

# Industrielle Metallberufe

© 2018 by Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn

ISBN: 978-3-8474-2255-6 (Print)

ISBN:978-3-96208-082-2 (PDF)

Diese Netzpublikation wurde bei der Deutschen Nationalbibliothek angemeldet und archiviert.

urn:nbn:de:

Internet: [www.bibb.de/de/84062.php](http://www.bibb.de/de/84062.php)

Der Inhalt dieses Werkes steht unter einer Creative-Commons-Lizenz (Lizenztyp: Namensnennung – Keine kommerzielle Nutzung – Keine Bearbeitung – 4.0 Deutschland).



Weitere Informationen finden Sie im Internet auf unserer Creative-Commons-Infoseite [www.bibb.de/cc-lizenz](http://www.bibb.de/cc-lizenz).

#### Herausgeber:

Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn  
Internet: [www.bibb.de](http://www.bibb.de)

#### Konzeption und Redaktion:

##### Axel Kaufmann

Bundesinstitut für Berufsbildung  
E-Mail: [kaufmann@bibb.de](mailto:kaufmann@bibb.de)

##### Kerstin Jonas

Bundesinstitut für Berufsbildung  
E-Mail: [jonas@bibb.de](mailto:jonas@bibb.de)

##### Petra Fitzner-Kohn

Bundesinstitut für Berufsbildung  
E-Mail: [fitzner-kohn@bibb.de](mailto:fitzner-kohn@bibb.de)

#### Autoren:

**Busse, Falco**; ABB Ausbildungszentrum gGmbH Berlin

**Eger, Dietmar**; Daimler AG

**Freund, Stephan**; ZF Friedrichshafen AG

**Gerdes, Frank**; IG Metall

**Kaltenecker, Reinhard**; AUDI AG

**Klaus, Torsten**; TRUMPF GmbH + Co. KG

**Koring, Claudia**; IG Metall

**Krajewski, Erwin**; Voith GmbH

**Kretzmer-Buß, Herbert**; Volkswagen AG

**Kuik, Holger**; Siemens AG

**Labusch-Schönwandt, Gerhard**

**Müller, Karlheinz**; Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.

**Räb, Sven-Uwe**; Arbeitgeberverband Gesamtmetall

**Rott, Carsten**; Evonik Technology & Infrastructure GmbH

**Salm, Christian**; AG der Dillinger Hüttenwerke

**Schiebel, Rolf**; Industrie- und Handelskammer, Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelentwicklungsstelle (PAL), Region Stuttgart

**Schneider, Ralf**; BASF SE

**Schuster, Heiko**; Siemens AG

**Schwarz, Anja**; Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V.

**Tackenberg, Henry**; Berufsbildungswerk GmbH

**Wendt, Dietmar**; Currenta GmbH & Co. OHG

Gedruckt auf PEFC-zertifiziertem Papier

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Auf einen Blick – was ist neu?</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Digitalisierung der Arbeitswelt – veränderte Anforderungen an die Berufsbildung</b> .....	<b>6</b>
<b>3 Neue und geänderte Berufsbildpositionen</b> .....	<b>8</b>
3.1 Neue Berufsbildposition 5 „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“ .....	8
3.2 Geänderte Berufsbildpositionen .....	11
3.3 Betriebliche Projekte .....	12
<b>4 Zusatzqualifikationen</b> .....	<b>16</b>
4.1 Zusatzqualifikation Systemintegration .....	17
4.2 Zusatzqualifikation Prozessintegration .....	19
4.3 Zusatzqualifikation Additive Fertigungsverfahren .....	22
4.4 Zusatzqualifikation IT-gestützte Anlagenänderung .....	26
4.5 Empfehlungen zur Planung und zur Umsetzung der Zusatzqualifikationen .....	31
<b>5 Prüfung</b> .....	<b>34</b>
<b>6 Änderungen in den Rahmenlehrplänen</b> .....	<b>37</b>
<b>7 Lernortkooperation im Industrie 4.0 Kontext</b> .....	<b>38</b>
7.1 Industrie 4.0 relevante Ausbildungsinhalte .....	38
7.2 Industrie 4.0 relevante Kompetenzfelder .....	38
7.3 Digitale Basisqualifizierung .....	39
7.4 Qualifizierung im Industrie 4.0 Workflow .....	39
7.5 Ableitung der Industrie 4.0 relevanten Qualifikationsinhalte .....	39
<b>Links</b> .....	<b>40</b>
<b>Adressen</b> .....	<b>42</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>44</b>



Dieses Symbol verweist an verschiedenen Stellen im Dokument auf Praxisbeispiele und Zusatzmaterialien, die Sie auf der Seite des Berufs im Internet finden [[www.bibb.de/de/84062.php](http://www.bibb.de/de/84062.php)].

# Vorwort

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wie kaum eine andere Berufsgruppe stehen die industriellen Metall- und Elektroberufe (M+E) im Fokus, wenn es um „Digitalisierung“ und „Industrie 4.0“ geht. Diese Themen werden ab dem 1. August 2018 in den Ausbildungsverordnungen der M+E-Berufe verankert. Hierzu wurden die Ordnungsmittel durch umfassende Änderungsverordnungen angepasst.

Um die Ausbildungsverantwortlichen bei einer reibungslosen Umsetzung der geänderten Ausbildungsinhalte und -möglichkeiten zu unterstützen, wurden für die M+E Berufe zwei Umsetzungshilfen erstellt.

Die hier vorliegende Veröffentlichung gilt für die industriellen Metallberufe:

- ▶ Anlagenmechaniker/Anlagenmechanikerin,
- ▶ Industriemechaniker/Industriemechanikerin,
- ▶ Konstruktionsmechaniker/Konstruktionsmechanikerin,
- ▶ Werkzeugmechaniker/Werkzeugmechanikerin und
- ▶ Zerspanungsmechaniker/Zerspanungsmechanikerin.

Korrespondierend mit den Änderungsverordnungen widmet sich die Umsetzungshilfe erstens der neuen, für alle verbindlich geltenden Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“, zweitens einzelnen Änderungen in den weiteren Berufsbildpositionen und drittens den für die oben genannten Berufe neu entwickelten optionalen Zusatzqualifikationen. Gerade dieses neu eingeführte Instrument wählbarer Zusatzqualifikationen gibt den im Digitalisierungsprozess unterschiedlich aufgestellten Betrieben die Möglichkeit, gezielt Kompetenzen für den digitalen Wandel aufzubauen. Diese optionalen und gesondert zertifizierten Ausbildungsinhalte sind zugleich ein attraktives Angebot für Auszubildende, ihre Qualifikationen um neue, besonders nachgefragte Kompetenzen zu erweitern. Die Zusatzqualifikationen verbessern darüber hinaus die Startmöglichkeiten für die berufliche Weiterbildung der Fachkräfte.

Diese Umsetzungshilfe stellt konkrete Beispiele für die Ausbildungsgestaltung vor und gibt Hilfen für die zeitlich-organisatorische Planung, Realisierung und Dokumentation der Ausbildung. Zusätzlich können weitere Angebote und Vorlagen online abgerufen werden.

Die jetzt vorliegende Umsetzungshilfe wurde bereits mit Beginn des Verfahrens von Anfang an mitgedacht und im laufenden Prozess ständig weiterentwickelt. Für die vertrauensvolle und engagierte Zusammenarbeit danken wir den beteiligten Sachverständigen und Koordinatoren der Sozialpartner. Zukünftig wird für die Weiterentwicklung der Ordnungsmittel und der Ausbildung in den Berufen ein kontinuierlicher Dialog mit der Ausbildungspraxis noch notwendiger. Dafür sind hier gute Grundlagen gelegt, an die wir anknüpfen werden.

Ich wünsche mir gerade auch vor diesem Hintergrund eine umfassende Verbreitung dieser Umsetzungshilfe bei allen, die mit der dualen Berufsausbildung befasst sind – einschließlich der Auszubildenden selbst.

Den Autorinnen und Autoren dieser Veröffentlichung gilt mein herzlicher Dank für ihre engagierte und qualifizierte Arbeit!



Bonn, im Oktober 2018  
Prof. Dr. Friedrich Hubert Esser  
Präsident Bundesinstitut für Berufsbildung

# 1 Auf einen Blick – was ist neu?

Die Digitalisierung und die mit ihr einhergehenden Entwicklungen verändern die Arbeitswelt in der Metall- und Elektro-Industrie. Dabei stehen die unter dem Schlagwort Industrie 4.0 beschriebenen Veränderungen in der industriellen Produktion im Mittelpunkt. Leitbild für Industrie 4.0 sind wandlungsfähige und vernetzte Produktions- und Logistikprozesse, die eine hocheffiziente und hoch flexible Produktion ermöglichen, Kundenwünsche in Echtzeit integrieren und individuelle Produktvarianten möglich machen.

Mit der Arbeitswelt ändern sich die Qualifikationsanforderungen an die Fachkräfte. Die besondere Herausforderung für die Weiterentwicklung der Ausbildungsberufe ist dabei, dass die Wirtschaft in einem permanenten Transformationsprozess steht, der aber in Einzelbetrieben und an Arbeitsplätzen nicht zwingend zeitgleich wirkt. Konventionelle und innovative Techniken existieren nebeneinander und müssen beide gemeistert werden. Das setzt Flexibilität und breite Qualifikationen voraus.

Die Ausbildungsordnungen für die industriellen Metall- und Elektroberufe sind prozessorientiert und gestaltungsoffen formuliert. Sie bilden im Sinne von Mindestanforderungen eine gute Grundlage, um für heutige und künftige Arbeitsaufgaben die notwendige berufliche Handlungsfähigkeit zu vermitteln und abhängig von betrieblichen Anforderungen die Ausbildung auszugestalten.

Vor diesem Hintergrund haben sich das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), der Gesamtverband der Arbeitgeberverbände der Metall- und Elektro-Industrie e. V.

(Gesamtmetall), die Industriegewerkschaft Metall (IG Metall), der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA) und der Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V. (ZVEI) auf eine Modernisierung der geltenden Ausbildungsordnungen mittels Änderungsverordnungen verständigt.

Unterstützt vom Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) haben Sachverständige der Arbeitgeber und Arbeitnehmer dazu die Metall- und Elektro-Ausbildungsordnungen und Ausbildungsrahmenpläne überarbeitet. Korrespondierend sind die Rahmenlehrpläne von den Rahmenlehrplanausschüssen der Kultusministerkonferenz (KMK) überarbeitet worden.

Die Ausbildungsordnungen beinhalten drei Neuerungen:

- ▶ Über alle Berufe hinweg wurde die neue integrativ zu vermittelnde Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“ eingefügt.
- ▶ Betriebliche Lerninhalte wurden in Hinblick auf Industrie 4.0 relevante Qualifikationsanforderungen aktualisiert.
- ▶ Mit insgesamt sieben optional wählbaren Zusatzqualifikationen werden Industrie 4.0 relevante Qualifizierungsschwerpunkte abgebildet.

Der Hauptausschuss des Bundesinstituts für Berufsbildung hat am 15. März 2018 die Modernisierung der industriellen Metall- und Elektroberufe und des Mechatronikers/der Mechatronikerin zum 1. August 2018 beschlossen.

## 2 Digitalisierung der Arbeitswelt – veränderte Anforderungen an die Berufsbildung

Digitalisierung wird in den letzten Jahren mit den Maßstäben des Begriffs Industrie 4.0 gemessen. Industrie 4.0 gilt als vierte Stufe der Industrialisierung, die eine intelligente Vernetzung von Ressourcen, Informationen, Objekten und Menschen auf Basis von cyberphysischen Systemen (CPS) kennzeichnet. In Unternehmen wird das z. B. daran erkennbar, dass Prozesse digital abgebildet sind und Tablets sowie moderne Leitstände zum Einsatz kommen. Intelligente Sensoren sorgen innerhalb von Anlagen dafür, dass ganze Prozessketten, einschließlich der Materialflüsse, abgestimmt und optimiert sind, diese IT-gestützt betrieben werden und dass vorausschauend instand gehalten und in Prozesse eingegriffen werden kann.

Gefordert sind nicht nur neue „digitale“ fachliche Qualifikationen, die beispielsweise ein größeres Abstraktionsvermögen, Prozess- und Systemverständnis betreffen. Zur Beherrschung von vernetzten Systemen sind auch methodische, soziale und personale Kompetenzen wichtig. Komplexe digitalisierte Produktionsprozesse sind heute von einzelnen Fachkräften nicht mehr zu beherrschen. Um diese Systeme handlungssicher zu entwickeln, zu bauen und zu betreiben, arbeiten interdisziplinäre Teams in der gesamten Wertschöpfungskette zusammen.

Durch die steigende Komplexität miteinander vernetzter Systeme und durch sich verkürzende Innovationszyklen neuer Techniken steigen darüber hinaus die Anforderungen an die Problemlösungs- und Selbstlernkompetenzen aller Beschäftigten.

Angesichts der Tatsache, dass sich Aufgaben- und Kompetenzprofile von Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen stark ändern werden, ist die Aus- und Weiterbildung der Fachkräfte ein Kernthema.

### **Berufliche Fortbildung gewinnt zunehmend an Bedeutung**

Die enge Verzahnung von Aus- und Fortbildung wird zukünftig immer wichtiger. Ziel muss es daher sein, die Stärken einer breiten und systematischen Ausbildung mit denen einer hierauf aufbauenden strukturierten Fortbildung effizient zu verbinden. Dies ermöglicht langfristig attraktive Fachkarrieren.

Hochdynamische Transformationsprozesse, wie durch Industrie 4.0 hervorgerufen, erfordern zusätzlich eine vorausschauende Qualifizierung der Fachkräfte. Um dabei Effizienz und Nachhaltigkeit in der Fort- und Weiterbildung sicherzustellen, müssen geeignete Qualifizierungsprozesse definiert und so eng wie möglich mit den neuen Arbeitsprozessen gekoppelt werden. Das Konzept der arbeitsprozessorientierten Qualifizierung bietet dazu passgenau die notwendige Unterstützung.

Mit seinen beiden essenziellen Bestandteilen – Prozessorientierung und Integration von Arbeit und Lernen – ermöglicht das Konzept auch in Verbindung mit prozessorientiert gestalteten Fortbildungsordnungen zukunftsweisende Ansätze für eine moderne Fachkräfteentwicklung.

In einer arbeitsprozessorientierten Qualifizierung lernen Teilnehmer/-innen überwiegend in ihrem Arbeitsfeld und mit ihrem Team direkt in den Industrie 4.0 Arbeitsprozessen. Ziel muss es in Zukunft sein, diese Form des Lernens systemisch und nachhaltig zu fördern.

Eine regelmäßige Weiterbildung ist zum Zwecke des Qualifikationserhalts notwendig und gemeinsame Aufgabe von Fachkräften und Unternehmen. Dazu gehören z. B. Lernen im Prozess der Arbeit, Herstellerschulungen, Unterweisungen und das Nutzen einschlägiger Fachzeitschriften wie auch entsprechender Online-Angebote.

Die berufliche Aufstiegsfortbildung hat mit dem Industrie-meisterkonzept eine etablierte Marke. Die landesrechtlich geregelte Techniker-Fortbildung ist an Fachschulen möglich.

Diese und andere Fortbildungsmöglichkeiten sind eine gute Ausgangsbasis für eine anforderungs- und bedarfsgerechte Qualifizierung in Richtung Industrie 4.0. Die folgende Grafik zeigt dafür mögliche Karrierewege (siehe Abb. 1).

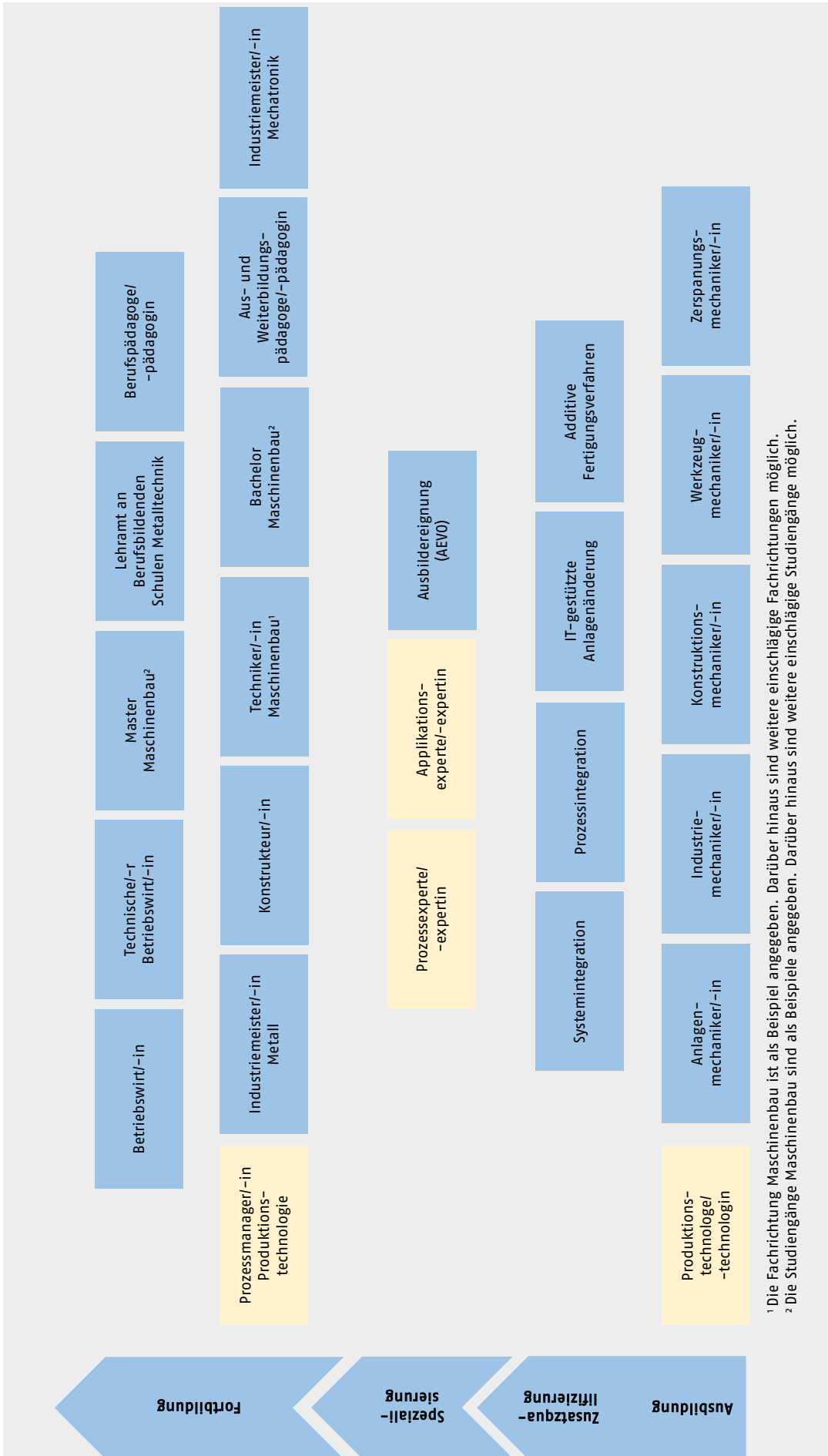


Abbildung 1: Übersicht über mögliche Karrierewege (Quelle: IG Metall, überarbeitet)

## 3 Neue und geänderte Berufsbildpositionen

### 3.1 Neue Berufsbildposition 5 „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“

Entsprechend dem Bedeutungszuwachs der digitalen Arbeit, digitaler Arbeitsmittel und -formen sowie der Anforderungen des Datenschutzes und der Informationssicherheit wurde eine neue integrative Berufsbildposition (Ifd. Nr. 5) in die Verordnungen aufgenommen.

