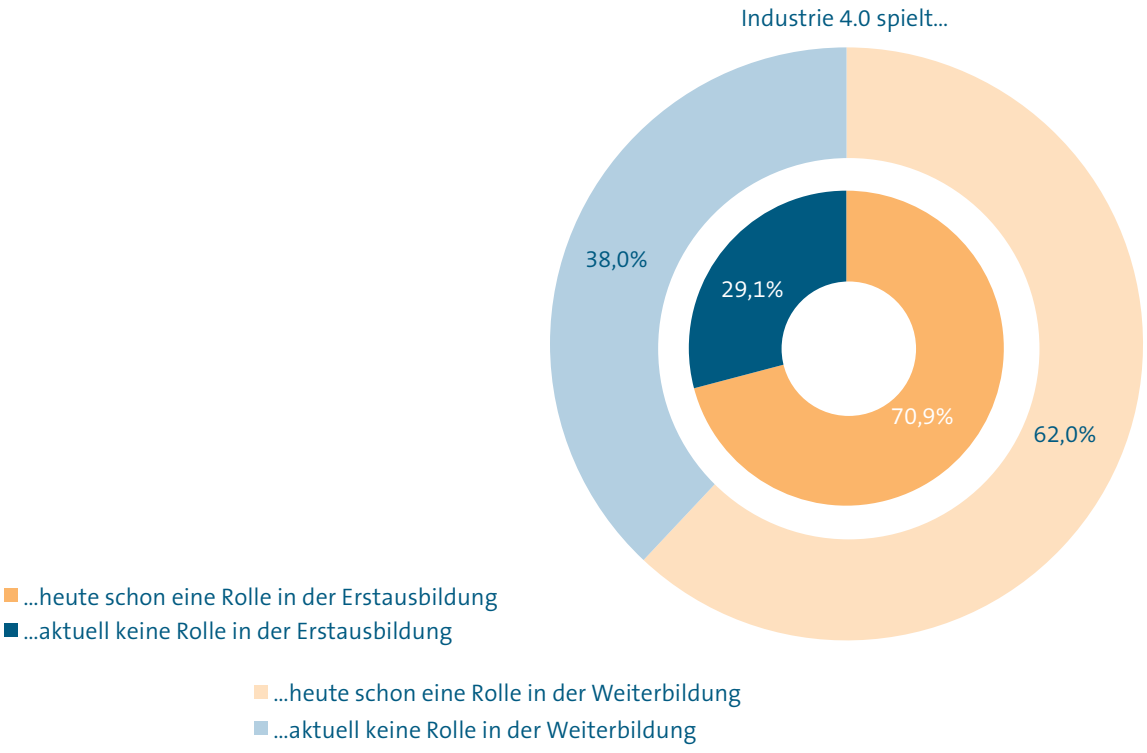
Die zukunftsweisende Sichtweise setzt also an spezifischen Kundenbedürfnissen an, die meist aus dem B2B-Bereich stammen, mitunter werden aber auch Impulse aus dem End-Consumer-Bereich identifiziert. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Durchdringung mit Industrie-4.0-Technologie ergibt sich somit automatisch die Notwendigkeit, Produktinnovationen kontinuierlich in diese Richtung weiterzutreiben. Da vor allem über den Kontakt mit Firmenkunden auch längerfristige, teilweise auch disziplin- und bereichsübergreifende Entwicklungsprojekte angestoßen werden, kann hier von einer nachhaltigen, eng am konkreten Bedarf orientierten Innovationsstrategie gesprochen werden.

10 Industrie 4.0 und Qualifizierung heute

Das Thema Industrie 4.0 scheint in den von uns befragten Unternehmen mehrheitlich durchaus angekommen zu sein – zumindest legen die Antworten auf unsere allgemeine Einstiegsfrage dies nahe: Für die Mehrheit der Befragten spielt Industrie 4.0 sowohl in der Erstausbildung (70,9 %; inneres Ringdiagramm) als auch in der Weiterbildung (62 %; äußeres Ringdiagramm) bereits eine Rolle. Da Industrie 4.0 aktuell einen diskursiven Hype erlebt und gleichzeitig als Begriff schillernd und wenig eindeutig definiert ist (Menez et al. 2016; Pfeiffer 2015d), besteht bei solch pauschalen Fragen die methodische Gefahr einer hohen „sozialen Erwünschtheit", also einer Tendenz im Antwortverhalten, dem vermeintlich Erwarteten zu folgen. Allerdings zeigen sich parallele Ergebnisse bei Fragen, die in ähnliche Richtung weisen, etwa zur persönlichen Vertrautheit mit dem Thema (vgl. Kapitel → 4.3.2) oder zur Einschätzung des Unternehmens in Bezug auf Rolle und Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 (Kapitel → 8).

In den beiden nachfolgenden Kapiteln erläutern wir jeweils die Zusammenhänge zwischen dem aktuellen betrieblichen Qualifizierungsangebot in der Aus- und Weiterbildung und den betrieblichen Gestaltungsvarianten (vgl. Kapitel → 7.2) sowie dem Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 (vgl. Kapitel → 8.3). Zu beachten ist dabei, dass es sich um eine rein deskriptive Darstellung handelt, nicht um statistisch berechnete

Industrie 4.0 und Qualifizierung



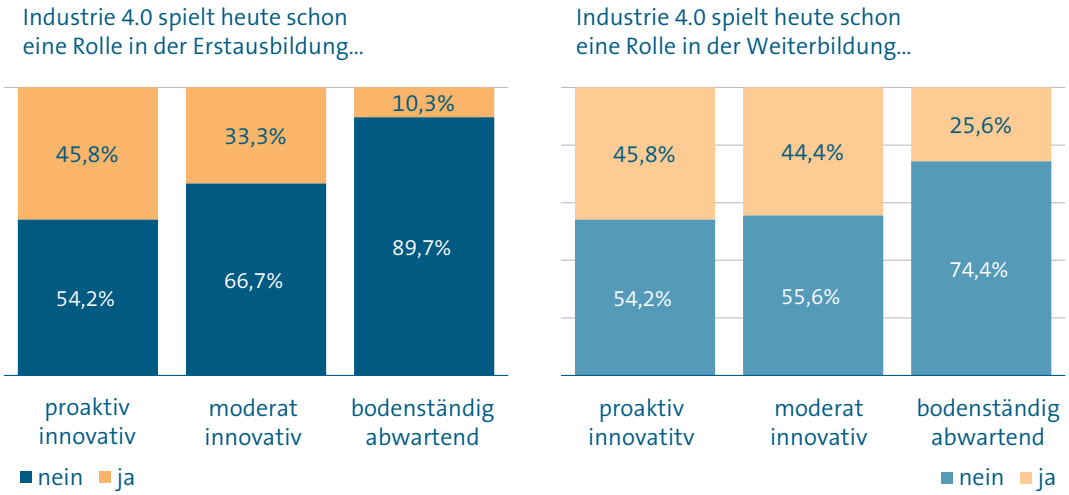
Q2025, n= [197]

Korrelationen – dafür sind teils die Fallzahlen zu klein. Die Tendenzen sind aber in sich konsistent und können daher durchaus als solche ernst genommen werden.

10.1 Industrie 4.0 und Qualifizierung heute nach betrieblichen Gestaltungsvarianten

Weiter oben konnten wir drei Typen von Ausbildung beschreiben, die jeweils zeigen, wie innovativ die berufliche Ausbildung im Unternehmen gestaltet wird (vgl. Kapitel → 7.2). Die nachfolgende Grafik verdeutlicht: Wer die Qualifizierung im eigenen Unternehmen selbst als innovativ bezeichnet, gibt häufiger an, dass Industrie-4.0-Themen heute schon eine Bedeutung in der Ausbildung haben. Diese Tendenz zeigt sich sowohl in der Erstausbildung als auch in der Weiterbildung. Augenfällig ist dabei auch, dass die Unternehmen mit einer proaktiv-innovativen betrieblichen Qualifizierung das Thema Industrie 4.0 für die Erstausbildung und die Weiterbildung aktuell gleichermaßen umsetzen. Die moderat-innovativen und die bodenständig-abwartenden Gestaltungstypen dagegen verankern das Thema derzeit offensichtlich stärker in der Weiter- als in der Erstausbildung. Je innovativer also der betriebliche Umgang mit den Elementen des beruflichen Systems ist, desto mehr wird Industrie 4.0 schon in der Erstausbildung als Thema gesehen. Und umgekehrt: Je weniger innovativ Unternehmen sich bei der Qualifizierung zeigen, desto mehr wird Industrie 4.0 an die Weiterbildung übergeben. Besonders deutlich wird diese Tendenz beim bodenständig-abwartenden Typ, bei dem Industrie 4.0 zu 10,3 % heute schon in der Erstausbildung eine Rolle spielt und der dies zu 25,6 % für die Weiterbildung angibt. Da dieser Typ mit 55,2 % die deutliche Mehrheit unserer befragten Unternehmen charakterisiert, zeichnet sich hier also ein differenzierteres Bild als bei den pauschalen Fragen zu Industrie 4.0 in Aus- und Weiterbildung, die wir einleitend zu diesem Kapitel dargestellt haben.

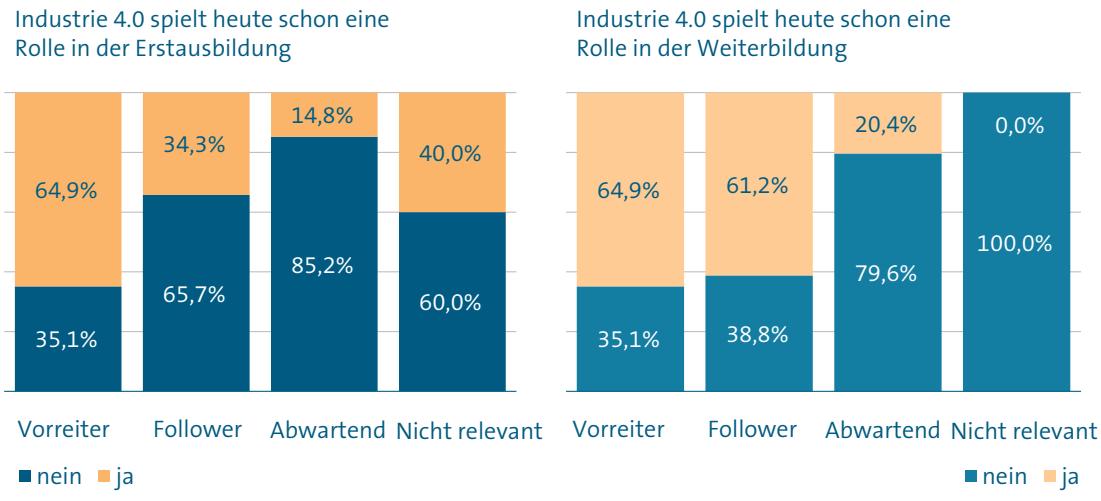
Industrie 4.0 und Qualifizierung heute – betriebliche Gestaltungsvarianten



10.2 Industrie 4.0 und Qualifizierung heute nach Innovationstypen

Weiter oben hatten wir die Einordnung der befragten Unternehmen in Bezug auf ihren Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 (vgl. Kapitel → 8.3) aufgezeigt. Die nachfolgende Grafik stellt Zusammenhänge zwischen dem technischen Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 und der aktuellen Verankerung des Themas in der Erst- und der betrieblichen Weiterbildung dar: In den Vorreiter-Unternehmen finden sich Industrie-4.0-Themen schon ausgeprägt in der Erstausbildung und gleichermaßen in der Weiterbildung (jeweils 64,9 %). Mit dem Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 sinkt auch der Anteil der Unternehmen, in denen Industrie 4.0 in Aus- und Weiterbildung aktuell schon eine Rolle spielt. Die Follower und der abwartende Typ verorten das Thema Industrie 4.0 eher in der Weiterbildung als in der Erstausbildung. Das ist besonders deutlich beim Typ Follower, der Industrie 4.0 zu 61,2 % heute schon in der Weiterbildung verankert sieht, aber nur zu 34,3 % in der Erstausbildung. Augenfällig ist auch, dass die Befragten, in deren Unternehmen ihrer Meinung nach Industrie 4.0 noch nicht relevant ist, dieses Thema trotzdem zu 40 % in der Erstausbildung verankert sehen, aber in der Weiterbildung gar nicht. Allerdings ist dieser Typ in unserer Studie mit 2,6 % zahlenmäßig deutlich geringer vertreten als in der Readiness-Studie (vgl. Kapitel → 8.3), daher sind hier die Fallzahlen zu klein für eine belastbare Aussage. Diese Tendenz aber könnte bedeuten – und andere Befunde unserer Studie stützen dies (vgl. etwa Kapitel → 14) –, dass die bestehenden Berufsbilder als tragfähige Ausgangsqualifikation für Industrie 4.0 betrachtet werden. Ein Blick auf die Gesamtgrafik legt zumindest nahe, dass mit dem Grad der Umsetzung von Industrie 4.0 auch die entsprechenden Aktivitäten in Aus- und in Weiterbildung steigen.

Industrie 4.0 und Qualifizierung heute – Innovationstypen



11 Q2025: Qualifikationswege und -mischungen

11.1 Zukunft von Elementen beruflicher Qualifizierung

Jenseits der Frage, welche Anforderungen sich durch die Digitalisierung oder Industrie 4.0 und die Ausbildung der Zukunft stellen, werden generelle bildungspolitische Themen im Zusammenhang mit der beruflichen Ausbildung immer wieder diskutiert. Diese Themen sind alles andere als branchenexklusiv. In den qualitativen Interviews verquicken sich diese jedoch oft mit spezifischen Aussagen zu Industrie 4.0 und sind daher teils schwer von diesen Entwicklungen zu trennen. In der quantitativen Untersuchung haben wir deshalb zunächst bewusst allgemeinere bildungspolitische Themen erhoben. Wir haben nach der eingeschätzten Bedeutungszunahme oder -abnahme gefragt (in der Abbildung als Balken dargestellt) und dann um die Einschätzung gebeten, ob die antizipierte Entwicklung positiv oder negativ gesehen wird (kleine Kreisdiagramme).[6]

Die sechs erfragten bildungspolitischen Themen bezogen sich:

- auf Länge und Struktur der Erstausbildung (Modularisierung und Verkürzung);
- auf neuere Bildungsangebote (berufliche Weiterbildungssysteme[7] und Duales Studium);
- und auf die bewusst getrennt abgefragten Fortbildungen zum Meister oder Techniker.

Die Abbildung veranschaulicht, dass für alle sechs Themen mit einer deutlichen Bedeutungszunahme gerechnet wird. Es scheint – zumindest rein deskriptiv betrachtet – zudem eine Tendenz zu geben, eine eingeschätzte Bedeutungszunahme überwiegend positiv und eine eingeschätzte Bedeutungsabnahme eher negativ zu bewerten.[8] Diese Tendenz wird nur durchbrochen bei den Themen Meisterausbildung und Verkürzung der Ausbildungszeiten.

Bei den Themen Modularisierung der Erstausbildung (92,4 %), Duales Studium (95,1 %) und berufliche Weiterbildungssysteme (96,5 %) wird ganz klar mit einer Bedeutungszunahme gerechnet, die deutlich als positive Entwicklung eingeschätzt wird. Die Eindeutigkeit des Ergebnisses wundert insbesondere beim Thema Modularisierung, galt dies doch viele Jahre als Reizthema in der bildungspolitischen Debatte. Die weiter unten zitierten Passagen aus den qualitativen Interviews zeigen aber: Es geht hier vielen nicht um eine Modularisierung der Erstausbildung, sondern eher um die Nutzung digitalisierter Lernmodule für neue Ausbildungsinhalte.

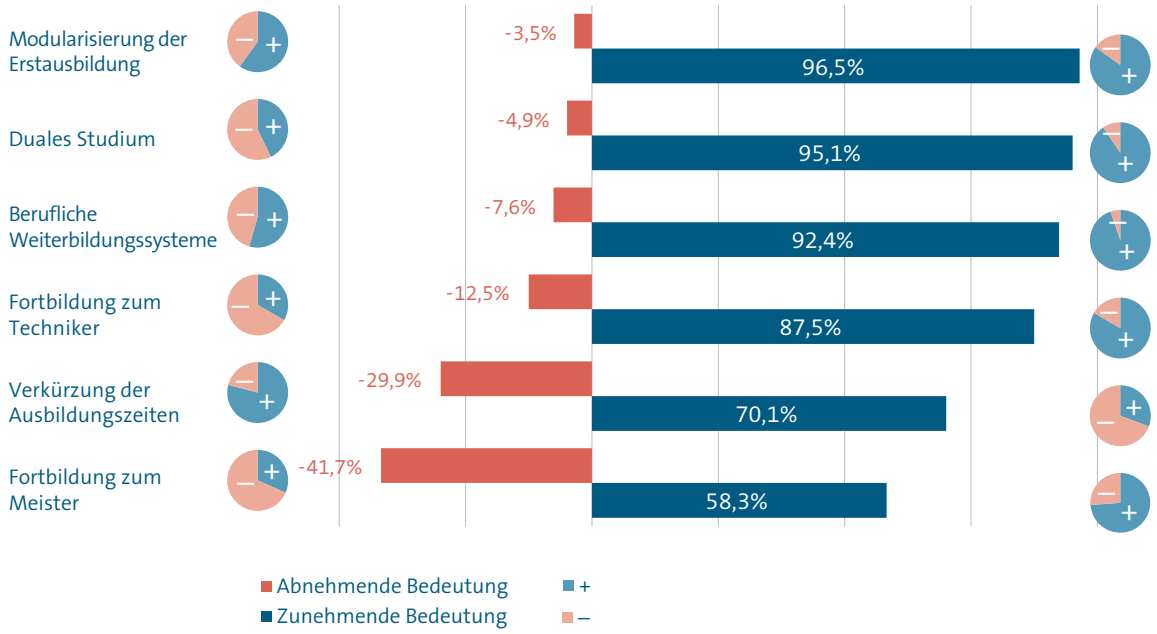
Diese Lesart von Modularisierung könnte also auch in der quantitativen Befragung eine Rolle gespielt haben. Dafür sprechen die Zahlen zum Thema verkürzte Ausbildungszeiten. Hier ist die Einschätzung zur Entwicklung deutlich durchwachsener: Zwar rechnet die überwiegende Mehrheit von 70,1 % mit einer zunehmenden Bedeutung kürzerer Ausbildungszeiten. Der Großteil (69,3 %) von ihnen bewertet dies aber als eine negative Entwicklung. Umgekehrt begrüßt eine deutliche Mehrheit von 79,1 % die von ihnen zu 29,9 % prognostizierte Bedeutungsabnahme.

6 Bewusst haben wir hier auf polarisierende Einschätzungen gesetzt, um die Befragten zu einer klaren Positionierung zu bewegen. Es war daher keine explizite Form vorgesehen, diese Frage zu überspringen. Fälle wurden im Nachhinein als Antwortverweigerungen gewertet, wenn alle Antworten dieses Frageblocks auf den Grundeinstellungen belassen wurden. Ausgewertet wurden daher nur Fälle, die bei den insgesamt 24 Antwortmöglichkeiten mindestens eine Angabe gemacht haben.

7 Hier war in Klammern zur Erklärung mit angegeben: (z. B. Prozesstechnologe/-in o. IT).

8 Bei den ersten drei Themen (Modularisierung, Duales Studium und berufliche Weiterbildungssysteme) gibt es nur wenige Fälle, die eine abnehmende Bedeutung prognostizieren. Die Fallzahlen innerhalb dieser Gruppe sind damit zu klein, um noch tragfähige Resultate für die positive oder negative Einschätzung zu erhalten. Die entsprechenden Kreisdiagramme sind der Vollständigkeit halber zwar angegeben, werden aber im Text nicht weiter berücksichtigt.

Zukunft von Elementen beruflicher Qualifizierung



Q2025: n= (197/144).

Während bei den drei Themen am oberen Ende des Rankings Zunahme und Zustimmung bzw. Abnahme und Ablehnung in die gleiche Richtung weisen, sehen wir hier eine Umkehrung dieser Tendenz: Wer verkürzte Ausbildungszeiten gutheißt, erwartet diese eher nicht, und wer der Verkürzung eher negativ gegenübersteht, befürchtet, dass sich genau dies stärker durchsetzen wird.

Sehr interessant, vor allem in der gemeinsamen Betrachtung, sind die Antworten und Einschätzungen zu den beiden Fortbildungswegen Meister und Techniker. Beim Techniker wird mit 87,5 % eine deutlich größere Bedeutungszunahme vorausgesagt als beim Meister mit 58,3 %. Trotzdem: Von allen sechs bildungspolitischen Themen wird bei der Meisterausbildung mit 41,7 % am stärksten mit einer abnehmenden Bedeutung gerechnet. Für beide Fortbildungswege ist die Bewertung der jeweils eingeschätzten Bedeutungsverschiebung sehr eindeutig: Wer eine Bedeutungszunahme erwartet, begrüßt dies überwiegend (73,8 % beim Meister und sogar 83,3 % beim Techniker). Wer aber von einer abnehmenden Bedeutung ausgeht, steht dieser Entwicklung ähnlich eindeutig negativ gegenüber (68,3 % beim Meister und 66,7 % beim Techniker).

11.2 Qualitative Begründungszusammenhänge

In den Aussagen der qualitativen Interviews spiegeln sich die Ergebnisse der quantitativen Befragung insofern wider, als die meisten dominanten Ausprägungen zu- und abnehmender Bedeutungseinschätzung sowie deren positive und negative Bewertung in unserem Sample vertreten sind. Insbesondere die deutlichen Mehrheiten bei den Fragen nach der Modularisierung der Erstausbildung, dem Dualen Studium und den beruflichen Weiterbildungssystemen zeichnen sich inhaltlich auch in den Interviews ab, allerdings konnten hier die Begründungszusammenhänge dieser Einschätzungen tiefgehender beleuchtet werden: Wieso bewerten die Befragten bestimmte Entwicklungen als zu- oder abnehmend in ihrer Bedeutung? Warum begrüßen sie diese Tendenzen oder stehen ihnen ablehnend gegenüber? Im Folgenden werden exemplarisch einige dieser Begründungszusammenhänge dargestellt, jeweils gebündelt zu den Themen berufliche Erstausbildung und Akademisierung (Kapitel →) sowie Duales Studium und Fortbildung zum Meister bzw. Techniker (Kapitel →).

11.2.1 Berufsausbildung und akademische Abschlüsse

Die These zunehmender Akademisierung zulasten der beruflichen Erstausbildung ist eng mit der steigenden Anzahl von Bachelor-Absolventen verknüpft, welche von der Hochschulreform im Rahmen des Bologna-Prozesses angestoßen und befördert worden ist. Der beobachtete Run auf Universitäten und Fachhochschulen wird jedoch weniger mit der gestiegenen Nachfrage in den Unternehmen begründet, vielmehr finde eine „Abstimmung mit den Füßen“ statt:

> „Mittlerweile drücken alle deutschen Eltern ihre Kinder auf das Gymnasium: Abitur, Abitur, Abitur. Wenn man heutzutage sieht, ich bin Kfz-Mechaniker oder Industriemechaniker, dann gilt es nichts mehr. Oder Handwerker. Das ist traurig. Der Stellenwert der normalen Berufe fehlt“ (A009_67).

Begünstigt durch die jahrzehntelang anhaltende Bildungsexpansion und deren teilweise inflationären Folgen für den Wert von beruflichen Bildungszertifikaten vertrauen immer mehr junge Menschen und deren Eltern auf das (möglicherweise trügerische) Versprechen, dass akademische Bildungstitel auch künftig die besten Arbeitsmarktchancen garantieren könnten. Dabei schneiden die Bachelor-Absolventen in der Beurteilung von betrieblichen Experten aufgrund ihres Praxisdefizits gegenüber dual Ausgebildeten oftmals deutlich schlechter ab:

> „Ich bin fest davon überzeugt, dass wir weiterhin eine duale Ausbildung brauchen. Also ich glaube nicht, dass ein Bachelor ... dem fehlt einfach trotzdem der praktische Bezug. Also wir produzieren ja trotzdem noch Teile, wir haben ja trotzdem noch ... also wir haben noch ein gewisses ... wir brauchen ein gewisses Know-how in Zerspanungsthemen und solche Dinge. Sorry, aber die Bachelor, mit denen ich zu tun hatte, da fehlte schon was, die haben diesen praktischen Background nicht. [...] Ich brauche halt einfach so ein gewisses mechanisches, technisches Grundverständnis [...]. Wenn ich da einen habe, der ein gewisses Verständnis hat, der weiß, okay, die Tiefbohrung muss so sein, also werkzeugmacherische Grundkenntnisse zumindest, dann geht es da deutlich leichter von der Hand, [...] um das dann perfekt zu machen, und da brauche ich ein gewisses fachliches Niveau einfach, nach meiner Einschätzung. Ich glaube nicht, dass das ein Bachelor hat“ (A003_83-85).

Wie in den Interviews offensichtlich wird, steht auch das System der beruflichen dualen Ausbildung unter Veränderungsdruck, obwohl es international einen guten Ruf genießt. Dieser Druck macht sich strukturell an den Forderungen nach einer Modularisierung und zeitlich an den Überlegungen zur Verkürzung der Ausbildungszeiten fest. Dabei variieren die Vorstellungen über die Form einer möglichen Modularisierung der Erstausbildung ebenso wie über die Art und das Ausmaß einer zeitlichen Umgestaltung. So werden zur Modularisierung die klassischen, aus der Berufsbildungsdebatte hinlänglich bekannten, Argumente vorgebracht, dass ein kleinteiliger Aufbau von flexibel kombinierbaren Qualifizierungsbausteinen zu passgenaueren und effizienteren Einsatzmöglichkeiten führen könnte und somit Überqualifizierung verhindert würde. Zugleich verweisen manche Begründungsmuster auch auf ein unterschiedliches Verständnis von Modularisierung, wenn damit weniger die Ablösung der grundständigen Ausbildungsgänge in anerkannten Berufsbildern gemeint wird, sondern vielmehr ein didaktisch-curricular angereichertes Zusatzangebot durch digitalisierte Lernmodule:

> „Wir in der Ausbildung versuchen auch durch den Einsatz von privaten Mobile Devices da den Medienbruch auch zu schließen, dass man wirklich nicht mehr nur mit dem Lehrbuch arbeitet, sondern auch einfach sein Handy benutzen kann. Wir machen jetzt eine erste Projektwoche [...], wo die kleine Youtube-Clips drehen sollen von Azubis für Azubis, um sich da mehr so der modernen Wissensvermittlung zu öffnen und wollen da auch unsere

> [Produkte des Unternehmens für den Einsatz in der Lehre] mit Barcodes versehen, dass ich mir da auch jederzeit Informationen holen kann über das [Produktteil], wie ich das montiere. Das wurde bisher immer nur im Frontalunterricht durch den Ausbilder geschult" (B006_13).

Ähnlich uneinheitlich präsentiert sich die Vorstellung von verkürzten Ausbildungszeiten, tendenziell bestätigt sich aber das Bild aus der quantitativen Befragung, dass eine Verkürzung zwar erwartet, aber eher kritisch beurteilt wird. So finden sich neben vereinzelten Forderungen nach mehr zweijährigen Ausbildungsgängen oder sogar noch kürzeren Anlernzeiten nicht selten auch Verkürzungsversionen, die bei genauerer Betrachtung eigentlich nur eine Verlagerung bzw. flexiblere Verteilung der Ausbildungszeiten implizieren oder sich die Forderung nach Beschleunigung eher auf die institutionalisierte Entwicklung und Modifikation von Berufsbildern beziehen bzw. auf die formalisierten ausbildungsbegleitenden Prüfverfahren:

> „Wenn wir heute von Veränderungsprozessen reden, dann reden wir von Ausbildungszeiten von fünf Jahren – fünf Jahre! Veränderungsprozess: Ein halbes Jahr. Das macht für mich die Sache schon sehr prekär. Wie kriege ich denn eine Berufsbildung so funktional und so flexibel, so agil, dass ich sozusagen immer im Zeitgeist bin, um die Bedarfe des Unternehmens letztendlich zu befriedigen? Und das kriege ich in diesen starren Strukturen nicht hin. Das kriege ich nicht hin mit den ganzen Ritualen, die es da gibt. Einstellritual, Grundlehrgangsritual – sind ja alles Rituale, die wir haben. Dann brauchen wir eine Zwischenprüfung oder Prüfungsteil-Eins-Ritual, Abschlussprüfung. Da draußen hat sich die Welt schon fünf Mal geändert. [...] Brauchen wir neue Berufe? Nein, wir brauchen keine neuen Berufe. Bis wir heute einen Beruf initiieren, bis wir den entwickeln, bis der verordnet ist, bis der eingeführt ist: Sechs, sieben Jahre, bis die ersten da wirklich rauskommen" (A004_12).

Relativ eindeutig und übergreifend zeigt sich trotz aller Forderungen nach Beschleunigung und Flexibilisierung die Betonung des außerordentlichen Stellenwerts betrieblicher Sozialisation – und zwar explizit mit Bezug zu deren zeitlicher Dimension, also der Erfahrung, dass diese ohne eine gewisse Ausbildungsdauer nicht zu haben und nicht in ausreichender Form gestaltbar ist. Zudem betonen Ausbildungsverantwortliche weniger die strukturelle Trägheit des Berufsbildungssystems, vielmehr begrüßen sie die verschiedenen Möglichkeiten, innerhalb bestehender Ausbildungsordnungen Flexibilitätsspielräume zu nutzen und so schon jetzt an der kontinuierlichen Modernisierung von beruflichen Qualifikationsprofilen mitzuwirken.

11.2.2 Duales Studium und berufliche Fortbildung

Die verbreitete Einschätzung zum Bedeutungszuwachs des Dualen Studiums zeigt sich in den Fallstudieninterviews schon allein darin, dass viele Befragte selbst von einer regen Beteiligung an entsprechenden Optionen im Unternehmen berichten können. Die überwiegend positive Bewertung dieser Entwicklung wird in der Regel von der plausiblen Vermutung begleitet, dass die Verknüpfung des betrieblichen Erfahrungskontexts mit der akademischen Vermittlung abstrakten Wissens wesentlich dazu beitragen könnte, das vielbeklagte Theorie-Praxis-Problem zu überwinden. Überraschenderweise klingen trotz dieser allgemeinen positiven Grundhaltung gegenüber dem Dualen Studium nicht selten auch eher verhaltene bis kritische Töne durch:

> „Ob das der Weisheit letzter Schluss ist, weiß ich noch nicht, weil die Leute, die da rauskommen meistens dann doch nicht tief genug runter können und vielleicht auch, wenn sie fertig sind, noch ein bisschen zu jung sind, um dann auch so ein Projekt wirklich zu reißen [...]. Die Leute haben einfach keine Erfahrung im Umgang mit dem Thema, weil das reicht halt einfach nicht. Also nur weil ich einen fachlichen Background habe und vielleicht

ein bisschen reden kann, kann ich noch keine Lösung entwickeln, die trägt. Und es gibt eine Menge an Grundvoraussetzungen. Ich sage mal, integrierter Studiengang ist hervorragend, so eine Hybridqualifikation, dann ist man zumindest mal in der Lage, die Sprache aus zwei, drei unterschiedlichen Domänen zu verstehen. Ganz extrem wichtig, ganz klar. Nur, um dann irgendwie ... ich muss ja mein inhaltliches Wissen ja auch irgendwie auf den Boden bringen und auf den Boden bringen heißt, in einem bestehenden Anwendungskontext mit dem Ansatz einen Nutzen stiften. Und da komme ich natürlich nur hin, wenn ich eine Methode habe, wie ich rausfinde, was der Anwendungskontext braucht. Und das kann man lernen. Nur das vermittelt halt nicht die Uni und das kann man auch nicht in dem Sinne sich aus einem Buch anlesen" (A005_25-27).

„Weil wir vorhin gerade bei den dualen Studiengängen waren: Jetzt habe ich auch eine Menge [...] Uni-Studenten und FH-Studenten. Und dann auch duale Hochschule. Ich bin, ehrlich gesagt, also ... was ich von der dualen Hochschule sehe, das sind Leute, die nicht richtig in einen betrieblichen Alltag hereinkommen oder zu tief darin sind. Dann machen sie aber, ja ... also, Sachen, die man auch in Lehrjobs lernt. Also, nichts besonders Konzeptionelles. Dann sind sie im Allgemeinen ... also, bis auf zwei, drei Ausnahmen ... aber die meisten, die ich jetzt so kennengelernt habe ... von den konzeptionellen Fähigkeiten eher schwach. So, aber auf der anderen Seite, vom wissenschaftlichen Arbeiten, eben auch nicht weit genug. Und das ist dann nichts von beidem" (B009_591-595).

Analog zu den Ergebnissen aus der Online-Befragung sieht auch ein Großteil der Interviewteilnehmer die berufliche Weiterbildung als eine zentrale Stütze für die weitere Entwicklung zukünftiger Qualifizierungsmodelle an. Speziell von der Meister- bzw. Techniker-Fortbildung – und auch hier fokussieren sich die Prognosen stärker auf den Techniker – versprechen sich die befragten betrieblichen Experten ein beträchtliches Potenzial, den qualifikatorischen Herausforderungen der Zukunft als Maschinenbau-Unternehmen gerecht zu werden. Meister und Techniker bieten sich nach der Einschätzung vieler Befragter besonders an, wichtige Schnittstellen sowohl zwischen verschiedenen Domänen als auch zwischen beruflich und akademisch geprägten Arbeitssphären zu besetzen.

„Ich würde, wenn man das jetzt planen müsste, es wieder so machen, dass ich Techniker nehme, die diese Prozesse kennen, die an den Maschinen schon gearbeitet haben, mit denen würde ich es machen, definitiv. Die sind auch in der Lage, mal einen Test selber zu machen, mal eine Aktion, dass man mal an einem Wochenende, wenn nicht produktiv gearbeitet wird, mal eine Serie laufen zu lassen, gucken, stimmt die Qualität, okay und dann testen wir die Software und so weiter. Also das ist schon gut. Das könnte ich mit einem reinen Informatiker oder reinen IT-Spezialisten eben nicht" (A003_51).

Unsere Befragten bewerten berufliche Weiterbildungssysteme schon für sich genommen als eine vielversprechende Entwicklungslinie, doch gerade in Verbindung mit dem Dualen Studium könnten positive Synergieeffekte zwischen dem elaborierten beruflich-betrieblich geerdeten Erfahrungswissen und akademisch vermitteltem Theoriekenntnissen entstehen.