Die darin beschriebenen Qualifikationen sind integrativ während der gesamten Ausbildungszeit zu vermitteln (siehe Abb. 2).

Dies betrifft z. B. den Umgang mit Visualisierungssystemen in der Prozesssteuerung, mit Assistenzsystemen im Qualitätsmanagement, mit Tablets bei der Aufnahme von Teilenummern oder den Zugriff auf Handlungsanleitungen, ebenso die Nutzung von digitalen Medien zur Informationsbeschaffung (z. B. Lernplattformen, Blogs, Online-Videos). Einbezogen sind dabei der Datenschutz und die Berücksichtigung der organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Informationssicherheit im Unternehmen. Aber auch das interdisziplinäre, domänen- und funktionsübergreifende Zusammenarbeiten ist für die Arbeits- und Geschäftsprozesse der Industrie 4.0 notwendig und wird mit der Berufsbildposition 5 abgebildet und gefördert.

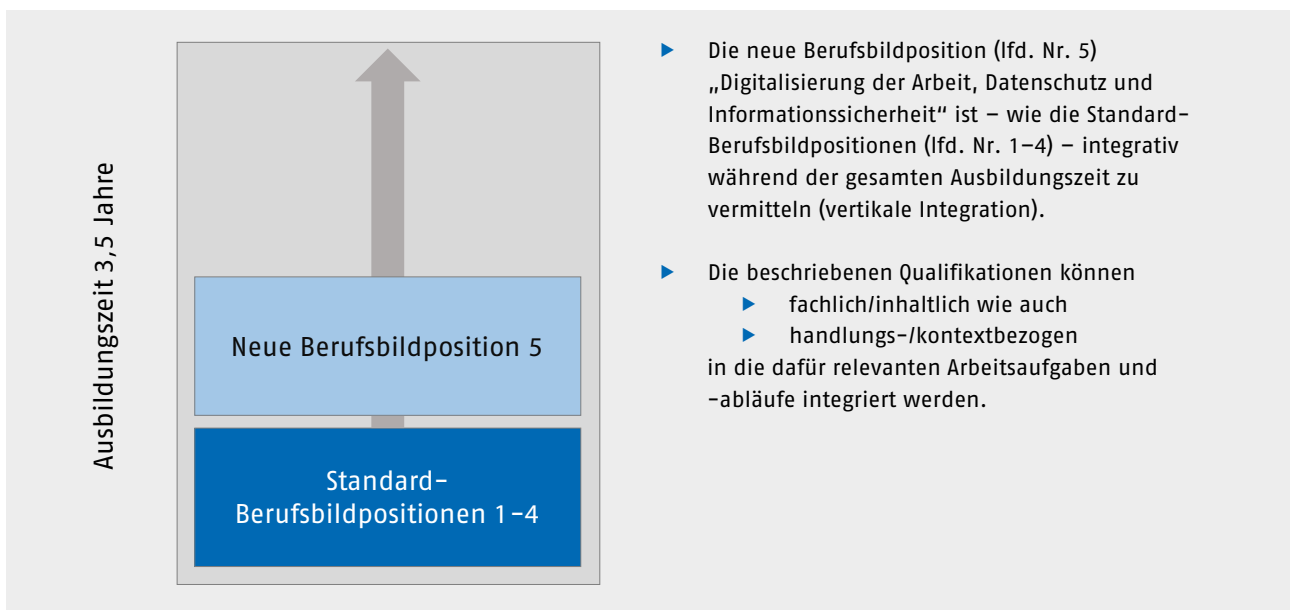


Abbildung 2: Qualifizierung in integrativen Berufsbildpositionen (Quelle: ZVEI, überarbeitet)

Mit dieser Berufsbildposition verbindet sich die Zielsetzung, die Entwicklung der Kompetenz „IT“ als ein Werkzeug im beruflichen Kontext einzusetzen.

In der folgenden Übersicht 1 werden die zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten aus dem Ausbildungsrahmenplan zum besseren Verständnis erläutert und mit Beispielen unterfüttert.



## Übersicht 1: Neue Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“

BBP	Teil des Ausbildungsberufsbildes/ Kernqualifikationen, die unter Einbeziehung selbstständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens integriert mit berufsspezifischen Fachqualifikationen zu vermitteln sind	Erläuterungen	Zeiträumen
5	<b>Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit</b>		
	a) auftragsbezogene und technische Unterlagen unter Zuhilfenahme von Standardsoftware erstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ betriebsübliche Software nutzen, z. B.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enterprise Resource Planning (ERP)</li> <li>• Office-Pakete</li> <li>• Computer Aided Design (CAD)</li> <li>• Computer Aided Manufacturing (CAM)</li> <li>• Manufacturing Execution System (MES)</li> </ul> </li> <li>▶ Zeichnungen, Protokolle, Arbeitspläne erstellen oder editieren</li> <li>▶ Workflows bearbeiten</li> </ul>	während der gesamten Ausbildungszeit zu vermitteln
	b) Daten und Dokumente pflegen, austauschen, sichern und archivieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Kollaborationsplattformen, z. B.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamcenter</li> <li>• SharePoint</li> <li>• ERP</li> </ul> </li> <li>▶ Workflow bearbeiten</li> <li>▶ Datensicherung nach betrieblichen Vorgaben</li> </ul>	
	c) Daten eingeben, verarbeiten, übermitteln, empfangen und analysieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Daten konvertieren</li> <li>▶ Big Data bündeln und auswerten</li> <li>▶ Statistiken erstellen</li> <li>▶ digitale Techniken und Arbeitsmittel nutzen, z. B.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• LAN und WLAN</li> <li>• Bluetooth</li> <li>• Radio Frequency Identification (RFID)</li> <li>• QR-Code</li> <li>• Near Field Communication (NFC)</li> <li>• Transponder</li> <li>• Parameter in Steuerung eingeben</li> </ul> </li> </ul>	
	d) Vorschriften zum Datenschutz anwenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ EU-Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) und Bundesdatenschutzgesetz (BDSG), z. B.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einwilligung zur Verarbeitung von Daten</li> <li>• Löschen von Daten</li> </ul> </li> <li>▶ betriebliche Richtlinien</li> <li>▶ Urheberrecht beachten</li> <li>▶ Zugangsberechtigungen</li> </ul>	
	e) informationstechnische Systeme (IT-Systeme) zur Auftragsplanung, Auftragsabwicklung und Terminverfolgung anwenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Schnittstellen und Zusammenhänge erkennen und verstehen</li> <li>▶ ERP-Systeme</li> <li>▶ Workflow und Termine beachten</li> <li>▶ Meilensteine beachten, ggf. Maßnahmen ergreifen</li> </ul>	
	f) Informationsquellen und Informationen in digitalen Netzen recherchieren und aus digitalen Netzen beschaffen sowie Informationen bewerten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Internet</li> <li>▶ Intranet</li> <li>▶ Foren</li> <li>▶ Chats</li> <li>▶ Plattformen</li> <li>▶ Wissensdatenbanken</li> <li>▶ Netzwerke</li> <li>▶ Seriosität, Glaubhaftigkeit, Nutzungsrechte prüfen</li> </ul>	

BBP	Teil des Ausbildungsberufsbildes/ Kernqualifikationen, die unter Einbeziehung selbstständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens integriert mit berufsspezifischen Fachqualifikationen zu vermitteln sind	Erläuterungen	Zeitraumen
	g) digitale Lernmedien nutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lernmedien individuell bewerten</li> <li>▶ Internet</li> <li>▶ Standards des Bundesamts für die Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) beachten und einhalten</li> <li>▶ betriebliche Regelungen</li> <li>▶ Intranet</li> <li>▶ Lernmanagementsysteme</li> <li>▶ Apps</li> <li>▶ Plattformen (Kommunikation, Information, Videos, Austausch)</li> <li>▶ Netzwerke</li> <li>▶ Computer Based Training (CBT)</li> <li>▶ Web Based Training (WBT)</li> <li>▶ Umgang mit mobilen Endgeräten</li> </ul>	
	h) die informationstechnischen Schutzziele Verfügbarkeit, Integrität, Vertraulichkeit und Authentizität berücksichtigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Standards des Bundesamts für die Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) beachten und einhalten</li> <li>▶ betriebliche Regelungen</li> </ul>	
	i) betriebliche Richtlinien zur Nutzung von Datenträgern, elektronischer Post, IT-Systemen und Internetseiten einhalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Umgang mit mobilen Datenträgern</li> <li>▶ E-Mail-Konvention, Verschlüsselung</li> </ul>	
	j) Auffälligkeiten und Unregelmäßigkeiten in IT-Systemen erkennen und Maßnahmen zur Beseitigung ergreifen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Warnmeldungen beachten und aufbereiten (Screenshots)</li> <li>▶ Systemadministratoren benachrichtigen</li> <li>▶ nicht erwartetes Verhalten (Flackern, Töne, Fehlfunktionen) bewerten und Maßnahmen ergreifen</li> </ul>	
	k) Assistenz-, Simulations-, Diagnose- oder Visualisierungssysteme nutzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 2D-, 3D-CAD</li> <li>▶ Prozesssimulation in der Steuerungstechnik</li> <li>▶ Schweißsimulation</li> <li>▶ CAM-Systeme</li> <li>▶ Roboter-Simulation</li> <li>▶ Augmented Reality, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• QR-Codes</li> <li>• Datenbrille</li> </ul> </li> <li>▶ Virtual Reality</li> <li>▶ Condition Monitoring</li> <li>▶ Digitaler Zwilling</li> </ul>	
	l) in interdisziplinären Teams kommunizieren, planen und zusammenarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Arbeiten mit der Cloud</li> <li>▶ Schnittstellen-Kommunikation</li> <li>▶ Kompetenz-Abgrenzung</li> <li>▶ Scrum-Methode</li> <li>▶ Design-Thinking</li> <li>▶ Arbeiten in fachbereichsübergreifenden Teams, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• BWL</li> <li>• Maschinenbau</li> <li>• IT</li> <li>• Mechatronik</li> </ul> </li> <li>▶ Arbeiten in qualifikationsübergreifenden Teams, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auszubildende</li> <li>• Facharbeiter/-innen</li> <li>• Ingenieure/Ingenieurinnen</li> </ul> </li> <li>▶ Zusammenhänge im Product Lifecycle Management</li> </ul>	

### 3.2 Geänderte Berufsbildpositionen

Neben der Einführung einer neuen integrativen Berufsbildposition (BBP) zur Digitalisierung wurden bei der Berufsbildposition lfd. Nr. 6 „Betriebliche und technische Kommunikation“ – zu den gemeinsamen Kernqualifikationen der Metallberufe gehörend – entsprechende Aktualisierungen, Ergänzungen und auch Streichungen vorgenommen (siehe Übersicht 2).

Bei den Fachqualifikationen wurde die Berufsbildposition „Geschäftsprozesse und Qualitätsmanagement im Einsatzgebiet“ um einen weiteren Buchstaben ergänzt: „l) Lebenszyklusdaten von Aufträgen, Dienstleistungen, Produkten und Betriebsmitteln auswerten, Vorschläge zur Optimierung von Abläufen und Prozessen erarbeiten“ (siehe Übersicht 3).

Die vorgenommenen Änderungen an den Kernqualifikationen werden durch die Verknüpfung mit den Fachqualifikationen in allen Zeiträumen der Ausbildungsrahmenpläne und in den korrespondierenden Lernfeldern der Rahmenlehrpläne umfassend wirksam. Somit werden die Industrie 4.0 spezifischen Inhalte mit den damit verbundenen personalen und sozialen Kompetenzen in die jeweils relevanten Handlungskontexte integriert. Diese Inhalte können – je nach betrieblichen Anforderungen und Prozessabläufen im Einsatzgebiet – unterschiedlich miteinander verzahnt werden.

Für die zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten wurden Erläuterungen ergänzt, die Impulse für die Planung und Umsetzung der Ausbildung geben sollen und die als Beispiele anzusehen sind.

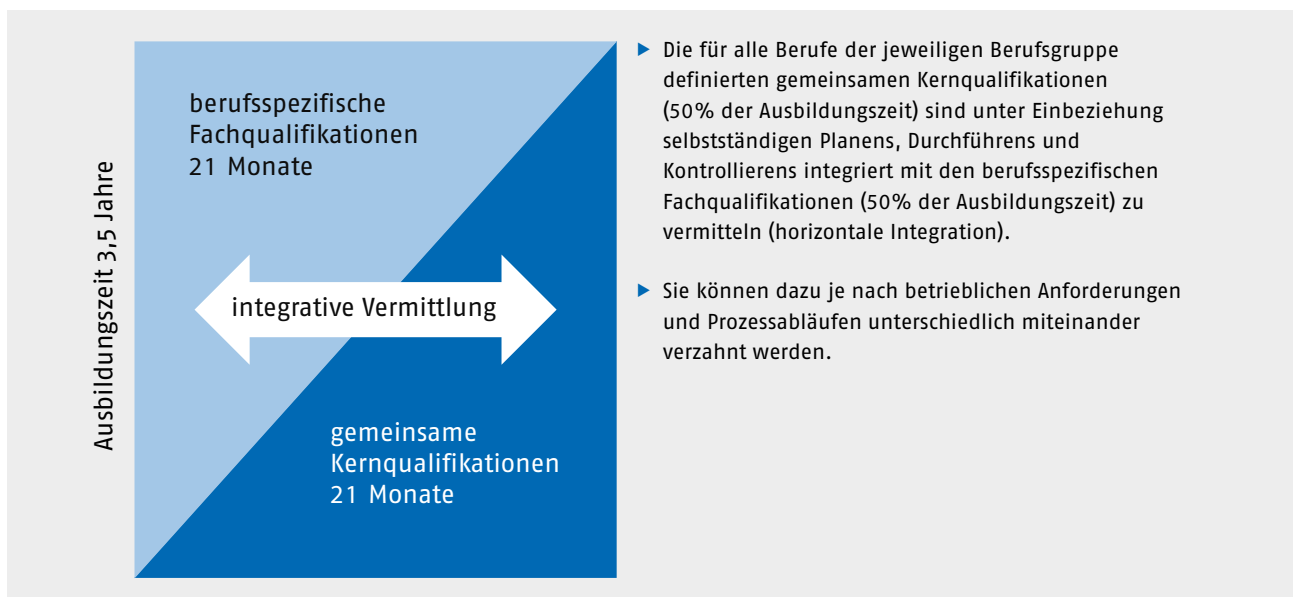


Abbildung 3: Kern- und Fachqualifikationen (Quelle: ZVEI, überarbeitet)

### Übersicht 2: Industrielle Metallberufe – Gemeinsame Kernqualifikationen

BBP	Teil des Ausbildungsberufsbildes/ Kernqualifikationen, die unter Einbeziehung selbstständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens integriert mit berufsspezifischen Fachqualifikationen zu vermitteln sind	Erläuterungen
6	<b>Betriebliche und technische Kommunikation</b>	
	c) Gespräche mit Kunden, Vorgesetzten und im Team situationsgerecht und zielorientiert auch mit digitalen Kommunikationsmitteln führen und dabei kulturelle Identitäten berücksichtigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Online- und Videokonferenzen, z. B.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skype Meeting</li> <li>• TeamViewer</li> <li>• Desktop-Sharing</li> <li>• Filesharing</li> <li>• Cloud Network</li> </ul> </li> <li>▶ Chats</li> <li>▶ Webforen</li> <li>▶ E-Mails</li> </ul>

## Übersicht 3: Industrielle Metallberufe – berufsspezifische Fachqualifikationen

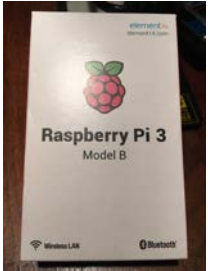
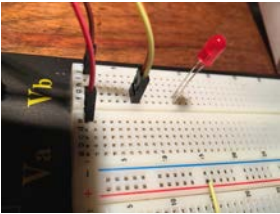
BBP Teil des Ausbildungsberufsbildes/ Kernqualifikationen, die unter Einbeziehung selbstständigen Planens, Durchführens und Kontrollierens integriert mit berufsspezifischen Fachqualifikationen zu vermitteln sind		Erläuterungen
18/19/20/21	Geschäftsprozesse und Qualitätssicherungssysteme im Einsatzgebiet	
	<p>l) Lebenszyklusdaten von Aufträgen, Dienstleistungen, Produkten und Betriebsmitteln auswerten und Vorschläge zur Optimierung von Abläufen und Prozessen erarbeiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Predictive Maintenance</li> <li>▶ Anlagen-, Prozess- und Produktoptimierung</li> <li>▶ zur Optimierung von Produkten und Prozessen:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung von Produkt- und Produktionsdaten</li> <li>• Datenanalyse (auch durch Softwareanwendungen)</li> <li>• Dateninterpretation</li> </ul> </li> </ul>

### 3.3 Betriebliche Projekte

Zur Umsetzung der in den geänderten Berufsbildpositionen und in der neuen Berufsbildposition enthaltenen, zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnissen und Fähigkeiten erscheinen insbesondere Projekte geeignet. Sie unterstützen selbstständiges und selbstorganisiertes Lernen und schaffen

im Rahmen der Ausbildung abgegrenzte Abschnitte, deren Lernerfolg an den Arbeitsergebnissen und in Reflexionsgesprächen mit den Auszubildenden gemessen werden kann. Nachfolgende Beispiele sind in der Praxis bereits erprobt.

#### 1. Ausbildungsjahr: Inbetriebnahme eines Mini-PC (Raspberry Pi)

Industriemechaniker/Industriemechanikerin (Dieses Beispiel ist mit den entsprechenden Anpassungen für die anderen vier industriellen Metallberufe möglich.)		
1. Ausbildungsjahr		
<p><b>Berufsbildpositionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ BBP 5 f, g, i, l</li> <li>▶ BBP 6 d, e, f</li> <li>▶ BBP 7 h, ,i</li> <li>▶ BBP 17 a, b, c, d, e</li> </ul> <p><b>Betriebliche Lernaufgabe</b></p> <p>Programmieren und Inbetriebnehmen eines Mini-PC „Raspberry Pi“</p> <p><b>Dauer des betrieblichen Projekts</b> eine Woche</p>	 <p>Abbildung 4: Raspberry Pi (Quelle: IG Metall)</p>	<p><b>Lernfeld</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ LF3: Herstellen von Baugruppen (80 Stunden)</li> </ul> <p><b>Lernsituation</b></p> <p>Programmieren eines Mini-PC „Raspberry Pi“ (4 Stunden)</p>
<p><b>Aufgabenstellung</b></p> <p>Ein Mini-PC „Raspberry Pi“ soll so programmiert werden, dass LED (light emitting diode) über Kontaktstifte (GPIO general purpose input/output) ein- und ausgeschaltet werden können. Die Auszubildenden sollen ihre Arbeiten dokumentieren. Die Ergebnisse präsentieren sie in der Lerngruppe. Anschließend führen sie ein Abschlussgespräch in der Lerngruppe, in dem sie den ganzen Prozess reflektieren.</p>  <p>Abbildung 5: Steckplatine (Quelle: IG Metall)</p>	<p><b>Handlungsprodukt/Lernergebnis</b></p> <p>Die Schüler und Schülerinnen sind in der Lage, den Aufbau des Mini-PC und dessen Funktionsweise zu erklären sowie mit dessen Betriebssystem umgehen. Sie ermitteln zusätzlich benötigte Bauteile. Hierzu verwenden sie Informationen aus technischen Unterlagen und Lernprogrammen (auch in englischer Sprache). Die Schüler und Schülerinnen planen eine entsprechende Steuerung (Blinkschaltung) und können deren Funktionszusammenhänge beschreiben. Für die Funktionsprüfungen entwickeln sie Prüfkriterien. Die Schüler und Schülerinnen können ihre eigenen Arbeiten dokumentieren und bewerten sowie in der Lerngruppe präsentieren und gemeinsam in einem Gespräch reflektieren.</p>	

## Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten

### BBP 5:

- f) Informationsquellen und Informationen in digitalen Netzen recherchieren und aus digitalen Netzen beschaffen sowie Informationen bewerten (Informationsbeschaffung und Recherche via Internet (Informationsgehalt, einfaches Auffinden von Lösungen, Übersichtlichkeit, Barrierefreiheit), Lernen mit Lehr- und Lernvideos, Bewertung von Lehr- und Lernvideos (es werden Hintergründe zur Durchdringung des „Tuns“ vermittelt), Bewertung von Internetseiten)
- g) digitale Lernmedien nutzen (Eingabe von Programmbefehlen (Programmierkonsolen))
- i) betriebliche Richtlinien zur Nutzung von Datenträgern, elektronischer Post, IT-Systemen und Internetseiten einhalten (Datensicherheit beim Herunterladen von Software, Umgang mit SD-Karten)
- l) in interdisziplinären Teams kommunizieren, planen und zusammenarbeiten (interdisziplinärer Gruppenaustausch; Informationen, Lernfortschritte, gegenseitige Hilfestellungen (Diskussionen und Bewertung aller Schritte und Erfolge))

### BBP 6

- d) Sachverhalte darstellen, Protokolle anfertigen; englische Fachbegriffe in der Kommunikation anwenden
- e) Informationen auch aus englischsprachigen technischen Unterlagen oder Dateien entnehmen und verwenden
- f) Besprechungen organisieren und moderieren, Ergebnisse dokumentieren und präsentieren

### BBP 7

- h) Qualifikationsdefizite feststellen, Qualifizierungsmöglichkeiten nutzen
- i) unterschiedliche Lerntechniken anwenden

### BBP 17

- a) einschlägige Sicherheitsvorschriften über das Arbeiten an elektrischen Systemen anwenden
- b) Schalt- und Funktionspläne verschiedener Systeme anwenden
- c) elektrische Baugruppen oder Komponenten mechanisch aufbauen (Umgang mit: Bauteilen, SD-Karten, Kabeln und Kleinstspannung)
- d) mit Kleinspannung betriebene elektrische Baugruppen oder Komponenten installieren und prüfen
- e) funktionsgerechten Ablauf vom Steuerungen überprüfen, bei Störungen Maßnahmen durchführen oder einleiten

### Arbeitsform

Gruppenarbeit, ständiger Austausch über den Lernfortschritt in einer berufsübergreifenden Lerngruppe.  
(z. B. 1 Industriemechaniker/-in, 1 Elektroniker/-in für Betriebstechnik, 1 Kaufmann/-frau für Büromanagement, 1 Fachinformatiker/-in)

### Arbeitsmaterialien

Hardware je Gruppe: 1x Raspberry Pi; 1x kompatible SD/micro SD-Karte; 1x passender Stromanschluss: 1x USB-Kabel; 1x HDMI-Kabel; 1x Gehäuse (optional); 1x Computerbildschirm

### Vorgehen/Ablauf/Erläuterung der Arbeitsschritte



Abbildung 6: Mini-PC Raspberry Pi (Quelle: IG Metall)

```
for i in range(5):  
    GPIO.output(23, GPIO.HIGH)  
    time.sleep(0.5)  
    GPIO.output(23, GPIO.LOW)  
    time.sleep(0.5)
```

Abbildung 7: Programmierzeile für eine Blinkschaltung (Quelle: IG Metall)



Abbildung 8: Verbindung mit Steckplatine (Quelle: IG Metall)

- Arbeitsschritt 1:** Informationsbeschaffung: Was ist ein Raspberry Pi; Aufbau des Mini-PC und Funktionsweise; benötigte Zusätzliche Bauteile; Betriebssystem
- Arbeitsschritt 2:** Software auf SD-Karte herunterladen und installieren
- Arbeitsschritt 3:** Bauteile handhaben, Leitungsverbindungen herstellen, Inbetriebnahme
- Arbeitsschritt 4:** Programmierung des Mini-PC
- Arbeitsschritt 5:** Anschluss und Test
- Arbeitsschritt 6:** Dokumentation, Erstellen einer Präsentation
- Arbeitsschritt 7:** Fachgespräch (Abschlussgespräch) in der Lerngruppe

### Organisatorische Hinweise/Ressourcen

Azubi-PCs, Beamer, Tablet-PC, Besprechungsraum, Werkbänke E-Technik, Internet

### Weiterführende Informationen

- ▶ Community: <http://raspberrypiguide.de>
- ▶ Internetforen: <https://forum-raspberrypi.de/forum>

## 2. Ausbildungsjahr: Planen und Fertigen eines Handygehäuses

Industriemechaniker/Industriemechanikerin	
<b>2. Ausbildungsjahr</b>	
<p><b>Berufsbildpositionen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ BBP 5 a bis l</li> <li>▶ BBP 6 c</li> <li>▶ BBP 18 a bis l</li> </ul> <p><b>Betriebliche Lernaufgabe</b></p> <p>Planen und Fertigen eines Handygehäuses.</p> <p>Diese Aufgabe steht beispielhaft für verschiedene Fertigungsaufträge, z. B. komplettes Produkt fertigen, Teilprodukt fertigen oder individuelle Bearbeitungen am Produkt.</p> <p><b>Dauer des betrieblichen Projekts</b></p> <p>fünf Tage (durch Definition von Teilaufträgen auch modular aufbaubar)</p>	<p><b>Lernfeld</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ LF 7: Montieren von technischen Teilsystemen (Zeitrictwert 40 Stunden)</li> </ul> <p><b>Lernsituation</b></p> <p>konkrete Aufgabenstellung siehe links (4 UStd.)</p>
<p><b>Aufgabenstellung</b></p> <p>Selbstständige Einarbeitung in die Funktionsweise der verschiedenen Bearbeitungsstationen, Erarbeiten und Planen von Fertigungsaufträgen mit anschließender Durchführung der geplanten Fertigungsaufträge am Industrie 4.0 Automatisierungssystem oder am modularen Produktionssystem. Abschließend sind die Kontrolle und die Dokumentation in das zur Verfügung gestellte digitale Arbeitshft durchzuführen. Dabei stehen Produktionsplanungen mit Parametrierung, Visualisierung und Vernetzung, Big Data mit Datenauswahl und Datenspeicherung zur vollständigen Durchführung der Fertigungsaufträge an einem Industrie 4.0 Automatisierungssystem oder modularen Produktionssystem im Vordergrund.</p>	<p><b>Handlungsprodukt/Lernergebnis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Arbeiten mit Produktionsauftrags- und Produktionsleitsystemen, Auftragsplanung, -erstellung und Durchführung von digitalen Fertigungsaufträgen komplexe Aufgaben verstehen und umsetzen können, Umgang mit digitalen Medien</li> <li>▶ eigenständige Kontrolle der geplanten Arbeit durchführen können</li> </ul> <p><b>Bewertungskriterien</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Planung, Durchführung der Fertigungsaufträge mit Produktionsauftrags- und Produktionsleitsystemen sowie anschließender Funktionskontrolle und Qualitätssicherung inkl. digitaler Dokumentation</li> </ul>
<p><b>Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten</b></p> <p>Im Zeitrahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 5a, 18a) auftragsbezogene und technische Unterlagen unter Zuhilfenahme von Standardsoftware analysieren und auswerten</li> <li>▶ 5l, 6c) in interdisziplinären Teams kommunizieren, planen und zusammenarbeiten</li> <li>▶ 5b, f, g, i, 18b) auftragsbezogene Recherche und Analyse von Daten und Dokumenten in digitaler Form von einem internen Dateiserver oder aus dem Internet, dabei Richtlinien zur Nutzung des Internets und IT-Systemen einhalten</li> <li>▶ 5d, i) Anwendung von IT-Systemen zur Auftragsplanung und Auftragsabwicklung. Richtlinien zur Nutzung von IT-Systemen einhalten</li> <li>▶ 5c, 18d, f, h, i, k, l) selbstständige Auftragsdurchführung, Auftragsprüfung und eventuelle Korrektur mit anschließender Dokumentation</li> </ul>	
<p><b>Arbeitsform</b></p> <p>Kleingruppen (empfohlen in 2er-Gruppen) je Station am Produktionssystem. Darin sind zwei Stapelmagazine, eine Messstation, eine Bohrstation, eine Pressstation, eine Heizstation, eine Wendestation und eine Abladestation inbegriffen. Diese Applikationsstationen sind jeweils auf einem Transportband montiert. Die Kleingruppen arbeiten sich in die Funktionsweise der Bearbeitungsstationen ein, planen eigenständig einen Fertigungsauftrag und führen diesen an dem Industrie 4.0 Automatisierungssystem oder am modularen Produktionssystem aus.</p>	
<p><b>Arbeitsmaterialien</b></p> <p>Industrie 4.0 Simulationssystem oder modulares Produktionssystem, digitale Quick-Guides für die jeweilige Fertigungsstation und die jeweiligen Fertigungsaufträge, z. B. auf Basis von QR-Codes oder digitaler Herstellerunterlagen</p>	
<p><b>Organisatorische Hinweise/Ressourcen</b></p> <p>Mobiles Endgerät (Tablet/Smartphone), Simulationsfabrik, Lernmanagementsystem (alternativ: Dateiserver)</p>	
<p><b>Weiterführende Informationen zu folgenden Themen aus dem Internet oder aus digitalen Herstellerunterlagen</b></p> <p>Industrie 4.0, individuelle Fertigung, Vernetzung, Big Data, cloudbasierende Fertigungssysteme, Produktionsplanungs- und Produktionsleitsysteme, QR-Code, RFID</p>	

### Vorgehen/Ablauf/Erläuterung der Arbeitsschritte



Abbildung 9: Arbeitsauftrag (Quelle: Daimler AG)

- ▶ Die Lernenden erhalten den Arbeitsauftrag/Fertigungsauftrag: schwarzes Handy-Gehäuse, bestehend aus Front- und Rückschale, planen und fertigen.
- ▶ Dabei sind folgende Arbeitsschritte zu planen und zu parametrieren:
  - Frontschale: Positionsprüfung und beidseitig bohren
  - Pressdauer: 5s
  - Presskraft: 60N
  - Heizzeit: 6s
  - Heiztemperatur: 40°C
  - Werkstück wenden
  - Ausgabe zur anschließenden Kommissionierung: rechte Ausgaberutsche



Abbildung 10: Scan eines QR-Codes (Quelle: Daimler AG)

- ▶ Die Lernenden haben sich in die Funktionen der verschiedenen Fertigungsapplikationen einzuarbeiten (z. B. Bandansteuerung und Applikationsmodule). Hierfür können Quick-Guides durch Scannen von QR-Codes aufgerufen werden oder Internetseiten der Systemlieferanten verwendet werden.



Abbildung 11: Digitales Arbeitsheft (Quelle: Daimler AG)

- ▶ Mithilfe des Quick-Guides und des digitalen Arbeitshefts können die Lernenden für ihren Fertigungsauftrag die einzelnen Fertigungsschritte planen. Dabei sind Ablauf und Zusammenarbeit der einzelnen Bearbeitungsstationen zu berücksichtigen.



Abbildung 12: Einpflege der Fertigungsschritte (Quelle: Daimler AG)

- ▶ An den entsprechenden Bearbeitungsstationen des modularen Produktionssystems können die geplanten Fertigungsschritte in das Produktionsauftrags- und Produktionsleitsystem eingepflegt werden (z. B. Stapelmagazin, Bohrstation, Heizstation, Pressstation, Abladestation).



Abbildung 13: Funktionskontrolle (Quelle: Daimler AG)

- ▶ Durch Abarbeiten des Fertigungsauftrages können die geplanten Fertigungsschritte (siehe Schritt 1) überprüft werden.
- ▶ Anschließend erfolgt die Funktionskontrolle, die Qualitätssicherung und die digitale Qualitäts- und Auftragsdokumentation.

 Werkbank 4.0 (2. Ausbildungsjahr)

 Vorlage betriebliches Projekt

## 4 Zusatzqualifikationen

Impulse für die Aufnahme von Zusatzqualifikationen kamen branchenunabhängig von Unternehmen, die einen besonderen Qualifizierungsbedarf als Folge der Digitalisierung und von Industrie 4.0 sehen. Unabhängig von Technologielevel und Firmengröße kamen dabei immer wieder Wünsche nach weiterführenden digitalen Kompetenzen auf.

Optional wählbare Zusatzqualifikationen wurden bei der Novellierung des Berufsbildungsgesetzes im Jahre 2005 eingeführt. Damit verband sich das Ziel, bereits im Rahmen der Ausbildung weiterführende Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten vermitteln zu können. Diese Kompetenzen gehören ausdrücklich nicht zu den Mindestinhalten des jeweiligen Ausbildungsberufsbildes und müssen als Zusatzqualifikationen gesondert geprüft und bescheinigt werden.

Im Rahmen der Modernisierung der industriellen Metallberufe wurde dieses Element genutzt und die nachfolgenden Zusatzqualifikationen in die Verordnung über die Berufsausbildung der industriellen Metallberufen aufgenommen:

- ▶ Systemintegration,
- ▶ Prozessintegration,
- ▶ Additive Fertigungsverfahren und
- ▶ IT-gestützte Anlagenänderung.

Die für die industriellen Metallberufe beschriebenen Zusatzqualifikationen sind optionale On-top-Angebote, in denen über das Berufsbild hinausgehende weiterführende Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten erworben werden können. Sie adressieren zentrale Handlungsfelder von Industrie 4.0, sind berufsübergreifend beschrieben und verstehen sich als kurzfristig realisierbares Angebot im Kontext eines betrieblichen Qualifizierungsbedarfs.

Ziel ist es, einen Standard zu setzen, der bundesweit nachgefragt, qualitätsgesichert und vergleichbar geprüft wird. Der Deutsche Industrie- und Handelskammertag (DIHK) und die Industrie- und Handelskammern (IHK) geben zum formalen Ablauf der Prüfung gemeinsam einen Leitfaden für die Ausbildungsbetriebe und Prüfungsausschüsse heraus [▼ Kapitel 5].