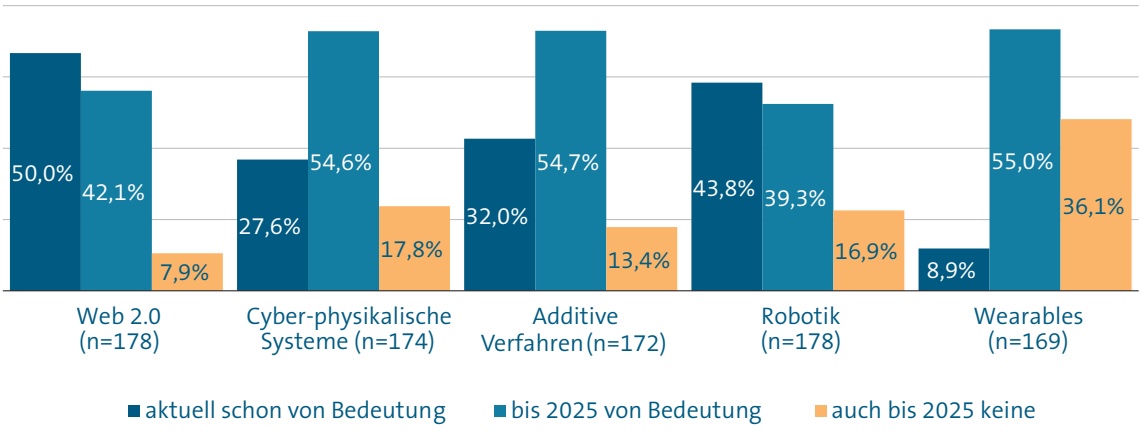
12 Industrie 4.0 bis 2025: Erwartete Entwicklungen

Welche Qualifikationsanforderungen durch Industrie 4.0 entstehen, hat zunächst – allerdings nicht nur – damit zu tun, welche Facetten von Industrie 4.0 in einem Unternehmen heute oder in naher Zukunft Bedeutung erlangen. Wie wir in Kapitel → 13 anhand der qualitativen Interviews erläutern, sind Einschätzungen zum Zusammenhang von Industrie 4.0 und Qualifizierungsanforderungen bis 2025 thematisch kaum zu trennen. Allerdings zeigt sich, dass einfache Ableitungen zu kurz greifen. Aus einer Technologie an sich resultieren kaum eindeutige Konsequenzen für die Qualifizierung. Letztere zeichnen sich erst ab, wenn entschieden wird, wie die technischen Optionen und damit die sie rahmenden Arbeitsabläufe und -systeme gestaltet werden. Deswegen ist es heute wichtig, die Vorstellungen zur Gestaltung von Industrie 4.0 zu verstehen, die aktuell realistisch sind und die Entwicklung stark mitbestimmen. Denn je nachdem, welche Vorstellungen einer Industrie 4.0-basierten Arbeitsgestaltung herrschen, werden auch Vorstellungen von zukünftigen Anforderungen an die Beschäftigten thematisiert. Bevor wir zeigen, wie unsere Befragten Industrie 4.0, Arbeitsgestaltung und Qualifikation zusammendenken und zum Teil auch bereits konkret beantworten (Kapitel → 13), stellen wir in diesem Kapitel die Einschätzungen und Aussagen der Befragten zu den fünf relevanten Technikfacetten von Industrie 4.0 vor – und zwar mit der Perspektive bis ins Jahr 2025 (die Einschätzungen zur aktuellen Situation finden sich detailliert im Kapitel → 8).

Das geschichtete Säulendiagramm illustriert Einschätzungen zu den zeitlichen Verläufen. Gezeigt werden die Ergebnisse entlang der Technologien und des jeweils eingeschätzten Bedeutungshorizonts.

Aktuell werden Web 2.0 und mobile Geräte mit 50 % als bedeutsamste Technologien eingeschätzt, gefolgt von Robotik mit 43,8 %. Im Mittelfeld finden sich additive Verfahren (32 %) und cyber-physische Systeme (CPS) – als technologischer Kern von Industrie 4.0 – mit 27,6 %. Für

Bedeutung von Industrie 4.0-Szenarien bis 2025



Q2025: Industrie 4.0-Szenarien – Bedeutung verschiedener Technologien für das eigene Unternehmen.

beide Themen wird ein deutlicher Bedeutungszuwachs bis 2025 erwartet: 54,6 % bei den CPS und 54,7 % bei den additiven Verfahren. Für die Robotik scheint die weitere Bedeutungszunahme mit 39,3 % bis 2025 etwas weniger dynamisch zu verlaufen. Aktuell kaum eine Bedeutung wird mit 8,9 % den Wearables zugestanden. Diese haben einerseits mit 36,1 % den höchsten Wert bei der Frage, was auch bis 2025 keine Rolle spielen wird. Andererseits sehen 55,0 % der Befragten hier den stärksten Bedeutungszuwachs. Auch bei den anderen Technologiefacetten erwarten die Befragten, dass diese bis 2025 für ihre Unternehmen nicht relevant werden: Bei Web 2.0 sind dies allerdings nur 7,9 %, bei den stärker Industrie 4.0-bezogenen CPS 17,8 % und auch additive Verfahren und Robotik sehen 13,4 % bzw. 16,9 % der Befragten in der Zukunft nicht als bedeutsame Szenarien für ihr Unternehmen.

13 Industrie 4.0 und Q2025 – qualitative Szenarien

Die Einschätzungen zu veränderten Arbeitsanforderungen durch Industrie 4.0, zur damit korrespondierenden Qualifikationsstruktur der Belegschaften sowie zu den daraus möglicherweise folgenden Ausbildungs- und Qualifizierungsbedarfen variieren erheblich über alle untersuchten Unternehmen hinweg und ebenso zwischen den einzelnen Interviews. Dabei wirken sich die jeweiligen technologischen Visionen zur Umsetzung von Industrie 4.0 und die damit verbundenen Veränderungen der Geschäftsprozesse, der Arbeitsorganisation, -inhalte und -mittel maßgeblich auf die Prognosen zu künftigen qualifikatorischen Bedarfen und die damit verbundenen Vorstellungen zu deren Realisierung aus.[9] Trotz der empirischen Heterogenität der Einschätzungen der Befragten lassen sich diese über alle Fallunternehmen hinweg idealtypisch auf drei Muster verdichten, die im Folgenden als Q2025-Szenarien bezeichnet und hier zunächst kurz skizziert werden:

- Das erste Q2025-Szenario **Growing Gap** geht von qualifikatorischen Anreicherungen für eine kleine Facharbeiterelite sowie für den akademischen Bereich aus. Weiter wird mit einem sinkenden Qualifikationsniveau für stärker operativ geprägte Anforderungskontexte im Facharbeitssegment gerechnet, die künftig eine verkürzte Grundqualifikation oder lediglich ein Anlernen direkt am Arbeitsplatz voraussetzen.
- Das zweite Szenario **General Upgrade** beschreibt eine übergreifende Anhebung in der gesamten Qualifikationsstruktur mit erweiterten Anforderungsprofilen auf allen Qualifikationsstufen.[10]
- Das dritte Szenario **Central Link** erwartet deutliche Aufwertungen für spezielle Beschäftigtengruppen, die typischerweise eine vermittelnde Rolle zwischen vertikal und/oder horizontal gegliederten Hierarchieebenen bzw. Funktionsbereichen einnehmen und meist auf beruflichen Fort- und Weiterbildungsformaten, wie Techniker und Meister, aufsetzen.

Alle drei Q2025-Szenarien sind aus den qualitativen Interviews extrahiert und idealtypisch verdichtet. Sie finden sich damit bei verschiedenen Interviewpartnern in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen. Es geht in den Szenarien nicht darum, einzelne Interviewpartner ein- und zuzuordnen, sondern gängige Diskursmuster zu beschreiben, wie wir sie in der Empirie vorgefunden haben. Sie sind deswegen relevant, weil sie immer einen dreifachen Ableitungsschritt beinhalten. Die Einschätzungen zu Qualifikationsanforderungen sind dabei stets im Rahmen der jeweils im Bild der Befragten vorherrschenden Technikvisionen zu sehen und können nur in diesem Kontext bewertet werden. Diesen systematischen Zusammenhang zwischen technologischer Ausgangsvision, der damit verbundenen Einschätzung zur zukünftigen Rolle des Menschen und schließlich den sich daraus speisenden Ableitungen für Qualifizierung zeigen die drei

9 Systematische Effekte nach dem Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 konnten dabei nicht gefunden werden. Übliche Unterschiede, die sich in Unternehmensfallstudien zwischen betrieblichen Funktionen finden, wurden hier nicht im Einzelnen dargestellt, da sie nicht spezifisch sind für das Thema Industrie 4.0. Dagegen scheint der individuelle berufsbiografische Hintergrund durchaus von Bedeutung zu sein.

10 Die Q2025-Szenarien „Growing Gap“ und „General Upgrade“ decken sich inhaltlich weitgehend mit den von Hirsch-Kreinsen (2014) konzeptionell beschriebenen arbeitsorganisatorischen Mustern der polarisierten Organisation auf der einen und der Schwarm-Organisation auf der anderen Seite. Um Verwechslungen zu vermeiden, benennen wir unsere empirisch und nicht theoretisch entwickelten Typen bewusst anders. Zudem scheint uns die Schwarm-Metapher wegen ihrer Assoziation zum Begriff der Schwarmintelligenz irreführend, da sie ein hohes kollektives Intelligenzniveau auf der Grundlage relativ unterkomplexer Individualintelligenzen unterstellt.

Q2025-Szenarien auf. Sie zeichnen also weder einen objektiven Ist-Stand noch sachlich notwendige Qualifikationsanforderungen der Zukunft nach, sondern illustrieren die Technikvisionen der Personen, die heute Industrie 4.0 – und damit die Arbeits- und Qualifikationsanforderungen der Zukunft – wesentlich mitgestalten. Diese drei Szenarien präsentieren sich nach Unternehmen und Personen – und teils selbst innerhalb einzelner Interviews – höchst unterschiedlich, ein eindeutiger Weg kann demnach weder für die Fallunternehmen noch für die Branche insgesamt abgeleitet werden.

13.1 Szenario 1: Die Schere geht auseinander – Growing Gap

Technologische Ausgangsvision

Die These zur auseinander driftenden Qualifikationsstruktur speist sich vornehmlich aus Visionen einer immer umfassenderen Vernetzung sowie der nahezu perfekten technischen Beherrschbarkeit von Komplexität, die mittels Industrie 4.0 erreicht werden könne. Um Fehler und Störungen zu vermeiden, muss vor dem Hintergrund wachsender Anforderungen an die Bewältigung von Komplexität der Anteil menschlicher Arbeitsleistung zugunsten digital gesteuerter Prozesse möglichst minimiert werden.

> „Wir werden weniger Menschen brauchen, denke ich mal, so unter dem Strich. Und wir sehen auch, dass wir weniger Fehler machen. [...] Das Erste ist, es muss auf jeden Fall unterstützend zur Vernetzung der Produktionsprozesse sein, würde ich sagen. Also zweitens muss die Komplexität beherrschbar sein. [...] Wichtig auch die Fehlervermeidung, also alle Fehler, die jetzt irgendwo passieren, die sollen vermieden werden. Da muss dann einfach der Faktor Mensch raus, weil der macht halt einfach Fehler“ (A002_21).

Große Hoffnungen hinsichtlich der Beherrschbarkeit von Komplexität werden weniger in die Mitarbeiter/-innen, sondern in die kommenden Industrie-4.0-Technologien im Sinne vernetzter cyber-physischer Systeme gesetzt. Technische Systeme können Daten zu produktionsrelevanten Geschäftsprozessen umfänglicher und verlässlicher erfassen, sie in ihrer Komplexität zunehmend intelligent auswerten und zudem transparent und ungeschönt, also nicht durch Emotionen verfälscht, in Echtzeit bereitstellen. Diese Vision gipfelt in der Idealvorstellung, unter vollständig umgesetzten Industrie-4.0-Bedingungen beschränke sich die praktisch fehler- und störungsfreie Bedienung einzelner Maschinen, möglicherweise sogar die gesamte Produktionssteuerung eines Werks auf die userfreundliche Konfiguration und Regulierung mittels intuitiver Bedienoberflächen und -elemente, wie sie auf Tablets und Smartphones schon heute bekannt sind. Die dahinterliegenden technischen Prozesse scheinen dann von den Bedienern kaum mehr verstanden oder nachvollzogen zu werden, um reibungsfreie Produktionsabläufe sowie deren friktionslose Integration in die Geschäftsprozesse zu gewährleisten.

Der erreichbare Grad künstlicher Intelligenz, den smarte Systeme umsetzen und so flexibel und adäquat auf veränderte Umweltbedingungen und unvorhersehbare Ereignisse reagieren können, wird in diesem Q2025-Szenario sehr hoch angesetzt. Während also das Betreiben einer auf Industrie 4.0 umgestellten Produktion in der Fertigung kaum mehr fachlich versiertes und erfahrenes Personal benötigt, bedarf es auf der Ebene der Entwicklung solcher Systeme und deren erfolgreicher Implementierung in die bestehenden Geschäftsprozesse umso mehr Know-how. Auch bei der Überwachung und Instandhaltung der technischen Systeme entstehen erhöhte Anforderungen an die Qualifikation der dafür zuständigen Beschäftigten, da Störfälle durch Industrie-4.0-Technologie zwar minimiert, aber nicht vollkommen ausgeschlossen werden können. Für diese seltenen Ausnahmefälle braucht es wenige, aber sehr gut qualifizierte Experten, die technisch die physikalischen Vorgänge in ihrer fachlichen Tiefe und deren digitale Vernetzung in der Breite verstehen.

Einschätzungen zur veränderten Rolle des Menschen

Die erwarteten technologischen Neuerungen durch Industrie 4.0 legen erhebliche Veränderungen der künftigen Arbeitsanforderungen nahe. Damit verbunden ist eine zunehmend polarisierte Qualifikationsstruktur, die insbesondere auf der Facharbeiterebene durch eine Aufwertung bestimmter Funktionsrollen und zugleich De-Qualifizierungsentwicklungen in anderen Bereichen gekennzeichnet ist. Die Scheidelinie zwischen den ab- und aufgewerteten Anforderungen liegt beim Maschinenbediener, der unter Industrie-4.0-Bedingungen physisch-mechanisch nur mehr einfache manuelle Arbeitstätigkeiten ausführen muss, während über Computer zu steuernde Aufgaben durch die neue digitalisierte Regelungstechnik userfreundlich vorgegeben werden können:

> „Und ich glaube, es wird da noch viel stärker unterschiedliche Ebenen geben müssen, zu sagen, okay, es wird einfach einen Maschinenbediener geben und mehr brauchen die auch gar nicht, die legen Teile ein, die holen Teile raus. [Bei der Steuerung] muss ich gar nicht verstehen, was im Hintergrund passiert, sondern ich habe jetzt die Apps und fertig“ (A001_17-20).

Insbesondere die selteneren, dafür aber komplexer werdenden Überwachungs- und Wartungsaufgaben können durch Industrie 4.0 aus dem Kompetenzbereich von Maschinenbedienern herausgenommen werden:

> „Und die Bauteile werden vielleicht komplexer, wo gewisse Facharbeiter vielleicht auch schon überfordert sind. [...] Alles andere drum herum: Informationen, muss die Maschine gewartet werden? Läuft bei der Maschine alles richtig? Wie schaut es aus mit Werkzeugthemen oder so was – da kann ich ihm ja was abnehmen“ (A006_27).

Eine wesentliche Begründung für die steigenden Anforderungen oberhalb der reinen Bedientätigkeiten ist der Umgang mit Komplexität und dem höheren Grad an Vernetzung durch Industrie 4.0:

> „Dazu müssen wir dann die Arbeitsplätze zuordnen und sagen okay, bis zu der Stufe, das sind dann die reinen Maschinenbediener, [...] ich kann mir auch Administratoren vorstellen, die einfach den Umgang mit dieser Komplexität, dieser Vernetzung können“ (A002_33).

Oberhalb des Maschinenbedieners werden also vor allem Koordinationsaufgaben im Sinne eines Produktionsadministrators anspruchsvoller definiert. Dazu kommt die Interventionsfähigkeit bei Störfällen, die auf einem tiefgehenden technischen Verständnis der Produktionsprozesse beruht. Fundierte Instandhaltungskenntnisse können vielleicht irgendwann durch technische Systeme abgebildet und einfach aufbereitet werden, in absehbarer Zeit kann aber noch nicht auf die technische Fachkompetenz von Menschen verzichtet werden:

> „Dann haben wir diese Administrationstätigkeiten schon, wo man sagt, okay, es muss noch welche geben, die das System verstehen, die dann halt einfach irgendwo eingreifen, wenn doch irgendwas passiert. [...] Wenn es irgendwo mal kracht, wenn irgendwo mal Systeme dann halt einfach nicht miteinander funktioniert haben, dann muss man die Leute haben, um zu sagen: Wie fahre ich denn jetzt eine Spindel frei? Wie fahre ich denn eine Achse frei? Wie repariere ich denn das Ganze? Das wird natürlich irgendwann mal langfristig auch irgendwo dokumentiert sein an einer Maschine. Aber ich glaube, das dauert noch eine Weile, ich glaube, wir werden auch einen Mix zwischendrin haben“ (A002_17-18).

Abgeleitete Konsequenzen für Ausbildung und Qualifizierung

Ausgehend von der erwarteten Spreizung in den Anforderungen innerhalb des bisherigen Niveaus der Facharbeiterqualifikation benötigen Mitarbeiter/-innen auf der operativen Ebene der Maschinenbedienung nur mehr ein rudimentäres Technikverständnis. Dabei bestehen die anfallenden manuellen Tätigkeiten bei planmäßigem und zunehmend weniger fehleranfälligem Produktionsablauf aus relativ einfachen, sich wiederholenden Handgriffen, die weder ein spezielles handwerkliches Geschick noch ein ausgeprägtes technisches Hintergrundwissen voraussetzen:

> „Na ja, er [der Maschinenbediener] muss ja Werkzeuge auch noch wechseln können, also ein bisschen Verständnis muss er von der ganzen Technik ja schon haben, also ich glaube schon, dass wir noch Leute brauchen, die die Technik verstehen, ich glaube nicht, dass wir sie noch in dem Maße brauchen, wie wir sie jetzt haben“ (A002_15-16).

Zusätzlich wird auf der Ebene digitalisierter Steuerungsverfahren mit stark vereinfachten, softwaregestützten und userfreundlich gestalteten Bedienoberflächen gerechnet. Ausgestattet mit Touch-Funktion und als mobile Produktionssteuerung auch über Tablets oder Smartphones regelbar, kann bei der Maschinenbedienung heutzutage auf Kompetenzen zurückgegriffen werden, die nicht nur die jüngeren Mitarbeiter/-innen durch die private Nutzung moderner Informations- und-Kommunikations-Technologien schon selbstverständlich mitbringen:

> „Mobile Produktionssteuerung, [...] da war noch nicht mal eine Einweisung notwendig“ (B009_465-467).

Für diejenigen, die von einem reduzierten Anforderungsprofil zukünftiger Maschinenbediener ausgehen, stellt die (zumindest jenseits der Serienproduktion) bisher übliche drei- oder dreieineinhalbjährige Facharbeiterausbildung eine ineffiziente Form von Überqualifizierung dar. Für das Unternehmen sei sie unnötig teuer und die Beschäftigten fühlten sich schnell unterfordert und verlören so Arbeitszufriedenheit und -motivation. Die Schlussfolgerung für die qualifizierte Facharbeit im Maschinen- und Anlagenbau lautet daher, dass für Arbeitstätigkeiten auf der Ebene des Maschinenbedieners (und darunter) Ausbildungszeiten verkürzt werden oder gänzlich aus dem berufsqualifizierenden System der dualen Erstausbildung herausfallen können:

> „Wir brauchen dann vielleicht keine dreieinhalbjährigen Berufsausbildungen mehr bei mir im Bereich, sondern vielleicht reicht eine zweijährige Berufsausbildung aus oder vielleicht reicht auch an manchen Stellen dann ein Anlernen aus“ (A002_17).

Die deutlich erhöhten Qualifikationsanforderungen zur Überwachung und Instandhaltung der komplexeren und zunehmend vernetzten Systeme, die mit der anvisierten Funktions- bzw. Rollenbezeichnung des „Produktionsadministrators“ skizziert werden, können – so die Annahme der Befragten in diesem Szenario – durch die bisherige Facharbeiterausbildung nicht mehr ausreichend abgedeckt werden. Klare Vorstellungen zu neuen curricularen Inhalten oder institutionellen Formen der benötigten Qualifizierungswege werden zwar nicht durchgehend formuliert, eine Tendenz zur Akademisierung deutet sich aber an:

> „Die [Produktionsadministratoren] werden die gesamte Komplexität ja auch nicht begreifen, aber dass die da einwirken können, [...] dann können wir halt noch ein bisschen Studium dazwischen ... wie man das dann gestalten muss, das weiß ich jetzt auch nicht, da habe ich mir keine tiefgehenden Gedanken drüber gemacht. Oder man kann auch zwei Treppen aufbauen und sagen okay, das eine ist dann wirklich die Stufe über die Universitäten und das andere ist dann einfach die rein betriebliche oder dann im Mix, wie es ja viele auch machen, unsere Studenten da. Also da stelle ich mir dann einfach was vor“ (A002_33).

Bezogen auf die Struktur der Aus- und Weiterbildung zeichnet sich bei den Befragten, die dem Growing-Gap-Szenario folgen, eine deutliche Präferenz für stärker modular aufgebaute und kleinteiliger abgestufte Bildungseinheiten ab, mit denen aber aufgeschichtet bis ins Topmanagement zu kommen wäre:

> „Dann sind das Bausteine, wie eine Treppe. Die muss er auf jeden Fall können. Wenn er die nächste Stufe erreichen will, gibt es die nächsten. Das ist eigentlich das Toyota-Prinzip. [...] Und so stelle ich mir das halt auch in der Ausbildung dann nachher vor, dass diese Bausteine, die da draufkommen – also bei Toyota ist das so weit, dass man dann sagt okay, und wenn du jetzt hier oben bist und hast die Bausteine auch alle und hast auch Zertifikate dafür, also nicht nur so, dass man irgendwas gelernt hat, sondern auch mit jeweiligem Test dazwischen, dass man dann sagt okay, und hier kannst du jetzt auch Werkleiter oder Unternehmer werden oder wie auch immer. Sodass sich das dann einfach da hochhangelt“ (A002_31).

Angesichts der erwarteten Aufspaltung zwischen simplifizierten und komplexeren Arbeitsanforderungen durch Industrie 4.0 kann analog zu arbeitsorganisatorischen Lean-Konzepten mit modularisierten Bildungswegen flexibler auf den technologischen Wandel reagiert werden, da einzelne betrieblich benötigte Qualifikationsbausteine nicht nur passgenauer und bedarfsgerechter bereitgestellt, sondern auch kosteneffizienter eingesetzt werden können.

> „Das heißt also, da ist viel Blindleistung drin, wenn man das mal ein bisschen neutraler sieht. [...] Und dann brauche ich keinen, der dreieinhalb Jahre gelernt hat und trotzdem bloß die 80 Stunden braucht. Das müssen wir ja auch mal sehen, was ist die Anforderung eigentlich an den Arbeitsplätzen hinterher noch. Und ich glaube, um auf die Bildungsinhalte zu kommen, muss man hinterher die Arbeitsplätze erst mal anschauen, was da übrig bleibt, wie viel Arbeitsinhalt denn da eigentlich drin ist, und danach werden sich dann auch die Berufe, denke ich mal, richten“ (A002_25-27).

13.2 Szenario 2: Für alle geht es nach oben – General Upgrade

Technologische Ausgangsvision

In diesem Szenario wird darauf verwiesen, nicht dem allgemeinen Hype um den Industrie-4.0-Diskurs zu erliegen, sondern den realistischen Kern einer möglichen, qualitativ neuartigen Digitalisierung der Industrie herauszufiltern und diese technologischen Entwicklungen nüchtern bzw. in den bewährten Bahnen der erwiesenermaßen erfolgreichen Innovationsstrategie weiter zu verfolgen.

Im Zentrum dieser progressiven Entwicklungsperspektive steht nicht nur der steigende Vernetzungsgrad, auch die Menge an verfügbaren Informationen und Daten sowie die Komplexität innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette nehmen deutlich zu. Industrie-4.0-Technologie unterstützt dabei, relevante Informationen über den Einsatz verbesserter Sensorik nahezu komplett und durchgängig zu erfassen, erhobene Daten gezielt aufzubereiten und so Komplexität auf ein bearbeitbares Maß zu reduzieren. Allerdings sind technologische Verfahren zur Komplexitätsreduktion limitiert, da auch Technikanwendungen in ihrer Vernetzung wiederum Eigenkomplexität generieren. Die größte Herausforderung im Zusammenhang mit Industrie 4.0 besteht in der Gewährleistung eines friktionslosen Informationsflusses und der generellen Datendurchgängigkeit über alle Geschäftsprozesse hinweg. Jedoch sind die Interpretation und Bewertung der gesammelten Daten nicht rein technisch zu bewerkstelligen. Dazu braucht es Menschen, um aufgrund einer (durchaus technisch verbesserten) Informationslage zu sinnvollen Deutungen und konkret belastbaren Entscheidungen zu gelangen. Visionen von Big-Data-gespeisten Algorithmen künstlicher

Intelligenz, die menschliche Interpretations- und Entscheidungshandlungen nicht nur simulieren, sondern qualitativ gänzlich ersetzen können, werden als Science Fiction oder abwegige Esoterik bewertet.

Einschätzungen zur veränderten Rolle des Menschen

Im Zusammenhang mit potenziell neuen oder andersartigen Arbeitsanforderungen ist in diesem Q2025-Szenario entscheidend, dass Industrie 4.0 die Beschäftigten zum Umgang mit erhöhter Komplexität entlang der gesamten Prozesskette zwingt und ihnen damit auf allen Qualifikationsebenen mehr bzw. neue Kompetenzen abfordert. Die verbesserten Möglichkeiten, zu jedem Zeitpunkt ein digitales Abbild des Prozessstatus generieren zu können, versetzt auch alle beteiligten Beschäftigten in die Situation, direkter und umfassender auf Kontextinformationen zugreifen und unmittelbarer reagieren zu können. Um dabei Fehler möglichst zu vermeiden oder sogar Verbesserungspotenziale erkennen zu können, müssen Beschäftigte qualifikatorisch entsprechend vorbereitet werden.

Für den Maschinen- und Anlagenbau kann die Facharbeitsebene als Basisqualifikation gelten, die deshalb qualifikatorisch noch weiter aufgewertet werden müsse, weil durch Industrie 4.0 zwar mehr und bessere Informationen über die Produktionsprozesse bereitgestellt werden, produktionsrelevante Entscheidungen aber nicht autonom von technischen Systemen getroffen werden können. Der Facharbeiter ist in Zukunft also mindestens genauso, eher noch mehr, als verantwortungstragender Entscheider, Problemlöser und Dirigent des Produktionsgeschehens gefragt:

> „Da bin ich pragmatisch, ich glaube wir brauchen auch die Facharbeiter in der Produktion, weil wie soll man denn eine flexible Werkzeugmaschine rüsten, wenn sie es nicht selber kann und entscheiden, was die richtigen Werkzeuge sind? Da würden uns diese digitalen Instrumente, Assistenzsysteme einfach nur eine Unterstützung geben können, aber die Entscheidung muss trotzdem vor Ort getroffen werden und das geht, glaube ich, noch relativ lange. Die Entscheidungshilfen werden immer besser, aber trotzdem muss ich bestimmte Dinge noch können und brauche da auch eine Fachausbildung für. Und wenn es Probleme gibt sowieso. Aber ich würde jetzt nicht sagen: Nur noch Problemlöser brauchen wir. Wir brauchen auch – wir haben es in der Umsetzungsempfehlung als Dirigent bezeichnet – wir brauchen die Dirigenten, die den Takt vorgeben und entscheiden, wo man den Takt ändert. Und dieses Wissen, das ist, glaube ich, nicht elektrisch nachbildbar oder durch Algorithmen nachbildbar. Noch nicht. Ich weiß nicht, ob das jemals kommt, da würde ich auch nicht sagen, es geht nie, aber noch lange nicht“ (A001_22).

Auch planerische Elemente werden aufgrund wachsender Komplexität zunehmend auf der operativen Ebene relevant und darum zur Anforderung für die Facharbeit in der Produktion:

> „Damit ist auch der Produktionsplaner ein Facharbeiter für mich und dann ist das nicht nur das typische mechanische, ölverschmierte Ding, wo man Facharbeiter hat, sondern auch in der Konstruktion von Blechteilen, [...] oder in der Entscheidung, wie viele Teile fertige ich wann auf welcher Maschine. Da werden uns Algorithmen schon Unterstützung geben können, aber die können uns nicht alles abnehmen. Denn es gibt durchaus mehr Einflussfaktoren, als man heute technisch beherrschen kann. Und ich behaupte einfach mal, die Technik wächst zwar rasant, aber die Komplexität auch“ (A001_24).

Noch stärker als bisher wird das Überblicks- und Prozesswissen durch Industrie 4.0 auch auf Facharbeiterebene abgefragt werden, insbesondere von der Kundenseite:

> „Und wenn wir jetzt aber sagen, okay, das Ding allein ist nicht mehr das Maß der Dinge, sondern die Dienste drum herum, die Verkettung drum herum, damit ich das, was heute ein Problem ist, die Planung, die Flexibilität, die Aufträge in Stückzahl Eins reinzunehmen, die ich noch gar nicht kenne, und wenn ich jetzt alle Verträge abgeschlossen habe und es kommt doch eine Änderung rein, weil ein toller Kunde sagt, er hätte es aber gerne schon heute Mittag, dann müssen Sie ja abschätzen, was kostet mehr Geld, den guten Kunden zu verprellen oder die Verträge zu verprellen, das heißt die Kunden, die vielleicht morgen gute Kunden sind, zu verprellen, weil vielleicht fragt der Auftraggeber das nur als Testauftrag, wo was Großes nachkommen könnte, und dann brauchen Sie auf einmal nicht mehr nur den Fokus auf die Maschine, sondern auf die gesamte Prozesskette und brauchen Entscheidungskriterien und dann brauchen Sie wieder Leute, die entscheiden und das ist eine andere Fachexpertise, als nur ein Werkzeug in die Maschine reinzubringen“ (A001_30).

Das Anforderungsprofil von Facharbeitern erweitert sich auch im sozialen Bereich, da mit Industrie 4.0 disziplin- und hierarchieübergreifende, projekt- und teamförmige Kollaboration zunehmend erforderlich und speziell kommunikative Kompetenzen wichtiger werden:

> „Wir suchen uns Leute, die auch kommunikativ sind, die da reden können und ich habe jetzt nur in meinem Team ganz speziell manchmal gute Leute nicht genommen, weil sie das nicht können. […] Wer bei mir in das Team rein muss und nicht kommunikativ ist, der kann fachlich noch so gut sein, weil ich sage, das Fachliche kann jeder lernen, das Kommunikative, das kann man nicht so lernen“ (A001_64).

Abgeleitete Konsequenzen für Ausbildung und Qualifizierung

Die neuen oder gestiegenen Anforderungen an qualifizierte Facharbeit kommen noch dazu. Die bisherigen Anforderungen werden also nicht durch (unausgereifte) technische Lösungen bzw. (teure) Automation ersetzt oder in einen anderen Bereich abgeschoben (z. B. in die sogenannte Jedermanns-Qualifikation), sondern begründen eine Art Sockelqualifikation, die im Sinne einer notwendigen Bedingung künftig als selbstverständlich vorausgesetzt werden muss:

> „Dann brauchen Sie auf einmal nicht mehr nur den Fokus auf die Maschine, sondern auf die gesamte Prozesskette und brauchen Entscheidungskriterien und dann brauchen Sie wieder Leute, die entscheiden, und das ist eine andere Fachexpertise, als nur ein Werkzeug in die Maschine reinzubringen. Brauchen wir aber auch. Weil die zweite These von mir ist einfach, es wird sich nicht lohnen, alles zu automatisieren, was technisch geht“ (A001_30).

Für den Umgang mit der wachsenden Komplexität in Arbeitskontexten stellt Erfahrungswissen eine wesentliche Komponente qualifizierter Facharbeit dar und wurde durch das System der dualen Ausbildung bisher auch ausreichend berücksichtigt. Erfahrung ist aber auf Zeit angewiesen und diese fehlt zukünftig angesichts der Dynamik des Komplexitätszuwachses im Zuge von Industrie 4.0:

> „Wir haben bloß keine Zeit, jahrzehntelang zu lernen, sonst könnte man hingehen und genau die ausbilden, die die Erfahrung mitbringen, aber die Komplexität steigert sich ja. Die steigert sich jetzt schneller, als wir lernen können“ (A001_54).

Der durch Industrie 4.0 steigende Qualifizierungsbedarf für Facharbeit kann also nicht durch längere Ausbildungszeiten kompensiert werden. Das ist aber aufgrund der Flexibilität des Dualen Systems sowie des praxisnahen Lehrkonzepts, das nah an technologische Entwicklungen

angebunden bleibt und sich an überbetrieblichen Berufsbildern orientiert, bereits weitgehend garantiert. Die berufsqualifizierende Facharbeiterausbildung legt ein relativ breites Fundament an Kompetenzen, das durchaus auch unspezifische Anteile enthält, die nicht immer vollumfänglich betrieblich abgerufen werden können. Gerade dieser Qualifikationsüberschuss birgt nun das vielversprechende Potenzial, betriebliche Veränderungsprozesse in Richtung Industrie 4.0 erfolgreich mitzugehen. Denn die zunehmende Komplexität in der Produktion bzw. der gesamten Wertschöpfungskette wird künftig nur dann durch Vernetzung im Rahmen von Industrie-4.0-Technologie zu bewältigen sein, wenn auch in der Fertigung fachlich gut ausgebildete Beschäftigte mitwirken.

Dazu passt die Facharbeiterausbildung als eher noch zu erweiternde Mindestqualifikation, weil sie systemisch notwendige Qualifikationen vorhält, die über eng zugeschnittene Kompetenzbereiche hinausgehen. Die Qualifikationsprofile von Facharbeitern enthalten spezialisierte technische Fachkenntnisse, umfassen die systematische Aneignung von praktischem Erfahrungswissen und legen zudem die Basis für ein übergreifendes Prozess- und Systemverständnis.