Abbildung 14: Übersicht Zusatzqualifikationen

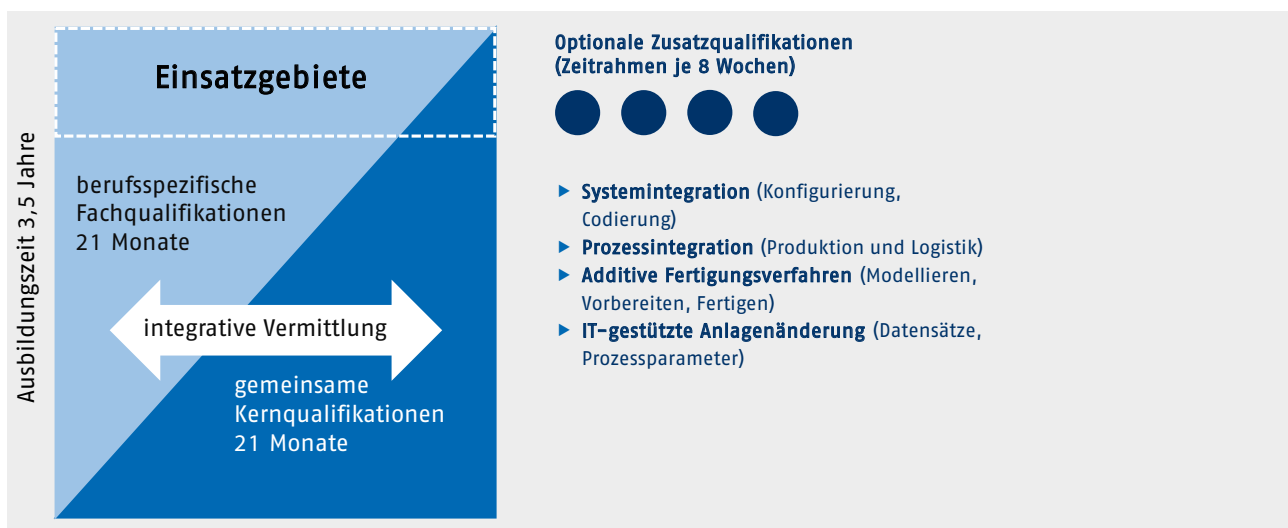


Abbildung 15: Zusatzqualifikationen Metallberufe (Quelle: ZVEI, überarbeitet)



Die Zusatzqualifikationen geben den im Digitalisierungsprozess unterschiedlich aufgestellten Betrieben die Möglichkeit, gezielt Kompetenzen für den digitalen Wandel aufzubauen. Diese optionalen und gesondert zertifizierten Ausbildungsinhalte sind zugleich ein attraktives Angebot für Auszubildende, ihre Qualifikationen um neue, besonders nachgefragte Kompetenzen zu erweitern. Die Zusatzqualifikationen verbessern darüber hinaus die Startmöglichkeiten für die berufliche Weiterbildung der Fachkräfte.

## 4.1 Zusatzqualifikation Systemintegration

Unter Systemintegration versteht man alle Aktivitäten zur Einbindung von Komponenten und Systemen in Maschinen und Anlagen, angefangen von der Anforderungsdefinition über die Lösungsauswahl und Inbetriebnahme bis hin zur Erprobung.

Mit der Zusatzqualifikation „Systemintegration“ werden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt, die bei

der Erweiterung oder Optimierung von Produktionsanlagen erforderlich sind. Oftmals werden Anlagen nicht ersetzt, sondern um neue Funktionen erweitert („Retrofit“).

Die zusätzlichen Komponenten können dabei Automatisierungen optimieren, aber auch Daten für weitere Prozesse liefern. Somit wird die Möglichkeit geschaffen, Maschinen und Anlagen in moderne IT-Infrastrukturen einzubetten. Weitere Gründe können die Steigerung der Produktqualität, aber auch das Erreichen einer höheren Effizienz der Anlage sein. Die Herausforderung dabei ist, die zusätzlichen Komponenten (Sensorik, Aktorik) möglichst nahtlos in das bestehende System mechanisch, elektronisch und informationstechnisch zu integrieren.

In der folgenden Übersicht 4 werden die zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten als Teil der Zusatzqualifikation stichwortartig und beispielhaft erläutert.


Das nachfolgend an dem Modell der vollständigen Handlung orientierte Projekt ist als Beispiel zu verstehen und kann für die Ausbildung im Rahmen der Zusatzqualifikation Systemintegration genutzt werden.



### Übersicht 4: Zusatzqualifikation Systemintegration

Lfd. Nr.	Teil der Zusatzqualifikation/ zu vermittelnde Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Erläuterungen	zeitliche Richtwerte in Wochen
<b>1</b>	<b>Analysieren von technischen Aufträgen und Entwickeln von Lösungen</b>		
	a) Ist-Zustand von zu verbindenden Teilsystemen analysieren und auswerten und Systemschnittstellen identifizieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Informationen sammeln</li> <li>▶ Normen beachten</li> <li>▶ Schnittstellen, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• pneumatisch</li> <li>• elektrisch</li> <li>• mechanisch</li> <li>• digital</li> </ul> </li> <li>▶ Kompatibilität berücksichtigen</li> <li>▶ Datenprotokolle erstellen</li> </ul>	8
	b) technische Prozesse und Umgebungsbedingungen analysieren und Soll-Zustand festlegen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lasten-/Pflichtenheft abgleichen</li> <li>▶ Checkliste für die Inbetriebnahme erstellen</li> </ul>	
	c) Lösungsvarianten zur Systemintegration erarbeiten, bewerten und abstimmen und dabei sowohl Spezifikationen berücksichtigen als auch technische Bestimmungen und die betrieblichen IT-Richtlinien einhalten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lösungsvarianten erstellen und mit selbstdefinierten Kriterien beurteilen</li> <li>▶ Kriterien, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten</li> <li>• Zuverlässigkeit</li> <li>• Lebenserwartung</li> <li>• Arbeitssicherheit</li> </ul> </li> <li>▶ geeignete Variante im Team auswählen</li> </ul>	
	d) Vorgehensweise und Zuständigkeiten bei Installationen und Systemerprobungen festlegen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Zuständigkeiten im Team entsprechend der Qualifikationen festlegen</li> <li>▶ Vorgehensweise grafisch darstellen (Fluss-, Balkendiagramm)</li> </ul>	

Lfd. Nr.	Teil der Zusatzqualifikation/ zu vermittelnde Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Erläuterungen	zeitliche Richtwerte in Wochen
2	<b>Installieren und Inbetriebnehmen von cyberphysischen Systemen</b>		
	a) mit Kleinspannung betriebene Hardwarekomponenten installieren und Softwarekomponenten konfigurieren		
	b) Systeme mittels Software zu einem cyberphysischen System vernetzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Software mit mechatronischen Systemen verbinden, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kamerasoftware mit Werkstückerkennung</li> <li>• Barcodereader</li> <li>• Sensoren</li> <li>• Aktoren</li> </ul> </li> <li>▶ Netzwerkimtegration veranlassen oder durchführen</li> </ul>	
	c) Systeme mit Hard- und Softwarekomponenten in Betrieb nehmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Testbetrieb planen – Checkliste nutzen</li> <li>▶ Testbetrieb durchführen</li> </ul>	
	d) Störungen analysieren und systematische Fehlersuche in Systemen durchführen und dokumentieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Testbetrieb bewerten</li> <li>▶ ggf. Fehlerbeseitigung durchführen bzw. organisieren</li> </ul>	
	e) Systemkonfiguration, Qualitätskontrollen und Testläufe dokumentieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Programme, Parameter dokumentieren und sichern</li> <li>▶ Stresstest</li> <li>▶ Inbetriebnahmeprotokoll/Testprotokoll</li> <li>▶ Anlagendokumentation anpassen</li> </ul>	

### Beispiel betriebliches Projekt: Bilderkennung von Teilen

Aufgabenstellung:	
In der Vergangenheit kam es aufgrund fehlerhaft positionierter Werkstücke häufig zu Störungen der Anlage. Zur Vermeidung dieser Störungen soll eine berührungsfreie Lösung für die Erkennung der Werkstücklage in das System integriert werden. Nach erkannter fehlerhafter Lage soll ein zu definierender Signalfluss zur Ausschleusung oder Lagekorrektur des Werkstücks führen.	
Informieren	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lokalisation der Störung (z. B. mittels Störungsprotokollen, Kundengesprächen)</li> <li>▶ technische Dokumente der Anlage und Komponenten (z. B. Schnittstellen, physikalische Gegebenheiten, Medien) sichten</li> <li>▶ Zeitfenster für Umbaumaßnahme in Erfahrung bringen</li> <li>▶ Informationen zu Entscheidungsträgern, Prozessschnittstellen und Änderungsberechtigungen einholen</li> <li>▶ IT-Protokolle, freie Anschlüsse, Spannungsversorgung berücksichtigen</li> <li>▶ Abnahmebedingungen klären</li> <li>▶ Informationen zu infrage kommenden Komponenten einholen</li> </ul>
Planen	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Arbeits- sowie Meilensteinplan erstellen</li> <li>▶ Erkennungssystem auswählen und Kommunikation mit Stakeholdern, z. B. Infrarotsensoren, Digitalkamera, Laserscanner sicherstellen</li> <li>▶ technische Dokumentation für die Anlagenerweiterung anfertigen</li> <li>▶ Bestelllisten und Kostenplan anfertigen</li> </ul>
Abbildung 16: Erkennungssystem (Quelle: ATeB)	

Entscheiden	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Kamerasystem mit IP-Protokoll RJ45 Schnittstelle und 12V Betriebsspannung (aufgrund der höheren Flexibilität, geometrischer Gegebenheiten und technischen Daten der Anlage) auswählen</li> <li>▶ geplante Änderungen mit Entscheidungsträgern abstimmen</li> <li>▶ Freigabe zur geplanten Systemintegration einholen</li> </ul>
Durchführen	
 <p>Abbildung 17: Integration in die Anlage (Quelle: ATeB)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Erkennungssystem nach Sicherung der Anlage montieren</li> <li>▶ Systemkomponenten elektronisch und informationstechnisch nach betrieblichen Richtlinien justieren und in Betrieb nehmen</li> <li>▶ konfiguriertes System in die Gesamtanlage integrieren</li> <li>▶ Anlage in Abstimmung mit den Anlagenverantwortlichen („Testbetrieb“) wieder in Betrieb nehmen</li> <li>▶ Probelauf der Anlage und Feinjustage durchführen</li> <li>▶ Abnahme vorbereiten</li> <li>▶ Anlagendokumentation vervollständigen und Änderungen dokumentieren</li> </ul>
Kontrollieren	
 <p>Abbildung 18: Abnahmeprotokoll (Quelle: ATeB)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Abnahme der Anlage mit Anlagenverantwortlichen durchführen</li> <li>▶ Abnahmeprotokoll anfertigen</li> <li>▶ geänderte Dokumentation übergeben</li> <li>▶ geänderte Anlage übergeben</li> </ul>
Bewerten	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Ergebnisse in den Wochen nach der Inbetriebnahme, z. B. durch Beobachtung und Dokumentation der Prozessstabilität, bewerten</li> </ul>

Weitere Beispiele aus dem betrieblichen Umfeld können sein:

- ▶ Integration von QR-/Barcode- oder RFID-Readern zur Steuerung eines Fertigungsprozesses („Intelligente Teile“);
- ▶ Integration „intelligenter Module“ zur Erfassung von Prozessdaten wie z. B. Temperaturen, Drücke, Verbräuche;
- ▶ Einsatz von Frequenzumrichtern bei elektrischen Antrieben zur Einsparung von Energie und zur Vernetzung untereinander (Synchronisation).

## 4.2 Zusatzqualifikation Prozessintegration

Bei der Prozessintegration sollen neue oder ergänzende Elemente in die Steuerung von komplexen mechatronischen Systemen so genannten „Embedded Systems“ (eingebettete Systeme) aufgenommen werden.

An der Entwicklung bzw. Erweiterung eingebetteter Systeme sind unterschiedliche Fachdisziplinen (z. B. Mechatronik, Metalltechnik und Informatik) beteiligt. Die hier agierenden Fachkräfte müssen nicht nur unterschiedliche Arbeitsabläufe aufeinander abstimmen, sondern auch die spezifischen Fachsprachen berücksichtigen.

Der aus der Softwareentwicklung bekannte Ansatz der Systemmodellierung wird auf das mechatronische Gesamtsystem übertragen. Im Vordergrund steht dabei die consequente Verbindung von Anforderungen, Produktbeschreibung und Test auf den unterschiedlichen Reifegradstufen und Detaillierungsebenen.

Im Unterschied zur reinen Software-Applikation besteht bei eingebetteten Systemen eine enge Wechselwirkung zwischen Software, Elektronik und Hardware. Eine unkontrollierte und nicht abgestimmte Softwareänderung kann daher dazu führen, dass das Gesamtsystem nicht mehr oder nur fehlerhaft funktioniert.

Mit der Zusatzqualifikation „Prozessintegration“ werden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt, die bei der Erweiterung oder Optimierung von eingebetteten Systemen (Embedded Systems) erforderlich sind.

In der folgenden Übersicht 5 werden die zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten als Teil der Zusatzqualifikation stichwortartig erläutert.

## Übersicht 5: Zusatzqualifikation Prozessintegration

Lfd. Nr.	Teil der Zusatzqualifikation/ zu vermittelnde Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Erläuterungen	zeitliche Richtwerte in Wochen
<b>1</b>	<b>Analysieren und Planen von digital vernetzten Produktionsprozessen</b>		8
	a) Produktionsprozesse analysieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ vor- und nachgelagerte Schritte analysieren</li> <li>▶ Einflussgrößen und deren Auswirkungen beschreiben</li> <li>▶ Schnittstellen-Analyse</li> <li>▶ Ist-Zustand ermitteln</li> </ul>	
	b) Anpassung der Produktion sowie der Handhabungs-, Transport- oder Identifikationssysteme planen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Veränderung des Prozesses, z. B. Varianten des Produkts durch Material-, Form-, Stückzahländerung</li> <li>▶ Integration von neuen Typen, Produktionsverfahren, Varianten in bestehenden Prozessen</li> </ul>	
	c) Prozessänderungen planen und hinsichtlich vor- und nachgelagerter Bereiche bewerten sowie die Zuständigkeiten im Team abstimmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Änderungen von Vorrichtungen, Taktzeiten, Logistik planen</li> <li>▶ Schnittstellen bewerten</li> <li>▶ Zuständigkeiten im interdisziplinären Team abgrenzen</li> </ul>	
	d) Spezifikationen, technische Bestimmungen und betriebliche IT-Richtlinien bei Prozessänderungen beachten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Beachten von z. B.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• CE-Konformität</li> <li>• elektromagnetische Verträglichkeit</li> <li>• Gefährdungsbeurteilung</li> <li>• Herstellervorschriften</li> <li>• Produktspezifikationen</li> </ul> </li> <li>▶ Sachverständige einbeziehen</li> </ul>	
<b>2</b>	<b>Anpassen und Ändern von digital vernetzten Produktionsanlagen</b>		
	a) geplante Prozessabläufe simulieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Simulationsprogramm, z. B.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewegungssimulation (Roboter)</li> <li>• Kollisionsprüfung</li> </ul> </li> <li>▶ Handbetrieb, z. B. über ein HMI den Portallader per Handverfahren</li> </ul>	
	b) Auf- und Umbau von Produktionsanlagen und die datentechnische Vernetzung im Team durchführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ mechanischer Umbau, Anpassung von Sensoren/ Aktoren</li> <li>▶ Abstimmung im interdisziplinären Team</li> </ul>	
	c) Steuerungsprogramme im Team ändern, testen und optimieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Programme anpassen</li> </ul>	
<b>3</b>	<b>Erproben von Produktionsprozessen</b>		
	a) Produktionsverfahren und Prozessschritte, logistische Abläufe und Fertigungsparameter erproben	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Testbetrieb durchführen</li> </ul>	
	b) Gesamtprozess kontrollieren, überwachen und protokollieren und prozessbegleitende Maßnahmen der Qualitätssicherung durchführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ bei der Qualitätssicherung mitwirken, z. B. Messwerte aufnehmen, Maschinen- und Prozessfähigkeit feststellen</li> </ul>	
	c) Fehler- und Mängelbeseitigung veranlassen sowie Maßnahmen dokumentieren		
	d) Daten des Konfigurations- und Änderungsmanagements pflegen und technische Dokumentationen sichern	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Programme, Parameter dokumentieren und sichern</li> <li>▶ Zeichnungsversionen aktualisieren</li> </ul>	
	e) Prozessvorschriften erstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Arbeitsanweisungen erstellen</li> <li>▶ Prozessfreigabe veranlassen</li> </ul>	

Das nachfolgend an dem Modell der vollständigen Handlung orientierte Projekt ist als Beispiel zu verstehen und kann für die Ausbildung im Rahmen der Zusatzqualifikation „Prozessintegration“ genutzt werden.

## Beispiel betriebliches Projekt: Erweitern eines bestehenden Greifersystems für Seitenteile um ein weiteres Modell

### Ausgangszustand

Der Auszubildende hat in seinem betrieblichen Auftrag im Rahmen der Abschlussprüfung Teil 2 den Auftrag bekommen, einen Greifer für die Verarbeitung von Seitenteilen in der Automobilherstellung um ein zusätzliches Modell zu erweitern.

### Neuerung

Sein betrieblicher Auftrag endet mit der Fertigstellung des Greifers. Als nächstes steht die Inbetriebnahme an. Diese kann jetzt abgeprüft werden im Rahmen der Zusatzqualifikation Prozessintegration. Der wesentliche Unterschied zur Systemintegration liegt darin, dass ein bestehendes System angepasst/ geändert wird.

### Informieren/Planungen

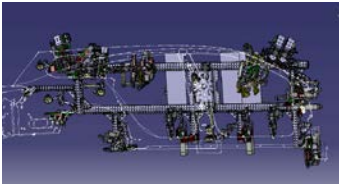


Abbildung 19: Greifer (Quelle: Volkswagen AG)

- ▶ Produktionsprozesse analysieren
- ▶ Zuständigkeiten klären (z. B. Programm darf nur ein zertifizierter Inbetriebnehmer schreiben, Aufspielen des Programms nur durch einen Anlagenführer, der einen E2-Schlüssel besitzt. Ein Backup wird automatisch um 1 Uhr erstellt)
- ▶ IT-Richtlinien z. B. VASS-Standard
- ▶ Verfügbarkeit der Anlage klären
- ▶ mögliche Puffer
- ▶ technische Dokumente sichten/simulieren
- ▶ zeitlichen Rahmen klären (falls der Durchführungszeitraum am Wochenende liegt, muss dieses beantragt werden)
- ▶ Rücksprache mit den Kunden/Kundinnen
- ▶ benötigte Werkzeuge

### Entscheiden

- ▶ einen Puffer von 15 Teilen einrichten
- ▶ geplante Änderungen und Bestelllisten abstimmen
- ▶ Durchführungszeitraum liegt an einem produktionsfreien Tag (in diesem Fall an einem Samstag)

### Durchführen



Abbildung 20: Montage in die Anlage (Quelle: Volkswagen AG)

- ▶ neue Software aufspielen
- ▶ betriebliche Vorgehensweise beim Betreten der Anlage beachten (vor Wiedereinschalten mit Schild und Schloss sichern)
- ▶ Greifer montieren
- ▶ Datenschnittstelle herstellen
- ▶ Testlauf durchführen (im Team in zwei Stufen):
  - 1. Stufe: im T1-Betrieb (offener Schutzkreis und Geschwindigkeit des Roboters auf minimal)
  - 2. Stufe: im T2-Betrieb (geschlossener Schutzkreis, Geschwindigkeit einstellbar)
- ▶ falls notwendig, Einstellarbeiten am vor- und nachgelagerten Bereich vornehmen (abhängig von der Qualitätskontrolle)
- ▶ Prozesssicherheit herstellen durch mehrfaches Fertigen der Baugruppe
- ▶ Änderungen dokumentieren

### Kontrollieren

- ▶ das fertige Produkt auf augenscheinliche Schäden kontrollieren
- ▶ ein fertiges Bauteil zum Vermessen ins Messcenter und eines zur Oberflächenkontrolle weitergeben
- ▶ Ergebnisse dokumentieren (Änderungen ins System eingeben)
- ▶ Abnahme der Anlage durch Anlagenverantwortliche/-n (Fertigungsplanung)

### 4.3 Zusatzqualifikation Additive Fertigungsverfahren

Additive Fertigung wird seit den 1980er-Jahren für die Herstellung von Prototypen- und Anschauungsteilen verwendet. Inzwischen ist die Technologie soweit ausgereift, dass die Industrie diese Technik für die Produktion von Serienteilen verwenden kann. Hierbei werden Bauteile aus Kunststoff, aber auch aus Metallen oder Keramik hergestellt.

Produktivitätssteigerung und Kostensenkung sind zwei Hauptgründe, welche die neue Technologie insbesondere in der Medizintechnik, in der Luft- und Raumfahrttechnik sowie im Fahrzeug- und Maschinenbau sehr attraktiv macht. Die Kombination der konventionellen Fertigung mit 3D-Druck ist ebenso möglich. Für die industrielle Anwendung müssen die Produkte die Erwartungen bezüglich der Festigkeit, Langlebigkeit, Ausdünstungen und Recycling-

Fähigkeit erfüllen. Das Verfahren ist hinsichtlich der Reproduzierbarkeit bestens dafür geeignet, Einzelteile oder Teile in kleinen Mengen zu liefern. Dabei spielen die sichere Dokumentation des Fertigungsprozesses mit allen Dokumenten und Parametern eine wichtige Rolle. Vielfältige Geometrien und Größen sind damit realisierbar. So können komplexe Teile/Geometrien ohne aufwändige Programme, Zeitaufwand oder teure 5-Achs-Bearbeitungsmaschinen hergestellt werden. Dabei lassen sich die technologischen und mechanischen Eigenschaften einfach beeinflussen. Die Anordnung von mehreren zu fertigenden Teilen in einem Bearbeitungsschritt ist möglich. Eine abschließende Nachbearbeitung mit spanenden Fertigungsverfahren oder eine Oberflächenveredelung ist möglich.

In der folgenden Übersicht 6 werden die zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten als Teil der Zusatzqualifikation stichwortartig erläutert.

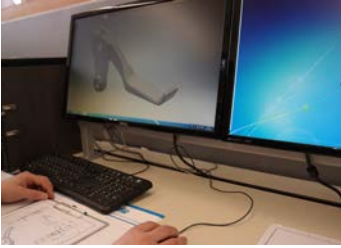
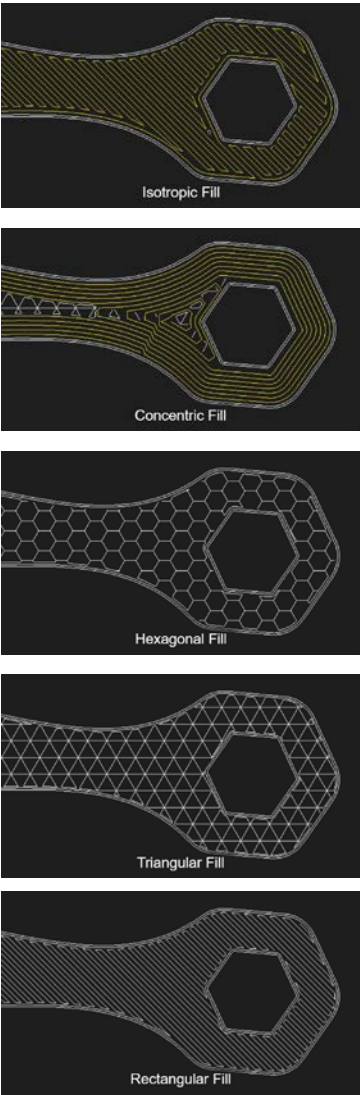
#### Übersicht 6: Zusatzqualifikation Additive Fertigungsverfahren

Lfd. Nr.	Teil der Zusatzqualifikation/ zu vermittelnde Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Erläuterungen	zeitliche Richtwerte in Wochen
<b>1</b>	<b>Modellieren von Bauteilen</b>		8
	a) Bauteile durch Programme zum computergestützten Konstruieren (CAD) erstellen		
	b) für digitale 3D-Modelle parametrische Datensätze entwickeln	▶ Abhängigkeiten für Maße Lage und Toleranzen festlegen (anstatt konkreter Werte)	
	c) Gestaltungsprinzipien zur additiven Fertigung einhalten und Gestaltungsmöglichkeiten nutzen	▶ Produkte möglich, die spanend nicht herstellbar sind, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Dreiecksbohrungen“</li> <li>• innenliegende Kühlkanäle</li> <li>• „Bohrung um die Ecke“</li> </ul> ▶ Printability Check: Bauteile auf grundsätzliche Fertigbarkeit überprüfen, Druck-Performance und Qualität optimieren	
<b>2</b>	<b>Vorbereitung von additiver Fertigung</b>		
	a) Verfahren zur additiven Fertigung auswählen	▶ Material, z. B. Kunststoff, Metall, Verbundstoffe (GFK) nach technologischen Anforderungen (z. B. Zugfestigkeit, Korrosionsfestigkeit) auswählen ▶ Maschine festlegen ▶ Verfahren festlegen ▶ Beachten von z. B. Auffüllgrad, Dichtheitsprüfung, Flächenübergänge	
	b) 3D-Datensätze konvertieren und für das Verfahren anpassen	▶ 3D-CAD-Modell aufbereiten, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flächenaufmaße</li> <li>• Bohrungen verkleinern</li> <li>• Werkzeugmaschinen-Aufspannungen</li> </ul> ▶ Stützgeometrie für Metall- oder Kunststoffteile, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Point</li> <li>• Line</li> <li>• Gusset</li> <li>• Web</li> <li>• Contur oder Block</li> </ul>	



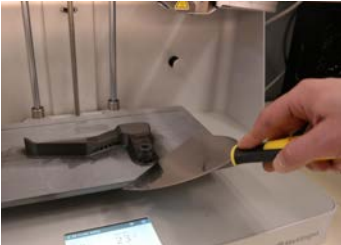

Lfd. Nr.	Teil der Zusatzqualifikation/ zu vermittelnde Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Erläuterungen	zeitliche Richtwerte in Wochen
	c) verfahrensspezifische Produktionsabläufe planen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lage, Stützgeometrie, physikalische Abhängigkeiten beachten, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur</li> <li>• Druckgeschwindigkeit</li> <li>• Trocknungszeiten</li> </ul> </li> <li>▶ maschinenspezifische Besonderheiten berücksichtigen</li> <li>▶ Fertigungssimulation</li> </ul>	
	d) Maschine zur Herstellung einrichten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften beim Umgang mit Roh- und Restmaterialien beachten</li> <li>▶ optimale Ausrichtung – Oberflächenqualität bzw. Bauteilgenauigkeit, Formtoleranzen erhöhen</li> <li>▶ Bauteileorientierung optimieren</li> <li>▶ Bauraumaufteilung bei gleichzeitiger Fertigung von mehreren Bauteilen (Packaging/Nesting) beachten</li> <li>▶ Maschinen-Kinematik berücksichtigen</li> </ul>	
<b>3 Additives Fertigen von Produkten</b>			
	a) additive Fertigungsverfahren anwenden und Probebauteile erstellen und bewerten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Sicherheits- und Unfallverhütungsvorschriften beim Umgang mit Roh- und Restmaterialien beachten</li> <li>▶ Bewertungskriterien festlegen und abgleichen</li> </ul>	
	b) Prozessparameter anpassen und optimieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Temperatur</li> <li>▶ Druckgeschwindigkeit</li> <li>▶ Wand- und Schichtdicke</li> <li>▶ Einflussgrößen, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• inhomogene Temperaturverteilung</li> <li>• Materialverzug</li> <li>• Ausführung von Stützkonstruktionen berücksichtigen</li> </ul> </li> </ul>	
	c) Prozesse kontrollieren, überwachen und protokollieren und Maßnahmen der Qualitätssicherung durchführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Soll-Ist-Abgleich, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung von relevanten Maßen</li> <li>• Stichprobenmessung</li> <li>• Einsatz von Prüfmitteln</li> </ul> </li> </ul>	
	d) Fehler- und Mängelbeseitigung veranlassen sowie Maßnahmen dokumentieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Maschinenfehlfunktionen identifizieren</li> <li>▶ Materialmängel identifizieren</li> <li>▶ Fehler in der Materialmischung erkennen</li> <li>▶ Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse durchführen (FMEA)</li> </ul>	
	e) Daten des Konfigurations- und Änderungsmanagements pflegen und technische Dokumentationen sichern	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fehlerstammbaum</li> <li>▶ Versionsmanagement</li> </ul>	
	f) verfahrensspezifische Vorschriften zur Arbeitssicherheit und zum Umweltschutz einhalten		

Das nachfolgend an dem Modell der vollständigen Handlung orientierte Projekt ist als Beispiel zu verstehen und kann für die Ausbildung im Rahmen der Zusatzqualifikation „Additive Fertigungsverfahren“ genutzt werden.

## Beispiel betriebliches Projekt: Handbremshebel

Aufgabenstellung: Für einen Kunden sind Bremshebel zu fertigen. Die Lieferung soll mit langer Laufzeit „just in time“ in kleinen Stückzahlen erfolgen.	
Informieren	
 <p>Abbildung 21: Sichten und prüfen der Daten (Quelle: bfw)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ auftragsspezifische Anforderungen und Informationen beschaffen, prüfen, umsetzen oder an Beteiligte weiterleiten</li> <li>▶ Gegebenheiten: Motocross-Motorrad, erhöhte Beanspruchung, Material nicht festgelegt, vorgegebene Form ist nicht zu ändern, Gewicht so leicht wie möglich, Festigkeit an den belasteten Zonen hoch (Gelenk, Griffteil), korrosionsbeständig, formstabil auch bei Temperaturschwankungen, Farbe Anthrazit, Lieferzeit innerhalb von zwei Werktagen nach Bestellung</li> <li>▶ basierend auf der vom Kunden/der Kundin bereitgestellten Daten die Kompatibilität mit der verwendeten Software prüfen ggf. konvertieren, Zeichnung sichten und prüfen</li> <li>▶ Maschinen- und Werkstattbelegungsplan prüfen und auswerten</li> <li>▶ Schnittstelle für Nachbearbeitung der Teile berücksichtigen</li> </ul>
Planen	
 <p>Abbildung 22: Gestaltungsmöglichkeiten (Quelle: bfw)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Lösungsvarianten in Abhängigkeit vom Fertigungsverfahren prüfen, darstellen und in Hinblick auf Wirtschaftlichkeit vergleichen.</li> <li>▶ Zur Verfügung stehen:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5-Achs-Simultan-Fräsmaschine</li> <li>• 3D-Drucker mit ABS-Kunststoff als Filament</li> <li>• 3D-Drucker mit hochfestem Onyx als Filament</li> </ul> </li> <li>▶ Somit kommen als Fertigungsverfahren infrage:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fräsen aus Alu</li> <li>• Negativfräsen aus Werkzeugstahl oder Gussnegativ – also Spritz/Druckguss</li> <li>• einfachster Kunststoffdruck oder hochfester 3D-Druck mit Verstärkungen und internen Strukturen</li> <li>• selektives Laserschmelzen aus Metallpulver.</li> </ul> </li> <li>▶ infrage kommende Gestaltungsmöglichkeiten für die additive Fertigung bestimmen</li> <li>▶ Der Ablauf wird in einem schriftlichen Arbeitsplan umgesetzt, d. h. Werk- und Hilfsstoffe werden aufgelistet und Arbeitsschritte in ihrer Reihenfolge festgelegt und in einem Zeitplan integriert.</li> <li>▶ Bezüglich der Zeit- und Materialbedarfsplanung stehen Daten aus Referenzprojekten zur Verfügung.</li> </ul>



Entscheiden	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ endgültige Entscheidung über das infrage kommende Fertigungsverfahren, insbesondere in Abhängigkeit von optimalen technologischen Prozessparametern (Werkstückeigenschaften) sowie von Anlagenverfügbarkeit und von wirtschaftlichen Erwägungen (Materialpreise, Fertigungszeiten, Anlagenkosten)</li> <li>▶ das passendste Verfahren ist in diesem Fall der hochfeste 3D-Druck mit Verstärkungen und internen Strukturen</li> </ul>
Durchführen	
 <p>Abbildung 23: Datensatz Handbremshebel (Quelle: bfw)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ selbstständige Umsetzung der erarbeiteten Planung und der Fertigung des Werkstückes</li> <li>▶ für die Anfertigung ist es notwendig, aus der gelieferten Zeichnung ein 3D-Modell zu erstellen und dieses als parametrischen Datensatz im Rahmen des Konfigurations- und Änderungsmanagements zu sichern</li> <li>▶ bereits zu diesem Zeitpunkt werden speziell durch das Verfahren „additive Fertigung“ Gestaltungsmöglichkeiten (Hohlkörper, Wanddickenabhängigkeiten, ggf. Füllstrukturen u. v. m.) umgesetzt</li> <li>▶ passend für das gewählte Verfahren Datensatz konvertieren und anpassen; Schichtdicken, Vorschubgeschwindigkeiten, Deckflächen und Wandflächen der Layer in Abhängigkeit der geforderten Stabilität in Korrelation zur ökonomischen Fertigung des Bauteils optimieren; die Stützstrukturen des Verstärkungsmaterials an den Belastungszonen definieren</li> <li>▶ 3D-Printer mit dem passenden Filament (Onyx) und Verstärkungsmaterial (Kevlar) bestücken, die Tischhöhe kalibrieren, den Printbereich vorbereiten und einen Probedruck durchführen</li> <li>▶ Sicherheitsbetriebsanweisungen sowie verfahrensspezifische Vorschriften zur Arbeitssicherheit und zum Umweltschutz sind einzuhalten</li> <li>▶ nach erfolgreichem Druck des Standardprobeteils Werkstück laden und fertigen</li> </ul>
 <p>Abbildung 24: Standardprobeteil (Quelle: bfw)</p>	
Kontrollieren	
 <p>Abbildung 25: Lösen vom Drucktisch (Quelle: bfw)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fertigungsprozess kontrollieren, überwachen und protokollieren: Bei absehbarer Fehlfertigung Prozess sofort unterbrechen, Prozessparameter korrigieren und die Fertigung erneut starten</li> <li>▶ alle Maßnahmen zur Mängelbeseitigung dokumentieren</li> <li>▶ fertiges Werkstück vom Drucktisch lösen und kontrollieren</li> <li>▶ alle Stützstrukturen entfernen und fachgerecht entsorgen</li> <li>▶ die Nachbehandlung der Oberflächen erfolgt je nach Fertigungsverfahren per Hand oder maschinell mit Schleifpapier oder Druckluftentgrater/Schleifer</li> <li>▶ im Anschluss Werkstück vermessen und nach Maßgaben der Qualitätssicherung erfassen</li> </ul>
 <p>Abbildung 26: Vermessen des Werkstücks (Quelle: bfw)</p>	
Bewerten	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Abschluss des Arbeitsprozesses durch Bewertung von Ergebnissen, Bearbeitungsablauf und Klärung der Frage, was evtl. beim nächsten Mal besser gemacht werden kann</li> <li>▶ abschließende Dokumentation im Rahmen des Konfigurations- und Änderungsmanagements, die den Fertigungsprozess reproduzierbar beschreibt und die für zukünftige Bestellungen als Referenzprojekt dient</li> </ul>

## 4.4 Zusatzqualifikation IT-gestützte Anlagenänderung

Unter IT-gestützter Anlagenänderung versteht man das Planen und Umsetzen von Änderungen an Anlagen, Baugruppen, Rohrleitungen, Profilen oder Blechkonstruktionen: angefangen bei der Erstellung von 3D-Datensätzen oder der Nutzung von vorhandenen 3D-Datensätzen mit CAD-Programmen auf Basis von Skizzen bis zum Planen von Änderungen an bestehenden Anlagen anhand von 3D-Modellen.

Mit der Zusatzqualifikation „IT-gestützte Anlagenänderung“ werden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt, die auf Basis von 3D-Datensätzen zum Herstellen von Rohrleitungen, Profilen, Anlagenteilen oder Blechkonstruktionen erforderlich sind oder die zum Nachbereiten der Bauteile mit branchenüblicher Software benötigt werden.

Im Rahmen der Zusatzqualifikation „IT-gestützte Anlagenänderung“ werden Fertigungsverfahren zum Herstellen von Rohrleitungen, Profilen, Anlagenteilen oder Blechkonstruktionen ausgewählt und angewendet sowie 3D-Datensätze konvertiert, Datensätze übertragen und Prozessparameter angepasst oder optimiert.

Bei der Vermittlung der Zusatzqualifikation „IT-gestützte Anlagenänderung“ werden u. a. Prozesse überwacht und Maßnahmen zur Qualitätssicherung in digitalen Prüfprotokollen dokumentiert sowie alle relevanten Daten aktualisiert und gesichert.

Der Einsatz von CAD-Programmen, von 3D-Daten und branchenüblicher Software bei der Herstellung von Rohrleitungen, Profilen, Anlagenteilen oder Blechkonstruktionen sowie beim Planen von Änderungen an bestehenden Anlagen anhand von 3D-Modellen im Rahmen der IT-gestützten Anlagenänderung verschafft zukunftsorientierten Unternehmen einen Wettbewerbs- und Kostenvorteil und ist als zusätzliche Qualifizierungsmöglichkeit attraktiv für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in diesen Unternehmen.

In der folgenden Übersicht 7 werden die zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten als Teil der Zusatzqualifikation stichwortartig erläutert.