13.3 Szenario 3: Beruflichkeit als Scharnier – Central Link

Technologische Ausgangsvision

Dieses Q2025-Szenario setzt auf die Schaffung und Nutzung neuartiger Verbindungen zwischen stofflich-physischen und digital-immateriellen Vorgängen. Mithilfe ausgereifter cyber-physischer Systeme (CPS) kann die heute noch immer weitgehend materiell gebundene und von IT-Systemen abgekoppelte Produktionssphäre vollständig in eine einheitliche digitale Geschäftsstruktur integriert werden. Diese Vision geht von der Datendurchgängigkeit entlang der gesamten Prozesskette aus (und überschneidet sich demnach hier mit dem Q2025-Szenario 2), fokussiert aber stärker auf die Schnittstelle zwischen der rein materialen und der virtuellen Realität. Die darauf bezogenen Einschätzungen zu technischen Herausforderungen richten sich ebenso wie Fragen zum Qualifizierungsbedarf demnach auf Möglichkeiten, wie der traditionell mechanisch-elektronisch dominierte Kosmos des Maschinen- und Anlagenbaus mit der digitalen Welt (in Kooperation mit dem IT-Bereich) zusammengeführt werden kann.

Einschätzungen zur veränderten Rolle des Menschen

Die Vernetzung im Sinne eines „Internet of Things“ gelingt in diesem Q2025-Szenario nicht ohne einen substanziellen Beitrag gut qualifizierter Menschen, wobei insbesondere ausgeprägtes Erfahrungswissen und eine spezielle Expertise an ganz bestimmten Schnittpunkten erforderlich sind. Erst der geschulte und erfahrene interpretative Umgang mit den immer umfänglicher verfügbaren Daten in cyber-physisch vernetzten Systemen führe demnach zu den Prozessverbesserungen, die Industrie 4.0 verspricht.

> „Der Mehrwert aus Information kommt erst dann, wenn da einer draufguckt und sagt ‚hey, daran sehen wir ja, dass wir dort und dort einen Engpass haben‘ oder ‚dass wir da und da ein Problem haben‘ oder ‚dass wir hier und da einen Nachholbedarf haben, was den Prozess angeht‘. Das heißt, die Optimierung aus einem besseren Informationsfluss, die kommt erst dann, wenn das durch einen Erfahrungskatalysator durchläuft. Und das ist genau so bei unseren Meistern. Die haben halt 30 Jahre Berufserfahrung, wenn die einen Top-Informationsstand haben, dann können die eine super Entscheidung treffen, weil die genau wissen, wenn die Lage so und so ist, das sind unsere Eingänge, die und die Aufträge laufen noch genauso lang, jetzt kommt hier ein Eilauftrag, können wir machen oder nicht machen. Die Entscheidung wird immer besser, je besser die Informationsgrundlage wird. Wenn ich jetzt aber den Meister aus dem System rausnehme, dann kann ich so viel Information sammeln, wie ich möchte, dann funktioniert

es einfach nicht. Das heißt, ich brauche den Menschen als Katalysator, der vor dem Hintergrund von der Vision, von der Vision von der Strategie mit Eingangsinformationen eine Entscheidung treffen kann. Je besser die Eingangsinformationen sind, desto besser ist die Entscheidung. So. Aber Ich brauche diesen menschlichen Katalysator, damit ich mit Informationen einen Mehrwert schaffen kann, deswegen geht Industrie 4.0 nicht ohne Mensch" (A005_21).

Neben den Meistern werden häufig auch Techniker als wichtige Kandidaten genannt, um die mechanisch, elektronisch und mechatronisch dominierten Verfahren des Maschinen- und Anlagenbaus mit der virtuellen IT-Welt und der darin verankerten digitalen Logikstruktur zu verknüpfen. Denn die von IT-Experten entwickelten Systemansätze können in der Regel nicht umstandslos in den Produktionsbereich übernommen werden. Sie entstammen einem grundlegend andersartigen Verständnis von technischen Lösungen, das erst in die „Produktionssprache" übersetzt und nicht selten praxistauglich modifiziert werden muss. Dafür werden Vermittler benötigt mit einem besonderen Erfahrungshintergrund, der es ihnen ermöglicht, in beiden Welten zu denken und zu kommunizieren. Beschäftigte mit einer klassischen berufsfachlichen Ausbildung im Maschinen- und Anlagenbau und einer beruflichen Weiterbildung zum Techniker scheinen hier besonders gute Voraussetzungen mitzubringen.

„Wir haben in den letzten Jahren viele Techniker gehabt, also viele, die ihren Techniker dann obendrauf gesetzt habe. [...] Und ich bin der festen Überzeugung, dass wir ohne diese ... also ob der jetzt immer genau den Techniker braucht, wie diese Qualifizierung, diese Zusatzqualifizierung am Tag X aussieht, das sei mal dahingestellt, aber eine gute, fundierte Mechaniker-Ausbildung mit einer ... ich sage mal die Jungen haben schon eine gewisse Affinität zu IT-Themen, machen das gern und wollen auch weiterkommen, das sind schon die Erfolgsfaktoren, wenn ich sage, wie kriege ich das Projekt gut hin. Jetzt auf der personellen Seite waren das schon Erfolgsfaktoren, bin ich fest davon überzeugt, weil [...] ich mir IT – und das ist das, was alle anderen auch machen können – IT kann ich mir einkaufen, aber ich kann es nur sinnvoll einsetzen, wenn ich auch diese technologischen, diese werkzeugspezifischen Themen, diese Prozessthemen gut kenne und das dann miteinander vernetze. Der Programmierer macht ja nur das, was ich ihm sage. Also der macht trotzdem nur Nullen und Einsen, und wenn ich den Prozess nicht gut kenne und die Produkte nicht gut kenne, die Maschinen nicht gut kenne, dann kriege ich das nicht hin" (A003_47).

Die erfolgskritische Bedeutung einer Vermittlungsposition zwischen der Facharbeits- und der akademischen Qualifikationsebene beruht nicht nur auf der vermuteten IT-Nähe der Techniker, sondern vor allem auch auf dem Potenzial, die stärker theoretisch geschulten Ingenieure bei konkreten Umsetzungen in der Praxis zu unterstützen.

„Wir haben jetzt zum Beispiel jemanden für die Steuerungs- und Regelungstechnik eingestellt. Da haben wir jemanden von der Hochschule geholt, weil er halt diesen ganzen steuerungstechnischen Background halt hat, den wir da brauchen. Und es zeigt sich aber jetzt auch, er muss sich jetzt unheimlich viele Dinge unserer Techniker aneignen, um überhaupt das umsetzen zu können, was wir von ihm erwarten. Das heißt bei ihm ist die Schulung eigentlich eher in die andere Richtung, er muss sich die elektrischen, mechanischen Komponenten viel mehr vertraut machen, muss schauen, wie er da reinkommt, ein bisschen Erfahrung kriegen, fährt mit erfahrenen Technikern mit raus, damit er das alles mitbekommt, um hinterher die Steuerungs- und Regelungstechnik auch entsprechend anwenden zu können. Und normalerweise gehen wir umgekehrt, wir bauen auf die vorherige Befähigung auf und hier müssen wir halt schauen, dass wir ihn befähigen, seine Arbeit

eigentlich richtig umsetzen zu können. Also mein persönlicher, aktueller Stand ist, ich würde immer noch einen Techniker, Elektrotechniker oder der einen Techniker von der Mechanik gemacht hat, vorziehen. Weil er einfach ein bisschen mehr auch Berufsbezug hat. Und das brauchen wir hier stärker" (A008_43).

Abgeleitete Konsequenzen für Ausbildung und Qualifizierung

Mitunter zielen die Qualifizierungsvorstellungen in diesem Q2025-Szenario auf die stärkere Verknüpfung von verschiedenen beruflichen Domänen – ähnlich wie mit dem Berufsbild des Mechatronikers schon einmal auf technologische Entwicklungen im Produktionsbereich reagiert worden ist. Dabei geht es zum Teil auch um die Integration von IT-Inhalten in bestehende mechanische, elektronische oder mechatronische Ausbildungsgänge. Dass bei neuen hybriden Berufsbildern im Facharbeiterbereich die parallele Aneignung verschiedener Fachinhalte zulasten der jeweiligen fachlichen Tiefe gehen könnte, wird eher selten problematisiert. Vielmehr werden die Ausbildung zum Produktionstechnologen und die daran ansetzenden Fortbildungswege hervorgehoben, die das Potenzial haben, entlang mehrerer Abschnitte in der Prozesskette sogar multidisziplinär eine gewisse integrative Vermittlungsrolle zu übernehmen. Grundsätzlich jedoch zeigen die qualifikationsstrategischen Überlegungen eher in die Richtung, die Techniker- und Meisterebene verstärkt zu einer Scharnier-Funktion weiterzuentwickeln, die den Grenzverkehr zwischen unterschiedlichen Domänen moderieren soll.

Auch bei hochqualifizierten Mitarbeitern/-innen beispielsweise in FuE-Abteilungen wird immer wieder auf die besondere Leistung von betrieblichen Experten verwiesen, die eine vermittelnde Rolle zwischen verschiedenen Funktionsbereichen und den darin verankerten Berufskulturen einnehmen. Deren hybrides Qualifikationsprofil ist jedoch selten anzutreffen und meist als berufsbiografisches Zufallsprodukt entstanden, insbesondere wenn es mit signifikanter Berufserfahrung in beiden Arbeitskontexten hinterlegt ist.

„Wenn Sie diese Themen entwickeln wollen, dann brauchen Sie Qualifikationen, die finden Sie am Markt nicht. Das ist der Kern. So, und warum findet man die nicht? Weil das ist ein Spagat. Sie brauchen jemanden, der in den Technologien extrem tief technologie-orientiert unterwegs ist, aber gleichzeitig das Abstraktionsvermögen hat von einem Informatiker. Und Sie finden entweder die Leute, die dieses gigantische Abstraktionsvermögen haben, das sind aber irgendwelche Nerds, die dann halt – alles, was man anfassen kann, ist dann schon wieder nicht mehr interessant. So, und auf der anderen Seite haben wir halt extrem gute Leute, die im Körperlichen, im Engineering, in der Instanz arbeiten können. Die haben aber das Abstraktionsvermögen – also, die haben das auch, nur in einer anderen Form ausgeprägt. Und dass man die Fähigkeiten von beidem findet, das ist extremst selten. Extremst selten. Wenn man halt dann noch jemanden sucht, der schon Erfahrungen in beidem hat, ja, dann suchen Sie Superman. Und Sie können ja, wenn Sie mal so in die Jobausschreibungen gucken, wo so Industrie-4.0-Experten gesucht werden, die suchen genau diesen Spagat – mit Erfahrung" (B009_649-666).

Daneben spielen aber auch andere inter- und transdisziplinäre Vermittlungsansätze eine Rolle, beispielsweise wenn betriebswirtschaftliche Kenntnisse in technische Berufe integriert oder wenn Fähigkeiten zu bereichs- und hierarchieübergreifender Team- oder Projektarbeit gefördert werden sollen.

Alle drei idealtypischen Q2025-Szenarien verdeutlichen, welche Technikvisionen und damit verbundenen Vorstellung zur Rolle des Menschen und seinen Qualifikationen in der Branche existieren. Sie zeigen aber auch, wie unterschiedlich diese Vorstellungen aktuell sind und wie höchst verschieden ihre Folgen für Arbeit und

für Qualifizierung wären. Da unsere qualitativen Erhebungen überwiegend bei Industrie 4.0-affinen Entscheidern geführt wurden, die zudem überwiegend aus gerade deshalb ausgesuchten Vorreiter-Unternehmen stammen, ist diese Unterschiedlichkeit an sich schon ein interessanter Befund. Denn die Befragten bestimmen nicht nur den Diskurs über Industrie 4.0 in der Branche maßgeblich mit, sie sind auch aktiv an der konkreten Ausgestaltung von Industrie 4.0 in ihren Unternehmen beteiligt und werden dort möglicherweise weitere, für die Branche Leitbild stiftende Umsetzungen schaffen. Die empirisch qualitative Tiefenbohrung zeigt: Die Richtung dieser Reise ist noch nicht eindeutig festgelegt, sondern bleibt gestaltungs- und entscheidungsbedürftig. Die im nächsten Schritt wieder im Mittelpunkt stehenden quantitativen Ergebnisse ergänzen diesen Blick in der Breite.

14 Industrie 4.0 und Q2025: Qualifikations- und Kompetenzanforderungen

An anderer Stelle haben wir schon Befunde aus den qualitativen und quantitativen Erhebungen zu verschiedenen technologischen Themen rund um Industrie 4.0 vorgestellt, etwa im Überblick zu den Aussagen im Rahmen der Q-Methode (Kapitel → 4.2.2) oder bei der Darstellung ihrer Bedeutung heute im Unternehmen (Kapitel → 8.4). Hier möchten wir nun den Zusammenhang zwischen Industrie 4.0 und den damit bis ins Jahr 2025 verbundenen Anforderungen herstellen. Auf Basis der qualitativen Interviews zeigen wir, was die befragten betrieblichen Experten konkret mit diesen Begriffen verbinden. Dieser Blick in die Deutungswelt der Befragten ist insbesondere notwendig, um hinter den allgemeinen Diskurs um Industrie 4.0 zu schauen und auf die konkrete Ebene zu kommen. Dieses Kapitel unterstützt also dabei zu verstehen, wie die Befragten jeweils die technologischen Facetten von Industrie 4.0 definieren und warum sie daraus welche Kompetenzanforderungen ableiten. Erst auf dieser Grundlage können die im Anschluss gezeigten quantitativen Befunde zur Bedeutung von Lernwegen und -orten sowie Bildungsstrukturen (Kapitel → 15) sinnvoll interpretiert werden.

Die von uns vorgenommene Aufteilung nach fachlichen Anforderungen und Querkompetenzen mag auf den ersten Blick verwundern. So ließe sich das Thema Web 2.0/mobile Geräte auch als eher kommunikative Social-Media-Kompetenz verorten. In beiden Befragungen wurde das Thema aber eng mit Anwendungen auf dem Shopfloor verknüpft und nicht als allgemeine Fähigkeit im Umgang mit dem Internet thematisiert. So zumindest war die überwiegende Relevanzsetzung der Interviewpartner in den qualitativen Interviews, die wir daher auch für die Online-Befragung übernommen haben. Umgekehrt ließen sich die Themen Datenschutz und Umgang mit Big Data als im engeren Sinne technische und damit fachliche Kompetenzen einordnen. Auch hier haben wir uns stark orientiert an den Sichtweisen der interviewten Experten aus den Vorreiter-Unternehmen, die für diese Themen überwiegend keine enge Kopplung an Industrie 4.0 sehen, sondern den Umgang mit beidem als generell und in allen Bereichen notwendiger werdende Allgemeinkompetenz betont haben.

Die Unterscheidung in fachliche und Querkompetenzen folgt daher nicht den in der Bildungsdebatte üblichen Differenzierungen von fachlich-inhaltlichen, methodischen und sozialen Kompetenzen, sondern der empirisch fundierten Enge zu Industrie 4.0 versus allgemein notwendiger werdenden, dazu quer liegenden Fähigkeiten. Dass gerade bei Vernetzungs- und Innovationsthemen Fachliches und Überfachliches nicht leicht oder gar präzise zu trennen ist, zeigen die nachfolgenden Aussagen aus den qualitativen Interviews, am deutlichsten wohl findet sich dieses Verschwimmen beim Thema Big Data (Kapitel→ 14.2.2). Ob es sich hierbei um ein Übergangsphänomen handelt, oder ob die bisher tragenden bildungspolitischen Unterscheidungen angesichts der neuen Entwicklungen an ihre Grenzen stoßen, wird sich möglicherweise erst in den kommenden Jahren beantworten lassen.

Eindeutige Aussagen, welche Kompetenzen genau an welcher Stelle auf welcher Fachkrafteben zu erwarten sind, finden sich – und das ist der eigentlich spannende Befund – erstaunlich selten. Häufig bleiben die Aussagen vage und lassen sich auch bei intensivem Nachfragen nicht immer ausreichend konkretisieren. Noch sind viele Themen zu neu, zu selten faktisch umgesetzt oder im Einzelfall bei dem jeweiligen Interviewpartner noch nicht angekommen. Die nachfolgenden Zusammenfassungen zu den verschiedenen Kompetenzdimensionen verdichten zwangläufig aus dem umfangreichen Interviewmaterial zusätzlich, sie ergänzen und illustrieren die quantitativen Befunde daher in erster Linie und sollen anhand weniger exemplarischer Aussagen die Bandbreite oder besonders typische Einschätzungen verdeutlichen.

14.1 Fachliche Anforderungen

14.1.1 Web 2.0/Mobile Geräte

Neue Bedienoptionen und mobile Geräte kommen in der betrieblichen Wirklichkeit an und dringen nun auch bis in die Produktion vor. Neue Web-Tools, Apps und mobile Geräte wie Smartphones oder Tablets erfordern hier und da ein Anpassungslernen, dieses ist aber aus mehreren Gründen weitgehend unproblematisch. Erstens zeichnen sich diese Anwendungen – das ist ja Teil ihres Erfolgs – durch leichte und vergleichsweise intuitive Bedienung aus. Zweitens kennen viele Beschäftigte die Nutzung längst aus dem privaten Bereich – hier ist die Entwicklung oft bereits vollzogen worden, die im Betriebsalltag erst noch ansteht. Drittens ist im technischen Umfeld der Produktion ein Großteil der Beschäftigten mit technisch deutlich anspruchsvolleren und meist wenig intuitiv zu bedienenden Systemen konfrontiert. Im Vergleich dazu ist der Umgang mit den neuen Gadgets und Apps ohne nennbaren Aufwand zu erlernen. Die fachlichen Anforderungen der Beschäftigten für die Nutzung von Web-2.0-Technologien, um sich beispielsweise mithilfe eines Webtools ähnlich der bekannten Anwendung Doodle über mögliche Arbeitsschichten abzustimmen, werden daher von den meisten Befragten bereits heute als weitgehend erfüllt angesehen. Eine typische Aussage dazu:

> „Ich würde dann noch mal trennen zwischen der Kompetenz der Leute, die die Systeme entwickeln, und der Kompetenz der Leute, die die System nutzen. Also solche Systeme zu nutzen, dafür brauchen wir jetzt keine große IT-Bildungsoffensive, weil im Privaten nutzen wir alle möglichen Handys und Apps, und komplizierter ist die Interaktion mit den Systemen auch nicht. Der Trick liegt ja genau darin, dass man es genauso einfach macht, wie eine informationstechnische Interaktion im Privaten. Und das kennt man ja auch von zu Hause. Also jeder fotografiert sein Essen. Warum soll er nicht ein abgebogenes Werkstück in der Fertigung fotografieren? Da geht es auch eher darum, die Kreativität anzuregen. Also dass dann halt die Leute sagen, wenn man irgendwo auf Dienstreise ist, dann schreibt man eine Bewertung von einem Restaurant, macht noch drei Bilder dazu. Warum kann man das nicht mit einem Fehlerprotokoll hier in der Fertigung machen? Also da geht es auch darum, wie kann man praktisch Erfahrungsräume, die man in anderen Bereichen hat, abstrahieren und praktisch auf das Produktionsumfeld abbilden und dann neuen Nutzen generieren“ (A005_25).

Dieses Zitat zeigt nicht nur auf, dass die Bedienung mobiler Geräte keine Herausforderung darstellt, sondern auch, wie und unter welchen Rahmenbedingungen die Systeme genutzt werden. Mit Blick auf eine webbasierte Schichteinteilung wird das besonders deutlich:

> „[Es] fehlen heute noch ein bisschen die Voraussetzungen, was Arbeitszeitenmodelle angeht, es fehlt noch ein bisschen organisatorisch übergeordnet, aber ansonsten … […] Wenn die Rahmenbedingungen geschaffen werden, könnten wir es in vielen Bereichen … oder zumindest im Standardbereich gut tun. Im Sonderbereich geht es nicht, da haben wir noch […] zu wenig Flexibilität an der einen oder anderen Maschine“ (A003_117-123).

Wenn überhaupt werden mangelnde Fähigkeiten seitens der Mitarbeiter/-innen eher bei den überfachlichen, in der Regel sozialen Kompetenzen, befürchtet, vor allem wenn es um die Übernahme von Verantwortung bei der Selbstorganisation von Gruppen geht. Allerdings bezieht sich diese Sorge eher auf die Führungsebene und die Unternehmenskultur als auf die Beschäftigten:

> „Jeder macht das. Also, es ist total trivial, das anzuwenden. Wo das Problem ist, da müssen Sie das Management … müssen Sie schulen“ (B009-437).

Während die Bedienung mobiler Geräte durchgängig als unproblematisch angesehen wird, stellt die damit verbundene, aber nicht näher spezifizierte Medienkompetenz eine Herausforderung dar. Ebenso wird eine indirekte verstärkte Kontrolle des autonom handelnden Facharbeiters gesehen:

> „Nur, keine Ahnung, vielleicht kann man da maximal noch ein bisschen Medienkompetenz oder so was nennen, aber das ist, glaube ich, nicht das Problem, sondern eher, wie gehe ich mit den gewonnenen Entscheidungsfreiheiten um in dem Bereich" (A005_194-197).

> „Also zum Beispiel das andere Beispiel mit dem iPad, das auf einmal durch die Montage wandert, finde ich, ist eines, wo durchaus neue Kompetenzen verlangt wurden. Also früher durfte der Facharbeiter mit dreckigen Händen und irgendwie dem Bleistift, den er halt vorne in seiner Latzhose hat ... hat der einfach irgendwie ein Kreuz gemacht auf der Federmatrix, die auf die Maschine irgendwie geklebt war, und jetzt muss er aber eine gewisse Medienkompetenz mitbringen. Also er muss es holen, er muss es live machen, er muss es dokumentieren. Also, da wird definitiv eine Eigenverantwortung und auch ein Controlling durchgeführt, das bisher in der Art und Weise nicht vorhanden war. Sie müssen jetzt etwas Ordentliches formulieren. Sie müssen ein ordentliches Bild machen. Das wird auch hinterlegt, wer das genau zu welcher Zeit gemacht hat. Also, sie werden so ein bisschen transparenter. [...] Das heißt, ich weiß nicht, ob man das jetzt unbedingt als Kompetenzaufbau sehen kann, aber sie werden jetzt mehr dazu auch gezwungen, die Dinge so zu tun, wie sie auch tatsächlich geplant wurden von der Planungsabteilung. Und nicht so, wie man jetzt vielleicht gerade im Moment darauf Lust hat" (B006_29).

Die Ausbildungsthemen „Web 2.0" und „Mobile Geräte" werden insgesamt nicht als fachliche Qualifizierungsaufgabe betrachtet, vielmehr gehen die Befragten eher von einem Nachholbedarf seitens der Unternehmen aus, die ihre Kommunikations- und Verfahrensweisen erst auf den Stand der Social-Media-Nutzung in der Alltagswelt heben müsse:

> „Und ich muss auch, um in das Thema einsteigen zu können, in Infrastruktur investieren und nicht zu knapp. Und wenn ich das nicht tue, dann kann ich nicht einsteigen, dann kann ich es auch gleich bleiben lassen" (A005_194).

> „Die [komplette Datendurchgängigkeit] haben wir noch nicht. Aber wir haben Prozesse, die in diese Richtung gehen. Und damit umgehen, wird man relativ gut können. Das Zeug aufbauen und ein Managementverständnis für die Hintergründe zu erlangen ... da ... gut, aber das ist eine Managementaufgabe. Da muss man eher das Management qualifizieren. Und bei der Internetplattform ist das genauso" (B009_425-431).

Bei keinem Thema wird das Alter so stark ins Spiel gebracht wie bei Social Media und mobilen Geräten. Vor dem Hintergrund der unterstellten Web-Affinität der zwischen 1980 und 1999 Geborenen, den sogenannten Millennials, sieht ein Teil der Befragten zukünftig keine gravierenden fachlichen Qualifizierungsaufgaben auf die Unternehmen zukommen. Andere benennen den Umgang mit mobilen Geräten und deren Integration in produktionsrelevante Steuerungsprozesse als Herausforderung für die Organisationsentwicklung und als Professionalisierungsaufgabe für das Ausbildungspersonal:

> „Was wir brauchen, ist eine Professionalisierung des Umgehens damit. Wir haben die Cloud eingeführt, die ersten zwei, drei Jahre, die ersten Postings waren Facebook-like (...). Ich konnte im Leben nichts anfangen damit. Also mit Smileys und Krixelkraxelfüßchen hier – für die [Millennials] war es klar, für mich nicht. Also, wir mussten gucken, dass wir einen professionellen Umgang damit kriegen. Das ist ja immer eine Aufgabe. Aber eigentlich,

> deswegen glaube ich auch nicht dran, dass wir in dem Thema des Verständnisses für digitale Themen riesige Probleme kriegen, ich glaube eher, dass es eine Frage der Führung, der Unternehmenskultur, des sich drauf Einlassens ist, wenn man jetzt wirklich den Schritt geht und sagt, ich lasse mich mal drauf ein. Es gelingt ja unseren Ausbildern so gut wie gar nicht, wir haben gerade eine Diskussion mit einem Berufschullehrer. Die sind ja 2.0, 1.0. Grausig. Kein einziges Verständnis, was ich überhaupt nicht verstehe. Die haben den ganzen Tag mit jungen Leuten zu tun und interessieren sich keinen Stecken dafür, was macht diese Generation eigentlich" (A004_36).

Eine Schwierigkeit entsteht allerdings durch die übliche Unterstellung, jüngere Beschäftigte bräuchten hier keinerlei Unterstützung und Ältere müssten mit besonderem Aufwand an diese neuen Anwendungen herangeführt werden. Beides kann im Einzelfall so sein, oft sieht die Wirklichkeit aber anders aus: Jüngere sind zwar mit Social Media und Tablets aufgewachsen, sie kennen diese aber meist nur aus der lebensweltlichen Nutzung in ihrer Teenagerzeit – ein effektiver Einsatz im produktiven Umfeld ist für sie oft eine neue Herausforderung. Dies aber ist meist weder den Jüngeren noch ihren Vorgesetzten bewusst. Jüngere werden daher oft gar nicht mitgenommen, man geht ungeprüft davon aus, dass sie alle notwendigen Kenntnisse bereits mitbringen. Hier entstehen so unbemerkt wie unnötig Qualifizierungsdefizite. Ältere dagegen nutzen zunehmend auch Web-2.0-Anwendungen und Smartphones: Sie buchen ihre Reise und bewerten das Hotel, sie sind auf Facebook mit alten Schulfreunden verbunden und kommunizieren mit ihren erwachsenen Kindern über WhatsApp oder Skype. Wird ihnen im Unternehmen bei der Einführung von Social Media oder mobilen Geräten mit einer altersdiskriminierenden Defizitunterstellung begegnet, sind Akzeptanzprobleme zu erwarten. Dabei zeigt sich bei den Älteren weit mehr Offenheit als üblicherweise angenommen wird:

> „Die Jüngeren ja, wobei ältere Mitarbeiter: da bin ich immer ruhig. Ich habe eine große Offenheit im Unternehmen insgesamt gespürt. [...] Die meisten Mitarbeiter, so ist meine Erfahrung, sind sehr offen für neue Medien. [...] Die Älteren tun sich ein bisschen schwerer vielleicht, wie die Jüngeren. Das ist auf jeden Fall so. [...] Aber es ist nicht so, dass da eine starke Abneigung ist. Also, das kann ich jetzt im Unternehmen nicht so generell sagen. Klar, wenn einer jetzt über 50 ist, ist die Frage, ob der dann noch sagt, ich muss alles wissen. Aber er kann das, was er braucht, bedienen und die Offenheit, dass er das bedienen möchte, die ist da. Die habe ich zumindest gespürt" (B124_50-57).

14.1.2 Cyber-Physical-Systems/Internet of Things

Gerade bei diesem Thema hängen die Aussagen zur Qualifizierung sehr vom Stand der Umsetzung ab. Wo CPS noch kaum umgesetzt sind oder die Vorstellungen zu diesem Begriff weit in die Zukunft weisen, sind die Aussagen zur Qualifikation nachvollziehbarer Weise noch vage, so formuliert ein Befragter:

> „Na gut, das sind halt eben wesentlich intensivere Netzwerke, die dort eine Rolle spielen, und ich denke, worüber man sich da im Klaren sein muss, zu welchen Themen man in der Lage ist, etwas zu verändern, etwas zu steuern über die ganzen cyber-physikalischen Systeme. Ich glaube, da sind wir noch gar nicht am Ende des Denkens angekommen. Insofern kann ich da gar nicht so konkret werden, wo es da daran liegen wird. [...] In welcher spezifischen Form und in welcher Intensität. Ja. Also, das ist mir, da habe ich noch kein ... kein konkretes Bild, muss ich Ihnen sagen. Es ist ein Thema, aber halt noch, ja, so ein bisschen im Nebel" (B008_230-233).

Generell wird in den Interviews differenziert zwischen den Personen, die mit dem Aufbau der CPS-Struktur zu tun haben, und denen, die sich

innerhalb der Netzwerke bewegen bzw. deren Arbeitsplätze dort eingebunden sind. Bei ersteren – und hier wird meist von einer tendenziell größer werdenden Beschäftigungsgruppe ausgegangen – wird ein zunehmendes IT-Wissen erwartet:

> „Also, es gibt dann drei Möglichkeiten. Entweder Hochqualifikation, neue Mitarbeiter einstellen oder extern einkaufen. Und wir denken über alle drei Optionen nach. Wenn Sie das externe Einkaufen brauchen, müssen Sie Leute haben, die das dann auch wieder intern pflegen und beherrschen. Wenn Sie nur Einzelspieler haben, haben Sie bei Weitem nicht diese Durchschlagskraft, die Sie brauchen in dem Bereich. Also, da gibt es ganz viele Hürden. [...] Die Fragestellung ist halt, wie kann man es denn in den ... also das muss ja prozessimmanent werden. Erst dann kommt der wirkliche Wechsel. Also erst, wenn Entwicklungsabteilungen aus sich heraus das auch tun können, wächst so etwas und bleibt nicht nur aufgestülpt. Und das ist eine Erweiterung von Komplexität. Und da geht es um ganz viele Teilaspekte, vornehmlich überhaupt erst mal auch zu analysieren, in welchen Ebenen muss man denn solche Applikationen programmieren? Dafür ist natürlich so eine [...] steuerung so richtig auch nicht ausgelegt. Dort haben wir schon, ich will nicht sagen ein Architekturproblem, aber man muss sich das eben sehr, sehr genau anschauen. Da sind wir dabei, das im Detail zu analysieren. Aber auf Ihre Frage noch mal zurückzukommen, ich glaube, dass die Qualifikation eher nicht ... Es werden andere Qualifikationen benötigt und zwar eher Qualifikationen, die in den reinen Informatikbereich reingehen. Und nicht in den Elektro-Ingenieur-Bereich. Das würde ich so als den ausbildungsspezifischen Unterschied sehen und das ist eine andere Grundqualifikation“ (A010_20-21).

In diesem Zitat klingt schon an, was sich durch die Interviews als roter Faden zieht: Die neuen Anforderungen durch CPS lassen sich nicht mit reinem IT-Wissen bewältigen, sondern es geht um die Verschränkung verschiedener Wissensdomänen. Nicht von ungefähr mischen sich in den Interviewpassagen sehr oft gerade die Aussagen zu CPS mit denen der sozialen Kompetenz „interdisziplinäre Zusammenarbeit“ (Kapitel → 14.2.3).

Für die digitale Vernetzung von virtuellen und physischen Systemen werden in den Interviews solche fachlichen Anforderungen formuliert, die dabei unterstützen, datenbasierte IT- und Software-Themen aus einer Maschinenbauperspektive stärker zu erschließen – ohne dabei das hohe, bereits erreichte Kompetenzniveau im mechanisch-elektronischen Bereich aufzugeben. Als besondere qualifikatorische Schwierigkeit wird immer wieder die Übersetzung von der mechanisch-stofflichen Sphäre in die IT-Sprache und umgekehrt betont. Der bloße Einkauf von externen IT-Dienstleistungen reiche daher keinesfalls aus, um die mit CPS/IoT verbundenen Möglichkeiten konstruktiv weiterzuentwickeln und produktiv umzusetzen.

> „Das ist nicht extrem, trotzdem extrem softwareabhängig. [...] Und was mir wichtig ist, ist trotzdem, dass solche Mitarbeiter trotzdem auch einen gewissen technischen Background haben. Also ich brauche keinen Informatiker, der hilft mir da wenig. Informatikleistung kann ich mir extern problemlos einkaufen, aber ich brauche jemanden, der das Prozessverständnis hat, der ein Produktverständnis hat und der Kommunikator ist, gerade zu diesen externen Partnern, wenn wir einen großen Schwung an neuen Änderungen reinbringen und ansonsten einfach, ja so ein Maschinen- oder Prozesspate ist, wenn Sie so wollen. Aber dafür braucht es auch mechanische Kenntnisse, nach meiner Einschätzung“ (A003_37).

Zu den direkt anfallenden neuen Qualifikationsanforderungen für Mitarbeiter/-innen im Maschinen- und Anlagenbau werden sehr heterogene Einschätzungen vorgebracht. Das liegt in erster Linie an den unterschiedlichen Produkten der

jeweiligen Unternehmen, aber auch intern ergeben sich spezifische Anforderungen je nach Funktion und Position im Betrieb:

> „Wenn man es rein auf Prozesse, auf Fertigungs-[...]Prozesse bezieht, ist es so, dass halt eben die Programmierleistungen immer mehr zunehmen, ob es Einzelmaschinen sind oder die Vernetzung von Maschinen, im Vergleich zu Handarbeiten. Und da muss man, denke ich, auch differenzieren in den einzelnen Unternehmen, was dort hergestellt wird, was dort gefertigt wird. Da gibt es sicherlich Unterschiede [...] in der Ausprägung, ja. Wo halt eben eher noch manuelle Tätigkeiten sind, in den Unternehmungen, weil es Einzelfertigungen sind, da wird es wahrscheinlich, ist meine Einschätzung, nicht so sein, dass da die Revolution so ist, dass da wesentlich mehr programmiert werden muss. Da ist dann eben noch eher die Handarbeit gefragt. Aber wenn Sie Serienhersteller sind, also, mit höheren Stückzahlen, und die Fertigungsprozesse weiter optimieren wollen, dann wird die Programmierleistung, also, das geistige Arbeiten dort, aus meiner Sicht, zunehmen an der Stelle“ (B008_51).

Die Bandbreite an zukünftig potenziell benötigten IT-Kompetenzen der Beschäftigten reicht hier vom einfachen Bedienungswissen bis hin zur Modellierung und Administration komplexer IT-Architekturen, je nachdem in welcher Domäne die beruflichen Funktionsrollen angesiedelt sind bzw. sein werden:

> „Wenn es so wäre, dann hätten wir nur noch Software und nur noch Daten. Wer entwickelt den Sensor? Der Physiker. Der muss Halbleiter können. Der Elektriker muss es vernetzen können und dann wird aus einem Sensor ein Smart-Sensor [...]. Und mit dem allein fange ich immer noch nichts an. Ich brauche die Leute, die auf der nächsten Systemgrenze auch noch was machen können“ (A001_117).

Insgesamt erweist sich eine eindeutige Identifikation von Qualifizierungsbedarfen für CPS/IoT als äußerst schwierig. Allgemein wird zwar eine größere IT- bzw. Software-Nähe für die meisten oder sogar alle Arbeitsbereiche angenommen, eine exakte Bestimmung der fachlichen Tiefe, spezifiziert für die verschiedenen Funktionen und Rollen im Unternehmen, wird aus der heutigen Perspektive möglicher Industrie-4.0-Umsetzungen von den Befragten nicht vorgenommen. Von den interviewten betrieblichen Praktikern wird zudem immer wieder die Frage aufgeworfen, in welchen Mischungsverhältnissen intern eigene IT-Kompetenzen aufgebaut und externe IT-Dienstleistungen eingekauft werden sollen und wie zentral oder dezentral die IT im Unternehmen administriert und verantwortet werden soll. Auch hier existieren sehr heterogene Einschätzungen, eine klare oder verallgemeinerbare Strategie zeichnet sich in den befragten Fallunternehmen dabei nicht ab. Selbst auf der Ebene von klassischen IT-Aufgaben in der Netzwerk- und Serverbetreuung ergeben sich Unsicherheiten. Gegebenenfalls müsse das Verhältnis von unternehmenszentral angebotenen Dienstleistungen und der Verantwortlichkeit einzelner Unternehmensstandorte neu strukturiert werden. Wie präsent das Thema in den Unternehmen ist, zeigt diese Aussage:

> „Die Server müssen safe sein, das ist alles richtig und wichtig, ist aber im Tagesgeschäft für uns ja viel zu wenig, weil die Softwaremodule, die wir heute nutzen im Tagesgeschäft, die sind inzwischen genauso wichtig, wie die Maschinen. Eigentlich muss ich da viel mehr in die Tiefe gehen und sagen, ich muss für die Softwarethemen auch eine Instandhaltung haben, einen Softwareexperten haben bei uns am Standort. Und gestern erst haben wir darüber diskutiert, haben wir eine Planstelle oder wie gehen wir in Zukunft damit um, eigentlich brauchen wir einen Software-Instandhalter oder einen Software ... also einer, der jetzt nicht Server pflegt [...], aber ich brauche jemanden, der die einzelnen Softwaremodule versteht und auch selber warten kann, neu

starten kann, ein älteres Backup aufspielen kann, der, wenn es einen SAP-Release-Wechsel gibt, drei Systeme mal kurz testet, ohne die Zentral-IT, weil da einfach zu viel dann an Themen wahrscheinlich hier dann in der Zentrale aufschlägt und wir viel kürzer getaktet sind. Also ich glaube, da entwickelt sich noch mal für uns jetzt eine neue Aufgabe in der Person, die einfach diese Themen auf dem Schirm hat" (A003_73).

Als fester umrissen und übergreifend aufscheinender Aspekt qualifikatorischer Zukunftsanforderungen kann der steigende Bedarf an disziplinen-, bereichs- und domänenübergreifendem Schnittstellenmanagement gelten. Da die CPS/IoT-typische datenbasierte Vernetzungslogik nicht ohne Weiteres auf alle Prozesse übertragen und angewendet werden kann, sondern stofflich-physikalische Eigenschaften eine Eigenlogik entwickeln, entsteht ein besonderer Bedarf an Kompatibilität zwischen dem Virtuellen und dem Stofflichen. Gefragt sind daher vor allem spezielle Übersetzungs- und Vermittlungsfähigkeiten. Die besondere qualifikatorische Herausforderung bestehe darin, nicht an disziplinärer Tiefe und Spezialisierung zu verlieren bzw. diese sogar noch weiter zu treiben, zugleich aber breiter aufgesetzte Kompetenzprofile zu generieren, die konstruktive Verbindungen zwischen verschiedenen Fachdomänen hervorbringen:

„Wie sollen wir denn tolle Dinge bauen, wenn wir nichts davon verstehen? Natürlich brauchen wir das. Wir sind ja in der Welt, heißt ja extra cyber-physical, das heißt, wir dürfen uns nicht nur um Cyber kümmern, wir müssen uns auch um das Physical kümmern und das ist halt in einem anderen Bild. Maschinenbauer, Elektrotechnik und vieles mehr, Prozesse und so weiter. Wenn wir da nachlassen, dann haben wir ja unsere Existenzgrundlage verloren. Und die funktioniert ja noch, das ist ja nicht so dramatisch böse, dass unsere Existenzgrundlage gar nicht mehr da ist, die ist ja noch da. Und an der glaube ich, dass es noch Potenziale gibt, aber vielleicht nicht alleine, deswegen brauchen wir diese Cyberwelt dazu. Und jetzt nicht so, wieder getrennte Disziplinen, die IT macht halt was und die Nicht-IT macht was und jeder für sich. Da die Behauptung: Wer als Erstes diese Themen zusammenbringt und das gut genug macht, der hat eine riesige Chance, das zu steuern" (A001_110).

Beschäftigte auf dem Hallenboden müssen durch CPS also produktionstechnologisch vergleichsweise wenig Neues lernen – die, wenn man so will: Offline-Seite der CPS wird aber nicht unwichtiger. Im Gegenteil: Auch aus wettbewerblicher Perspektive gilt es, das dafür nötige Fach- und Erfahrungswissen zu halten und weiterhin zu generieren. Dies ist auch eine strategische Frage. IT- und sich schnell wandelndes IT-Wissen wird auch auf der Facharbeitsebene gebraucht werden. Die wirkliche Herausforderung besteht in der Fähigkeit, die Offline- und die Online-Seite von CPS in deren Gestaltung und im täglichen Betrieb aufeinander beziehen zu können.

Insgesamt werfen CPS auf der Kompetenzseite neue Fragen auf, die die üblichen Betrachtungen einzelner Tätigkeiten und darauf im engeren Sinne bezogenes Fachwissen sprengen. Die Komplexität wächst, das System insgesamt wird nie alle realen Prozesse virtuell abbilden können – damit steigen für alle Beschäftigten innerhalb dieser Systeme die Anforderungen mit Unwägbarkeiten und Komplexität umzugehen.

„Jetzt ist es so, dieses Thema, das ist ja so ein KI-Traum, ne? Ich nehme den Menschen einfach aus der Regelschleife, weil der ist ja eh nicht zuverlässig und so nach dem Motto Autopilot, ich formalisiere das Erfahrungswissen in einem Algorithmus und dann lasse ich das System laufen und dann kommt da schon irgendwie das Optimale dabei raus. Da haben Sie aus meiner Sicht zwei Probleme, erstens mal, je komplexer das Gesamtsystem wird, desto schwieriger ist es, das Erfahrungswissen so umfassend zu programmieren, dass man auch viele Ausnahmen damit abfangen kann. Also zum Beispiel in einem ... ich versuche mal

> ein Beispiel zu formulieren, versuchen Sie mal einen Algorithmus reinzupacken, welche veränderten Entscheidungsgrundlagen die Russlandkrise auf die Reihenfolge der Produktionsaufträge hier bei uns im Werk hat. Geht nicht. Also Einkauf, wie verändert sich die Materialmenge, die wir brauchen, wenn morgen es heißt: ‚Die Börse in China bricht zusammen.' Das zu formalisieren, da sind wir heute auf jeden Fall Lichtjahre noch von weg" (A005_23).

Der gleiche Interviewpartner bricht diese Anforderung an anderer Stelle runter und zeigt, dass es darum geht, innerhalb komplexer vernetzter Prozesse entscheiden zu können. Dies aber ist keine abstrakte Metakompetenz, sondern muss Hand in Hand gehen mit den bisherigen Anforderungen auf produktionstechnologischer Ebene:

> „Dann brauchen Sie auf einmal nicht mehr nur den Fokus auf die Maschine, sondern auf die gesamte Prozesskette und brauchen Entscheidungskriterien und dann brauchen Sie wieder Leute, die entscheiden, und das ist eine andere Fachexpertise, als nur ein Werkzeug in die Maschine reinzubringen. Brauchen wir aber auch" (A001_30-31).

Die Verschränkung produktionstechnologischer Kernkompetenzen mit neuen Anforderungen des Arbeitens und Entscheidens in komplex vernetzten Strukturen wird nicht nur als eine sachlich nötige Herausforderung gesehen, sondern hier liegt wettbewerbsstrategisch das ausschlaggebende Potenzial. Diese zwei Interviewpassagen bringen diese Sichtweise auf den Punkt:

> „Wenn die Basis verschwindet und es kommt irgendwann mal zu einem Supergau. Dann haben wir nichts mehr. [Nachfrage: Was meinen Sie mit Supergau?] Wenn die Grundfertigkeiten von allen Berufen, die es gibt, wenn die nicht mehr vorhanden sind, ist so viel Wissen kaputt. Und wenn dann irgendwas nicht funktioniert, haben wir niemanden mehr, der das Wissen hat" (A009-60-63).

> „Und jetzt kommt man natürlich schon dahin, dass wir sagen, wir brauchen immer mehr Leute, die sich auch intensiv mit Netzwerktechnik auskennen, die stark auch ... Elektroniker, Technologen, also Leute, die letztendlich auch Programmierkenntnisse haben, Steuerungskenntnisse, nicht um das alles zu entwickeln, sondern dann auch, um letztendlich, wenn es mal irgendwo ... Je komplexer es wird, desto mehr Fehler können sich einschleichen, um die auch effizient zu finden. Weil ich sage jetzt mal: Das Unternehmen, das in der Lage ist, die Komplexität zu beherrschen, wird am meisten Geld verdienen, und das ist in erster Linie eine effiziente Problemlösungskompetenz. Oder Kompetenz für effiziente Problemlösung" (B001_49-50).

14.1.3 Additive Verfahren

Die Einschätzungen zur Dringlichkeit, die heute schon entwickelten Möglichkeiten additiver Verfahren bzw. des 3D-Drucks stärker in der Aus- und Weiterbildung zu berücksichtigen, hängen sehr von der allgemeinen Prognose zur Umsetzbarkeit und Nutzung dieser Technologie im Maschinen- und Anlagenbau ab. Dabei dominiert die Erwartung, der 3D-Druck bleibe in der Branche (noch lange) auf den Prototypenbau und die Fertigung kleinerer, nichtmetallischer Ersatzteile beschränkt.

> „Ja, haben wir untersucht, weil wir es ja auch selber im Haus haben und es gerade eben auch gepusht wird, aber für das Werkzeugthema, also für unser Werkzeugthema [ist es] weit weg von der Wirtschaftlichkeit. Also wenn Sie Senkerodieren, Drahterodieren ... also Senkerodieren ist [...] deutlich schneller, [...], qualitativ [...] von der Genauigkeit, Oberflächengenauigkeit, also man müsste immer noch mal nachbearbeiten – damit fällt [der 3D-Druck] eigentlich raus" (A003_113-115).

Selbst in den Fallunternehmen, in denen additive Verfahren bereits eingesetzt werden, sind sie als ein typisches FuE-Thema eher in einer

Nische verortet, die nicht direkt nach neuen oder veränderten Lehrinhalten verlange. Vielmehr sei das maschinenbauspezifische Ingenieurwissen, gepaart mit den Software-Kenntnissen von IT-Spezialisten bereits ausreichend, um diese neuen Verfahren, die oftmals explizit nicht der Industrie-4.0-Thematik zugerechnet werden, schon heute einfließen zu lassen.

> „Das ist einfach ein Entwicklungsteam, das sowohl aus Ingenieuren, verschiedenen Entwicklern besteht, aus Software-Leuten besteht und aus dem Produktionsbereich besteht. Also wie die Prototypen in die Maschine [kommen, das hat] so Laborcharakter ein bisschen. [...] Ich sage mal, das können gute Ingenieure machen, ohne dass sie eine spezifische, weitere Ausbildung dafür benötigen, nein, also da nicht“ (A013_194 u. 198).

Teilweise werden die additiven Verfahren bzw. 3D-Druck-Technologien zwar als diejenigen Entwicklungen thematisiert, die womöglich die größte revolutionäre Sprengkraft für den Maschinen- und Anlagenbau enthalten. Aber auch dann sehen die Befragten die Unternehmen qualifikatorisch auf Augenhöhe mit dem derzeitigen technologischen Fortschritt. So brächten heutige Beschäftigte aufgrund früherer Verfahrensentwicklungen in der computergestützten Produktion bereits eine gute Grundlage mit, um den kommenden technischen Innovationen folgen zu können, die bestehenden Berufsbilder werden dabei durchgängig als ausreichend betrachtet:

> „Ich denke, dass wir da gut aufgestellt sind. Klar, Weiterbildung brauchen wir immer, aber das wächst dann mit zunehmendem Fortschritt dieser Technologien und auch additive Verfahren wie 3D-Druck ... ich meine, letztendlich geht es um CAD/CAM-Schnittstellen, also wie kriege ich von einer Zeichnung irgendwelche Bewegungen in Achsen rein, von Maschinen, wie auch immer und ich meine, das ist ja unser Hauptgeschäft hier“ (B001_127).

Die befragten Unternehmen nutzen additive Verfahren bzw. 3D-Druck-Technologien heute schon, in unterschiedlichem Ausmaß und in verschiedenen Anwendungsfeldern, aber grundsätzlich scheinen technische Anforderungen qualifikatorisch bewältigt zu werden. Teilweise sind sogar speziell für den Ausbildungsbereich entsprechende Maschinen angeschafft worden. Gerade innerhalb der Ausbildung existieren bereits sehr gute Erfahrungen mit dem Einsatz des 3D-Drucks, die scheinbare Neuheit ist für Auszubildende im gewerblich-technischen Bereich schnell unspektakuläre Normalität, mit der umgegangen wird wie mit anderen Maschinen:

> „Das machen wir schon mit dem 3D-[Eigenname]-Drucker, da lernen die unglaublich viel, für die ist 3D-Druck, wenn die dann irgendwo rausgehen so normal, wie früher einen Bolzen drehen in der Drehmaschine. Für die ist 3D-Druck nichts. Also damit kriege ich von meinen Lehrlingen keinen bewegt. Die sagen: ‚Ja, steht doch da vorne.‘ CAD kein Problem, Schnittstelle, Slicer drauf und dann gucken, dass die Düsen stimmen und fertig. Also das ist irgendwie Banane inzwischen, ja? Und da sieht man, wie schnell das geht“ (A004_92).

Andere Unternehmen dagegen überlegen noch, ob additive Verfahren heute schon in der Ausbildung sinnvoll sind, und sehen solche Wege noch als Zukunftsmusik:

> „Aber in der Ausbildung wird es jetzt sicher noch dauern, bis so was kommt. Aber irgendwann mit Sicherheit. Wird es so weitergehen. Weil das einfach ein Verfahren ist, das Zukunft hat. Sollte man unter Umständen auch mal mit reinbringen. Also ich würde, wenn ich jetzt eine Möglichkeit hätte, einen 3D-Drucker zu bekommen, würde ich nicht nein sagen. Sofort. Das ist Horizonterweiterung für die Azubis, auf die Zukunft gesehen“ (A009_184-185).

Dabei kann der für die Ausbildung genutzte 3D-Drucker gleichzeitig produktive Zwecke erfüllen, wie diese Aussage aus einem anderen Unternehmen illustriert:

> „Das wenden wir in der Ausbildung schon längst an. Wir haben zwei 3D-Drucker und ... [...] Ja, werden Kompetenzen aufgebaut. Wobei hier Ausbildung und Musterbau, Vorrichtungsbau, zusammenarbeiten. Das ist aber absichtlich bei uns im Unternehmen, weil wir sagen, hier gerade Stückzahl eins ist. Nacharbeit oder irgendetwas anderes ist. Und das ist in der Ausbildung ... Ist auch die Zeit dann dafür, das zu tun“ (B007_129 u. 284-285).

Wie bei anderen produktionstechnologischen Innovationen in der Vergangenheit stellen sich jenseits der Frage, welche Bedienkompetenzen für 3D-Druck gebraucht werden und auf welcher Qualifikationsebene oder -stufe diese zu vermitteln seien, neue Anforderungen eher aufseiten von FuE und Konstruktion. Gelingt es, die neuen technologischen Potenziale umzusetzen? Veränderte Produkte, kostengünstigere Geometrien oder effizientere Verarbeitungsabfolgen zu generieren? Das Zitat verdeutlicht, welcher neue Blick hier an vielen Stellen im Unternehmen zu entwickeln ist.

> „Also nehmen Sie einfach mal einen Metallwürfel, der sehr stabil sein muss und innen drin nur ein paar Verstrebungen hat, den können Sie weder gießen, noch können Sie den fräsen, weil es aus einem Teil sein sollte, also nicht zusammenbauen, den können Sie wirklich formen, also mit den internen Verstrebungen, mit allem Drum und Dran einen schönen Würfel zum Beispiel haben oder einen Ball haben oder wie auch immer, mit einer sehr hohen Stabilität und das aus Metall aufgebaut, aufgeschmolzen, wie Kunststoff-3D-Druck, das ist halt mit Metall und das ist halt nicht, dass Sie da immer spritzen oder auftragen nur und das verhärtet, sondern das ist wirklich ein Pulver, das verschmelzen Sie mit dem Laser und das geht dann immer im -Bereich hoch und wird dann immer an anderen Punkten verschmolzen und so wächst das Gebilde nachher, das Werkstück, das Sie da machen. Da kann natürlich auch so ein komplexes Teil mal einen Tag auf der Maschine laufen bis es fertig ist, schon interessant. Das ist nichts für die Massenproduktion, die Kleinanlagen ist der Fokus so ein bisschen Schmuckindustrie, Implantate, solche Dinge und dann eher Prototypenbau, komplexere, wirklich hochkomplexe Teile mit hohen Anforderungen, die halt sonst einfach nicht gebaut, nicht gegossen, nicht produziert werden können, die man dann auf so Maschinen macht, aber dann auch in größeren Formaten, die Flugzeugindustrie interessiert sich auch stark dafür solche Dinge zu machen, Leichtbauweise, hohe Stabilität, Teile, die Sie noch nicht so bauen können. Interessantes Verfahren, aber auch komplex.“ (A013_190)

Das Zitat zeigt aber auch: Die hier exemplarisch geschilderte Herausforderung ist für die Fachkräfte der Branche keine neue. Technologisch neue Verarbeitungsverfahren bergen immer Optionen für konstruktive Veränderungen und für optimierte Produktionsabfolgen. Die Kompetenz, damit umzugehen, ist vorhanden. Wie sehr dies auch für additive Verfahren zutreffen wird und von welchen Zeiträumen auszugehen ist, wird in den Fallunternehmen dagegen uneinheitlich eingeschätzt:

> „Ein bisschen befürchte ich, wird das in der Zukunft uns als Maschinenbauer betreffen in Form von Teilen, die wir nicht mehr fertigen können über dieses Abtragesystem, das heißt Fräsen, Drehen, Schleifen. Ich habe sehr interessante Dinge schon gesehen, die sogar schon in der Luftfahrt verwendet werden und da kann einiges offen sein, also wir als klassischer Maschinenhersteller sind hier geistig vielleicht noch nicht so weit, das als Konkurrenz ernst zu nehmen. Aber persönlich denke ich, dass hier schon in zehn Jahren ernsthaft eine Konkurrenz entstanden ist, wo auch für uns spannende Sachen rauskommen müssten.

Wir reagieren zwar in einem Nischenprodukt, aber so die große Reaktion ist jetzt noch nicht gekommen für uns“ (A008_55).

14.1.4 Robotik

Insgesamt spielt Robotik in den qualitativ befragten Unternehmen aktuell eine geringere Rolle als in den online befragten Unternehmen (Kapitel → 8.4). Die Einschätzung zu den Qualifikationsanforderungen durch Robotik ist insgesamt deutlich weniger aufgeregt und sehr viel bodenständiger als im allgemeinen Industrie-4.0-Diskurs. Hier weiß man um die Grenzen der Intelligenz und der Selbstlernfähigkeit von Robotern und lässt sich nicht verführen von humanoid anmutenden Zukunftsvisionen. Robotik wird als eine – wenn auch elaborierte –Handlingstechnik gesehen, mit der man längst umgeht. Nur wenn Robotik wirklich intelligenter und autonom handlungsfähiger würde, könnten sich vielleicht neue Anforderungen ergeben. Werden Roboter jedoch vor allem kostengünstiger, leichter oder wächst ihnen ein weiterer Arm, so werden Fachkräfte mit gewerblich-technischem Background vor keine substanziell neuen Herausforderungen gestellt, das verdeutlichen Aussagen wie diese:

„Das Thema Robotics, da, wenn man den ganz weiten Bereich schaut, dann sage ich ja, da fehlen noch Qualifikationen. Da geht es aber eher um das Thema selbstlernende Systeme. Aber Roboterprogrammierung an sich, so wie wir sie kennen, ist heutzutage auch überhaupt kein Problem mehr, da haben wir Experten im Haus“ (A010_666).

„Also gerade wenn ich mal so Richtung zweiarmige Roboter ... Also das ist halt die Sache, wenn ich so einen zweiarmigen Roboter implementiere, das ist halt, ja, ja mehr der Mitarbeiter, der diesen Roboter dann wie auch immer anlernt, umstellt, etc., also dass mehr so die Qualifikation, dass das, ja, wie soll ich es nennen? Einrichter, in Anführungszeichen, dann neu geschaffen werden müsste. Dann auf jeden Fall“ (A011_849).

Der Einsatz und die zukünftige Relevanz von Leichtbau- und zweiarmigen Robotern werden selten mit Bezug zu Qualifizierungsfragen thematisiert. Meist steht hier eher die Möglichkeit bzw. die Gefahr im Vordergrund, menschliche Arbeitskraft könne durch Roboter gänzlich substituiert werden. Allerdings sehen die Befragten dies kaum als ein realistisches Szenario für die eigenen Produktions- oder Montagebereiche, selbst dort, wo verschiedene Varianten der Robotik bereits heute in die Produktionsprozesse integriert worden sind.

„Wir setzen sehr viel Roboter schon ein. Das fängt an mit Palettier-Robotern, die zwar nicht so aussehen, wie man sich typischerweise Roboter vorstellt, die aber wie Roboter gesteuert werden. Dann setzen wir Knickarmroboter ein [von Firma A und Firma B]. Und wir entwickeln auch sogenannte [Eigenname]-Roboter in Zukunft selber, um bestimmte Aufgaben, Pick-and-Place-Aufgaben und so weiter, in [bestimmten ... A]nlagen zu übernehmen. Zwar haben die Roboter, die so Art menschenähnlich fungieren ... sehe ich bei uns eben nicht, weil, natürlich wollen wir oder müssen wir auch aufgrund unserer Kunden möglichst wenig Menschen in den [...]-Anlagen haben, aber [...] der Mensch ist oft in den [...]-Anlagen gerade gebraucht, um Imperfektionen auszugleichen. Also, wenn Verschlüsse nicht ganz ideal gefertigt sind, dann klemmen die manchmal, [...] nennen wir das, dann muss jemand dahin gehen und diese geklemmte [Einheit] entfernen. Und so etwas ist für mich unvorstellbar, dass da jetzt ein Roboter lang marschiert“ (B012_50).

Robotik-Technologie wird also eher als direkte Assistenz gesehen, die nach wie vor unverzichtbaren menschlichen Arbeitstätigkeiten ergonomisch sinnvoll zu unterstützen bzw. zu erleichtern, beispielsweise beim Heben von schweren Gegenständen. Allerdings stehen oftmals ökonomische oder arbeitsorganisatorische Gründe

einer konkreten Einführung in der Fertigung entgegen, insbesondere bei kleinen Serien und komplexen Produkten:

> „Wir würden für solche Systeme Komponenten liefern, aber wir haben hier eine Werkstattfertigung und wir haben auch in [Standortname] Werkstattfertigung und auch bei den Produkten, die wir herstellen. Bei uns macht ein höherer Automatisierungsgrad als der, den wir jetzt haben, nur sehr begrenzt Sinn. [...] Zweiarmige Roboter, Leichtbauroboter, okay ich sage mal hier Teileentwicklung, Komponentenentwicklung, das läuft bei uns. Gut, wenn wir mehr Leute hätten, würde es vielleicht ein bisschen schneller laufen, aber das ist jetzt kein grundsätzliches ... also klar, mit mehr Ressourcen geht es immer schneller, kein Thema, das ist was, das haben wir jetzt nicht in dem Projekt entwickelt, aber das haben wir genau beobachtet, damit setzen wir uns jetzt in der kommenden Zeit auseinander“ (A005_180 u. 198).

Etwas anders stellt sich die Situation dort dar, wo Maschinenbauer Business-to-Business für Kunden produzieren, die selbst Robotik-Systeme entwickeln und verkaufen. Während für die Komponentenherstellung im Robotik-Bereich die Qualifizierung mehr oder weniger wie gewohnt betrieben werden könne, zeigen sich für manche Funktionsbereiche im direkten Umgang mit Robotern in der Produktion auch aufwändigere und anspruchsvollere Qualifizierungsaufgaben. Hier aber greifen Herstellerschulungen, deren Inhalte das bestehende Fachkräftepotenzial – eben wegen seiner bisherigen Qualifikation – unproblematisch aufnehmen kann. Bereits auf der Ebene des beruflich qualifizierten Technikers zeigt sich das als im Kern gut zu bewältigen, da die jeweiligen Ansprüche an die IT begrenzt sind und das Teach-in-Verfahren bereits seit langer Zeit den Umgang mit Robotik jenseits geometriebasierten Programmierens erleichtert:

> „[Bei Robotern und Datenbanken]: Aber programmiert wird da jetzt nicht groß, da wird halt optimiert, angepasst, dass die halt ein Verständnis haben, von was die Informatiker da sprechen, wenn sie da im großen Projektraum sitzen. [...] Ansonsten sind die in den ganzen Sondertools schon relativ tief. Also die kennen das CAD-System, die können mit CAD-Dateien umgehen, also die müssen [ein spezifisches 3D-Konstruktionssoftware-Programm] kennen, haben mit Apps zu tun, [...] es geht ein bisschen in SPS rein, in Steuerungstechnik, Robotertechnik, im Sinne von ich habe halt irgendein Problem, einen Fehler, das ich dann da, wobei das auch nicht megamäßig in die Tiefe geht, also ich muss es halt benennen können, ich muss es sauber beschreiben können und ich muss dann an der Robotersteuerung oft natürlich dann mit einem Servicetechniker im Kontakt entsprechend neustarten, meinen da teachen, Roboter teachen machen die, also ist auch was, was man als Industriemechaniker, glaube ich, nicht so ohne Weiteres lernt. [...] Sie müssen ein Stück weit auch die Sprache der IT-Experten sprechen, zumindest mal verstehen. Weil die sprechen wirklich eine andere Sprache. [...] Aber das sind so die wesentlichen Dinge. Also SAP, rund um das Thema Datenverarbeitung, also Server, rund um das Thema CAD und Robotervorrichtungs- ... also ein bisschen SPS und natürlich die Maschinensteuerung“ (A003_63 u. 65).

Speziell auf der Qualifikationsebene des Technikers kann demnach von guten Voraussetzungen, aber auch jeweils punktuellen Qualifizierungsdesideraten bzw. inkrementellen Weiterbildungsbedarfen gesprochen werden, die eine zunehmende Einführung von Robotik-Technologie im Maschinen- und Anlagenbau mit sich bringt. Dabei wird das Wissen um IT immer wichtiger. Noch bedeutsamer wird aber die Verbindung unterschiedlichster IT-Aspekte und spezifischer IT-Anwendungen (wie CAD) mit der herkömmlichen Steuerungstechnik (eben SPS) und dem konkreten und produktiven Einsatz des realen

Roboters. Auf dieser Ebene reicht wie bisher das Lernen im Arbeitsprozess gekoppelt mit Herstellerschulungen aus:

> „Sonst Richtung Anlagenanbindung, Automatisierung, Zellenmanagement, direkt an der Anlage diese Geschichten, Schnittstellen, da haben sie sich dann, das war aber vieles auch on the Job, also wir hatten schon alle auch auf Roboterschulungen geschickt zu den entsprechenden Lieferanten, das haben sie gemacht, teilweise auch Datenbankschulungen, aber programmiert wird da jetzt nicht groß, da wird halt optimiert, angepasst, dass die halt ein Verständnis haben, von was die Informatiker da sprechen, wenn sie da im großen Projektraum sitzen“ (A003_62-63).

Auch diese beiden Aussagen zeigen, wie sehr bei Fragen zu fachlichen Qualifikationsanforderungen immer wieder Anforderungen angesprochen werden, die über einzelne enge Fähigkeitsaspekte hinausweisen, ohne dass diese selbst damit weniger wichtig würden (vgl. dazu auch Kapitel → 14.2).

14.1.5 Wearables und Augmentation

In weiten Teilen werden die Themen Wearables und Augmentation kaum als Qualifizierungsthema gesehen. In den Interviews wurden als relativ branchennahe Anwendungsbeispiele die sogenannten Datenbrillen und der smarte Handschuh verwendet. Die Komplexität der eigenen Prozesse sowie die hohen Anforderungen an die formale Qualifikation und an spezifisches Erfahrungswissen führen dazu, dass die Befragten das Thema für die eigenen Prozesse fast durchgehend ablehnen, ein typisches Zitat dazu:

> „Ich rege mich wahnsinnig darüber auf, wenn z. B. über die Datenbrille geredet wird und geglaubt wird, damit könnte man den Leuten genau vorschreiben, wie etwas zu machen ist. Denn damit blende ich das gesamte Erfahrungswissen der Leute aus. […] Gerade beim Problemlösen und der Bewältigung von Veränderungen kommt es auf das intuitive, erfahrungsgeleitete Handeln an. Und da bin ich skeptisch, wenn Informatiker glauben, Lernlogik und -ablauf vorgeben zu können, wie sie ihn sich in ihrem Informatikerhirn ausdenken. Ein erfahrener Mensch würde es wahrscheinlich ganz anders tun und sich eher gegängelt fühlen“ (EXV01_87).

Diese technologische Dimension wurde fast durchgängig unter dem Vorzeichen einer potenziellen fachlichen Dequalifizierung thematisiert. Das gilt nicht nur für die eigenen Beschäftigten, sondern auch für den Servicebereich und die Möglichkeit, beispielsweise über eine smarte Brille, die Beschäftigten beim Kunden direkt vor Ort für Reparatur- und Wartungsaufgaben an der Maschine anzuleiten. Die technische Vision scheitert selbst hier an den relativ vielfältigen und komplexen Anforderungen, die mit solchen Aufträgen verbunden sind und daher ein gewisses qualifikatorisches Fundament im Operativen voraussetzen:

> „Wir hatten es im Service mal vor Jahren schon mal diskutiert wegen der Brille, also kann ich einem Servicetechniker vor Ort dann einfach dort Informationen geben, die Datenbasis, die Vielfalt der Informationen, die wir haben, die ist so immens, dass wir da Abstand davon genommen haben, wir haben gesagt, die Leute müssen gut ausgebildet sein, die müssen es gut erkennen, die Brille hilft uns dort im Detail nicht“ (A013_148).

Mitunter wird mit der Einführung von Wearables auch ein positiver Effekt für die Verfahrens- und Produktgüte verbunden. Meist überwiegen aber die Bedenken zur Akzeptanz bei den Beschäftigten:

> „Wobei das sehr stark in die Richtung auch geht: Das macht der Mitarbeiter gern und mit, das will der nicht. Ja. Also, deswegen ist die Frage, ist der [smarte] Handschuh die goldene

> Lösung oder letztendlich andere? […] Klar für das Produkt mit Sicherheit, für die Qualität wäre das super“ (B007_277).

Ein fachlich begründeter Qualifikationsbedarf taucht in den Interviews nicht auf und wird dann stark abgelehnt, wenn Wearables und Augmentation explizit darauf zielen, komplexe und kognitiv wie praktisch anspruchsvolle Arbeitsschritte in stark angeleitete, möglichst einfach aufbereitete ausführende Tätigkeiten zu transformieren. Auch dort, wo Wearables und Augmented Reality lediglich als Hilfestellung oder Arbeitserleichterung interpretiert werden, wird daraus kein steigender Qualifikationsbedarf abgeleitet. Vielmehr können die damit einhergehenden Möglichkeiten kaum von der Hand gewiesen werden, vormals fachlich fundiert ausgebildete durch wesentlich kostengünstigere Beschäftige aus dem Segment der „Jedermanns-Qualifikation“ zu ersetzen.

Insgesamt werden Wearables und Augmentation weitgehend als nicht so wesentlich für die Branche eingeschätzt. Ein sinnvoller Einsatz wird allenfalls dort gesehen, wo im Anwendungskontext der eigenen B2B-Kunden – etwa in anderen Ländern – vor Ort Beschäftigte mit geringerem Qualifikationsniveau beispielsweise beim Austausch einfacher Ersatzteile unterstützt werden können. In den Fallunternehmen wird das Thema als überwiegend randständig betrachtet und eher in Branchen verortet, die weniger anspruchsvolle Produkte in größeren Losen und mit Beschäftigten unterhalb des Facharbeiterniveaus produzieren. Auch ergänzend zu den eigenen Produkten – etwa die Datenbrille für entsprechende Hilfestellungen beim Support auf Kundenseite – finden sich wenige Aussagen in den Interviews. Werden solche Anwendungsoptionen kurz angerissen, dann immer als partielle Kompensation fehlender Expertise vor Ort beim Kunden, mit der sich aber aktuell für die eigenen Beschäftigten keine neuen Qualifikationsanforderungen verbinden.