### Übersicht 7: Zusatzqualifikation IT-gestützte Anlagenänderung

Lfd. Nr.	Teil der Zusatzqualifikation/ zu vermittelnde Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Erläuterungen	zeitliche Richtwerte in Wochen
<b>1</b>	<b>Planen von Änderungen an Anlagen</b>		8
	a) 3D-Datensätze von Rohrleitungssystemen, Profilen, Anlagenteilen oder Blechkonstruktionen erstellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ aus einer Skizze mithilfe eines CAD-Programms einen 3D-Datensatz erstellen oder</li> <li>▶ eingescannte 3D-Datensätze für die Änderungsplanung nutzen</li> </ul>	
	b) branchenübliche Software zum Erstellen von Aufmaßen, auch auf Basis von Daten zum computergestützten Konstruieren (CAD-Daten), anwenden	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Baugruppen und/oder Einzelteilzeichnungen mithilfe der im System hinterlegten Daten, z. B. Rohrklasse, erstellen</li> <li>▶ technische Rahmenbedingungen berücksichtigen, z. B.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Material</li> <li>• Druck</li> <li>• Temperatur</li> <li>• Medium</li> </ul> </li> </ul>	
	c) Änderungsmaßnahmen anhand von 3D-Modellen planen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Änderungsmaßnahmen auf Realisierbarkeit im 3D-Modell überprüfen</li> <li>▶ betriebliche Vorgaben durch die vorhandenen Anlagenteile berücksichtigen</li> <li>▶ automatisierten Bestellvorgang auslösen</li> </ul>	
<b>2</b>	<b>Herstellen und digitales Nachbereiten von Rohrleitungen, Profilen, Anlagenteilen oder Blechkonstruktionen</b>		
	a) Verfahren zur Fertigung von Rohrleitungen, Profilen, Anlagenteilen oder Blechkonstruktionen auswählen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ auf Grundlage der Daten (z. B. Wirtschaftlichkeit, Umsetzbarkeit, zeitliche Vorgaben) geeignetes Verfahren (z. B. Schweißverfahren, Biegeverfahren) auswählen</li> <li>▶ Schnittstellen der verschiedenen Maschinenarbeitsplätze festlegen, z. B.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuschneiden</li> <li>• Biegen</li> <li>• Heften</li> <li>• Schweißen</li> </ul> </li> </ul>	

Lfd. Nr.	Teil der Zusatzqualifikation/ zu vermittelnde Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten	Erläuterungen	zeitliche Richtwerte in Wochen
	b) für die Herstellung von Rohrleitungen, Profilen, Anlagenteilen oder Blechkonstruktionen 3D-Datensätze konvertieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Fertigungsprogramm für Maschinen erzeugen</li> <li>▶ Maschinenparameter berücksichtigen</li> <li>▶ mit geeigneter Software vorhandene Datensätze, z. B. isometrische Darstellung, in Maschinen-Code umwandeln</li> </ul>	
	c) Datensätze über Schnittstellen an Fertigungsmaschinen übertragen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ mobile Datenträger (z. B. USB-Stick, Tablet), WLAN oder LAN nutzen</li> </ul>	
	d) Prozessparameter anpassen und optimieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ aus Datenbanken vorgegebene Maschineneinstellwerte, z. B. Biegeradien, -kräfte, prüfen und ggf. anpassen</li> <li>▶ maschinelle Fertigung starten</li> </ul>	
	e) Prozesse kontrollieren, überwachen und protokollieren und Maßnahmen der Qualitätssicherung durchführen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Prüfprotokoll digital erstellen</li> <li>▶ Maschinenparameter dokumentieren</li> <li>▶ Maßkontrolle, z. B. Koordinatenmessmaschine, einsetzen</li> <li>▶ Teilprozesse dokumentieren</li> </ul>	
	f) Ist-Werte im digitalen Zwilling aktualisieren und dokumentieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ alle relevanten Daten einpflegen und in Datenbanken sicher speichern</li> </ul>	

Das nachfolgend an dem Modell der vollständigen Handlung orientierte Projekt ist als Beispiel zu verstehen und kann für die Ausbildung im Rahmen der Zusatzqualifikation „IT-gestützte Anlagenänderung“ genutzt werden.

### Beispiel betriebliches Projekt: Änderung einer verfahrenstechnischen Anlage

Aufgabenstellung: Anhand eines 3D-Modells soll die Änderung einer verfahrenstechnischen Anlage geplant und die Umsetzung mittels digital gestützter Fertigung und Montage vollzogen werden.			
<b>Informieren</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ der Ist-Zustand der zu ändernden Anlage liegt als 3D-Modell vor („Initiales Modell“) <ul style="list-style-type: none"> <li>• die zu ändernde verfahrenstechnische Anlage wurde per Laserscan aufgenommen</li> <li>• die daraus generierte Punktwolke liegt als 3D-Datensatz vor</li> <li>• die Anlagenobjekte wurden in einer 3D-Design-Software modelliert und mit Metadaten hinterlegt</li> </ul> </li> <li>▶ in dieser Anlage soll ein Rohrleitungsteilstück gemäß einem überarbeiteten R+I-Fließbild geändert werden (Änderung Rohrleitungsverlauf, zusätzliches Rohrleitungselement mit einer Armatur)</li> <li>▶ Anlagenänderung digital im 3D-Modell planen, Unterlagen zur Umsetzung (Anfertigungs- und Montageunterlagen) aus dem 3D-Modell generieren (Aufstellungsplan, Drafts zum Halterungskonzept, Isometrien mit Koordinatenangaben und Stücklisten)</li> <li>▶ Teilelemente der Anlagenänderung maschinell fertigen und anschließend manuell zusammenbauen</li> <li>▶ die Anlagenänderung ist koordinatengetreu in der verfahrenstechnischen Anlage zu montieren</li> </ul>		
<b>Planen</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ funktionales Konzept der Anlagenänderung erarbeiten</li> <li>▶ räumliche Planung der Anlagenänderung in einem 3D-Viewer</li> <li>▶ Konzept mit dem Auftraggeber besprechen</li> <li>▶ Export vom 3D-Viewer in die 3D-Planungssoftware</li> <li>▶ Details mittels 3D-Planungssoftware planen</li> <li>▶ Planungsisometrien, notwendige Zeichnungen und Stücklisten erzeugen</li> <li>▶ Beschaffungsprozess initiieren</li> <li>▶ Fertigungsverfahren auswählen</li> <li>▶ digitale Lose zusammenstellen</li> <li>▶ Fertigungsprogramme erzeugen</li> <li>▶ Maschinenparameter einlesen</li> <li>▶ maschinelle Fertigung</li> <li>▶ Teilelemente am Handarbeitsplatz zusammenbauen</li> <li>▶ Prüfung und Qualitätssicherung</li> <li>▶ koordinatengenaue Montage in der Anlage</li> <li>▶ Digitalen Zwilling aktualisieren</li> </ul>		

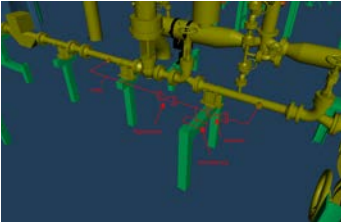
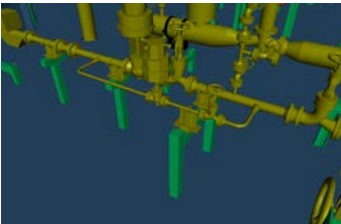
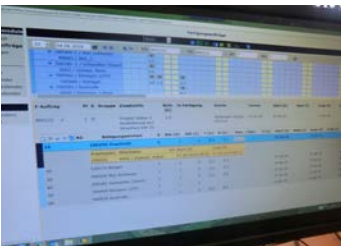
Entscheiden	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Entscheidung des Auftraggebers, ob die Anlagenänderung in der geplanten Form umgesetzt werden soll</li> <li>▶ Fertigungsverfahren auswählen               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schneidverfahren: Laserschneiden</li> <li>• Schweißverfahren: mechanisierte WIG-Schweißautomaten</li> <li>• Biegeverfahren: maschinelle Kaltumformung</li> <li>• Handarbeitsplatz: Zusammenbau von Leitungsteilelementen</li> </ul> </li> <li>▶ Entscheidung, welche digitalen Lose zur Fertigung zusammengestellt werden</li> </ul>
Durchführen	
 <p>Abbildung 27: Fließbild mit Einbindepunkten (Quelle: BASF SE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Im ersten Schritt das funktionale Konzept der Anlagenänderung entwickeln, indem die gemäß R+I-Fließbild vorgesehene Anlagenänderung in einem 2D-Redlining-System mit Fließbildsymbolen skizziert wird (Änderung des Prozesses). Dabei die Einbindepunkte und Spezifikationen (z. B. Drücke, Temperaturen, Durchflüsse, Nennweiten, Werkstoffe) sowie Armaturen, Geräte, Pumpen und Messgeräte definieren und einzeichnen. Die festgelegten Spezifikationsdaten aus dem Medienschlüssel, der anlagenbezogen in einer Datenbank hinterlegt ist, auswählen (Zuordnung der Metadaten).</li> </ul>
 <p>Abbildung 28: Visualisierte Anlagenänderung (Quelle: BASF SE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Die räumliche Planung der Anlagenänderung erfolgt danach in einem 3D-Viewer, der es erlaubt, 3D-Objekte maßstäblich zu platzieren (3D-Redlining). Hierbei sind betriebliche Vorgaben und das räumliche Umfeld zu berücksichtigen (z. B. Zugänglichkeit, Ergonomieaspekte, Montagebelange, Montierbarkeit, Instandhaltungstechnische Belange). Auf diese Weise entsteht ein erstes maßstäbliches räumliches Konzept der zu planenden Anlagenänderung.</li> <li>▶ Die visualisierte Anlagenänderung, ergänzt mit dem R+I-Fließbild („Redlining“), bildet die Grundlage zur Besprechung des Konzeptes mit dem/der Auftraggeber/-in aus verschiedensten Blickwinkeln. Änderungswünsche und Anpassungen können so leicht diskutiert und berücksichtigt werden, d. h. die Planung kann mit wenig Aufwand angepasst und freigegeben werden.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Mittels eines Schnittstellentools das freigegebene Konzept vom 3D-Viewer in die eingesetzte 3D-Planungssoftware exportieren.</li> <li>▶ In der 3D-Planungssoftware erfolgt die Detailplanung (z. B. finale Festlegung von Fertigungsmaßen, Berücksichtigung von Längenausdehnungen, Planung von Kompensatoren oder Dehnschenkeln, Rohrleitungsberechnung und Halterungskonzept, Statik). Aus dem hinterlegten Bauteilkatalog die adäquaten Einzelelemente auswählen.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Aus der Detailplanung die Planungsisometrien sowie Zeichnungen für die erforderlichen Halterungssysteme erzeugen; ebenso Stückliste/Massenauszug („MTO“ = Material Take Off). Mittels MTO kann über eine geeignete Schnittstelle der automatisierte Beschaffungsprozess der erforderlichen Bauteile angestoßen werden.</li> </ul>
 <p>Abbildung 29: Datenübersicht (Quelle: BASF SE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Auf Grundlage der Daten (z. B. Bauteilgeometrie, Anlagenverfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Umsetzbarkeit, Termsituation) geeignete Fertigungsverfahren auswählen:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schneidverfahren (hier: Laserschneiden),</li> <li>• Schweißverfahren (hier: mechanisierte WIG-Schweißautomaten)</li> <li>• Biegeverfahren (hier: maschinelle Kaltumformung)</li> <li>• Zusammenbau von Leitungsteilelementen am Handarbeitsplatz</li> </ul> </li> </ul>



Abbildung 30: Arbeitsplan  
(Quelle: BASF SE)

- ▶ Mit branchenspezifischer Software unter organisatorischen Gesichtspunkten digitale Lose für die o. g. Arbeitsprozesse im Maschinenpark zusammenstellen. Manuelle Eingriffe ermöglichen letzte Korrekturen zur weiteren Optimierung des Gesamtprozesses.



Abbildung 31: Säge-/Biegeliste  
(Quelle: BASF SE)

- ▶ Aus den Losen über ein IT-Planungstool folgende Listen für die einzusetzenden Fertigungsverfahren und Fertigungsschritte erzeugen:
  - Sägeliste (Laserschneiden)
  - Biegeliste (Kaltbiegen)
  - Schweißliste (WIG-Automatenschweißen)



Abbildung 32: Kennzeichnung mit QR-Code  
(Quelle: BASF SE)

- ▶ Der jeweilige Fertigungsstand sowie alle Auftragsdaten werden mittels QR-Code mitgeführt.

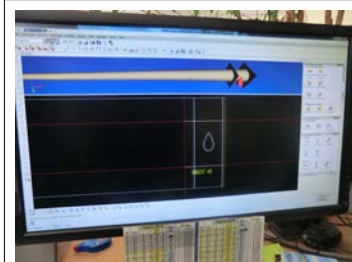


Abbildung 33: Einlesen der Maschinenparameter  
(Quelle: BASF SE)


- ▶ Mit geeigneter Software Teilelemente der Fertigungsisometrie in maschinenlesbare Fertigungsprogramme umwandeln. Maschinenparameter aus Datenbank einlesen:
  - allgemein: Material, Wandstärke, Dimension
  - Schneiden: Länge, Geometrie für Stutzen
  - Schweißen: Stromstärke, Schweißgeschwindigkeit, Pendelweg, Schweißzusatzzufuhr
  - Biegen: Rückfederung, Streckung



Abbildung 34: Datentransfer  
(Quelle: BASF SE)

- ▶ Über Schnittstellen die Daten auf die Fertigungsmaschinen transferieren. Dazu werden genutzt:
  - mobile Datenträger, WLAN oder Netzwerk

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ maschinelle Fertigung starten</li> <li>▶ maschinell vorbereitete Teilstücke am Handarbeitsplatz gemäß der Gesamtisometrie zusammenbauen</li> </ul>
	  
<p>Abbildung 35: Zusammenbau der Teilstücke (Quelle: BASF SE)</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Das gefertigte Rohrleitungsstück inkl. Armatur in der verfahrenstechnischen Anlage unter Berücksichtigung der Koordinatenangaben aus Detailzeichnung und Isometrie montieren. Zur koordinatengenauen Montage eine Referenzmarke für Koordinatensystem und geeignetes Messwerkzeug (z. B. Kreuzlaser, Punktlaser, Laser-Entfernungsmesser) benutzen. Zur Unterstützung dabei das 3D-Modell auf Tablet vor Ort nutzen, da hier die räumlichen Zusammenhänge deutlich besser als auf Zeichnungen und Isometrien dargestellt werden können.</li> <li>▶ Alle relevanten Daten im Digitalen Zwilling einpflegen und in der Anlagendatenbank sicher speichern.</li> </ul>
<p><b>Kontrollieren</b></p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ eingestellte Maschinenparameter in Fertigungsmaschine dokumentieren und archivieren</li> <li>▶ Teilprozesse digital dokumentieren</li> <li>▶ Verlauf, Verdrehungen, Materialverwechslungen, Winkligkeit und Maßhaltigkeit prüfen (3D-Koordinatenmesssystem), Prüfprotokolle erstellen</li> <li>▶ bei Soll-Ist-Abweichungen Maschinenparameter anpassen</li> <li>▶ zerstörungsfreie Prüfung und Druckprüfung durchführen, QM-Dokumentation vervollständigen</li> </ul>
<p><b>Bewerten</b></p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Abschluss des Arbeitsprozesses durch Bewertung des Bearbeitungsprozederes, Diskussion der Soll-Ist-Abweichungen und die Klärung der Frage, was beim nächsten Mal evtl. besser gemacht werden kann</li> </ul>

 Bypass in ein bestehendes Rohrleitungssystem einbauen

## 4.5 Empfehlungen zur Planung und zur Umsetzung der Zusatzqualifikationen

Anhand der in Abbildung 37 zusammengefassten Schritte und Fragestellungen werden nachfolgend Empfehlungen zur Planung und zur Umsetzung der Zusatzqualifikationen gegeben und begründet.

### Schritt 1 „Informieren“: Bedarf an Zusatzqualifikationen (ZQ) und Rahmenbedingungen klären

Die Entscheidung, welche Zusatzqualifikationen künftig wie umgesetzt werden, müssen die Ausbildungsverantwortlichen im Betrieb prüfen und abstimmen. Dies beinhaltet einen Dialog mit den abnehmenden Fachabteilungen und eine erste Rückkopplung mit der Kammer in Bezug auf die Prüfungsmodalitäten. Zu prüfen ist auch, welche Voraussetzungen ausbildungspersonal- und infrastrukturseitig bereits gegeben sind und wie diese eventuell noch optimiert werden können. Falls erforderlich, können alternative Möglichkeiten wie Verbundausbildung oder Vertragsausbildung für die Vermittlung von Zusatzqualifikationen genutzt werden. Vorteil der Umsetzung im eigenen Betrieb ist, dass das Know-how intern entwickelt und gestärkt wird.

Die Vermittlung einer Zusatzqualifikation kann mit Abschluss des Ausbildungsvertrages oder im Ausbildungsverlauf zwischen Betrieb und Auszubildenden vereinbart werden. Die Verabredung im Ausbildungsverlauf hat den Vorteil, dass sie zeitnah und gezielt den Fachkräftebedarf bedienen kann, auf die Förderung einzelner Auszubildender ausgerichtet ist und zusätzlich motivierend auf die Auszubildenden wirken kann. Denkbar ist auch, dass Auszubildende mehrere Zusatzqualifikationen erwerben, wenn dies realistisch erscheint.

### Schritt 2 „Planen“: Zusatzqualifikation(en) im betrieblichen Ausbildungsplan berücksichtigen

Die Prüfung der Zusatzqualifikation(en) erfolgt im Rahmen der „Gestreckten Abschlussprüfung“ Teil 2. Eine zu frühe Vermittlung der Zusatzqualifikation lässt demnach Ausbildung und Prüfung weit auseinanderfallen. Das spricht für eine Vermittlung der Zusatzqualifikation im dritten und vierten Ausbildungsjahr. Eine Verteilung auf mehrere Ausbildungsabschnitte und die anteilige Verortung in arbeitsprozessnahe Bereiche – in das Ausbildungszentrum, in die Berufsschule oder/und zu externen Bildungsdienstleistern (bis hin zu Herstellerschulungen) – ist möglich. Die Umsetzung der Zusatzqualifikation(en) sollte im betrieblichen Ausbildungsplan klar definiert sein und durch entsprechende Lernaufträge, Projekte und andere Lehr-/Lernformate operationalisiert werden. Eine rechtzeitige Festlegung von Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten – auch für Teilschritte – ist ratsam.