14.2 Querkompetenzen zur Bewältigung von Komplexität und Innovation

14.2.1 Datenschutz/Privacy

Eine grundlegende Mindestanforderung an Beschäftigte in einer Industrie-4.0-Umgebung stellt der sicherheitsbewusste Umgang mit Daten dar – seien es persönliche, unternehmensinterne oder kundenseitige. Das ist in einer von Produktpiraterie betroffenen Branche allerdings kein neues Thema. Im Rahmen cyber-physischer Systeme und mit steigendem Vernetzungsgrad nimmt nicht nur die schiere Menge an generierten Daten zu, auch die Schnittstellen und Zugriffsmöglichkeiten vervielfachen sich. Dabei entsteht der Mehrwert für die Geschäftsprozesse gerade durch den verbesserten Informationsfluss und die Datendurchgängigkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Mit Industrie 4.0 kommt damit auf alle Beschäftigten, egal auf welcher Ebene und in welchem Bereich, tendenziell eine erhöhte Verantwortung beim sicheren Umgang mit sensiblen Daten zu. Entsprechende Querkompetenzen werden von den Befragten in den Unternehmen durchweg als wichtige Voraussetzung betont. Allerdings differieren die Einschätzungen zum aktuellen Kompetenzniveau beim Thema Datensicherheit bzw. zum bestehenden Bedarf an entsprechender Kompetenzentwicklung. So bringen einige Befragte speziell der Millennials-Generation relativ viel Vertrauen entgegen, zumindest die basalen Grundregeln datenbasierter Kommunikation aus der privaten Social-Media-Nutzung zu kennen und verinnerlicht zu haben. Ein erhöhter Schulungsbedarf bestünde eher für die weniger internetaffinen älteren Mitarbeitergenerationen. Allerdings wird dabei meist die Nutzungskompetenz in Bezug auf Bedienung und Usability-Verständnis adressiert, nicht im engeren Sinne das Wissen um Datenschutz:

> „Für die heutige Jugend ist natürlich auch der Umgang mit digitalen Medien doch ganz was anderes, als es für uns war, und dabei haben

> wir schon geglaubt, wir sind viel weiter als alle anderen. Aber ich glaube, das glaubt jede Generation [...]. Die [jüngeren Beschäftigten] haben das sehr, sehr selbstverständlich genutzt, die haben das verstanden und es hat natürlich Schulungen dazu gegeben, damit man weiß, wie gehe ich mit der Oberfläche um, wie muss ich die Programme, die ich da habe, also Zustandsrückmeldungen, zu sagen, wie ist der Montagefortschritt, wie stempele ich welche Themen, da muss man natürlich die Tools an sich schulen, aber es hat keine Berührungsängste gegeben. Und wir erleben es ja jetzt wieder, wir haben jetzt seit Januar eine [...]-Maschine in der Ausbildung, die Jungen gehen da dran und klar, das ist das Gleiche wie an ihrem Smartphone und andere Geschichten und das braucht ungefähr fünf Minuten, bis sie einem sagen, das muss besser gemacht werden, das muss besser gemacht werden, ihr hinkt der Zeit hinterher. Hat man so vielleicht auch nicht erwartet" (B003_17 u. 19).

In der Einschätzung anderer Befragter verteilt sich der Qualifizierungsbedarf beim Thema Datensicherheit zwischen den jüngeren und älteren Beschäftigten gleichmäßiger oder sogar eher andersherum. Denn gerade die sogenannten Digital Natives pflegten oftmals einen relativ lockeren Umgang mit persönlichen Daten in den neuen sozialen Medien und auf Internetplattformen, was sich bei einer Übertragung auf den Unternehmenskontext als gefährlich erweisen könne. Ältere Mitarbeiter/-innen würden dagegen gerade aufgrund ihrer Berührungsängste viel vorsichtiger agieren. Zudem wird ihnen mehr Kompetenz darin zugestanden, die Relevanz von unternehmens-, produkt- und kundenbezogenen Daten einschätzen zu können. In jedem Fall bestehe aber eine klare Qualifizierungsaufgabe darin, über alle Generationen hinweg sehr umfassend zu Sicherheitsfragen beim Umgang mit Daten aufzuklären und entsprechende Medienkompetenzen aufzubauen.

> „Aber der Prozess muss halt sicherer werden, die Daten müssen gemeinsam durchgegangen werden, das Know-how müssen wir reinkriegen, also an dem arbeiten wir auch schon. [...] Je globaler wir unterwegs sind, je mehr Daten wir generieren, umso wichtiger [ist] die Datensicherheit. Also in 15 Jahren, wir sehen es ja jetzt schon, also wer die Daten hat, der steuert eigentlich. Für mich ist es der Mensch, der das sehr gut kann, da gibt es ja genug Berichte darüber. Das Datenthema ist schon sehr wichtig, dass das gemacht wird" (A006_79 u. 125).

Insgesamt lässt sich zusammenfassen: Die Anforderungen zum Thema Datenschutz und Privacy werden auf unterschiedlichen Ebenen thematisiert, aber durchgängig nicht problematisiert. Unterschieden wird zwischen klassischen IT- und Netzwerkthemen, bei denen vor allem technische Lösungen als Antwort gesehen werden: also etwa Rechte- und Rollenvergaben, Entscheidungen über Zugangswege (VPN u.Ä.) und IT-Infrastrukturen (z. B. bei der Verwendung von Cloud-Lösungen). Auf der anderen Seite spielen Firmengeheimnisse eine Rolle, der sensible Umgang mit innovations- und wettbewerbsrelevantem Wissen. Auch hier werden weitgehend keine neuen Anforderungen gesehen: Immer schon haben die technischen Fachkräfte der Branche auf allen Ebenen vielfältige Außenkontakte und unternehmensübergreifende Kooperationen gepflegt, bei denen ihnen ständig präsent sein muss, welches Wissen mit wem zu welchen Zeitpunkt geteilt werden kann. Auffällig ist allerdings, dass das Thema ausschließlich aus der Anwenderperspektive angesprochen wird. Nur in einem Interview wird die dazu komplementäre Sichtweise angerissen:

> „Design spielt also eine große Rolle, auch im Bereich Security, da sagt man ‚security by design'" (EXV01_25).

Inwieweit sich beispielsweise auf der Kundenseite neue Anforderungen stellen und was dies intern für die eigenen Qualifikationsanforderungen bedeuten könnte, wird in den Interviews

praktisch nicht thematisiert. Doch wenn Maschinen und Anlagen zunehmend mit datengenerierender Sensorik ausgestattet werden, sollten auch auf Kundenseite der Schutz des Know-how, der Arbeitnehmerdaten und der Privacy stärker in den Mittelpunkt rücken. Als strategisch wichtiges Thema klingen solche Überlegungen in den Fallunternehmen an, die über unternehmens- und/oder branchenweite eigene Cloud- und Plattformangebote nachdenken (Kapitel → 9). Als darüber hinausweisendes, strategisches Thema und erst recht als Qualifikationsthema zeichnen sich hier bislang kaum Herausforderungen ab. Insgesamt dominiert die Vorstellung, dass die bisherigen Methoden und Maßnahmen des überwiegend technischen oder konzeptionellen Umgangs mit dem Thema ausreichen:

> „Ich denke mal, wir sind da recht gut aufgestellt, was das Thema Datensicherheit anbelangt. Es gibt ausgearbeitete Rollenkonzepte, wer hat welche Rechte, etwas zu verändern, etwas einzugeben, etwas zu lesen, je nachdem, in welcher Rolle und Funktion Sie sind. Ich denke, das ist auch ganz wichtig, weil der sichere Umgang mit [...] Daten, das kann man nicht einfach nur so sich selbst überlassen, sondern das muss also wirklich sehr strukturiert sein und ..., sonst kann da auch sehr viel Schindluder mit getrieben werden dann. Ich rede gar nicht mal von Personaldaten, sondern halt eben auch von anderen ... anderen Daten, die eine Rolle spielen. Also, da braucht man schon Rollenkonzepte, ganz klar definierte Rollenkonzepte“ (B008_217).

14.2.2 Umgang mit Big Data

Die Interviewpartner taten sich – auch bei beharrlichem Nachfragen – vergleichsweise schwer damit, eindeutig mit Big Data verknüpfte technische und fachliche Anforderungen zu benennen (also beispielsweise die Fähigkeit, Algorithmen zu programmieren). Auf der Anforderungsebene wurden dagegen zwei dazu querliegende Kompetenzen betont: die Fähigkeit, Big Data basierte Informationen korrekt deuten und auf reale Bedingungen beziehen zu können, sowie die Fähigkeit, die damit potenziell zu verbindenden Geschäftsmodellinnovationen erkennen zu können. Hier ergeben sich in den Interviews oft Überschneidungen mit der Kompetenz zur Gestaltung von Innovationen (Kapitel →).

Zunächst wird mit Big Data meist ein steigender Bedarf an Software-Entwicklern verbunden. Hierin sehen viele Befragte eher ein quantitatives oder Rekrutierungsproblem, denn ein Qualifizierungsthema:

> „Also sagen wir mal so, in der mechanischen Entwicklung und in der elektrischen Entwicklung, glaube ich, ist das nicht so dramatisch. In der Software wird es ein bisschen anders aussehen, weil im Prinzip ganz einfach, da sieht es deswegen anders aus, weil im Prinzip, wir haben eine gewisse Softwaregröße, also wenn man jetzt bloß [einen Unternehmensstandort] hernimmt, da haben wir halt [Anzahl] Softwareentwickler, so in der Richtung, die ringsherum schon relativ ausgelastet sind und zu tun haben und je mehr da noch dazukommt, das trifft ja die Software. Also entweder müssen die dann schneller werden, keine Ahnung wie, oder je mehr da dazukommt, umso mehr Softwareentwickler wird man brauchen, glaube ich. Also klar, Stahl und Eisen und Elektrik brauche ich immer, aber dann das Nachgelagerte, das Datensammeln, Datenerfassen, Auswerten, das wird natürlich gewaltig zunehmen. Also ich bin mir sicher, dass der Bedarf nach Softwareentwicklern gewaltig steigen wird. Da bin ich mir sicher. Weil das hat alles mit Sensorik und Software zu tun“ (A007_47).

Die formulierten Kompetenzanforderungen zu Big Data kreisen um zwei grundsätzliche Fragen. Erstens: Wie fließt produktionstechnologisches Know-how und spezifisches Domänenwissen in die Algorithmen ein, damit diese sinnvoll und „intelligent“ arbeiten? Wie die nachfolgenden Zitate exemplarisch zeigen, spielt hier das Fach- und Erfahrungswissen des Facharbeiters eine

große und oft unterschätzte Rolle, und zwar weit über die reine Funktion als Zuträger von Datenbanken hinaus:

> „Von dem [Facharbeiter]würde ich [...] erwarten, dass er irgendwie qualifizierten Input dazu gibt, was vielleicht an Information für den Kunden relevant sein könnte, was vielleicht an Information von Zulieferern für uns relevant ist. Dass er praktisch abstrahieren kann, okay wir geben jetzt Information nach außen, was ist denn für welchen Stakeholder wichtig? Also was ist denn zum Beispiel für den Wertschöpfungspartner wichtig, was für einen Kunden, was ist für jemanden, der vor uns ist, in der Supply-Chain, für jemanden, der hinter uns ist, wie spielt das mit dem Thema Logistik zusammen, welche Prozessverbesserung hätten wir, wenn wir zwei, drei Informationen hätten, könnte man sich einen Arbeitsschritt sparen, also dass man praktisch in der Lage ist, im eigenen Wirkbereich die Konsequenzen von neuen Möglichkeiten so ein bisschen abzuschätzen. Und das sollten wir damit eigentlich ganz gut kriegen“ (A005_62-63).

> „Ja, weil für das Datensammeln, Algorithmen weiterzuentwickeln, da entwickle ich lieber dann meine Jungs nach oben weiter über die jahrelange Erfahrung, als jetzt von oben nach unten“ (A006_99-101).

Zweitens stellt sich immer wieder die Frage: Wie können die Daten fachspezifisch sinnvoll interpretiert werden und so zu einer wirksamen Entscheidungsfindung beitragen? Auch hier wird das erfahrungsgesättigte Wissen der Mitarbeiter/-innen auf dem Shopfloor oder – wie im zweiten Zitat – im Engineering-Bereich als Grundlage gesehen. Für den Umgang mit Big Data sind also nicht IT-Kompetenzen entscheidend, sondern die branchenspezifischen technischen Kompetenzen:

> „Ich brauche Leute, die Big Data aus dem Bauch nehmen, also so intuitiv auswerten können. [...] Und dann wären wir wieder bei Menschen. Ohne Menschen mit Intuition, die auch zulassen können, nicht nur kognitiv im Kopf, sondern auch im Bauch zu spüren, also die Peaks da vorne und das hier ... das deutet eher auf so was hin. [...] Ich habe keinen Einzigen bei mir im Bereich, der das kann“ (A004_88).

> „Weil Sie da nämlich beide Welten übereinanderlegen müssen. Also, diese Verallgemeinerung der Informatik und diese Abstraktionsebene mit der konkreten Problemlösung aus den Engineering-Bereichen. Und man sieht, dass das selbst im [Silicon] Valley nicht gelingt. Sonst wären die nämlich viel, viel mehr in der Maschinenbaudomäne. Und da kommen sie nicht richtig rein“ (B009_513-516).

Je nachdem, wie sehr darüber im Unternehmen oder im Bereich des Befragten schon nachgedacht wird, finden sich dann auch erste Überlegungen zu damit verbundenen Qualifikationsanforderungen. Gesprochen wird hier also auch vom Wissen um die Macht und die Grenzen von Algorithmen. Dazu gehört, den Unterschied zwischen Kausalität und Korrelation sowie zwischen informatisiertem Abbild und dahinerliegenden realen Prozessen zu verstehen. Dies wird aber kaum als Kompetenz- oder Qualifikationsanforderung an einzelne Bereiche oder Fachkraftgruppen thematisiert, sondern ganz stark auf der Ebene einer Zusammenarbeit von Fachkompetenzen. Ähnlich wie beim Thema CPS (Kapitel → 14.1.2) geht es also um Kooperation, aber nicht um neue Berufe oder Berufsbilder.

> „Man müsste also nur an bestehenden Berufen ansetzen, die in der Regel breit aufgestellt sind und flexibel erweiter- und anpassbar sind. Die Verantwortlichen müssten die notwendigen Veränderungen also nur in die Berufe reinbringen. Also sehe ich den Notstand auch nicht im Ausbildungsbereich, sondern in der Fort- und Weiterbildung. Da fehlen passende Inhalte und Konzepte“ (EX01_85-86).

Insbesondere im Servicebereich versprechen Big Data-basierter Teleservice und vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance) enorme Effizienzgewinne, erfordern aber von den Beteiligten auch neue bzw. erweiterte Fähigkeitsprofile.

> „Analyseverfahren werden einen höheren Stellenwert haben, Methoden der Abarbeitung von Fehlerquellen werden sich möglicherweise verändern, weil die Rolle der Person halt eben auch eine andere ist. Während Sie heute beispielsweise oder gestern hingehen und direkt an der Anlage und an der Maschine etwas verändern, werden Sie hier erst einmal aus der Ferne analysieren müssen und überlegen müssen. Das hat aber auch eine Riesenchance, weil Sie dann letztendlich durch logisches Verknüpfen auch überlegen, wer müsste denn, wenn da etwas vor Ort zu tun ist, eigentlich mitgehen dann, ja. Dann ist es auch gezielter, den Einsatz der Personen dort zu planen" (A008_210).

Das Thema Big Data geht aber über den Servicebereich weit hinaus und überspannt in einem Industrie-4.0-Kontext alle Geschäftsbereiche. Es fallen allerdings nicht an jeder Stelle und für jede Funktion die gleichen Anforderungen im Umgang mit großen Datenmengen an. Dabei kann grob zwischen dem operativen Shopfloor und der Planungs- und Steuerungsebene unterschieden werden. Während der direkte Praxisbezug grundlegend wichtig ist für eine korrekte Erfassung und sinnvolle Aufbereitung der Daten, müssen für deren Analyse und Interpretation ein hohes Abstraktionsvermögen und IT-spezifisches Theoriewissen vorhanden sein. So zumindest sehen manche Befragte die Trennung nach Qualifikationsebenen:

> „Es geht ja einmal um Big Data, die ich elektronisch raus von einem Motor generieren kann und welche, die dann aber praxisorientiert sind, wie kann ich Vorschubdrehzahlen und so was einsetzen. Für solche Sachen, für die [werden Facharbeiter gebraucht]. Und dann muss ich ja sagen, wie muss ich die Daten aufnehmen, wie muss ich sie aufbereiten. Das Know-how muss ja irgendwo reinkommen. Aus der Praxis. Die Muster dann zu erkennen, da brauche ich den [IT-Spezialisten] dann schon dazu, das ist dann jetzt einer von der Universität. Die Muster zu erkennen ... aber das gibt es ja auch schon mittlerweile, es gibt ja spezielle Firmen, die das Muster rausfahren. Aber der kann nicht ... Maschinendaten kann der machen, der von der Universität, [...] da brauche ich den dann. Aber für den Praxisbezug, um dann auch vielleicht Systeme zu füttern, da brauche ich einen anderen für" (A006_101).

Oft aber werden die künftigen Anforderungen an den Umgang mit Big Data auch weniger arbeitsteilig eingeschätzt. So wird beispielsweise explizit der Bedarf an praxisnaher und erfahrungsgeleiteter Auswertungsexpertise auf der operativen Ebene formuliert. Dabei seien weniger das theoriegeleitete Vorgehen oder standardisierte Analyseverfahren ausschlaggebend, sondern ein pragmatischer, intuitiver Umgang mit großen Datenmengen. Das praxis- und erfahrungsbasierte Wissen dazu ist da, die Fähigkeit, dieses berufliche Wissen auf virtuelle Datenmengen und deren abstrakte Darstellung zu beziehen, muss aber erst entwickelt werden. Diese Aussage verdeutlicht das:

> „Ich glaube nicht, dass diese Fähigkeiten, die wir heute haben, dass die obsolet werden. Nur, es gibt halt auch hier eine Fokussierung auf die Kerntätigkeit, und wir müssen praktisch auch genau überlegen, das wird schon noch mal spannend, die Frage ist halt, was ist wirklich die Kerntätigkeit der Leute, mit denen sie Wertschöpfung machen. Und wenn sie natürlich super fix darin sind, Maschinen einzurichten und Maschinen so einzustellen, dass wirklich beim ersten Teil Top-Qualität runterläuft, dann ist das definitiv eine Kernkompetenz, und ich sage mal Informationen zusammensuchen, das ist definitiv keine Kernkompetenz" (A005_33).

Es geht in der Betonung der Kernkompetenzen nicht um ein trotziges Festhalten an althergebrachtem Facharbeiter- oder Ingenieurstolz. Vielmehr um ein selbstbewusstes Reklamieren der entscheidenden Inhalte gegenüber der diese umgebenden und zusammentragenden Datenbank. Wenn in den Interviews von Kompetenzen gesprochen wird, ist – das zeigt dieses Zitat vielleicht noch deutlicher als das vorangegangene – weniger die Kompetenz einzelner Mitarbeiter/-innen gemeint, sondern eine kollektive und über Jahrzehnte spezialisierte technische Kompetenz des ganzen Unternehmens.

> „Wo wir natürlich noch weit weg sind, das sind diese Big-Data-Fantasien. Wenn Google zum Beispiel behauptet, er könnte alle Prozesse, alle technischen Prozessen irgendwie erklären und realisieren, wenn er denn die Daten hätte. Und dann kommen wir genau an den Punkt, wir haben die Daten leider nicht. Und Sie können auch nicht einfach einen Sensor hinpacken. [...] Sie brauchen von den physikalischen Prozessen, die ablaufen, brauchen Sie ein massives Verständnis. Und immer, wenn Sie das haben, dann funktioniert Big Data einwandfrei. Echt perfekt. Weil Sie dann nämlich die richtigen Sensoren von den richtigen physikalischen Größen an die Stellen setzen können, bei dem der Effekt auftritt, den man beobachten will. Wenn Sie nicht wissen, welche Effekte Sie beobachten, funktioniert es nicht. Wenn Sie ein analytisches Verständnis haben von den Prozessen, dann wissen Sie, was weiß ich, dass zum Beispiel eine [bestimmte Schwingung] was weiß ich, fünfzehn signifikante Dimensionen hat. An einer Maschine. So, wenn Sie jetzt versuchen ... Sie haben von diesen fünfzehn signifikanten Dimensionen ... haben Sie nur fünf, dann beschreiben Sie das Phänomen nicht. So, und da können Sie so viel Big Data darauf machen, wie Sie wollen. Das ist der große Unterschied zu Effekten, die man so mit allgemeinen, mit Webdaten oder so etwas findet. Dort hat man im Allgemeinen mehr Dimensionen, als das Problem aufspannt. Oder als die Probleme letztendlich haben. So, das heißt, Sie messen tausend Dimensionen, aber brauchen nur fünfzehn davon“ (B009_119-141).

Wenn dagegen bei Big Data das produktionstechnologische und produkt-, branchen- und firmenspezifische Wissen zu wenig eingeht, dann lässt sich Big Data nicht ökonomisch effizient anwenden; ein solcher Fall wird hier geschildert:

> „Ein integrierter [Ansatz]. Also, wenn ich sehe, wie viel Reibungsverluste wir jetzt bei diesem Projekt [Eigenname Software-Projekt] wir haben. Sehr teures Software-Haus dafür engagiert und wir stellen auch da fest: der Verkäufer ist der beste Mann, den Sie haben. Der versteht nämlich genau diesen integrativen Ansatz. Die Ebene darunter können Sie eigentlich schon ... Da merken Sie sofort die qualitativen Abschichtungen. Das wird sehr programmspezifisch, aber die programmieren etwas, was Sie selber nicht verstehen, und dann sagt der Test immer, guck, ob das rauskommt, was du willst. Und auch dieses Testen ist sehr mühsam. Gerade wenn Sie Big Data dann testen, können Sie ja nicht drei Klicks und fertig. Sondern dann müssen Sie sehr viele Daten bewegen, bis Sie das haben. Und wenn Sie dann sagen, ich kriege das Ergebnis nicht heraus, dann wieder die richtige Kommunikation zu finden, warum das denn jetzt nicht funktioniert hat“ (B013_334-353).

14.2.3 Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Die Industrie-4.0-Vision ist eng mit der Vorstellung einer zunehmend vernetzten Unternehmens- und Arbeitswelt verknüpft. Zwar gibt es schon heute vielfältige Formen bereichs- und disziplinübergreifender Kooperation, und auch die Forderung nach der gezielten Ausbildung entsprechender Fähigkeiten ist schon älter, dennoch wird mit der erwarteten Vernetzung „von allem und jedem“ eine neue Qualität von Interdisziplinarität verbunden. In den oben dargestellten Kompetenzanforderungen zu CPS und zu Big Data zeigte sich schon die hohe und mit Industrie

4.0 weiter steigende Bedeutung interdisziplinärer Zusammenarbeit. Dabei geht es um die Zusammenarbeit verschiedener Fachrichtungen und über Hierarchieebenen hinweg.

> „Und damit brauchen wir auf einmal in der Softwareentwicklung Leute, die auch was von Recht verstehen und zwar nicht nur klassisches Safety, sondern auch Haftungsrecht, Security kommt jetzt mit rein und auf einmal haben Sie, was wir immer sagen, interdisziplinäre Teams. Aber es reicht nicht, ich habe einen Spezialisten hier, einen hier und die arbeiten zusammen, sondern jeder braucht das Verständnis vom anderen mit. Und das wird sich in allen Ebenen der Arbeit verändern. Es reicht nicht nur, gut zu sein im Werkzeugwechsel oder Maschineputzen, man muss ein bisschen über den Tellerrand schauen können und die Leute informieren können, denen sagen können, was man glaubt, erkannt zu haben, was sie vielleicht nicht erkennen können und dann muss man zusammenarbeiten und das wird sich, glaube ich, noch mehr ändern“ (A001_38).

Was sich in diesem Zitat schon andeutet, führt die nachfolgende Passage noch deutlicher aus: Erforderlich ist mehr als ein Austausch bei Meetings, entscheidend ist ein wechselseitiges Verständnis über Prozessketten hinweg:

> „Ich glaube, die Schnittstellen haben wir im Unternehmen ganz gut definiert und die können Sie schön an der Prozesskette lang machen. Angefangen von der Konstruktion zum Einkauf, zur Beschaffung in einem Ast und dann wieder zurück in die Montage, aber letztendlich sage ich mal und dann von der Montage raus in den Vertrieb. Wenn das nicht funktioniert in Zukunft, dann haben wir ein Problem [...]. Und da wird die Herausforderung letztendlich sein, das noch viel mehr zu intensivieren und zusammenzubringen und zu synchronisieren. Ein gegenseitiges Verständnis aufzubauen und einfach zu sagen, wir haben jetzt ja die Möglichkeit, dass wir es sofort sehen, wenn es irgendwelche Änderungen in der Konstruktion gibt, Simulationen zu machen, funktioniert das, funktioniert das nicht. Und das kann auch nicht mehr bloß der Spezialist, sondern das kann vielleicht auch der Werker an der Maschine, das kann die Anwendungstechnik machen in irgendeiner Art und Weise, kann sogar die Ausbildung mittlerweile machen [...]. Und da muss man sich, glaube ich, aber dran gewöhnen. Weil früher hatte ja jeder so seine Königreiche, wo er gesagt hat: ich prüfe mal, und plötzlich kann das vielleicht ein anderer auch tun“ (B003_68-69).

Die Zusammenarbeit über horizontale, fachlich abgesteckte Bereichsgrenzen hinweg und zwischen verschiedenen Qualifikations- und Hierarchieebenen müsse künftig enger und dialogischer gestaltet sein:

> „Aber darum ist das Team so wichtig. Dass man über Menschen Informationen im Team verteilt. Das ist das Wichtige. Weil man kann nicht alles wissen und man braucht einfach den gesunden Mix. Ich brauche den Akademiker, aber es darf nicht nur der sein. [...] Man muss heute kommunizieren und man sollte auch vielleicht gewisse Ausbildungsbereiche so weit sehen, um auch das Verständnis der Teambildung, die Erfahrungen auch weiter zu pflanzen. [...] Dass ich mal sehe, mit was für Problemen hat der zu kämpfen, damit ich ihn besser verstehe, aber trotzdem zu sagen, das wäre aber gut, wenn man es so verändern kann, dann kann ich besser arbeiten. Und das, was ich gerade arbeite, auch zu schauen, wie kommt die nachfolgende Abteilung mit dazu. Also allein schon diese Schnittstellen[...], also wir haben sehr, sehr viele Schnittstellen und da braucht man einfach Teamorientierung. [...] Und das ist ja auch das Thema für mich Industrie 4.0, die Informationen einheitlich oder so was an die Maschine zu bringen, dadurch müsste sich ja auch das Ganze ein bisschen besser verzahnen, [...] die Fertigung mit der

> Administration, dass die auch näher zusammenkommen, dass man einfach da die Leute zusammenbringt“ (A006_87 u. 89).

Die Anforderung, interdisziplinär zusammenzuarbeiten, stellt sich schon auf der Facharbeiterebene. Die nachfolgende Beschreibung über das, was von einem Facharbeiter heute erwartet wird, zeigt auch, woher das oben geforderte Verständnis für die anderen Bereiche kommt: Auch der Facharbeiter bewegt sich aktiv handelnd in verschiedenen Domänen. Es geht nicht um ein abstraktes, angelesenes Wissen, sondern um ein Begreifen und ein konkretes Zusammenarbeiten:

> „Also der muss auch mal die Anlage bedienen können, aber er muss auch gewisse IT-Affinität haben, er muss mit den Leuten auf Augenhöhe diskutieren können, muss mal in einer SQL-Datenbank Kleinigkeiten ändern, ist im Teambüro mal mit dem IT-Büro in [Stadt] verbunden, externer Partner, der für uns da mithilft und dann testen die was, solche Dinge die in der Zentral-IT in Abstimmung … also es ist eigentlich ein hochspannendes Aufgabenfeld, relativ breit aufgestellt, aber schon auch mit technischen, mit mechanischen, mit Werkzeugmacher-Know-how verknüpft bei uns. Und ich sehe auch nur diesen Weg“ (A003_37).

An sich ist die enge Zusammenarbeit im Maschinen- und Anlagenbau keine neue Anforderung, sondern auch heute schon gelebte Realität. Aber sie wird für immer mehr Beschäftigte wichtiger und zur alltäglichen Aufgabe. Zudem können sich mit Industrie 4.0 auch die Formen und Richtungen bisheriger Kooperationen verändern oder gar umkehren, wie hier beschrieben:

> „Dieser systemische Charakter von Industrie 4.0 ist wichtig und nicht unbedingt überall geläufig. Dazu kommt auch der branchenübergreifende bzw. interdisziplinäre Blick […]. Wenn ich das mit der informationstechnischen Brille betrachte, der Fachinformatiker ein Programm schreibt, der Elektroniker Informations- und Systemtechnik die Verknüpfung herstellt von den Daten, also dem Cyber in das physikalische System. […] Im Hinblick auf die innerbetriebliche Zusammenarbeit [ist es] wichtig, wie sind z. B. im Entwicklungsprozess die Produktdesigner einbezogen? Denn derjenige, der den Produktionsprozess organisiert, der muss dem Designer eigentlich schon sagen, wie das Teil aussehen muss, damit das Handling nachher einfacher läuft. […] Normalerweise läuft es umgekehrt. Die Entwicklung definiert und die Prozessleute haben umzusetzen“ (EVX01_19-25).

Die Fähigkeit zur interdisziplinären Zusammenarbeit ist nicht zu verwechseln mit einer Sozialkompetenz wie Teamfähigkeit (obwohl auch diese zunehmend wichtiger wird und sich im Praktischen eng verschränkt mit den hier geschilderten Anforderungen). Sie ist weit mehr als ein hilfreiches Add-on. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Menschen erfüllt in einer stärker vernetzten und komplexeren Welt zunehmend funktionale Relevanz und wird so gesehen sachlich notwendiger. Komplexität kann nur durch entsprechend befähigte Beschäftigte verlässlich und ökonomisch bewältigt werden. Diesen Zusammenhang verdeutlicht einer unserer Interviewpartner folgendermaßen:

> „Also da werden unterschiedliche Sprachen gesprochen und was wir insgesamt sehen, und das ist auch ein Trend, der die letzten Jahre schon anhält, ist, dass sich die Arbeitsinhalte immer mehr hin zu diesen Software-, Elektronikthemen verschieben. Das heißt auch, wenn Sie jetzt bei uns durch das Werk gehen, Sie sehen eigentlich Maschinen von Durchlaufzeit her relativ schnell wachsen, das heißt, die sind schnell mechanisch fertig, von Außenstehenden wird gesagt, liefert die doch, die ist doch schon fertig, aber diese Zeit, die wir hinten raus brauchen, um eben genau diese Parametrierung zu machen, um diese ganzen Schnittstellen abzustimmen, um dann letztendlich Tests, Kalibrierung zu machen, dieser Zeitanteil, der wird immer größer. Und um da auch effizient sein zu können, brauchen wir dann

> entweder ein effizientes Handling von den Schnittstellen oder wir vermeiden die Schnittstellen. Und diese Vermeidung der Schnittstellen, da kommt dann eben dieser interdisziplinäre Mitarbeiter ins Spiel, der dann wirklich Ahnung von Elektrik und vielleicht auch Software hat und der Mechaniker letztendlich am anderen Ende, der nicht nur sagt, ich schraube jetzt hier dieses Gussteil zusammen, sondern der dann auch noch die Sensorik macht. Insofern denke ich, sind es für uns in erster Linie diese interdisziplinären Berufsbilder, die für uns deswegen wichtig sind und immer wichtiger werden, weil wir dadurch Schnittstellen vermeiden und Effizienz heben" (B001_53-54).

Am Ende dieser Passage wird eine mögliche Antwort auf die Anforderung benannt, nämlich interdisziplinäre Berufsbilder. In vielen Interviews wird insbesondere der/die Mechatroniker/-in erwähnt oder auch das Berufsbild des/der Produktionstechnologen/-in (vgl. Kapitel → 6.3), auch hybride Studiengänge werden als Beispiele aufgeführt. Gleichzeitig betonen die Befragten in den Fallunternehmen, dass neben hybriden Fachrichtungen weiterhin disziplinäre Spezialisten gebraucht werden. Interdisziplinäre Zusammenarbeit scheitert dann, wenn alle alles ein bisschen können, sie prosperiert wenn alle – hybrid und nicht-hybrid Qualifizierten – die Fähigkeit zum gemeinsamen Arbeiten mitbringen. Als ein zweiter Ansatz, um Beschäftigte zur interdisziplinären Zusammenarbeit zu befähigen, sind einige der untersuchten Fallunternehmen dazu übergangen, diese in der Erstausbildung von Beginn an zu berücksichtigen.

Solche neueren Ansätze in der Aus- und Weiterbildung zielen also weniger auf inhaltliche oder methodische Veränderungen in den Berufsbildern, sondern auf methodische Innovationen während der betrieblichen Praxisphasen. Auszubildende und (dual) Studierende kommen in didaktisch innovativen Formen frühzeitig in Kontakt, sie lernen von Anfang an mit anderen aus unterschiedlichen Fachrichtungen, in gemeinsamen Projekten zu arbeiten. Die in den Interviews dazu geschilderten Methoden greifen ganz bewusst auf Ansätze aus dem Innovationsmanagement wie etwa Design Thinking und agile Formen des Projektmanagements zurück. Denn ein dritter Weg der Befähigung zur interdisziplinären Zusammenarbeit liegt für viele Befragte in stärker selbstorganisierten und agileren organisationalen Formen der Zusammenarbeit:

> „Ich glaube, im Moment ist es so, dass wir sozusagen die Verantwortung haben für das ganze Produkt, also, für die ganze Wertschöpfungskette. [...] Also, ich glaube, wir müssten eher weg von ... Also, ich glaube nicht, dass wir zu viel Hierarchien haben, aber ich glaube, dass man eher in einem System, in Gruppen arbeitet und eher Agilität in einem Unternehmen braucht. [...] Ich glaube, dass gute Unternehmen in Zukunft viel mehr Selbstverantwortung in den Gruppen, die etwas erzeugen, übernehmen können und die Art von Organisation würde bedeuten, dass mein Job dann nicht mehr da wäre. Aber das fände ich jetzt erst einmal nicht schlimm. Also, ich hätte dann viel mehr kleine Gruppen, die dann immer nur zu bestimmten Themen [...] und Aufgabenstellungen zusammenkommen. Also, viel mehr themenorientiert. Und wenn die strategische Ausrichtung eines Unternehmens .... da wird es noch einen Bereich geben, so zwischen Geschäftsführung und Leuten, die dann interaktiv agieren. Wobei das die kleinen Gruppen dann immer tun. Also, ich glaube, wir werden eher weg von diesem, keine Ahnung, Bereichsleiter, Hauptabteilungs-, Abteilungsleiter, eher Richtung, keine Ahnung, Motivator 1, Motivator 2, Komplexitätsmanager hier ... Also, eher in diese Richtung. Also, keine hierarchische, sondern eher eine Klammerbildung" (E002_245-247).