Die Berufsschule ist nicht obligatorisch in die Vermittlung der Zusatzqualifikation(en) eingebunden – dies schließt aber nicht aus, dass regionale oder individuelle Lösungen gefunden werden. Die Einbindung der Berufsschule ist für alle Beteiligten von Vorteil.

Die Planung der Zusatzqualifikation(en) ist eine gute Gelegenheit, die im Betrieb an der Ausbildung Beteiligten zusammenzubringen, das Thema Berufsausbildung im Unternehmen präsent zu machen, Verbindlichkeit herzustellen und Aufgaben abzustimmen.

### Schritt 3 „Vorbereiten“: Prüfen der personellen und materiellen Rahmenbedingungen

Die Zusatzqualifikationen beinhalten Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten, die erst in den letzten Jahren entstanden sind (System- und Prozessintegration, Additive Fertigungsverfahren und IT-gestützte Anlagenänderung). Deshalb sind die Überprüfung der materiellen und personellen Voraussetzungen und möglicherweise Beschaffungen notwendig. Es empfiehlt sich, ein Budget für notwendige Lehr- und Lernmittel einzurichten, das bedarfsbezogen zur Verfügung steht. Auszubildende können an der Auswahl und Beschaffung beteiligt werden.

Die Zusatzqualifikationen können das Lernen in der Organisation fördern. Mit der Umsetzung der Zusatzqualifikation(en) wird nicht zuletzt über die Auszubildenden Wissen und Können in das Unternehmen „geholt“. Dieses Lernverständnis sollte zugrunde gelegt und der Lehr- und Lernprozess entsprechend organisiert werden. Die Beispiele zu den einzelnen Zusatzqualifikationen [[▲ Kapitel 4.1 bis 4.4](#)] können als Anregung dienen, um eigene Lösungen zu entwickeln. Fachliche Unterweisungen, Aufträge zu Literatur- und Dokumentenanalyse, Normen und Rechtsgrundlagen sowie Reflexionsgespräche gehören ebenfalls in ein solches Konzept.

Kurze Steckbriefe für einzelne Lernabschnitte und Lernstationen

- ▶ stellen den Bezug zur Ausbildungsordnung her (in der rechten Spalte werden die zu vermittelnden Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten aus der Zusatzqualifikation eingetragen, die genau an dieser Lernstation thematisiert werden);
- ▶ dokumentieren getroffene Absprachen mit Fachabteilungen, Dienstleistern und/oder Auszubildenden im Lernzentrum (linke Spalte: typische Lern- und Arbeitsaufgaben, die an der Lernstation auszuführen sind);
- ▶ machen den Lernprozess in der Zusatzqualifikation nachvollziehbar und unterstützen die Überprüfbarkeit für die Fachabteilung, für die Ausbildungsverantwortlichen und für die Auszubildenden.



Muster Steckbrief sowie Beispiel

### Schritt 4 „Durchführen“: Ausbildung der Zusatzqualifikation durchführen

Während der Ausbildung der Zusatzqualifikation(en) sollte durch die Ausbildungsverantwortlichen ein regelmäßiger Kommunikationsprozess zwischen Auszubildenden und Auszubildenden organisiert werden. Reflexionen und Lernstandkontrollen unterstützen die Qualitätssicherung. Im Ausbildungsnachweis sollen die Auszubildenden den Erwerb der Zusatzqualifikation(en) dokumentieren. Formal und inhaltlich wird damit gesichert, dass erkennbar ist, wie die Auszubildenden auf die Prüfung vorbereitet sind.

### Schritt 5 „Prüfung der Zusatzqualifikation vorbereiten und durchführen“: Praxisbezogene Aufgabe auswählen und formulieren, Prüfling einweisen

Die Anmeldung zur Prüfung erfolgt verbunden mit der Anmeldung zur „Gestreckten Abschlussprüfung“ Teil 2. Zur Vorbereitung auf das fallbezogene Fachgespräch hat der Prüfling eigenständig im Ausbildungsbetrieb eine praxisbezogene Aufgabe durchzuführen.

Die Auswahl und Formulierung dieser Aufgabe ist Sache des Ausbildungsverantwortlichen. Empfohlen wird, diese möglichst aus betrieblichen Situationen heraus abzuleiten. Eine Abstimmung oder Genehmigung durch den Prüfungsausschuss ist nicht notwendig. Die Aufgabe ist so zu wählen, dass sie die Prüfungsanforderungen der Ausbildungsordnung, bezogen auf die Zusatzqualifikation(en), erfüllt.

Zu der praxisbezogenen Aufgabe hat der Prüfling einen Report zu erstellen, der fristgerecht bei der IHK abzugeben ist.

Die Aufgabe sollte vollständig dokumentiert sein, sodass mündliche Erläuterungen oder Nachfragen ausgeschlossen werden können. Sie wird auch in den Report aufgenommen, der im Anschluss an die Durchführung der praxisbezogenen Aufgabe an den Prüfungsausschuss zu übergeben ist.

Der Charakter der Prüfung ist durch ein hohes Maß an betrieblicher Eigenverantwortung geprägt. Dazu gehört die Sicherung der eigenständigen Durchführung der praxisbezogenen Aufgabe, die beide – Prüfling und Ausbildungsverantwortliche/-r – durch einen Eigenständigkeitsnachweis gegenüber dem Prüfungsausschuss mit ihrer Unterschrift versichern.



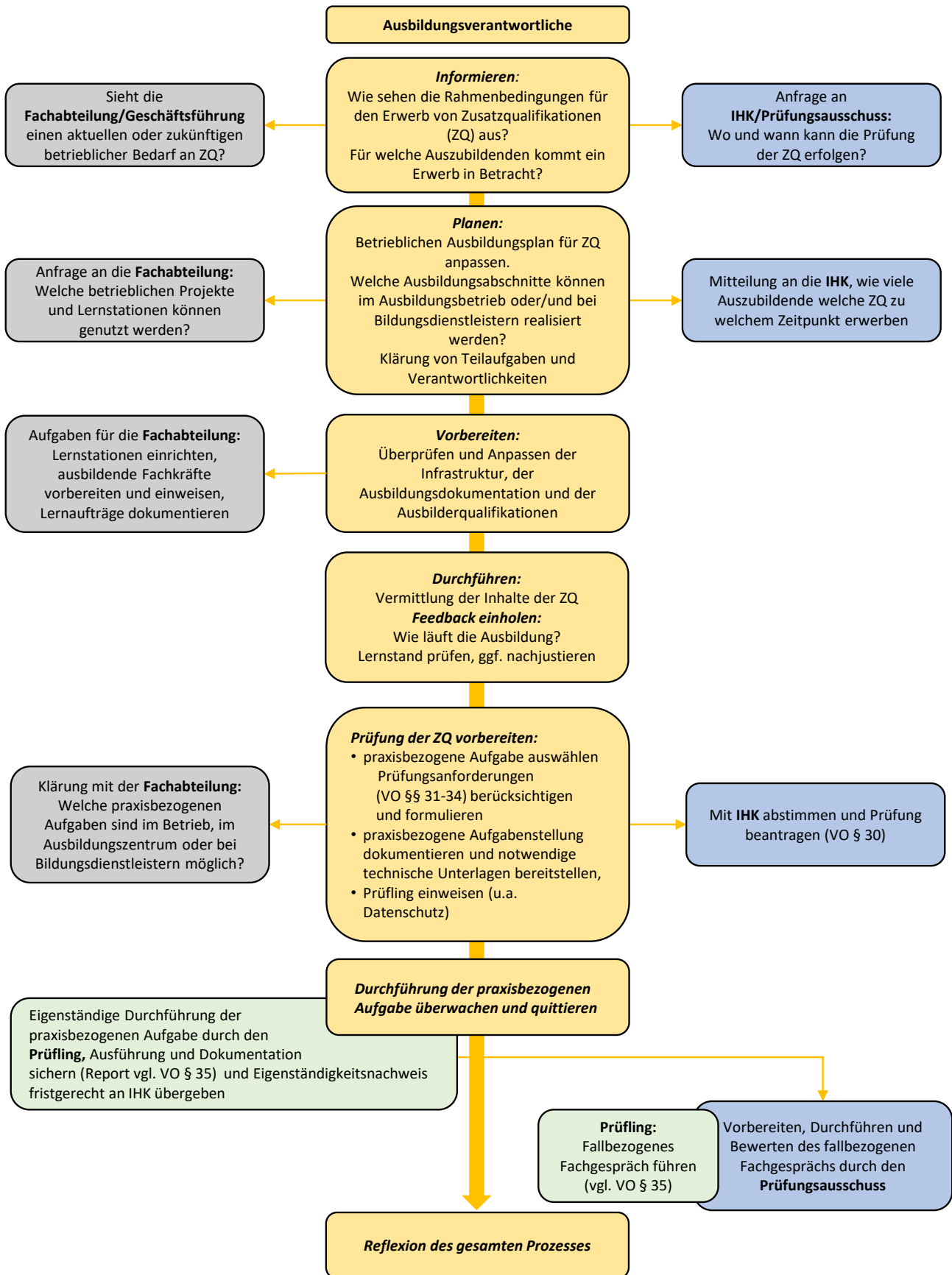


Abbildung 37: Planung und Umsetzung von Zusatzqualifikationen – Hinweise für Ausbildungsverantwortliche (Quelle: BIBB)



Schaubild Planung und Umsetzung von Zusatzqualifikationen

# 5 Prüfung

Bei der Gestaltung künftiger Abschlussprüfungen werden sowohl die einzelnen Änderungen in den Berufsbildpositionen und die neue integrative Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“ als auch die Prüfung der Zusatzqualifikation(en) Berücksichtigung finden.

## Veränderungen in der Abschlussprüfung Teil 2

Wie bisher sind in den Ausbildungsordnungen für die industriellen Metallberufe die Prüfungsanforderungen für den jeweiligen Beruf beschrieben. Bei den Prüfungsbereichen von Teil 2 sind weiterhin die integrativen Berufsbildpositionen zu berücksichtigen. Dies gilt auch für die neue integrative Berufsbildposition „Digitalisierung der Arbeit, Datenschutz und Informationssicherheit“.

Die Aufgabenerstellungsausschüsse der Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelenwicklungsstelle der IHK Region Stuttgart (PAL) berücksichtigen die Änderungen bei der Erstellung der Prüfungsaufgaben für die jeweiligen Berufe.

## Prüfung der Zusatzqualifikationen

Die Prüfung der bundesweit einheitlichen Zusatzqualifikationen findet im Rahmen der „Gestreckten Abschlussprüfung“ Teil 2 statt. Das Prüfungsergebnis wird separat behandelt und hat keinen Einfluss auf das Ergebnis des Berufsabschlusses.

Die Prüfungsregelungen zur Prüfung der Zusatzqualifikationen, einschließlich der Prüfungsanforderungen, dem Ablauf, dem Prüfungsinstrument und der Bewertung, sind in den Ausbildungsordnungen in den Paragraphen 28 bis 35 festgelegt.

Als jeweiliges Prüfungsinstrument ist das fallbezogene Fachgespräch bestimmt.

Das fallbezogene Fachgespräch wird ausgehend von einer vom Prüfling durchgeführten praxisbezogenen Aufgabe geführt [[▲ Kapitel 4.5](#)]. Zu der praxisbezogenen Aufgabe ist ein Report zu erstellen.



Der Report über die Durchführung einer praxisbezogenen Aufgabe dient dem Prüfungsausschuss zur Information und Vorbereitung auf das fallbezogene Fachgespräch. Auf Grundlage des Reports kann der Prüfungsausschuss das Thema der praxisbezogenen Aufgabe im Gespräch vertiefen. Es können dabei auch Inhalte eine Rolle spielen, die in einem direkten Zusammenhang mit dem Kernthema der Aufgabe stehen (z. B. Schnittstellen oder vor- und nachgelagerte Prozesse).<sup>2</sup>

Der Report und die praxisbezogene Aufgabe werden nicht bewertet. Es werden dabei in einem zeitlichen Umfang von höchstens 20 Minuten Fachfragen zu fachlichen Sachverhalten und Vorgehensweisen sowie Problemen und Lösungen bezogen auf die Durchführung und das Ergebnis der praxisbezogenen Aufgabe erörtert. Die spezifischen Prüfungsanforderungen sind jeweils den Zusatzqualifikationen zugeordnet und in den Prüfungsparagraphen der Ausbildungsverordnung definiert.

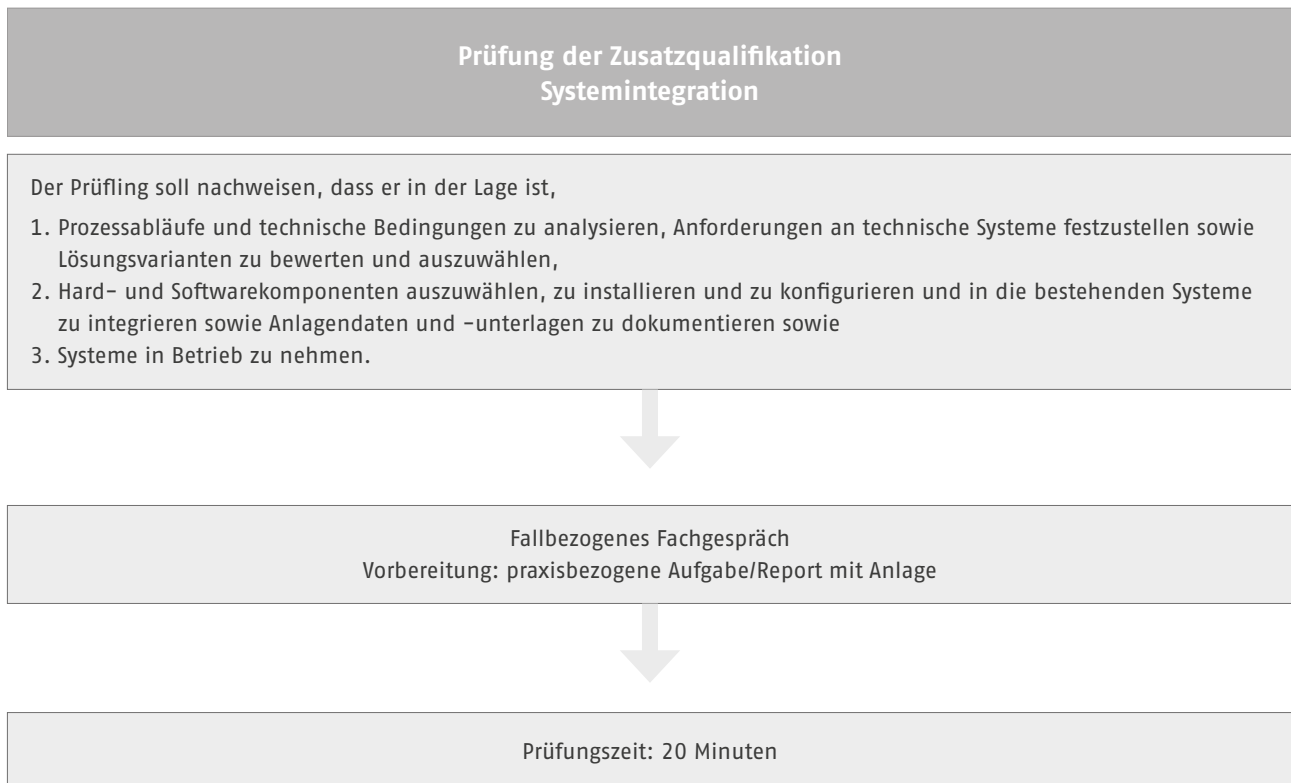
Abbildung 38: Zusammenfassende Darstellung des ZQ-Prüfungsprozesses (Quelle: DIHK)

\* Über die konkreten Termine informiert, wie auch bei Zwischen- und Abschlussprüfungen, die IHK vor Ort.