14.2.4 Gestaltung von Innovation

Industrie 4.0 wird mit der Entwicklung und Umsetzung von verschiedenen Zukunftstechnologien verbunden und damit vor allem als ein Innovationsthema gesehen. Gerade weil die

Zielvision aus heutiger Sicht relativ diffus ist und sich kaum eine eindeutige Innovationsstrategie daraus ableiten lässt, müssen Entwicklungspotenziale sehr explorativ ausgelotet werden. Die Bedeutung von Geschäftsmodellinnovationen konnten wir weiter oben als eine zentrale unternehmerische Strategie im Umgang mit Industrie 4.0 identifizieren (Kapitel → 9). Innovationsfähigkeit lässt sich nicht per Dekret von oben ausrufen, sie muss in der Organisation lebendig werden. Sie wird mehr als früher zu einer Aufgabe, zu der der Einzelne etwas beitragen kann und muss. Dazu ist es naheliegend, die Ideen und Kreativität der Beschäftigten möglichst umfassend einfließen zu lassen, sie an Innovationen aktiv zu beteiligen sowie deren mögliche Bedenken und Befürchtungen frühzeitig wahr- und ernst zu nehmen. Darüber hinaus zeigt sich die Vermittlung und Förderung von Innovationsfähigkeit auch als eine wichtige Qualifizierungsaufgabe, die in allen untersuchten Unternehmen mit Bezug zu Industrie 4.0 erkannt worden ist. Die grundsätzliche Haltung, sich auf etwas wirklich Neues einzulassen oder Innovatives selbst hervorbringen zu wollen und zu können, ist keineswegs selbstverständlich und wird insbesondere den stark technisch orientierten Fachkräften teils abgesprochen:

> „Die tun sich da schon schwer. Und das Vermarkten von Ideen, das heißt, wie beschreibe ich denn eigentlich meine Idee? Die haben ganz tolle Ideen und gehen ganz tief runter in die Technik, aber sie können es heute nicht auf eine andere Flugebene bringen, wenn sich die Zuhörer oder die Zielgruppe ändern. Da geben wir schon noch viel Mühe rein. Und dann über den Tellerrand hinauszudenken. Das heißt, mehr so Richtung Innovation voranzutreiben, Ideen voranzutreiben, die nicht naheliegend sind“ (A001_96).

Dieser Befragte verdeutlicht, dass Industrie 4.0 eine solche Innovationsfähigkeit systematisch erfordert, denn konkrete Ideen, Produkte und Geschäftsmodelle müssen dazu erst entwickelt werden:

> „Ich sage das immer ganz pragmatisch, für mich ist das mehr so der Ideengeber. Für mich ist das der Aufhänger, um die Leute am Innovationsprozess überhaupt teilhaben zu lassen, dass die überhaupt Ideen generieren. Damit ist für mich Industrie 4.0 noch gar nicht fassbar. Das Internet der Dinge ist für mich nicht Industrie 4.0, sondern ein Teil davon. Die Geschäftsmodelle basieren auf solchen Diensten, egal wo die stattfinden. Das ist für mich nur eine Ausprägung der Ergebnisse, die dann kommen. Und Industrie 4.0 ist für mich eigentlich nur ein Bausatz, eine Denkidee, um Dinge anzugehen, die man heute nicht gedacht hat. Mehr ist das für mich gar nicht. Aber natürlich kann man den Hype jetzt nutzen, um da Dinge reinzupacken und medienwirksam zu nutzen. Aber ob man jetzt wirklich was anders macht, als man in der Vergangenheit gemacht hat, weiß ich nicht. Was auf jeden Fall stattfindet, wir machen es noch konsequenter als vorher, mit Partnern, an die man vorher nicht gedacht hat“ (A001_14).

Neben den individuellen Fähigkeiten, Innovationen mit zu treiben und mitzugestalten, müssen auch unternehmensseitig die geeigneten Rahmenbedingungen geschaffen werden. Dazu gilt es, insbesondere die Auszubildenden oder die jungen Hochschulabsolventen/-innen partizipativ in Innovationsprozesse einzubinden. Durch neue Wissensinhalte beispielsweise aus dem universitären Kontext können die erfahreneren und sicherlich in vielerlei Hinsicht auch kompetenteren Kollegen wichtige Impulse erhalten – wenn die neuen Mitarbeiter/-innen tatsächlich die Chance bekommen, ihre Ideen einzubringen und ernst genommen zu werden.

> „Wenn zehn Jahre rum sind und man hat die Berufserfahrung, dann kommen aber wieder neue dazu, die langsamer zwar das erst mal erlernen müssen, aber vielleicht auch neue Impulse geben, die eben neue Ideen haben, die andere Sachen schon mal im Studium gehabt haben, irgendwie was simuliert haben. Hatten wir heute einen Fall, dass wir ein

kleines Video drehen wollten im CAD System, wie sich auch verschiedene Schlitten hin und her bewegen und Abläufe sind. Das kannten die Älteren natürlich noch nicht aus dem Studium. Da kam aber: ‚Ja das kann man machen, ist auch gar nicht so schwer, so und so könnte das gehen und da muss ich mich kurz einlesen und dann funktioniert das auch.' Ja, also man profitiert ja, denke ich mal auch von den Neuen" (D001_267).

Innovationsfähigkeit ist eine Querkompetenz, die in den didaktischen Inhalten und der Methodik der Qualifizierungskonzepte berücksichtigt werden muss. Ergänzend bedarf es aber auch einer gewissen organisationalen Offenheit gegenüber Veränderungsanstößen, die von der Belegschaft ausgehen. Hinzu kommt die verstärkte Anforderung, auch die Kundenbedarfe nicht nur für inkrementelle Innovationen, sondern auch für grundsätzlich neue Ansätze aufzugreifen. Dazu sind auch neue methodische Formen hilfreich. Sie unterstützen nicht nur dabei, Ideen zu kreieren, sondern bieten auch Raum und Gelegenheit, die Fähigkeit zum Gestalten von Innovation auszubilden und weiterzuentwickeln:

„Ich glaube aber, und jetzt kommen wir auf einen ganz anderen Aspekt, seit Anfang des Jahres setze ich mich damit auch stärker auseinander, auch in Innovationsworkshops, es ist für das ganze Thema Entwicklungsinnovationsstrategie auch ganz schwierig zu fassen. Wir denken im Augenblick sehr stark darüber nach, was sind denn die Produkte? Was sind denn Produkte, die unser Kunde haben möchte, wenn er jetzt mal frei über Industrie 4.0 nachdenkt? Das ist ganz spannend und wir versuchen im Augenblick vom Kunden her zu denken. Und dann daraus wieder Rückschlüsse zu ziehen, was könnte es denn sein und welche Anforderungen muss man ... Also wenn wir die Daten hätten, und Datenaufzeichnen ist heute über einen Data-Grabber kein Problem mehr, aber was tut man damit? Diese Fragestellung. Und da stehen wir im Augenblick noch stark am Anfang" (A010_36-37).

Ein wichtiger Aspekt dieser Kompetenz ist das Aufnehmen von Innovationsimpulsen aus anderen Bereichen und Feldern sowie die Fähigkeit, diese auf die eigenen Produkte und Anwendungen zu beziehen. Das zeigt das oben stehende Zitat für den Umgang mit außenstehenden Kunden, das verdeutlichen viele hier nicht dargestellte Passagen für die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen oder der Wissenschaft. Und das zeigt diese Schilderung als fast alltäglich gebrauchte Fähigkeit in Bezug auf zufällige Informationen aus dem Netz. Das Neue besteht darin, dass alle Fachkräfte für mögliche Innovationsoptionen eine tendenzielle Offenheit entwickeln müssen:

„Man sieht es immer mehr, dass eine gewisse Art von Recherche wichtiger wird. Also einfach schauen, Informationen holen, sammeln, also bisher hat man gesagt, so sieht es aus, mach. Und dann ‚ja okay, das ist klassischer Maschinenbau, so mache ich es, das arbeite ich jetzt ab'. Aber es kommt mehr, dass man vom Bestehenden weggeht. Also klare Linie, Maschine schaut so aus, jeder Tisch schaut so aus und eine klassische Fräsmaschine hat drei Achsen an Fräsen, eine fünfte Achse vielleicht je nachdem, optional, aber das Grundprinzip ist immer gleich. [...] Aber jetzt muss man eher schauen, von dem eingefahrenen Geradlinigen, was kann man da weitermachen? Oder komplett neue Ansätze, komplett streichen und sagen, ich mache ganz was anderes. Ja und dann kommen da oft irgendwelche Vorschläge, wo man sagt, das hört sich erst mal komisch an, aber je länger man nachdenkt, könnte das ja was sein. Aber das kommt dann aus unterschiedlichen ... das kommt, weil das Internet da natürlich gewaltig hilft, dass jeder im Internet halt schaut und recherchiert und sagt: ‚Jetzt habe ich irgendwo, was mit uns gar nichts zu tun hat, was gesehen, aber das, wenn ich das jetzt ummodeln würde, ein bisschen anders mache, dann könnte man das doch auch brauchen.' Dieses Schauen und Recherchieren von anderen Produkten mehr

> oder weniger, also das glaube ich, das kommt immer mehr. [...] Das starre Geradlinige wird weniger“ (A007_118-119).

Zwar wird dem Unternehmer oder Manager gern eine generelle Fähigkeit zugeschrieben, Innovationen zu erkennen. Aber diese Anforderung stellt sich nicht nur an Beschäftigte mit neuer Qualität, sie wird als Anspruch auch in Richtung des Managements formuliert:

> „Also ich glaube, das technische Know-how, das umzusetzen, haben wir hundertprozentig, egal ob hardware- oder softwareseitig im Haus. Ich glaube, wenn wir mit etwas zu kämpfen hätten, ist es die Management-Entscheidung, es zu tun. Und auch die Management-Entscheidung, es dann auch loszulassen und es passieren zu lassen, wenn beispielsweise so etwas wie ein neues Geschäftsmodell entsteht. Und da weiß ich beispielsweise, dass [ein bestimmter Firmenchef] selbst damit extreme Probleme hat, weil der einfach gewohnt ist, Dinge zu produzieren, die er in die Hand nehmen kann. Und der mit so etwas wie diesem Geschäftsmodell, selbst wenn man ihm tausend Mal zeigt, wie schnell sich das wie gut rechnet, der sich einfach nicht damit identifizieren kann, dass wir eine Software sozusagen verkaufen, dass das ein Mehrwert ist, dass das ein Produkt ist“ (B006_108).

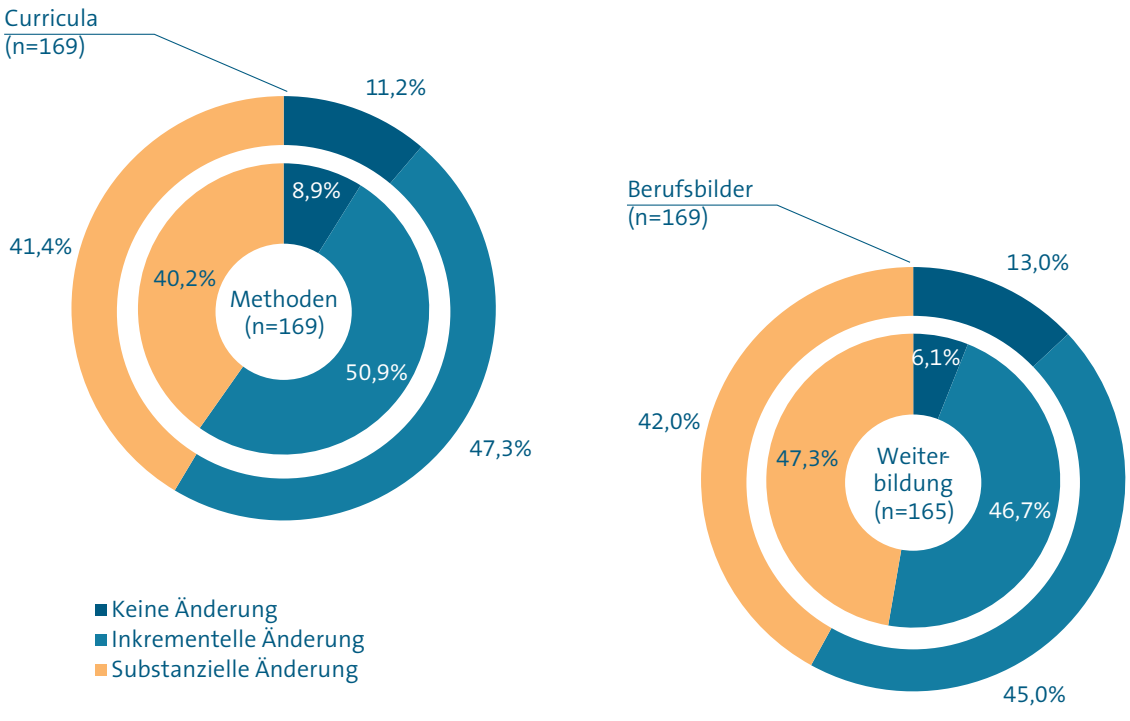
15 Industrie 4.0 und Q2025: Innovationsbedarf, Lernwege und -orte

Nach der eingeschätzten Bedeutung fachlicher und überfachlicher Anforderungen durch Industrie 4.0 aktuell und bis 2025 wird nachfolgend den Fragen nachgegangen, welcher Innovationsbedarf sich daraus für das System und die Orte beruflicher Qualifizierung ableiten lässt. Wo und durch wen werden diese Qualifikationen ermöglicht? Wo wird die Hauptverantwortung für die Vermittlung der entsprechenden Fähigkeiten verortet und welche Wege der beruflichen Erst- und der betrieblichen Weiterbildung werden gesehen?

15.1 Innovationsbedarf in der beruflichen Bildung

An verschiedenen Stellen des Berufsbildungssystems kann auf Qualifizierungsbedarfe durch Industrie 4.0 reagiert werden. Daher wollten wir in unserer Online-Erhebung abschließend wissen: „Wo liegt aus Ihrer Sicht welcher Änderungsbedarf für die berufliche Aus- und Weiterbildung durch Industrie 4.0 bis zum Jahr 2025?“ Die Befragten konnten sich entscheiden zwischen keinem, einem inkrementellen oder einem substanziellen Änderungsbedarf. Bei der Diskussion der Ergebnisse ist zu beachten, dass lediglich die eingeschätzten Bedarfe ermittelt wurden, nicht aber, inwieweit eine erfolgreiche Bewältigung dieser Anforderungen erwartet wird.

Industrie 4.0 – Q2025: Innovationsbedarf in der beruflichen Bildung



Industrie 4.0 – Q2025: Innovationsbedarf in der beruflichen Bildung

Das linke Ringdiagramm zeigt den eingeschätzten Innovationsbedarf innerhalb der beruflichen Erstausbildung, der teils auch im Handlungsspielraum des Unternehmens liegt: inhaltliche Änderungen des Curriculums (Ringdiagramm links außen) und Methodeninnovationen (links innen). Die beiden Ringdiagramme rechts in der Abbildung stehen stärker für strukturelle Themen, nämlich die Änderung ganzer Berufsbilder (außen) und der Weiterbildungsangebote (innen). Im strukturellen Bereich sehen die Befragten den größten substanziellen Änderungsbedarf mit 47,3 % bei den Weiterbildungsangeboten, entsprechend schätzen hier die wenigsten (6,1 %) ein, dass keine Anpassungen notwendig werden. Die Berufsbilder halten 13 % derzeit für ausreichend, 45 % erkennen allenfalls einen inkrementellen Änderungsbedarf. Das bedeutet aber auch: 42 % sehen hier substanziellen Änderungsbedarf. Das sind zwar deutlich weniger als im Bereich Weiterbildung, trotzdem könnte dieser Wert auf wesentliche Defizite bei den Berufsbildern hinweisen. Allerdings finden sich in den qualitativen Interviews so gut wie keine Aussagen zum Änderungsbedarf auf Berufsbild-Ebene. An anderer Stelle konnten wir am Beispiel des/der Produktionstechnologen/-in bereits zeigen, dass die Schnelligkeit des Wandels von Berufsbildern stark unterschätzt wird und auch das Wissen um neue Berufe besser ausgeprägt sein könnte (Kapitel → 6.3).

Substanzielle Anpassungen innerhalb der beruflichen Erstausbildung (linke Ringdiagramme) halten die Befragten beinahe gleichermaßen bei den Curricula (41,4 %) wie auch bei den Methoden (40,2 %) für notwendig. Keinerlei Änderungsbedarf sehen 11,2 % in den Curricula und 8,9 % bei den Methoden, aber 50,9 % würden schrittweise Anpassungen bei den Methoden befürworten und 47,3 % bei den Inhalten. Insgesamt zeigt sich für alle vier angefragten Themen vor allem inkrementeller Änderungsbedarf.

15.2 Lernorte und Lernwege

Wo oder wer Änderungen auf den Weg bringen könnte, ist eine Frage der Verantwortungszuschreibung oder der Lernorte und Lernwege. Obwohl wir in unserer Studie den generellen Schwerpunkt auf die berufliche Bildung gesetzt haben (Kapitel → 3.1), wurden beginnend mit der allgemeinbildenden Schule institutionelle Orte und bildungsbezogene Akteure (Lernorte), aber auch digitale Wege der Qualifizierung (eLearning)[11] abgefragt. Die Ergebnisse erläutern wir wiederum getrennt nach fachlichen Industrie-4.0-Anforderungen und entlang der identifizierten vier Querkompetenzen. Gefragt wurde ganz allgemein: „Wo liegt Ihrer Ansicht nach die Hauptverantwortung für die Vermittlung bzw. für den Erwerb dieser Fähigkeiten und Wissensbestände?“

Allerdings illustriert diese auf einzelne Themen und Lernorte/-wege heruntergebrochene Darstellung nur Tendenzen. Sie sollte nicht missverstanden werden als eindeutige Zuordnung. Was die quantitative Erhebung an scheinbarer Eindeutigkeit nahelegt, zeigt sich deutlich komplexer, vager und teils auch widersprüchlicher in den gehaltvolleren Aussagen der qualitativen Interviews. Hier zeichnen sich bei den fachlichen Anforderungen sowie bei den Lernwegen und -orten Mischungen ab.[12] Und es wird sichtbar,

11 Speziell für das Thema Industrie 4.0 bieten neben einzelnen Angeboten der Verbände VDMA und ZVEI das Hasso-Plattner-Institut und acatech ab der Hannover Messe 2016 einen kostenlosen MOOC (Massive Open Online Course) an, der über fünf Wochen hinweg die Themen Vision Industrie 4.0, technologische Grundlagen, Wandel der Arbeitswelt und Aus- und Weiterbildung, Sicherheit und schließlich die Einführung im Unternehmen behandelt (HPI 2016). Diese fünf Themen sind jeweils in sechs bis neun Unterkapitel strukturiert, die von rd. 40 Experten/-innen aus der Wissenschaft und der Praxis (Unternehmen, Verbände, Gewerkschaft) gefüllt werden. Aus dem Maschinen- und Anlagenbau sind neben einer Einheit zur Industrie 4.0-Readiness des VDMA auch u. a. Unternehmen wie Bosch, Festo, Kuka oder Wittenstein beteiligt.

12 Aus diesem Grund waren in der Online-Erhebung bei diesen Fragen auch Mehrfachantworten möglich.

dass selbst bei den untersuchten Vorreiter-Unternehmen und ihren für Industrie 4.0 und Qualifizierung Zuständigen noch viele offene Fragen zu diesen Themen existieren.

Die Darstellungslogik ist für beide Unterkapitel gleich, deswegen soll sie hier zunächst kurz erläutert werden:

- In beiden Abbildungen zeigen die kleineren Ringdiagramme links, wo bzw. bei wem jeweils die Hauptverantwortung für die Qualifizierung zu den einzelnen Themen gesehen wird.
- In den größeren Ringdiagrammen rechts ist die Verteilung der abgefragten Lernorte bzw. -akteure dargestellt, jeweils aufsummiert aus allen Einzelthemen.
- Die beiden geschachtelten Diagramme ganz rechts summieren ebenfalls die Einzelergebnisse auf, gruppieren aber gleichzeitig thematisch: Der äußere, senffarbene Ring stellt digitale und nicht-digitale Wege des Lernens gegenüber. Das innere lilafarbene Ring gruppiert nach verantwortlichem Akteur und trennt dabei nach Land (verantwortlich für allgemeinbildende Schulen, Berufs- und Hochschulen) und nach Betrieb (verantwortlich für die Erst- und betriebliche Weiterbildung und betriebliche eLearning-Angebote); das individuelle Lernen und überbetriebliche digitale Angebote bilden die unter „Andere“ zusammengefasste dritte Kategorie.

Lernwege und -orte für fachliche Anforderungen

Eher unerwartet werden die drei dominanten Lernorte für die fünf im engeren Sinne technologisch-fachlichen Industrie-4.0-Anforderungen überwiegend außerhalb des Unternehmens gesehen, nur beim Thema Web 2.0 und mobile Geräte ergibt sich ein leicht anderes Bild. Bleiben wir zunächst bei der Gesamtverteilung im großen Ringdiagramm rechts: Die größte Hoffnung setzen die Befragten mit 37,4 % in überbetriebliche eLearning-Angebote, als zweitgrößter Block wird die Hochschule genannt (20,6 %) gefolgt vom individuellen Lernen mit einem Wert von 18,3 %.

Möglicherweise hatten einige Befragte beim Ankreuzen der Hochschule das Duale Studium vor Augen, an dem sich die Unternehmen wesentlich beteiligen. Und sicher kann man fragen, wo denn individuelles Lernen etwa von Robotik stattfinden soll, wenn nicht in der Anschauung und praktischen Aneignung im Betrieb. Trotzdem zeigen auch die durchgängig einstelligen Werte bei der beruflichen Erstausbildung im Betrieb (6,1 %) und bei der beruflichen Weiterbildung (4,8 %) sowie bei betrieblichen eLearning-Angeboten (6,8 %): Die Befragten sehen die Unternehmen erstaunlich wenig in der Verantwortung. Das Ringdiagramm ganz rechts zeigt diese Tendenz noch mal besonders eindrücklich: Das Land als Träger schulischer Bildungseinrichtungen wird mit 26,6 % als deutlich relevanterer Bildungsakteur gesehen, denn der Lernort Betrieb mit 17,8 %. Für das Lernen von Industrie-4.0-Anforderungen ist aber vor allem mit 55,7 % jedes Individuum selbst zuständig und/oder es wird an digitale überbetrieblich angebotene Lernwege delegiert. Überhaupt scheint es bei den Befragten eine auffällig große Hoffnung in Bezug auf digitale Lernangebote zu geben: Immerhin 39,9 % sehen eLearning-Angebote – ob betrieblicher oder überbetrieblicher Art – als einen wichtigen Weg, fachliche Anforderungen durch Industrie 4.0 zu vermitteln. Berufsschule und Erstausbildung im Betrieb haben mit zusammen 9,7 % eine deutlich höhere Bedeutung als die betriebliche Weiterbildung mit 4,8 %.

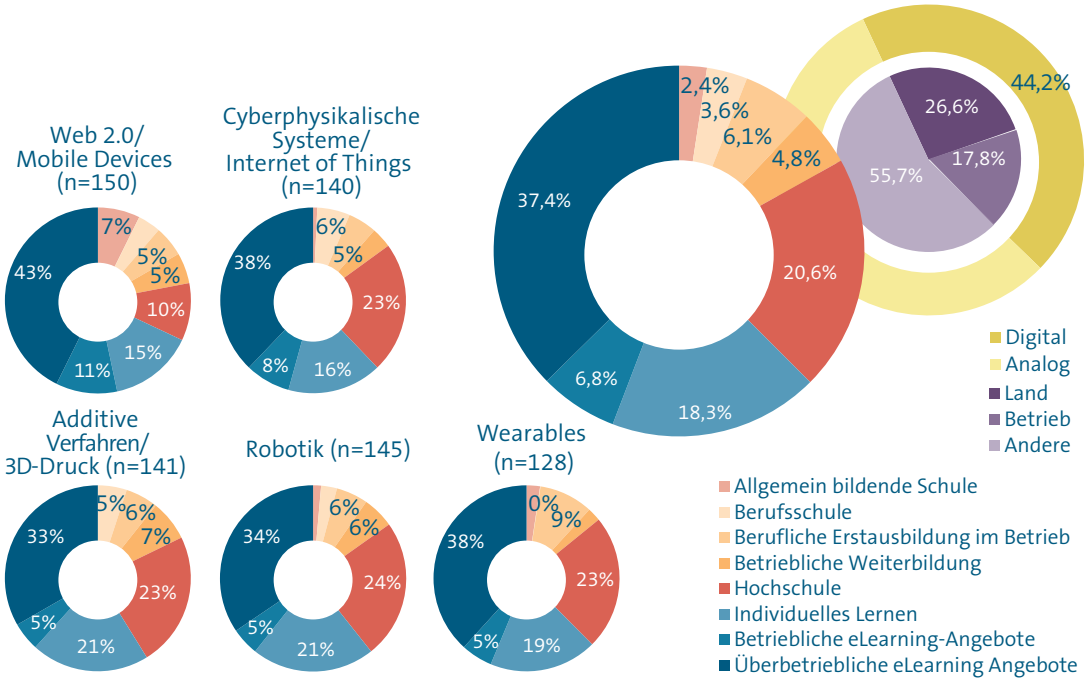
Beim detaillierten Blick auf die Zuordnung von Lernwegen und -orten zu den einzelnen technologischen Facetten lässt sich erkennen, dass das Thema Web 2.0/mobile Geräte etwas aus der Reihe fällt: Es wird mit 42,7 % am deutlichsten dem Lernweg überbetriebliche eLearning-Angebote zugerechnet. Hier findet sich auch der mit Abstand höchste Wert beim Lernort allgemeinbildende Schule – 7,3 % erwarten, dass diese auf das Thema vorbereitet. Dagegen wird die Hochschule

im Vergleich zu den anderen vier fachlichen Anforderungen mit nur 10 % am wenigsten in der Pflicht gesehen, den Umgang mit Web 2.0 und mobilen Geräten zu vermitteln.

Lernwege und -orte für Querkompetenzen

Leicht anders verhält es sich beim Blick auf die Lernwege und Lernorte zur Aneignung der vier identifizierten Querkompetenzen: Hier verweist die doppelte Ringgrafik rechts in der Abbildung mit 21,9 % auf eine etwas dominantere Rolle des Lernorts Betrieb, als dies oben bei den fachlichen Anforderungen zu erkennen war. Dagegen werden schulische Orte der Bildung mit 28,6 % für die Vermittlung von Querkompetenzen etwas relevanter eingeschätzt als von fachlichen Anforderungen. Individuelles Lernen und überbetriebliche eLearning-Angebote werden mit 49,5 % wie auch bei den fachlichen Anforderungen eindeutig als relevanteste Lernwege gesehen. Allerdings trauen die Befragten diesen Aneignungswegen für Querkompetenzen etwas weniger, als sie dies für die fachlichen Anforderungen eingeschätzt hatten. Mit summiert 39,9 % liegt auch der Anteil digitaler Lernwege unter dem bei den fachlichen Anforderungen – er ist dennoch recht hoch, sind doch Kompetenzen der interdisziplinären Kooperation und der Innovationsgestaltung stark personengebundene und auf Interaktion angewiesene Kompetenzen. Auffällig ist auch, dass überfachliche Kompetenzen – nimmt man Berufsschule und berufliche Erstausbildung im Betrieb zusammen – mit 8,6 % stärker der Erst- denn der Weiterbildung (6,1 %) zugeordnet werden. Diese relative Betonung der Erstausbildung ist aber geringer als bei den fachlichen Anforderungen.

Lernwege und -orte für fachliche Anforderungen

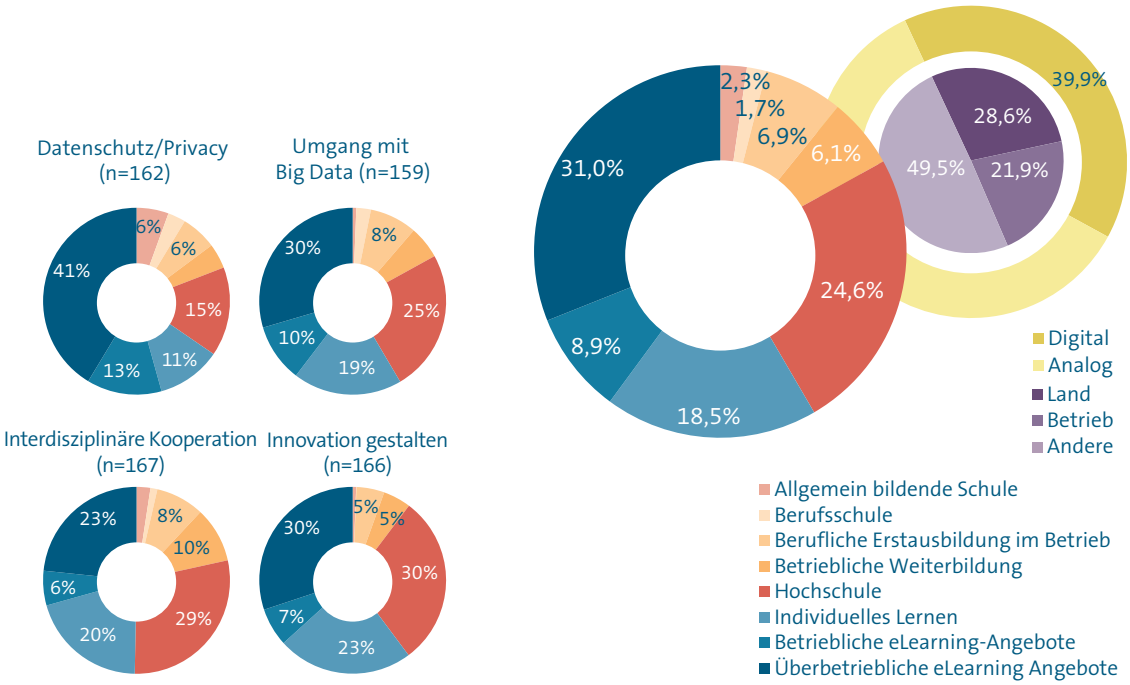


Q2025: Einschätzung zur Bedeutung von Lernorten und -wegen für fachliche Anforderungen.

Aufsummiert finden sich die höchsten Werte – wie bei den fachlichen Anforderungen auch – bei den überbetrieblichen eLearning-Angeboten mit 31 % und bei der Hochschule mit 24,6 % (großes Ringdiagramm). Ein Blick auf die einzelnen Querkompetenzen und deren Werte in den vier kleinen Ringdiagrammen links zeigt beim Thema Datenschutz und Privacy eine klar andere Tendenz als bei den anderen drei Kategorien: Hier findet sich der mit 41,4 % höchste Einzelwert für den Lernweg des überbetrieblichen eLearnings und der ebenfalls deutlich kleinste Einzelwert für den Lernort Hochschule (15,4 %). Ähnlich wie beim Thema Web 2.0/mobile Endgeräte wird hier eine grundlegende Kompetenzentwicklung von 7,3 % der Befragten schon in der allgemeinbildenden Schule erwartet.

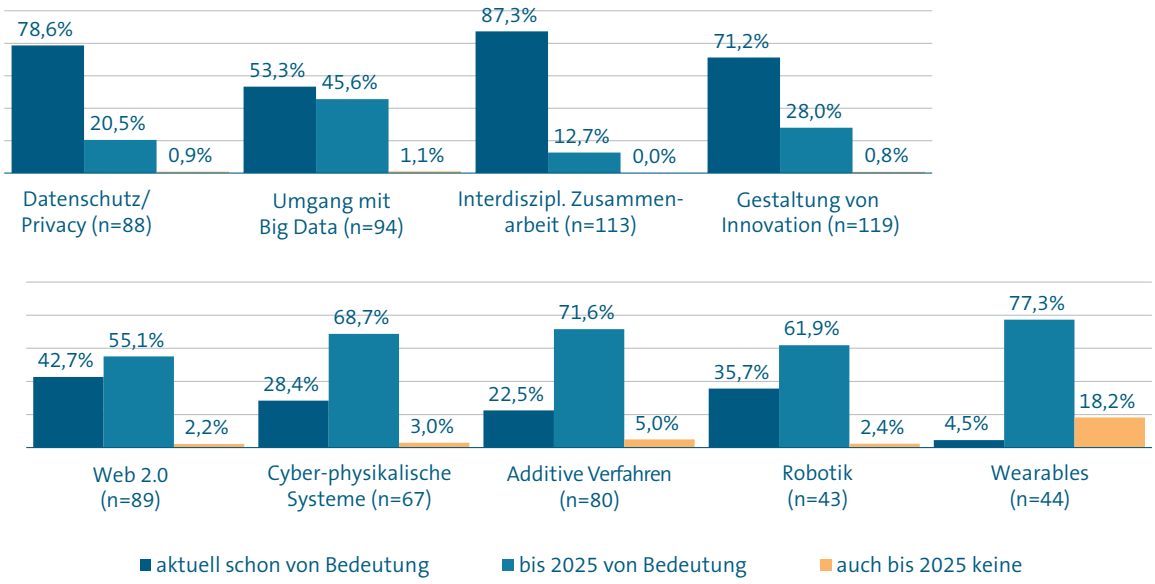
Zusammenfassend lässt sich feststellen: Die Vermittlung fachlicher Anforderungen und Querkompetenzen im Kontext Industrie 4.0 wird zu erstaunlich geringen Anteilen in der Verantwortung der beruflichen und betrieblichen Qualifizierung gesehen. Es zeigt sich dagegen eine stärkere Dominanz im Bereich überbetrieblicher eLearning-Angebote und der Hochschule. Das verwundert zunächst. Möglicherweise erklärt sich dieses Ergebnis teils auch mit der Befragten-Struktur (Kapitel → 4.3.2): Zwar sind die Teilnehmer der Online-Erhebung überwiegend selbst für Aus- und Weiterbildung verantwortlich, eventuell zeigen sich hier aber Effekte der eigenen Qualifizierungsbiografie (fast ein Drittel der Befragten hat selbst einen ausschließlich akademischen Bildungshintergrund) oder der noch geringen gelebten Vertrautheit mit dem Thema Industrie 4.0 (weniger als ein Viertel ist bereits in deren

Lernwege und -orte für Querkompetenzen



Q2025: Einschätzung zur Bedeutung von Lernorten und -wegen für Querkompetenzen.

Industrie 4.0: Anforderungen in der Erstausbildung bis 2025



Q2025: Einschätzung nur der Befragten, die Lernort Betrieb in der Erstausbildung in der Verantwortung sehen.

konkrete Umsetzung involviert; Kapitel → 4.3.2). Auch in den qualitativen Interviews werden ähnliche Tendenzen sichtbar. Allerdings wird auch da nicht erläutert, wer die von so vielen erhofften eLearning-Angebote gestalten und inhaltlich füllen könnte. In der Online-Befragung haben wir bewusst den neutraleren und älteren Begriff des eLearnings verwendet. In den qualitativen Interviews dagegen war beim modularisierten digitalen Lernen auch der Begriff der App allgegenwärtig. Der Claim von Apple „There`s an app for that", 2009 vom Unternehmen im Marketing verwendet und im gleichen Jahr erfolgreich als Trademark eingetragen, ist längst sprichwörtlich geworden. Als Bild sogar verwendet für neue Formen menschlicher Arbeit (The Economist 2015) findet sich die App als Hoffnungsträger für Bildungsprozesse auch in unseren Interviews. Wie sich aber App-Inhalte für die besonderen Bedarfe des Maschinen- und Anlagenbaus füllen lassen könnten und von wem, das bleibt in den Interviews offen.

15.3 Bedeutung von Industrie 4.0 innerhalb der betrieblichen Aus- und Weiterbildung bis 2025

Gerade diese Diskrepanz zwischen einer vom System der beruflichen Bildung geprägten Branche und der vergleichsweise wenig thematisierten Rolle der damit verbundenen Lernwege und -orte für Industrie 4.0 inspirierte uns zu einer Filterfrage[13] in der Online-Erhebung. Diese haben wir nur den Befragten gestellt, die berufliche Erstausbildung und/oder betriebliche Weiterbildung als relevant für die Vermittlung der jeweiligen fachlichen Anforderungen oder Querkompetenzen genannt haben. Die beiden Abbildungen stellen die Ergebnisse mit einer zeitlichen Perspektive dar, gefragt wurde für die einzelnen Kompetenzen und ihre Bedeutung in der Erstausbildung bzw. der betrieblichen Weiterbildung aktuell und bis 2025.

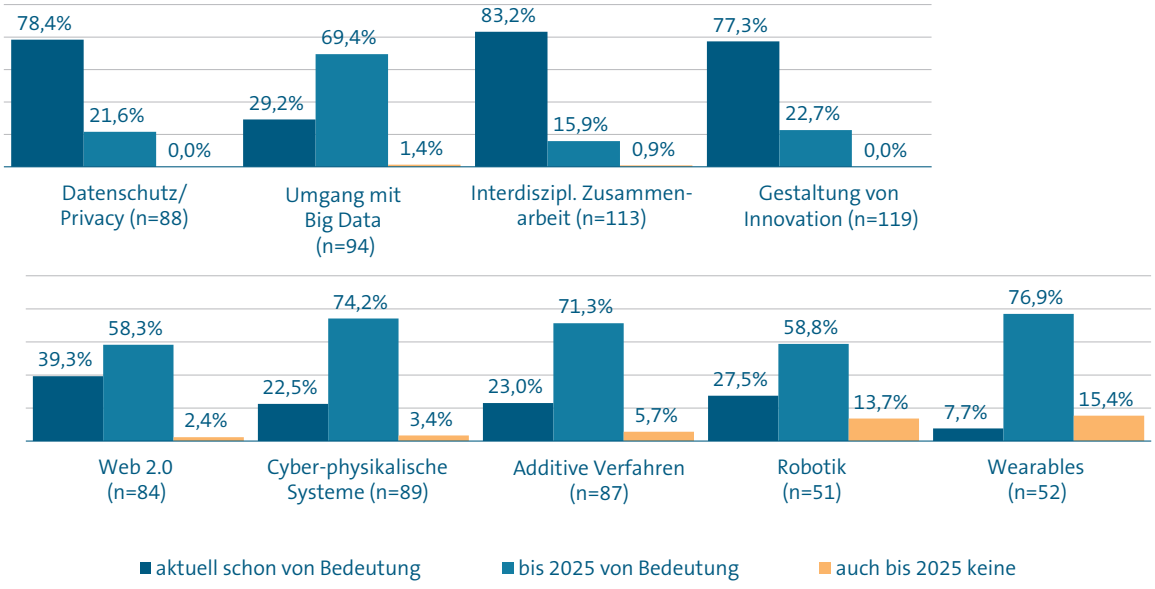
In beiden Abbildungen zeigen jeweils die oberen Säulendiagramme die Ergebnisse für die Querkompetenzen und die unteren die für die fachlichen Anforderungen. Insgesamt wird deutlich: Die Werte für „keine Bedeutung auch bis 2025"

13 Daher hier die durchweg kleineren N.

sind durchgängig extrem klein, meist im einstelligen Bereich bis 5 %. Gegenläufig zu diesem Muster ist nur das Thema Wearables, für das 18,2 % auch in der Zukunft keine Vermittlungsnotwendigkeit in der Erstausbildung sehen und 15,4 % meinen, dass es bis 2025 auch in der Weiterbildung nicht relevant sein muss. Interessant ist zudem die Verlaufseinschätzung beim Thema Robotik: Während 13,7 % Robotik bis 2025 nicht in der Weiterbildung verorten, halten nur 2,4 % diese auch in der Erstausbildung für unwichtig. Dies könnte als Votum interpretiert werden, Robotik so systematisch in der Ausbildung zu verankern, dass zukünftig der Bedarf in der Weiterbildung nicht mehr gegeben ist. Allerdings sind die Fallzahlen bei den beiden Themen Robotik und Wearables am niedrigsten.

Bei den Querkompetenzen zeigt sich: In der Erstausbildung spielen heute schon Datenschutz und Privacy mit 78,6 % und der Umgang mit Big Data mit 53,3 % eine wichtige Rolle. Die stärker sozial ausgerichteten Kompetenten für interdisziplinäre Zusammenarbeit sehen 87,3 % derzeit als Thema der Erstausbildung und 71,2 % bestätigen dies für die Kompetenz zur Innovationsgestaltung. Diese erstaunlich hohen Werte, das muss zur Einordnung noch mal betont werden, kommen auch auf Basis der eingangs erwähnten Filterfrage zustande: Hier wurden nur diejenigen befragt, die die Formen der betrieblichen Aus- und Weiterbildung beim Thema Industrie 4.0 als besonders wichtig einschätzen. Diese positiven Werte spiegeln damit also nicht die gesamte Branche wider. Trotz dieser Einschränkung ist auffällig: Die datenbezogenen Querkompetenzen und die beiden sozialen Kompetenzen sind heute bereits stärker ein Thema der Ausbildung als die im engeren Sinne fachlich-technischen Anforderungen. Bei den Querkompetenzen zeigt sich im Zeitverlauf ein deutlich hoher Wert nur bei Big Data, hier sehen 45,6 % auch bis 2025 eine Bedeutung in der Erstausbildung. Dagegen werden bei den anderen Querkompetenzen

Industrie 4.0: Anforderungen in der betrieblichen Weiterbildung bis 2025



Q2025: Einschätzung nur der Befragten, die Lernort Betrieb in der Weiterbildung in der Verantwortung sehen.

geringere Aufwüchse bis 2025 erwartet, bei den sozialen Querkompetenzen erreicht aber die Fähigkeit zur Innovationsgestaltung in 2025 noch einen Wert von 28 %.

Generell zeigen sich interessante Ergebnisse im zeitlichen Verlauf. Die technischen Themen werden aktuell durchweg mit geringeren Werten belegt als mit der Perspektive auf das Jahr 2025. In der beruflichen Erst- und in der betrieblichen Weiterbildung wird damit die Bedeutung dieser Bereiche heute geringer eingeschätzt als für die kommenden Jahre. Für drei Themen allerdings ist eine gegenläufige Tendenz erkennbar: Sie werden heute als deutlich relevanter in Erst- und Weiterbildung beurteilt als in 2025: Datenschutz und Privacy, interdisziplinäre Zusammenarbeit und die Gestaltung von Innovation. Auch in Kopplung mit den Aussagen in den qualitativen Interviews werden diese Themen als Übergangsanforderungen gesehen. Zwei Begründungsrichtungen lassen sich identifizieren: Entweder wird davon ausgegangen, dass heute etwas vermittelt werden muss, das zukünftig schon von der Schule an als Allgemeinwissen vorausgesetzt werden kann und daher von betrieblicher Seite keine speziellen Qualifizierungsanstrengungen mehr erfordert. Das gilt so beim Thema Privacy und Datenschutz. Für die interdisziplinärere Zusammenarbeit und die Innovationsgestaltung findet sich darüber hinaus die Einschätzung, dass diese Fähigkeiten in der verstärkten Umsetzung von Industrie 4.0 insbesondere gebraucht werden, danach aber wieder eine Phase mit weniger disruptivem Wandel und daher abnehmender Bedeutung dieser Kompetenzen eintritt.

16 Inspiration zum Handeln

Unsere Studie zeigt, wie die für Qualifizierung verantwortlichen Personen in den Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus die Herausforderungen an ihr Feld aktuell und zukünftig einschätzen – mit einer zeitlichen Perspektive bis 2025, mit einem besonderen Fokus auf die beruflichen Formen der Aus- und Weiterbildung im technischen Bereich und mit einem Schwerpunkt auf die Anforderungen durch Industrie 4.0. Die zentralen Ergebnisse sind im Management Summary (Kapitel → 2) bereits zusammengefasst und sollen hier nicht noch mal in Gänze wiederholt werden.

Am Ende unserer Studie möchten wir stattdessen skizzieren, was einige unserer Befunde für die betriebliche Praxis und die Handelnden auf Verbandsebene bedeuten könnten. Und dabei verbleiben wir absichtlich im Konjunktiv, denn: Industrie 4.0 ist eine ungleichzeitig verlaufende Entwicklung, die im Maschinen- und Anlagenbau auf eine höchst heterogene Branche trifft. Einfache oder gar rezepthafte Handlungsempfehlungen widersprechen sowohl der Dynamik des technologischen Wandels wie der Unterschiedlichkeit der betrieblichen Praxis. Handlungsempfehlungen täuschen Eindeutigkeit und Universalität vor, was jetzt aber gebraucht wird, sind Vielfalt und Besonderheit. Handlungsempfehlungen wiegen in falscher Sicherheit, weil sie einen vermeintlichen One-Best-Way vorzeichnen. Jetzt aber sind Gestaltung aus eigener Kraft und Entwicklung eigenständiger Wege gefragt. Zu dieser Art des Handelns wollen wir abschließend inspirieren.

Aus den vielfältigen Eindrücken, Daten und Analysen sowie unzähligen Gesprächen und Begegnungen im Laufe unserer Studie verdichten wir dazu einige aus unserer Sicht besonders relevante Themen – als **Anstiftung zum weiteren Diskutieren und Gestalten**. Wir konzentrieren uns dabei auf vier Kernbotschaften:

- Beruflich Qualifizierte als einmalige Ressource für Innovation anerkennen!
- Qualifizierung als strategisches Asset des Wandels im Unternehmen wahrnehmen!
- Die innovativen Potenziale des dualen Systems der beruflichen Bildung besser nutzen!
- Sich öffnen für neue Lernorte und -wege, ohne Qualifizierung an andere zu delegieren!

Material für Reflexion und Diskussion

Diese Kernbotschaften lassen sich mit einigen besonders relevanten Ergebnissen unserer Studie illustrieren. Nachfolgend finden sich diese in zugespitzter und verdichteter Form. Wir unterbreiten Ihnen damit ein **Angebot zur Diskussion**. Die vier Kernbotschaften und die dazugehörenden einzelnen Befunde können Sie aktiv nutzen. **Reflektieren Sie selbst und diskutieren Sie mit anderen:**

- Wie schätzen Sie die nachfolgenden Punkte jeweils für Ihr Unternehmen und Ihren Verantwortungsbereich ein? Welche Entwicklungen sehen Sie?
- Was tun Sie bislang, um Erwünschtes zu fördern oder Befürchtetes zu verhindern? Wo und was gestalten Sie aktiv und durch wen? Wo warten Sie ab?
- Reichen die bisherigen Zuständigkeiten, Prozesse? Braucht es andere Akteure, Formen des Tuns, Wege der Umsetzung?

- Muss Selbstverständliches hinterfragt, Neues bewegt, Bewährtes bewahrt werden?
- Welche ganz spezifischen Fragen stellen sich in Ihrem Unternehmen?

Diese Fragen sind keine Checkliste, sondern nur erste Anregungen, wie Sie konstruktiv die nachfolgenden Kernbotschaften nutzen können: als Material und Inspiration für Ihr Nachdenken über und für Ihr Gestalten von Qualifizierung 2025.

Kernbotschaft 1: Beruflich Qualifizierte als einmalige Ressource für Innovation anerkennen!

- Die Beschäftigten in der Branche sind formal hervorragend qualifiziert und bewältigen Wandel und Komplexität heute schon in großem Maße und mit einem Spitzenwert bei den informellen Fähigkeiten.
- Ein starker Bedeutungsverlust wird für den Meister erwartet, obwohl eine Mehrheit diese Entwicklung negativ bewertet.
- In den Industrie-4.0-Vorreiter-Unternehmen sehen viele in der dualen Beruflichkeit eine wichtiger werdende Verbindung zwischen unterschiedlichen Qualifikationsniveaus.

Kernbotschaft 2: Qualifizierung als strategisches Asset des Wandels im Unternehmen wahrnehmen!

- Die Zusammenarbeit zwischen Qualifizierung und Forschung und Entwicklung bei Innovationsprozessen ist zum Teil eng und intensiv, zum Teil aber auch abwartend bis nachholend entkoppelt.
- Die Beschäftigten der Branche erleben einen stärker digitalen und vielfältigeren technischen Wandel als die für Qualifizierung Verantwortlichen.
- Die Unternehmen sind weit vorn bei der Umsetzung von Industrie 4.0, bei den befragten Qualifizierungsverantwortlichen zeigt sich das aber nicht immer ausreichend.

Kernbotschaft 3: Die innovativen Potenziale des dualen Systems der beruflichen Bildung besser nutzen!

- Die klassischen Metall- und Zerspanungsberufe und der Hybridberuf Mechatroniker bleiben die dominanten technischen Ausbildungsberufe. Sie bilden eine solide Basis für lebenslanges Lernen und eine unterschätzte Ressource für zukünftige Veränderungsbedarfe.
- Noch wird das Berufsbild des/der Produktionstechnologen/-in kaum angenommen, die Inhalte des Profils sind zu wenig bekannt, es bestehen Unsicherheiten in der Einordnung des Niveaus im Verhältnis zu anderen Berufen und zur Techniker- und Meisterausbildung. Auch die beruflichen Fortbildungssysteme wie in den IT-Kernberufen werden noch wenig genutzt.
- Die bestehenden Berufsbilder gelten generell als gut gerüstet und auch substanziellere Veränderungen werden dem System der beruflichen Aus- und Weiterbildung zugetraut.
- Die Strukturen des dualen Systems der beruflichen Bildung sind flexibel und innovationsfähig genug, um notwendige Veränderungen bei Inhalten und Methoden zu integrieren. Die Spielräume können betrieblich, in der Berufsschule oder durch andere örtlich Verantwortliche (etwa in Prüfungsausschüssen) besser und dynamischer genutzt werden.

Kernbotschaft 4: Sich öffnen für neue Lernwege und -orte, ohne Qualifizierung an andere zu delegieren!

- Modularisierung wird nicht mehr als Ersatz von Ausbildung, sondern als digitale Ergänzung bestehender Ausbildungsformen gesehen.
- Das Duale Studium wird begrüßt, trotzdem werden seine Schwächen gesehen. Der Betrieb als Lernort wird darin noch wichtiger werden. Die Erfahrungen des dualen Berufsbildungssystems in der sozialpartnerschaftlichen Gestaltung geben gute Beispiele für kontinuierliche Verbesserung.
- Die Qualifizierung für Industrie 4.0 sehen viele in der Verantwortung von Hochschule, bei digitalen Formen des Lernens und dem Einzelnen. Dem Betrieb als Ort und Akteur für Qualifizierung wird eine deutlich kleinere Rolle zugestanden.
- Für die berufliche Aus- und Weiterbildung wird mehr Veränderungsbedarf bei den Methoden als bei Inhalten gesehen.

Qualifizierung 2025: Was Branche und Unternehmen heute schon tun können

Jenseits dieser Anregungen zum eigenen Weiterreflektieren und -diskutieren lassen sich für die Verbands- und die Unternehmensebene jeweils drei zentrale Handlungsfelder identifizieren, für die sich konkrete Gestaltungshinweise auf Basis unserer Studie skizzieren lassen. Auch hier konzentrieren wir uns wie in der gesamten Studie auf die berufliche Qualifizierung im technischen Bereich.

Qualifizierung 2025 – Verbandsebene

- **Als berufspolitischer Katalysator noch mehr bewirken.** Das System der beruflichen Bildung ist gut gerüstet, seine Struktur erlaubt ein dynamisches Anpassen bestehender Berufsbilder. Neue Inhalte, die branchenweit Bedeutung erlangen, müssen aber in den nächsten Jahren möglicherweise schneller identifiziert werden als bisher. Bei der Vielfalt der Technologien und möglicher Geschäftsmodellinnovationen und bei der erwarteten Dynamik steigen hier die Anforderungen an den VDMA. Das Thema der beruflichen Qualifizierung bleibt ein zentrales Innovationsthema der Branche und behält eine strategische Bedeutung. Manche Unternehmen tun sich schwerer damit als andere, die Spielräume innerhalb des Systems der beruflichen Bildung methodisch und inhaltlich ausreichend innovativ zu gestalten. Hier kann von Verbandsseite noch gezielter unterstützt werden: Diese Spielräume deutlich machen und gute Praxisbeispiele aus den innovativeren Unternehmen können den weniger beweglichen Unternehmen bei dem Weg in die Qualifizierung 4.0 helfen.
- **Eine neue Kampagne für den/die Produktionstechnologen/-in.** Der VDMA hat sich stark eingesetzt und war ein entscheidender Player bei der Modernisierung von Berufen. Das Berufsbild Produktionstechnologe/-in mit dem dazugehörigen Fortbildungssystem ist hoch innovativ und nimmt viele erwartete Zukunftsanforderungen vorweg. In der betrieblichen Praxis ist das Berufsbild noch zu wenig angekommen, und es existieren viele Unsicherheiten in der Einschätzung. Vieles, was bei der ersten Einführung 2009 diskutiert wurde, ist wieder vergessen, verschüttet, durch personelle Wechsel nicht weitergetragen worden. Soll das Berufsbild in der Fläche mehr Bedeutung erlangen, dann ist eine neue Welle der Anstrengung vonnöten. Die Unternehmen der Branche sind heute durch die Industrie-4.0-Diskussion einerseits offener für Neues, andererseits verunsicherter, welche Wege die richtigen sind.

Eine unter diesen Vorzeichen neue Kampagne ist nötig, die aufklärt und konkrete Hilfen bei der Umsetzung des Berufsbilds anbietet: in Richtung Unternehmen, in Richtung Berufsschule, in Richtung örtliche Gremien. Dabei kann auf Basis der Studienergebnisse das Berufsbild im Hinblick auf seine besonderen Chancen im Kontext von Industrie 4.0 besonders gut deutlich gemacht werden.

- **Berufsschulen modernisieren helfen.** Duale berufliche Bildung lebt von der lebendigen Verschränkung der beiden Lernorte Betrieb und Berufsschule. Nicht immer aber passt beides gut zusammen. Schule ist Ländersache und Berufsschulen werden von Kommunen ausgestattet. So können auch die innovativsten Ausbildungsunternehmen lokal auf Berufsschulen mit veralteter Ausstattung und einem überalterten Personal treffen. Berufliche Qualifizierung braucht auch eine Berufsschule 4.0, nicht erst in 2025. Berufsschulen zu einem spannenden Ort des Lernens für Industrie 4.0 zu machen – das wird ein zentraler strategischer Baustein sein, wenn berufliche Bildung ihren Stellenwert behalten soll. Warum nicht die Maschinen in den Berufsschulwerkstätten mit CPS versehen? Warum nicht in jede Berufsschule einen 3D-Drucker? Warum nicht eine Qualifizierungsoffensive für innovative Lehrmethoden in der Berufsschule? Das sind nur Ideen und ihre Umsetzung ist nicht Aufgabe eines Verbands. Die Berufsschule 4.0 aber ist eine bundesweite Herausforderung an alle Akteure in Wirtschaft und Politik. Verbandspolitische Aktivitäten könnten einen Beitrag dazu leisten, einen Diskurs über neue und innovative Möglichkeiten für den Lernort Berufsschule zu stiften.

Qualifizierung 2025 – Unternehmensebene

- **Qualifizierung und Innovation verschränken.** Die Personen, die sich um Qualifizierung in den Unternehmen kümmern, sind tendenziell von der Entwicklung abgekoppelt. Das hat meist mit etablierten Strukturen zu tun, die sich schrittweise entwickelt haben – nicht mit Defiziten von Personen. Qualifizierung muss näher ran. Nicht nur an die Fachabteilungen. Sondern auch an den Bereich FuE. In Zeiten dynamischeren Wandels muss Qualifizierung die Chance bekommen, frühzeitig möglichen technischen Wandel kennenzulernen. Oft aber erfährt die Qualifizierung zuletzt, welche Produkte oder produktionstechnologische neue Verfahren gerade entwickelt werden und welche neuen datentechnischen Anwendungen und Geschäftsmodelle „in der Pipeline“ sind. In den nächsten Jahren sind Strukturen zu empfehlen, die die berufliche Aus- und Weiterbildung und die Innovationsprozesse im Unternehmen näher, intensiver und systematischer zueinander bringen. Das wäre zum Nutzen beider Seiten, gelingt aber nur, wenn beide Seiten das aktiv vorantreiben. Auf welche Weise mehr Austausch und Nähe zustande kommen kann, das wird in vielen Unternehmen ganz unterschiedlich beantwortet werden: von neuen Formen des Sich-Begegnens bis zu grundsätzlich anderen Zuordnungen in der Unternehmensorganisation. Wichtig ist, heute anzufangen, berufliche Qualifizierung und die Prozesse in FuE stärker zu verschränken.

- **Berufliche Qualifizierung wertschätzen.** Die Bedeutung beruflicher Qualifizierung für die Innovationsfähigkeit der Unternehmen in der Branche wird in 2025 noch wichtiger sein als heute. Was in manchen Unternehmen teils als Selbstverständlichkeit wahrgenommen und verwaltet wird, sollte mehr anerkannt und gestaltet werden. Die beruflich Qualifizierten im Unternehmen sind ein weltweilt einmaliges Asset von strategischem Wettbewerbswert. Mit ihnen gelingen auch noch übermorgen Innovationen, die Unternehmen

in anderen Ländern der Welt so nicht bewältigen können – weil ihnen diese ganz besondere Ebene der Qualifikation fehlt. Das aber wird nicht in allen Unternehmen ausreichend geschätzt und teils unterschätzt, dass diese Besonderheit weiterentwickelt und gepflegt werden sollte. Dazu gehört, Arbeit auf dem Shopfloor auch für Millennials attraktiver zu gestalten und Karrierewege aufzuzeigen, die auch von dort Perspektiven bieten.

- **Qualifizierung innovieren.** Der Betrieb als Lernort bleibt zentral, die Formen, wie dort gelernt wird, müssen aber methodisch innovativer werden. Eine Verknüpfung mit anderen Orten und Wegen des Lernens – zum Beispiel in Hochschule oder über eLearning – ist sinnvoll. Aber: Beruflichkeit lässt sich nicht dorthin delegieren, sie entsteht am Lernort Betrieb. Das ist der Ort, an dem heute für Innovation qualifiziert wird, an dem aber mehr als heute Qualifizierung zum Gegenstand von Innovation werden sollte. Eine zentrale Aufgabe von Unternehmen ist es, die Freiräume des Systems der beruflichen Bildung stärker zu nutzen. Bestehende Berufsbilder lassen sich heute schon durch methodische Innovationen und mit neu aufkommenden Inhalten betriebsspezifisch gestalten. Fangen Sie an! Neue Medien lassen sich ohne großen Aufwand selbst einsetzen. Warten Sie nicht nur auf Angebote von außen. Der örtliche Prüfungsausschuss ist nur so modern und agil wie die Personen, die von Betriebsseite dort aktiv werden. Denken Sie gezielter nach über Ihr Personal in Aus- und Weiterbildung. Suchen Sie dafür bewusst innovative und eigenständige Charaktere. Geben Sie auch jüngeren die Chance, sich im Bereich Qualifizierung zu beweisen. Damit steigt die Chance, dass auch die für Qualifizierung verantwortlichen selbstverständlicher mit digitaler Technik umgehen als dies heute der Fall ist. Zudem bieten Sie damit beruflich Qualifizierten attraktive Aufstiegswege. Qualifizieren Sie nicht nur für Innovation, innovieren Sie Ihre Aus- und Weiterbildung.

Die Branche – also tausende Unternehmen und ihre Beschäftigten und einer der wichtigste Industrieverbände der Welt – leistet heute schon Beispielgebendes für die Realisierung von Industrie 4.0 und die dafür nötige Qualifizierung. Das machen die Ergebnisse unserer Studie an vielen Stellen deutlich. Aber wir haben auch Defizite gesehen, Themen, die flächendeckender und strategischer oder die mit mehr Dynamik und Anstrengung bearbeitet werden könnten als bisher. Mit diesen sechs Vorschlägen zum Tun schließen wir unsere Studie ab.

Danksagung

Zum guten Schluss: Eine Studie steht und fällt mit der Bereitschaft der Befragten, sich zu öffnen und sich zu beteiligen. Wir danken allen Gesprächspartnern aus den Einzelinterviews und den Gruppendiskussionen für ihre Offenheit und ihre Zeit. Wir danken allen, die sich an der Online-Befragung beteiligt haben – vor allem den vielen, die bis zur letzten Frage dabeigeblieben sind. Wir danken den Mitgliedern des Bildungsausschusses beim VDMA für inspirierende Diskussionen. Wir danken den Fallstudienunternehmen für die Kooperation und das Vertrauen, „hinter“ die Kulissen blicken zu dürfen. Wir danken der Abteilung Bildung im VDMA für die unkomplizierte und immer konstruktive Zusammenarbeit. Wir – das Autorenteam am Lehrstuhl für Soziologie der Universität Hohenheim – danken jedem von Ihnen ganz herzlich für Ihr Engagement: Ohne Sie alle wäre diese Studie in dieser Form nicht möglich geworden.

17 Literatur

Aguinis, H. & K.J. Bradley, 2014: Best Practice Recommendations for Designing and Implementing Experimental Vignette Methodology Studies. Organizational Research Methods 17: 351–371.

Ahrens, D. & G. Spöttl, 2015: Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. in: H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann & J. Niehaus (Hrsg.), Digitalisierung industrieller Arbeit. Baden-Baden: Nomos.

Anger, Christina, Koppel, Oliver & Plünnecke, Axel, 2013: MINT-Herbstreport 2013. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall. Köln: iw – Institut der deutschen Wirtschaft.
Online unter: http://www.mintzukunftschaffen.de/uploads/media/FINAL_MINT-Herbstbericht_2013.pdf

Auer, J., 2014: Neue Wachstumschancen für den deutschen Maschinenbau. Technologieführerschaft & Auslandsinvestitionen. Frankfurt/M.: Deutsche Bank Research.

Baethge, M., H. Solga & M. Wieck, 2007: Berufsbildung im Umbruch. Signale eines überfälligen Aufbruchs. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.
Online unter: http://library.fes.de/pdf-files/stabsabteilung/04258/studie.pdf

Bauer, H.G., F. Böhle, C. Munz, S. Pfeiffer & P. Woicke, 2006: Hightech-Gespür: Erfahrungsgeleitetes Arbeiten und Lernen in hoch technisierten Arbeitsbereichen. Ergebnisse eines Modellversuchs beruflicher Bildung in der chemischen Industrie. Bielefeld: Bertelsmann.

Bauer, W., S. Schlund, D. Marrenbach & O. Ganschar, 2014: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Berlin: Bitkom.
Online unter: https://www.bitkom.org/Publikationen/2014/Studien/Studie-Industrie-4-0-Volkswirtschaftliches-Potenzial-fuer-Deutschland/Studie-Industrie-40.pdf

BIBB, 2016a: BIBB-Datenblatt Industriemechaniker/-in (Monoberuf IH). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
Daten abrufbar unter: https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php

BIBB, 2016b: BIBB-Datenblatt Mechatroniker/-in (IH). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
Daten abrufbar unter: https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php

BIBB, 2016c: BIBB-Datenblatt Zerspanungsmechaniker/-in (Monoberuf IH). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
Daten abrufbar unter: https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php

BIBB, 2016d: BIBB-Datenblatt Fachinformatiker/-in (IH). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
Daten abrufbar unter: https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php

BIBB, 2016e: BIBB-Datenblatt Produktionstechnologe/-in (IH). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
Daten abrufbar unter: https://www2.bibb.de/bibbtools/de/ssl/1865.php

BMBF, 2015: Berufsbildungsbericht 2015. Bonn: Bundesministerium fürBildung und Forschung.
Online unter: https://www.bmbf.de/pub/Berufsbildungsbericht_2015.pdf

BMWi, 2013: Monitoring-Report Digitale Wirtschaft 2013. Digitalisierung und neue Arbeitswelten. Berlin: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.
Online unter: http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=625962.html

Bosch, G., 2014: Facharbeit, Berufe und berufliche Arbeitsmärkte. WSI-Mitteilungen 67: 5–13.

Bosch, G., 2016: Typologien nationaler Berufsbildungssysteme. Ihr Nutzen im Gesellschaftsvergleich. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 112: 15–36.

BWIHK, 2016: IHK-Online Umfrage „Auswirkungen von Wirtschaft 4.0 auf die berufliche Aus- und Weiterbildung". Stuttgart: Industrie- und Handelskammer Baden-Württemberg. Online unter: http://www.bw.ihk.de/_Resources/Persistent/467f2a9854e2a4cc4f6d3e5d0abfdf57bd683963/PM_18_2016_Anlage_BWIHK-Online_Umfrage_Industrie%204.0.pdf

DZ Bank, 2014: Digitalisierung – Bedeutung für den Mittelstand. Frankfurt/M.: DZ Bank. Online unter: https://www.dzbank.de/content/dam/dzbank_de/de/library/presselibrary/pdf_dokumente/DZ_Bank_Digitalisierung_Grafiken.pdf

EEF, 2016: An Up-Skill Battle. EEF Skills Report 2016. London: EEF The Manufacturer's Organisation.
Online unter: https://www.eef.org.uk/resources-and-knowledge/research-and-intelligence/industry-reports/skills-report-2016

Ernst, S., 2010: Prozessorientierte Methoden der Arbeits- und Organisationsforschung: Eine Einführung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Glaser, B.G. & A.L. Strauss, 2010: Grounded Theory: Strategien qualitativer Forschung. Bern: Huber.

Göricke, D., 2014: KurzPosition Industrie 4.0: Wandel gestalten, Potenziale nutzen. Berlin, Frankfurt/M.: VDMA Hauptstadtbüro.
Online unter: https://www.vdma.org/article/-/articleview/4895688

Hall, A., T. Maier, R. Helmrich & G. Zika, 2015: IT-Berufe und IT-Kompetenzen in der Industrie 4.0. Vorab-Version. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB).
Online unter: https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/id/7833

Hall, A., A. Siefer & M. Tiemann, 2014: BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 – Arbeit und Beruf im Wandel. Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen. Bonn, Köln: Forschungsdatenzentrum im BIBB und GESIS (Datenzugang).

Hirsch-Kreinsen, H., 2014: Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0" (No. 38/2014). Dortmund: TU Dortmund.
Online unter: http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/de/forschung/gebiete/fp-hirschkreinsen/forschung/soz_arbeitspapiere/AP-SOZ-38.pdf

HPI, 2016: Industrie 4.0: HPI und acatech starten neuen Online-Kurs für Unternehmen. Pressemitteilung des Hasso-Plattner Instituts vom 30. März 2016.
Online unter: http://www.presseportal.de/pm/22537/3288715

Kädtler, J., H.J. Sperling, V. Wittke & H. Wolf, 2013: Mitbestimmte Innovationsarbeit. Konstellationen, Spielregeln und Partizipationspraktiken. Berlin: Edition Sigma.

Kagermann, H., W. Wahlster & J. Helbig, 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt/M.: Plattform 4.0.
Online unter: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Abschlussbericht_Industrie4.0_barrierefrei.pdf

Klein, B., R. Menez, E. Oestreicher, S. Pfeiffer & A. Suphan, 2015: Istzustand, Trends, Potenziale und Problemlagen einer mobilen und digitalen Arbeitswelt. Doppelgutachten zu den Branchen Automobil und IKT-Dienstleistungen im

Vergleich im Auftrag des Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB). Stuttgart: Universität.

Krone, S., 2016: Duales Studium – hybrides Ausbildungsmodell mit neuen Karriereoptionen im Betrieb? in: Welche Bildung braucht der Arbeitsmarkt? Vortrag auf der Jahrestagung der Deutschen Vereinigung für Sozialwissenschaftliche Arbeitsmarktforschung (SAMF), 19. Februar 2016 in Berlin.

Krüger, T. & B. Laubach, 2014: Nachwuchs für technische Ausbildungsberufe im Maschinenbau. Image der Berufe und Faktoren der Entscheidungsfindung bei der jugendlichen Zielgruppe. Bonn: Impuls-Stiftung des VDMA. Online unter: https://www.vdma.org/documents/105628/8065079/Nachwuchs-fuer-technische-Ausbildungsberufe-im-Maschinenbau-IMPULS-Studie-November%20 2014.pdf/309b70ee-53da-456d-8373-3caec76273d6

Kuckartz, U., 2012: Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Kuckartz, U., T. Ebert, S. Rädiker & C. Stefer, 2009a: Evaluation Online: Internetgestützte Befragung in der Praxis. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kuckartz, U., T. Ebert, S. Rädiker & C. Stefer, 2009b: Einführung: Online-Befragung mit Mixed Methods im Rahmen von Evaluation. S. 11–15 in: U. Kuckartz, T. Ebert & S. Rädiker (Hrsg.), Evaluation Online: Internetgestützte Befragung in der Praxis. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Kuda, E., B. Kaßebaum, G. Spöttl & J. Strauß (Hrsg.), 2012: Akademisierung der Arbeit: Hat berufliche Bildung noch eine Zukunft?. Hamburg: VSA..

Lichtblau, K., V. Stich, R. Bertenrath, M. Blum, M. Bleider, A. Millack, K. Schmitt, E. Schmitz & M. Schröter, 2015: Industrie 4.0-Readiness. Aachen, Köln: Impuls-Stiftung des VDMA. Online unter: http://www.impuls-stiftung.de/studien;jsessionid=3E8E28426AF66D-3D6AC6D0F93BFFB22C

Manpower, 2013: Manufacturing's New Working Collar. Infographic.

Matuschek, I., 2016: Industrie 4.0, Arbeit 4.0 – Gesellschaft 4.0? Eine Literaturstudie. Berlin: Rosa-Luxemburg-Stiftung. Online unter: https://www.rosalux.de/fileadmin/rls_uploads/pdfs/Studien/Studien_02-2016_Industrie_4.0.pdf

Mayring, P., 2007: Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim, Basel: Beltz.

Menez, R., S. Pfeiffer & E. Oestreicher, 2016: Leitbilder von Mensch und Technik im Diskurs zur Zukunft der Fabrik und Computer Integrated Manufacturing (CIM). Stuttgart: Universität Hohenheim. Online unter: http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2016-Menez-Pfeiffer-Oestreicher.pdf

Müller, F.H. & E. Kals, 2004: Die Q-Methode. Ein innovatives Verfahren zur Erhebung subjektiver Einstellungen und Meinungen. Forum Qualitative Sozialforschung 5: Art. 34. Online unter: http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/600/1301

Müller, K., 2012: Der Produktionstechnologe – ein smarter Innovationsakteur. S. 285–297 in: S. Pfeiffer, P. Schütt & D. Wühr (Hrsg.), Smarte Innovation. Ergebnisse und neue Ansätze im Maschinen- und Anlagenbau. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Neumann, H., 2014 (6. Oktober): Eine große Chance für die Arbeit. S. 2, Süddeutsche Zeitung.

nextpractice, 2016: Wertewelten Arbeiten 4.0 (Vorabfassung). Bremen: nextpractice. Online unter: http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/wertewelten-arbeiten-vier-null.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Nida-Rümelin, J., 2014: Der Akademisierungswahn. Zur Krise beruflicher und akademischer Bildung. Hamburg: Edition Körber-Stiftung.

Niegsch, C., 2016: Industrie 4.0 – Folgen für die deutsche Volkswirtschaft. Frankfurt/M.: DZ Bank.

Pfeiffer, S., 2007: Montage und Erfahrung: Warum Ganzheitliche Produktionssysteme menschliches Arbeitsvermögen brauchen. München, Mering: Hampp.

Pfeiffer, S., 2012: Wissenschaftliches Wissen und Erfahrungswissen, ihre Bedeutung in innovativen Unternehmen und was das mit (beruflicher) Bildung zu tun hat. S. 203–219 in: E. Kuda, B. Kaßebaum, G. Spöttl & J. Strauß (Hrsg.), Akademisierung der Arbeit: Hat berufliche Bildung noch eine Zukunft? Hamburg: VSA.

Pfeiffer, S., 2015a: Arbeit und Bildung. S. 363–379 in: R. Hoffmann & C. Bogedan (Hrsg.), Eine neue Ordnung der Arbeit. Frankfurt/M.: Campus.

Pfeiffer, S., 2015b: Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung. (ITA-manu:-scripts No. ITA-15-03). Wien: Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA) in der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Online unter: http://epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_15_03.pdf

Pfeiffer, S., 2015c: Industrie 4.0 und die Digitalisierung der Produktion – Hype oder Megatrend? Aus Politik und Zeitgeschichte 65: 6–12. Online unter: http://www.bpb.de/apuz/209955/industrie-4-0-und-die-digitalisierung-der-produktion

Pfeiffer, S., 2015d: Warum reden wir eigentlich über Industrie 4.0? Auf dem Weg zum digitalen Despotismus. Mittelweg 36 24: 14–36.

Pfeiffer, S., 2016: Berufliche Bildung 4.0? Überlegungen zur Arbeitsmarkt- und Innovationsfähigkeit. Industrielle Beziehungen – Zeitschrift für Arbeit, Organisation und Management 23: 25–44.

Pfeiffer, S., P. Schütt & D. Wühr, 2012a: Ingenieure und Innovation. Zum Potenzial sozialer Innovation im Maschinenbau. S. 201–230 in: S. Pfeiffer, P. Schütt & D. Wühr (Hrsg.), Smarte Innovation. Ergebnisse und neue Ansätze im Maschinen- und Anlagenbau. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Pfeiffer, S., P. Schütt & D. Wühr, 2012b: Smarte Innovation – zur Einleitung. S. 19–46 in: S. Pfeiffer, P. Schütt & D. Wühr (Hrsg.), Smarte Innovation. Ergebnisse und neue Ansätze im Maschinen- und Anlagenbau. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Pfeiffer, S., P. Schütt & D. Wühr, 2012c: Smarte Innovation erfassen: Innovationsverlaufsanalyse und Visualisierung – Vorgehen und Samplebeschreibung. S. 49–74 in: S. Pfeiffer, P. Schütt & D. Wühr (Hrsg.), Smarte Innovation. Ergebnisse und neue Ansätze im Maschinen- und Anlagenbau. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Pfeiffer, S. & A. Suphan, 2015: Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. (Working Paper 2015 #1). Stuttgart: Universität Hohenheim. Online unter: http://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-draft.pdf

Pongratz, H. J. & R. Trinczek (Hrsg.), 2010: Industriesoziologische Fallstudien: Entwicklungspotenziale einer Forschungsstrategie. Berlin: Edition Sigma.

Randow, G. von, 2014: Monster mit Fräse. Zeit online. Online unter: http://www.zeit.de/wissen/2014-09/technik-roboter-werkzeugmaschinen-3-d-drucker

Rohrbach-Schmidt, D. & A. Hall, 2013: BIBB/BAuA – Erwerbstätigenbefragung 2012. Version 3.0 (BIBB-FDZ Daten und Methodenberichte No. 1/2013). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung FDZ.

Schlund, S., M. Hämmerle & T. Strölin, 2014: Industrie 4.0 – Eine Revolution in der Arbeitsgestaltung. Wie Automatisierung und Digitalisierung unsere Produktion verändern werden. Ulm, Stuttgart: Ingenics und FhG IAO.

Schneider, A. & P. Schomakers, 2015: Neuer Auftrieb für den Produktionstechnologen in der Wirtschaft 4.0? Interview mit Andreas Schneider, Trumpf Gruppe, und Peter Schomakers, Robert Bosch GmbH. BWP – Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 44: 36–39.

Schütt, P., S. Pfeiffer & T. Ritter, 2015: Organisationales Arbeitsvermögen. Eine wichtige Dimension für die nachhaltige Integration in eine Arbeitsorganisation. forum arbeit – Zeitschrift der Bundesarbeitsgemeinschaft Arbeit10–16.

Sontow, K., P. Treutlein & R. Sontow, 2014: ERP in der Praxis – Anwenderzufriedenheit, Nutzen & Perspektiven. Management Summary. Aachen: Trovarit AG.

Spöttl, G., 2016: Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. München, Bremen: Bayerischer Unternehmensverband Metall und Elektro e.V. und Verband der Bayerischen Metall- und Elektroindustrie e.V.

The Economist, 2015: The Future of Work: There's an app for that. The Economist – online. Online unter: http://www.economist.com/news/briefing/21637355-freelance-workers-available-moments-notice-will-reshape-nature-companies-and#

VDMA, 2015: Maschinenbau in Zahl und Bild 2015. Frankfurt/M.: VDMA. Online unter: http://www.vdma.org/documents/105628/7657821/MbauinZuB2015.pdf/9b789a8c-ef20-4f8d-a6fc-d6268d2c09e5

VDMA & VDI, 2016: 15 Jahre Bologna-Reform. Quo vadis Ingenieurausbildung? Frankfurt/M. Online unter: http://www.vdma.org/documents/105628/11919237/Flyer%20Einladung%2015%20Jahre%20Bologna%20Reform.pdf/c53cab01-2477-4646-85ef-e1270a785f34

VHU, 2016: Fachkräfte für die Industrie 4.0. Für eine Neuorientierung im Bildungssystem. Frankfurt/M.: Vereinigung der hessischen Unternehmerverbände e. V. Online unter: http://vhu.de/vhu/home/presse/meldungen/neue_vhu-studie_zu_fachkraeften_40_und_neuorientierung_im_bildungssystem_.de.html

Windelband, L., C. Fenzl, F. Hunecker, T. Riehle, G. Spöttl, H. Städtler, K. Hribernik & K.-D. Thoben, 2010: Qualifikationsanforderungen durch das Internet der Dinge in der Logistik. Bremen: Institut Technik und Bildung (ITB).

Wissenschaftlicher Beraterkreis, 2014: Berufs-Bildungs-Perspektiven 2014. Leitlinien für eine gemeinsame duale, schulische und hochschulische berufliche Bildung. Frankfurt/M., Berlin: IG Metall und ver.di.

Wühr, D., S. Pfeiffer, P. Schütt & N. Huchler, 2012: Innovation im Maschinenbau entlang des Produktlebenszyklus (PLC). S. 75–97 in: S. Pfeiffer, P. Schütt & Wühr, Daniel (Hrsg.), Smarte Innovation. Ergebnisse und neue Ansätze im Maschinen- und Anlagenbau. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

18 Anhang

18.1 Frageleitfaden qualitativ

Es handelt sich um einen Leitfaden, der das Interview nur sehr behutsam strukturiert. Generell ist das Ziel, im Interview eine möglichst offene Gesprächssituation zu erzeugen, bei der die interviewte Person aus ihrer Sicht Gespräch und Inhalte weitgehend bestimmt. Der Leitfaden dient lediglich als grobe Orientierung für den/die Interviewer/-innen.

Einstiegsnarration

Es wird heute viel von Industrie 4.0 geredet – und damit sind sehr unterschiedliche Vorstellungen verbunden. Was ist für Sie persönlich Industrie 4.0? Was verstehen Sie darunter?

- Ist Industrie 4.0 ein Thema in Ihrem Unternehmen? Seit wann ist das so?
- Können Sie sich erinnern, wann Sie in Ihrem Unternehmen zuerst davon gehört haben?
- Wenn Sie Ihr Unternehmen generell beurteilen:
- wo sehen Sie das Unternehmen technisch und im Bereich angebotener Dienstleistungen im Vergleich zu anderen in der Branche / im Verhältnis zu Wettbewerbern?
- wie schätzen Sie die Innovationsfähigkeit ein? Wie sehr sehen Sie ihr Unternehmen in der Lage, ggf. auch völlig neue Geschäftsmodelle zu entwickeln?

Bevor wir gemeinsam weiter in die Zukunft sehen, würde mich zunächst interessieren: wie es aktuell an Ihrem Arbeitsplatz aussieht. Im Projekt interessiert uns vor allem der Zusammenhang von Technik und Qualifikation.

Industrie 4.0 – CPS

Ein wesentlicher Aspekt, der mit Industrie 4.0 gemeint ist, sind neue Möglichkeiten der Vernetzung – also das Zusammenwachsen von Maschinen, Produkten, Prozessen und Daten. Typische Begriffe dazu sind cyber-physische Systeme, das Internet der Dinge oder auch Maschine-zu-Maschine-Vernetzung – auch die Echtzeitnutzung von Cloud-Diensten spielt dabei eine wichtige Rolle. Hier sehen Sie das Bild einer CPS-Anwendung, wie sie in der Realität schon existiert.

Visualisierung: CPS mit Szenario/Erklärung.
Im Vergleich zu solchen Szenarien: Wie schätzen Sie den Vernetzungsgrad bei Ihnen aktuell ein?

- In Bezug auf Ihre Produkte/Dienstleistungen (Anbieterperspektive)?
- In Bezug auf Ihre eigene Produktion/ Instandhaltung (Anwenderperspektive)?
- Was würde sich in ihren jetzigen Wertschöpfungsketten ändern?
- Wie würde das die Rolle / die Bedeutung Ihres Bereichs verändern?

Was wird sich aus Ihrer Sicht in Bezug darauf in absehbarer Zeit ändern?

- Veränderung Anzahl vernetzter Komponenten? Art der Vernetzung? Damit verbundener neuer Dienstleistungen?
- Sehen Sie eher inkrementelle Veränderungen? Oder disruptive?
- Welche Veränderungen sehen Sie konkret in den nächsten fünf Jahren? (konkret nachfragen)

Was würde das für Ihren Bereich und die Arbeitsplätze bzw. Qualifikationen bewirken?

Wie genau? Welche neuen/erweiterten Kenntnisse brauchen Ihre Mitarbeiter?

Welchen Anteil haben die Beschäftigten bei der Gestaltung weiterer Vernetzung und darauf aufbauender neuer Produkte/Prozesse/Dienstleistungen? Werden bzw. sind sie aktiv beteiligt beim Weg hin zu mehr Industrie 4.0?

Industrie 4.0 – neun Beispiele (Q-Methode)

Visualisierung – Vorstellung weiterer I40-Szenario Vignetten: Web 2.0 – Mobile Devices – Echtzeit Teile-/Dienstetracking – Big Data-Analytics in Instandhaltung/Fernwartung – Personalisierung Produkt/Losgröße 1 – Produktionssteuerung durch das Produkt – Additive Verfahren/3D-Druck – Zweiarmige und Leichtbauroboter – Wearables.

Industrie 4.0 hat viele Gesichter. Es werden unter dieser Überschrift unterschiedlichste Anwendungen, Techniken und Beispiele diskutiert. Ich habe Ihnen hier neun weitere Beispiele mitgebracht, die sich in der Diskussion immer wieder finden oder die in manchen Bereichen bereits praktisch zur Anwendung kommen. Das sind (dazu Bilder auflegen):

Visualisierung: Zuordnung Vignetten zum Q- Schema

Sie sehen hier neun Felder. Ich möchte Sie nun bitten, die Szenarien diesen Feldern zuzuordnen. In der oberen Reihe finden Sie außen rechts und außen links jeweils das Feld für das „sehr realistische“ und das „nicht realistische“ Szenario. Wichtig ist nicht, was Sie für technisch machbar halten, sondern wo Sie für Ihren Bereich die Umsetzung als realistisch oder weniger realistisch einschätzen.

Sie haben 10 Szenarien und einen Joker. Bitte ordnen Sie diese zu und schildern Sie dazu, warum Sie zu Ihrer Einschätzung kommen.

Qualifikationsabschätzung

Konzentrieren wir uns nun auf die drei Karten, die Sie als sehr realistisch oder als realistisch eingeordnet haben. Wenn Sie sich diese nun noch mal anschauen und sich vorstellen, das wäre alles gelebte Realität in Ihrem Unternehmen in fünf Jahren – was bedeutet das für die Qualifikation, die erforderlich wäre?

- Sehen Sie mehr oder weniger Bedarf an Aufgaben- und Qualifikationsprofilen, die Ihrem Arbeitsplatz entsprechen?
- Welche neuen/veränderten Qualifikationsanforderungen stellen sich? Sind diese höher oder geringer?
- Welche Mischung bzgl. der Disziplinen bräuchte es: Mechanik / Elektronik / IT? Andere?
- Welche Beschäftigten von heute könnten am ehesten solche Szenarien umsetzen und gestalten?

Schätzen Sie Ihre Beschäftigten mit dem vorhandenen Qualifikations- und Kompetenzprofil als ausreichend gerüstet ein für ein solches Szenario?

Wie stark müssen diese dann autonom entscheiden? Mit Komplexität und Unwägbarkeiten umgehen können?

Welche Rolle spielt Ihrer Meinung nach Erfahrungswissen noch in solchen I40-Szenarien?

Werfen wir nun noch einen Blick auf die drei Karten, die Sie als kaum bis gar nicht realistisch eingeordnet haben: Sind es Qualifikationsdefizite, die Sie davon abhalten, diesen Weg zu beschreiten?

Abspann

Vielen Dank ... damit sind wir mit allen Fragen durch. Gibt es von Ihrer Seite aus noch etwas, das Sie zum Themenkomplex Industrie 4.0 und Qualifikation sagen möchten und das wir noch nicht besprochen haben?

Wenn Sie sich von der Industrie 4.0-„Fee“ etwas wünschen könnten: was wäre das?

18.2 Fragebogen Online-Erhebung

Zunächst stellen wir Ihnen einige allgemeine Fragen zu Ihrem Unternehmen, zu Industrie 4.0 in Ihrem Unternehmen und der Ausbildung bei Ihnen.

Welche dieser Klassifikationen des Wirtschaftszweigs Maschinen-und Anlagenbau trifft am ehesten auf Ihr Unternehmen zu? Herstellung von: (Mehrfachnennungen möglich)

- ☐ Verbrennungsmotoren und Turbinen
- ☐ Hydraulischen und pneumatischen Systemen
- ☐ Pumpen und Kompressoren
- ☐ Armaturen
- ☐ Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen
- ☐ Öfen und Brennern
- ☐ Hebezeugen und Fördermitteln
- ☐ Büromaschinen
- ☐ Handgeführte Werkzeuge mit Motorantrieb
- ☐ Kälte- und lufttechnische Erzeugnisse
- ☐ Land- und forstwirtschaftlichen Maschinen
- ☐ Werkzeugmaschinen
- ☐ Maschinen für die Metallerzeugung, von Walzwerkseinrichtungen und Gießmaschinen
- ☐ Bergwerks-, Bau- und Baustoffmaschinen
- ☐ Maschinen für die Nahrungs- und Genussmittelerzeugung und die Tabakverarbeitung
- ☐ Maschinen für die Papiererzeugung und -verarbeitung
- ☐ Maschinen für die Verarbeitung von Kunststoffen und Kautschuk
- ☐ Sonstiges: _____

Wie viele Mitarbeiter/innen beschäftigt Ihr Unternehmen in Deutschland insgesamt?

_____

Wie viele Auszubildende im gewerblich-technischen Zweig bildet Ihr Unternehmen derzeit insgesamt aus?
(wenn Sie die Zahl nicht genau wissen, nennen Sie bitte einen geschätzten Wert; wenn Sie die Zahl nicht wissen: lassen Sie das Feld einfach frei) _____

Wie viele neue Ausbildungsverträge im gewerblich-technischen Zweig hat Ihr Unternehmen jährlich im Durchschnitt der letzten fünf Jahre abgeschlossen? (wenn Sie die Zahl nicht genau wissen, nennen Sie bitte einen geschätzten Wert; wenn Sie die Zahl nicht wissen: lassen Sie das Feld einfach frei)

_____

Wie viele Personen durchlaufen bei Ihnen aktuell ein Duales Studium im technischen Bereich? (wenn Sie die Zahl nicht genau wissen, nennen Sie bitte einen geschätzten Wert; wenn Sie die Zahl nicht wissen: lassen Sie das Feld einfach frei) _____

Welche gewerblich-technischen Berufe werden im Unternehmen ausgebildet? Bitte nennen Sie maximal die drei zahlenmäßig wichtigsten Berufsbilder:

_____ _____ _____

Welchem Fertigungstyp ordnen Sie Ihr Unternehmen zu?	überwiegend	teils	gar nicht
Einzel- und Kleinserienfertigung	☐	☐	☐
Mittelserienfertigung (weniger als 1000 St/Monat)	☐	☐	☐
Großserienfertigung (mehr als 1000 St/Monat)	☐	☐	☐
Engineering oder andere Dienstleistungen	☐	☐	☐

Wie ordnen Sie den Komplexitätsgrad Ihrer Produkte/ Dienstleistungen ein?	überwiegend	teils	gar nicht
Einzel- und Kleinserienfertigung	☐	☐	☐
Mittelserienfertigung (weniger als 1000 St/Monat)	☐	☐	☐
Großserienfertigung (mehr als 1000 St/Monat)	☐	☐	☐

Welche der folgenden Veränderungen wurden in den letzten zwei Jahren in Ihrem Unternehmen vorgenommen? (Gemeint ist dabei jeweils wirklich Neues, keine Ersatzbeschaffung oder Updates) (Mehrfachantworten möglich)

- ☐ Neue Fertigungs- oder Verfahrenstechnologien
- ☐ Neue Computerprogramme
- ☐ Neue Maschinen oder Anlagen
- ☐ Neue oder deutlich veränderte Produkte oder Werkstoffe
- ☐ Neue oder deutlich veränderte Dienstleistungen
- ☐ Wesentliche Umstrukturierungen oder Umorganisierungen

Welche Aussagen über die gewerblich-technische Erstausbildung in Ihrem Unternehmen treffen zu?	Ja	Nein	k.A.
Die Inhalte der Ausbildung im Betrieb haben sich seit fünf Jahren im Großen und Ganzen nicht geändert.	☐	☐	☐
Die Methoden der Ausbildung im Betrieb haben sich seit fünf Jahren im Großen und Ganzen nicht geändert.	☐	☐	☐
Curriculare Freiräume bei der inhaltlichen Ausgestaltung der Ausbildung werden erkannt und genutzt.	☐	☐	☐
Curriculare Freiräume bei der methodischen Ausgestaltung der Ausbildung werden erkannt und genutzt.	☐	☐	☐
Das Unternehmen arbeitet eng mit überbetrieblichen Gremien und Institutionen der Berufsausbildung zusammen (Arbeitsagenturen, Kammern, Prüfungsausschüsse etc.).	☐	☐	☐
Die Ausbildungsverantwortlichen arbeiten eng mit den Berufsschulen zusammen.	☐	☐	☐

Welche Aussagen zur Weiterbildung für technische Berufsgruppen in Ihrem Unternehmen treffen zu?	Ja	Nein	k.A.
Es existiert ein betriebliches Weiterbildungsangebot für technische Kompetenzen.	☐	☐	☐
Es existiert ein betriebliches Weiterbildungsangebot für soziale und methodische Kompetenzen.	☐	☐	☐
Facharbeiter werden bei einer Weiterbildung zum Meister oder Techniker durch das Unternehmen unterstützt.	☐	☐	☐
Facharbeiter werden bei Aufnahme eines Studiums durch das Unternehmen unterstützt.	☐	☐	☐
Zum Techniker/Meister weitergebildete werden in der Regel ihrer Qualifikation gemäß eingesetzt.	☐	☐	☐
Das Unternehmen unterstützt berufliche Fortbildungssysteme wie beim Produktionstechnologen oder den IT-Berufen.	☐	☐	☐

Wurde oder wird der Beruf „Produktionstechnologe/in“ in Ihrem Unternehmen ausgebildet oder ist dies geplant?

☐ Ja ☐ Nein ☐ Nicht mehr ☐ Weiß nicht

→ wenn ja: Seit welchem Jahr wird der Beruf „Produktionstechnologe/in“ in Ihrem Unternehmen ausgebildet? (wenn Sie das Jahr nicht genau wissen, lassen Sie das Feld einfach frei)

_____

→ wenn nein/nicht mehr: Kennen Sie Gründe, warum das Berufsbild bei Ihnen nicht (mehr) ausgebildet wird? _____

Aus- und Weiterbildung muss auf die Anforderungen technischer und organisatorischer Änderungen reagieren. Die nachfolgenden Fragen beziehen sich darauf, wie intensiv und zu welchen Zeitpunkten die Verantwortlichen für Qualifizierung einbezogen werden.

Wie wird die Aus- und Weiterbildung generell bei Entwicklungs- und Veränderungsprozessen im Unternehmen einbezogen?

☐ Sehr intensiv mit konzeptionellem Beitrag. ☐ Intensiv mit häufigem Austausch.

☐ Eher reagierend und operativ ausführend. ☐ Die Veränderungsimpulse für die Qualifizierung kommen von außerhalb des Unternehmens.

In welchen Phasen von Entwicklungs- und Veränderungsprozessen im Unternehmen wird die Aus- und Weiterbildung üblicherweise einbezogen?

☐ In der konzeptionellen Planungsphase.

☐ Im Laufe der Pilotphase.

☐ Im Rahmen der Ausroll- und Umsetzungsprozesse.

☐ Nach erfolgreicher Implementierung.

☐ Gar nicht.

Vielen Dank zu diesen Informationen zum Unternehmen. Nun würden wir Ihnen gerne einige wenige Fragen zu Ihrer Person und Funktion stellen.

In welchem Jahr wurden Sie geboren? _____

Haben Sie selbst eine Berufsausbildung absolviert? ☐ Ja ☐ Nein

→ wenn ja: In welchem Bereich haben Sie eine Berufsausbildung absolviert?

☐ Hauptrichtung Elektronik ☐ Hauptrichtung Mechanik ☐ Hauptrichtung IT

☐ Hauptrichtung Wirtschaft ☐ Sonstiges: _____

Haben Sie einen Hochschulabschluss? ☐ Ja ☐ Nein

→ wenn ja: In welchem Bereich haben Sie ein Studium absolviert?

☐ Hauptrichtung Elektronik ☐ Hauptrichtung Mechanik ☐ Hauptrichtung IT

☐ Hauptrichtung Wirtschaft ☐ Sonstiges: _____

Zu welchen Funktionen, Rollen oder Tätigkeitsbereichen im Unternehmen ordnen Sie sich schwerpunktmäßig zu? (Mehrfachnennungen möglich)

☐ Hauptamtlich im Ausbildungsbereich tätig ☐ Nebenamtlich im Ausbildungsbereich tätig

☐ Ausbildungsleiter/in ☐ Ausbilder/in ☐ Personalleiter/in

☐ Personalentwickler/in

☐ Planungsebene (Konzeption, Organisation und Evaluation der Ausbildung)

☐ Operative Ebene (Umsetzung, Durchführung und Überwachung der Ausbildungsprozesse)

☐ Berufliche Erstausbildung ☐ Berufliche Weiterbildung

Seit wie vielen Jahren Ihrer Berufstätigkeit sind Sie überwiegend mit dem Thema Aus- und Weiterbildung beschäftigt?_____

Welche Entwicklungen im deutschen Berufsbildungssystem erwarten Sie bis zum Jahr 2025?	Bitte schätzen Sie die genannten Themen hinsichtlich einer zukünftigen Bedeutungszunahme oder -abnahme ein und bewerten Sie diese Tendenz:	
	Die Bedeutung ...	Das bewerte ich ...
Modularisierung der Erstausbildung.	nimmt ab/nimmt zu	positiv :-)/negativ :-(
Verkürzung der Ausbildungszeiten	nimmt ab/nimmt zu	positiv :-)/negativ :-(
Fortbildung zum Techniker	nimmt ab/nimmt zu	positiv :-)/negativ :-(
Fortbildung zum Meister	nimmt ab/nimmt zu	positiv :-)/negativ :-(
Berufliche Weiterbildungssysteme (z. B. Prozesstechnologe/-in o. IT)	nimmt ab/nimmt zu	positiv :-)/negativ :-(
Duales Studium	nimmt ab/nimmt zu	positiv :-)/negativ :-(

Vielen Dank, dass Sie bis hierher mitgemacht haben! Wir kommen nun zu einigen Fragen, die sich mit dem Thema Industrie 4.0 beschäftigen.

Wie bekannt/vertraut ist Ihnen das Thema „Industrie 4.0“?

☐ Der Begriff „Industrie 4.0“ ist mir vor dieser Umfrage noch nicht begegnet.

☐ Ich habe bereits von „Industrie 4.0“ gehört, kann mir aber wenig Konkretes darunter vorstellen.

☐ Ich kenne das Thema „Industrie 4.0“ in groben Zügen und habe eine Vorstellung von möglichen Umsetzungen.

☐ Das Thema ist mir vertraut, ich habe aber in meiner Funktion bislang nichts zu tun.

☐ Das Thema ist mir vertraut und ich bin in meiner Funktion mit konkreter Umsetzung dazu befasst.

Befasst sich Ihr Unternehmen aktuell mit dem Thema Industrie 4.0?

☐ Ja, intensiv und in mehreren Bereichen ☐ Ja, in Anfängen oder Teilbereichen

☐ Wir tun seit Jahren vieles, was heute Industrie 4.0 heißt

☐ Bislang nicht ☐ Keine Angaben

Wie schätzen Sie Ihr Unternehmen in Bezug auf Industrie 4.0 ein?

☐ Vorreiter ☐ Follower ☐ Abwartend

☐ Industrie 4.0 ist für unser Unternehmen irrelevant ☐ Keine Angaben

Treffen die folgenden Aussagen zum Thema „Industrie 4.0“ und Ausbildung für Ihr Unternehmen zu?

(Mehrfachantworten möglich) Das Thema „Industrie 4.0“ ...

☐ ...spielt aktuell schon eine Rolle in der Ausbildung.

☐ ...spielt aktuell schon eine Rolle in der Weiterbildung.

Unter dem Begriff Industrie 4.0 werden unterschiedlichste Technologien und Szenarien diskutiert. Diese fünf Dimensionen lassen sich dabei grob unterscheiden. Wie schätzen Sie deren Bedeutung für Ihr Unternehmen ein ...	Aktuell schon von Bedeutung	Bis 2025 von Bedeutung	Wird bis 2025 keine Bedeutung haben
Web 2.0/Mobile Geräte: Nutzung von webbasierten Tools z. B. zur Kommunikation über Schichteinsatz in der Produktion und/oder Verwendung von mobilen Endgeräten wie Tablets z. B. zur Überwachung/Steuerung von Maschinen.	☐	☐	☐
Cyber-Physical-Systems/Internet of Things: Zunehmende Vernetzung von Maschinen und Produkten, ggf. auch mit logistischen Prozessen und der Möglichkeit dezentraler Produktionssteuerung oder des direktem Einbezug des Kunden. Nutzung anfallender Daten für intelligente Instandhaltung oder Service (Big Data).	☐	☐	☐
Additive Verfahren: Neue produktionstechnologische Ansätze wie additive Verfahren (Laser-Sintern, 3D-Druck etc.)	☐	☐	☐
Robotik: Insbesondere neue Ansätze in der Robotik (adaptive Roboter, Leichtbauroboter, Zweiarmroboter).	☐	☐	☐
Wearables: Intelligente Handschuhe, Datenbrillen oder ähnliche körpernahe Geräte zur direkten Unterstützung des Werkers.	☐	☐	☐

Für den kompetenten Umgang mit diesen technischen Dimensionen von Industrie 4.0 benötigen die Fachkräfte von morgen voraussichtlich neue Fähigkeiten und Anwendungswissen.

Wo liegt nach Ihrer Ansicht die Hauptverantwortung für deren Vermittlung bzw. für den Erwerb dieser Fähigkeiten und Wissensbestände? (Mehrfach-nennungen möglich)	Web 2.0 Mobile Geräte	Cyber-physische Systeme / Internet of Things	Additive Verfahren	Robotik	Wearables
Allgemeinbildende Schule	☐	☐	☐	☐	☐
Berufsschule	☐	☐	☐	☐	☐
Berufliche Erstausbildung im Betrieb	☐	☐	☐	☐	☐
Betriebliche Weiterbildung	☐	☐	☐	☐	☐
Hochschule	☐	☐	☐	☐	☐
Individuelles Lernen	☐	☐	☐	☐	☐
Betriebliche eLearning-Angebote	☐	☐	☐	☐	☐
Überbetriebliche eLearning-Angebote	☐	☐	☐	☐	☐

Vertiefungsfragen Industrie 4.0 bei Lernort Betrieb

→ nur bei den Dimensionen, bei denen Betriebliche Ausbildung angekreuzt wurde:

Kompetenzen für [die genannte Dimension] spielen in der betrieblichen Ausbildung in unserem Unternehmen ...

☐ heute schon eine Rolle ☐ bis 2025 eine Rolle ☐ auch nach 2025 noch keine Rolle

→ nur bei den Dimensionen, bei denen Betriebliche Weiterbildung angekreuzt wurde:

Kompetenzen für [die genannte Dimension] spielen in der betrieblichen Weiterbildung in unserem Unternehmen ...

☐ heute schon eine Rolle ☐ bis 2025 eine Rolle ☐ auch nach 2025 noch keine Rolle

Wo liegt nach Ihrer Ansicht die Hauptverantwortung für deren Vermittlung bzw. für den Erwerb dieser Kompetenzen? (Mehrfachnennungen möglich)	Wissen um Datensicherheit/Privacy	Umgang mit großen Datenmengen	Fähigkeit zur disziplin-/bereichsübergreifenden Zusammenarbeit	Fähigkeit sich aktiv an Innovationsprozessen zu beteiligen
Allgemeinbildende Schule	☐	☐	☐	☐
Berufsschule	☐	☐	☐	☐
Berufliche Erstausbildung im Betrieb	☐	☐	☐	☐
Betriebliche Weiterbildung	☐	☐	☐	☐
Hochschule	☐	☐	☐	☐
Individuelles Lernen	☐	☐	☐	☐
Betriebliche eLearning-Angebote	☐	☐	☐	☐
Überbetriebliche eLearning-Angebote	☐	☐	☐	☐

Vertiefungsfragen Querkompetenzen bei Lernort Betrieb

→ nur bei den Dimensionen, bei denen Betriebliche Ausbildung angekreuzt wurde:

Kompetenzen für [die genannte Dimension] spielen in der betrieblichen Ausbildung in unserem Unternehmen ...

☐ heute schon eine Rolle ☐ bis 2025 eine Rolle ☐ auch nach 2025 noch keine Rolle

→ nur bei den Dimensionen, bei denen Betriebliche Weiterbildung angekreuzt wurde:

Kompetenzen für [die genannte Dimension] spielen in der betrieblichen Weiterbildung in unserem Unternehmen ...

☐ heute schon eine Rolle ☐ bis 2025 eine Rolle ☐ auch nach 2025 noch keine Rolle

Auf Qualifizierungsbedarfe durch Industrie 4.0 kann an verschiedenen Stellen des Berufsbildungssystems reagiert werden. Wo liegt aus Ihrer Sicht welcher Änderungsbedarf für die berufliche Aus- und Weiterbildung durch Industrie 4.0 bis zum Jahr 2025?	Kein Änderungs-bedarf	Inkrementelle Änderungen	Substanzielle Änderungen
Curriculare Inhalte der Berufsausbildung	☐	☐	☐
Methoden in der Berufsausbildung	☐	☐	☐
Berufsbilder	☐	☐	☐
Weiterbildungsangebote	☐	☐	☐

Impressum

VDMA
Bildung

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

Kontakt
Dr. Jörg Friedrich
Telefon +49 69 6603 1935
E-Mail joerg.friedrich@vdma.org

Die Studie wurde im Auftrag des VDMA durchgeführt vom Lehrstuhl für Soziologie der Universität Hohenheim.

Autoren der Studie
Sabine Pfeiffer
Horan Lee
Christopher Zirnig
Anne Suphan

Design und Layout
DesignStudio

Produktion
h.reuffurth gmbh
Mühlheim am Main

Bildnachweis
Titelseite Bernd Münstermann GmbH & Co. KG

© VDMA, Mai 2016

VDMA
Bildung

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main

Kontakt
Dr. Jörg Friedrich

Telefon +49 69 6603 1935
E-Mail joerg.friedrich@vdma.org

www.vdma.org