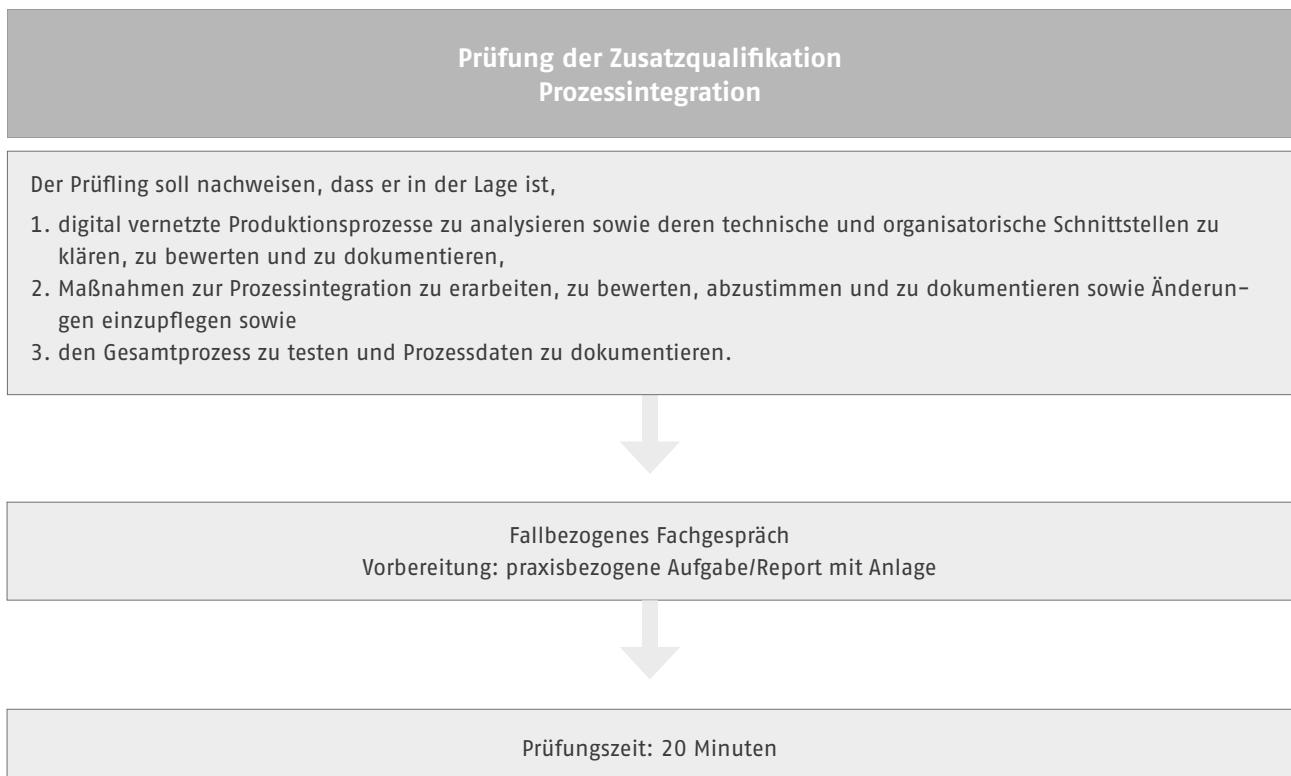
2 vgl. DIHK (Hrsg.): IHK-Leitfaden zu den Änderungen in der Prüfungsorganisation der Industriellen Metallberufe, Industriellen Elektroberufe und des Mechatronikers 2018, S. 12

## Prüfung der Zusatzqualifikationen – Struktur

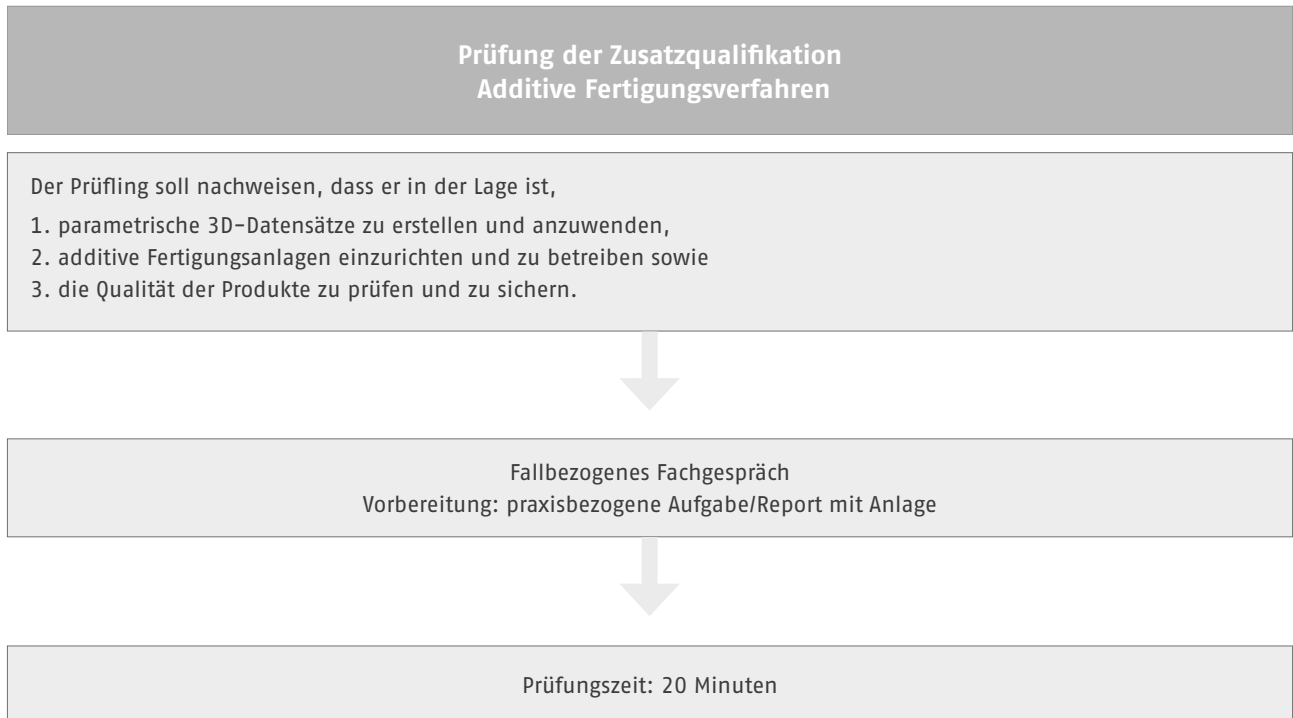
### Systemintegration



### Prozessintegration



## Additive Fertigungsverfahren





## IT-gestützte Anlagenänderung



 IHK-Leitfaden zu den Änderungen der Prüfungsorganisation

 Deckblatt Report

 Bescheinigung über eine Zusatzqualifikation

 Orientierungshilfe für den Prüfling/Ausbildungsbetrieb

 Muster Bewertungsbogen

## 6 Änderungen in den Rahmenlehrplänen

Parallel zur Modernisierung der Ausbildungsordnungen wurden durch Rahmenlehrplanausschüsse der Kultusministerkonferenz (KMK) auch die Rahmenlehrpläne für die fünf industriellen Metallberufe überarbeitet.

Korrespondierend zu der neuen integrativen Berufsbildposition 5 und den Industrie 4.0 Aktualisierungen der Kern- und Fachqualifikationen wurden dazu die relevanten Ausbildungsinhalte der Digitalisierung in die „Berufsbezogenen Vorbemerkungen“ (Teil IV) der KMK-Rahmenlehrpläne aufgenommen und in ihrer Zielstellung in grundsätzlicher Form übergreifend für alle Lernfelder beschrieben. Sie sind damit in allen Lernfeldern situativ und individuell unter Berücksichtigung berufstypischer Ausprägungen durch Anwendungen zu entwickeln, zu festigen und zu vertiefen. In Lernfeldern mit ausgeprägten Digitalisierungs- und Industrie 4.0 Themen wurden diese explizit in der Zielformulierung aufgenommen und die Inhalte konkret benannt.

Die Zusatzqualifikationen werden in den KMK-Rahmenlehrplänen explizit nicht adressiert. Gleichwohl gibt es in den „Berufsbezogenen Vorbemerkungen“ (Teil IV) den Hinweis, dass die Lernfelder des siebten Ausbildungshalbjahres insbesondere die beruflichen Einsatzgebiete in ihrer ganzheitlichen Aufgabenstellung berücksichtigen: „Diese komplexen Aufgabenstellungen ermöglichen es einerseits, bereits vermittelte Kompetenzen und Qualifikationen zusammenfassend und projektbezogen zu nutzen und zu vertiefen und andererseits zusätzliche einsatzgebietspezifische Ziele und Inhalte in Abstimmung und Zusammenarbeit mit den Ausbildungsbetrieben zu erschließen“.

### Weitere Informationen:






[www.kmk.org](http://www.kmk.org)

# 7 Lernortkooperation im Industrie 4.0 Kontext

Zur Unterstützung von Ausbildern und Ausbilderinnen und Lehrern und Lehrerinnen bei der Identifizierung von Industrie 4.0 Projekten – z. B. im Rahmen einer gemeinsamen Lernplattform – werden nachfolgend weitergehende Informationen zur berufsspezifischen Konkretisierung der Industrie 4.0 relevanten Kompetenzen und den zugeordneten Qualifizierungsinhalten in den betrieblichen Ausbildungsrahmenplänen und schulischen Rahmenlehrplänen gegeben. Die verlinkten Unterlagen bieten den Akteuren eine fundierte Verständigungsbasis über die inhaltlichen „Industrie 4.0 Andockstellen“ sowie einen pragmatischen und transparenten Ansatz zu einem schrittweisen Vorgehen bei der Entwicklung und Umsetzung der Vorhaben.

## 7.1 Industrie 4.0 relevante Ausbildungsinhalte

Zur fachlichen Einordnung und Orientierung wurden für alle modernisierten Berufe sowohl im jeweiligen Ausbildungsrahmenplan wie auch im dazu korrespondierenden Rahmenlehrplan die Industrie 4.0 relevanten Ausbildungsinhalte in den folgenden verlinkten Dokumenten farblich markiert.

-  Anlagenmechaniker/-in
-  Industriemechaniker/-in
-  Konstruktionsmechaniker/-in
-  Werkzeugmechaniker/-in
-  Zerspanungsmechaniker/-in


## 7.2 Industrie 4.0 relevante Kompetenzfelder

Die industriellen Metall- und Elektroberufe wurden bereits bei ihrer Neuordnung 2003/2004 prozessorientiert strukturiert: In den Ausbildungsrahmenplänen sind Qualifikationsbündel von Kern- und Fachqualifikationen entsprechenden Zeitrahmen zugeordnet. Jedes dieser Qualifikationsbündel bildet prozessbezogen die mit einem typischen beruflichen Arbeitsfeld verbundenen Qualifikationen ab. Korrespondierend dazu wurden in den KMK-Rahmenlehrplänen die dazu entsprechenden Qualifikationen in Lernfeldern gebündelt.

Ausbildungsrahmenplan und Rahmenlehrplan sind damit aufs Engste in gemeinsamen Kompetenzfeldern synchronisiert.

Um die Akteure auch hier gezielt zu unterstützen, die betriebliche und die schulische Ausbildung möglichst themenbezogen und handlungsorientiert zusammenzuführen, wurden die Industrie 4.0 relevanten Kompetenzfelder farblich differenziert gekennzeichnet.

Ergänzend zu den Ausbildungsinhalten werden so auch die „Andockstellen“ für gemeinsame Projekte transparent.

-  Übersicht über Zeitrahmen und Lernfelder der industriellen Metallberufe

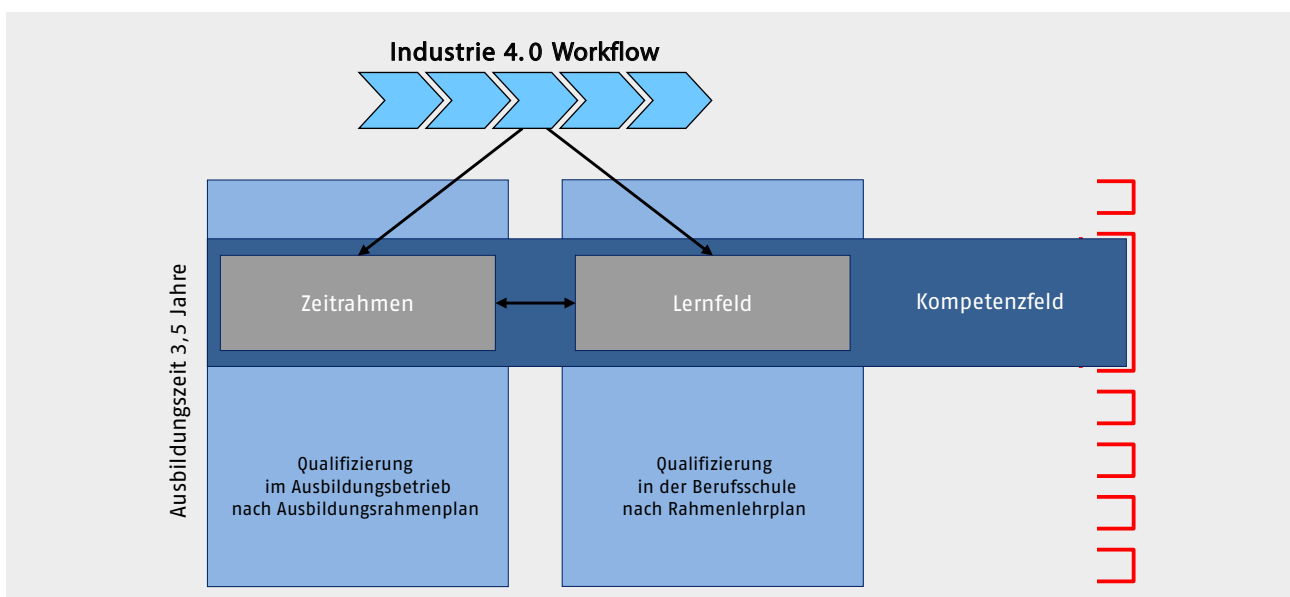


Abbildung 39: Lernortkooperation – Synchronität betrieblicher und schulischer Qualifizierung (Quelle: ZVEI, überarbeitet)

## 7.3 Digitale Basisqualifizierung




Mit der zunehmenden Digitalisierung der Arbeit und den damit verbundenen Anforderungen an den Datenschutz und die Informationssicherheit ist für alle Fachkräfte – aufbauend auf einem fundierten technischen Grundverständnis – ein grundlegendes Denken in vernetzten Systemen erforderlich. Dabei geht es bei dieser berufsübergreifenden digitalen Basisqualifizierung um den Aufbau eines technischen Verständnisses für „Digitale Systeme“ mit ihren grundsätzlichen Funktionalitäten und Prinzipien sowie um das damit verbundene Arbeitshandeln. Ein weiterer Kernpunkt dieser Basisqualifizierung ist das Verständnis von Prinzipien und Regeln des „Digitalen Dokumentationsmanagements“: Die Konsistenz der Daten von A–Z eines Prozesses ist eine Grundvoraussetzung für Industrie 4.0 Abläufe, die sich in den beruflichen Anforderungen zunehmend widerspiegeln.

Die für die Vermittlung der digitalen Basisqualifizierung relevanten Zeitrahmen und Lernfelder (Kompetenzfelder) sind in der Übersicht [[▲ Kapitel 7.2](#)] blau gekennzeichnet.

Wie lässt sich das Ziel einer praxisbezogenen, gleichwohl die Berufe übergreifenden „digitalen Basisqualifizierung“ erreichen? Eine Lösung besteht darin, hardwareseitig offene Kleinsysteme zu nutzen, softwareseitig ergänzt durch Open-Source-Angebote.

Diese kostengünstige Realisierung durch Verwendung am Markt gebräuchlicher Hard- und Software ermöglicht die Rückführung von neuartigen digitalen Lösungen auf ein grundlegendes Systemverständnis.

Dieser Low-Cost-High-Tech-Ansatz ist lernförderlich, erhöht die Akzeptanz für Prozesse der Digitalisierung und öffnet den Blick der Fachkräfte für berufliche Entwicklungsmöglichkeiten im Kontext von Industrie 4.0. Die nachfolgenden Beispiele ermöglichen es, dass Auszubildende Lernaufgaben selbstständig und teamorientiert bearbeiten und dabei lernen, Informationen zu erschließen und digitale Lernangebote zu nutzen.

-  Industrie 4.0 Demonstrator
-  Solarpanel-Nachführung
-  Mediensystem OmniControl

## 7.4 Qualifizierung im Industrie 4.0 Workflow

Der Industrie 4.0 Workflow (Produktlebenszyklus) gliedert sich prozessorientiert in die drei zentralen Phasen Herstellung, Integration und Betrieb. Dies entspricht auch der im Security-Kontext der Cyber-Sicherheit geprägten systemtechnischen Zuordnung in „Hersteller“, „Integratoren“ und „Betreiber“. Die Ausbildungsberufe lassen sich im Industrie 4.0 Kontext gleichermaßen prozessbezogen wie auch systemtechnisch den Kompetenzfeldern zuordnen:

- ▶ Herstellung von Industrie 4.0 Komponenten/Anlagen inklusive Komponentenentwicklung und -test
- ▶ Integration von Industrie 4.0 Systemen inklusive Systemimplementierung, -test und -instandhaltung
- ▶ Betrieb von Industrie 4.0 Systemen inklusive Nutzung und Einstellen von Daten, Systemoptimierung und -wartung.

Zur Unterstützung der Akteure wurden dazu die Zuordnungen dieser drei Bereiche in der Übersicht über Zeitrahmen und Lernfelder [[▲ Kapitel 7.2](#)] farblich gekennzeichnet. Bestimmende Größen der Zuordnung sind die Kompetenzanforderungen, die sich aus den berufs- bzw. profilprägenden Industrie 4.0 Handlungskontexten in den betrieblichen Arbeitsabläufen und -zusammenhängen ergeben.

Die jeweils relevanten Ausbildungsinhalte können in kompakter Form dargestellt werden, sind im Umfang überschaubar und stellen eine gute Basis dar, um im Rahmen von Lernortkooperation gemeinsame Projekte – auch Berufe übergreifend – zu entwickeln und abzustimmen.



Einstieg Industrie 4.0, Beispiel Abfüllanlage  
[[www.xplore-dna.net/course/view.php?id=30](http://www.xplore-dna.net/course/view.php?id=30)]

## 7.5 Ableitung der Industrie 4.0 relevanten Qualifikationsinhalte

Die Berufsstrukturen/-profile der industriellen Metall- und Elektroberufe bestimmen sich aus den spezifischen Prozessen dieser Domänen. Sie beschreiben Handlungssituationen von Aufgabenbereichen/-feldern und die dafür erforderliche berufliche Handlungskompetenz.

Das zur Darstellung des systemischen Ansatzes von Industrie 4.0 und seiner technischen Dimensionen und Zusammenhänge entwickelte Referenzarchitekturmodell RAMI 4.0 (DIN SPEC 91345) kann gezielt für eine handlungskontextbezogene Ableitung bzw. Bestimmung der relevanten Qualifikationsinhalte genutzt werden.



Ableitung der Industrie 4.0 relevanten Qualifikationsinhalte

# Links

## Industrielle Metallberufe

Anlagenmechaniker/-in	[ <a href="http://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/595959">www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/595959</a> ]
BMW i – Informationen zu den industriellen Metallberufen	[ <a href="http://www.bmw.de/Redaktion/DE/Gesetze/Ausbildung-Beruf/Ausbildungsordnungen/industriellemetallberufe.html">www.bmw.de/Redaktion/DE/Gesetze/Ausbildung-Beruf/Ausbildungsordnungen/industriellemetallberufe.html</a> ]
Industriemechaniker/-in	[ <a href="http://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/658658">www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/658658</a> ]
Informationsportal zur Ausbildung in der Metall- und Elektro-Industrie	[ <a href="http://www.me-vermitteln.de">www.me-vermitteln.de</a> ]
Konstruktionsmechaniker/-in	[ <a href="http://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/121214">www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/121214</a> ]
Werkzeugmechaniker/-in	[ <a href="http://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/585859">www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/585859</a> ]
Zerspanungsmechaniker/-in	[ <a href="http://www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/782319">www.bibb.de/de/berufeinfo.php/profile/apprenticeship/782319</a> ]

## Berufsübergreifende Informationen

Ausbilden im Verbund	[ <a href="http://www.jobstarter.de/de/verbundausbildung-80.php">www.jobstarter.de/de/verbundausbildung-80.php</a> ]
Ausbildungsvertragsmuster	[ <a href="http://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/id/1499">www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/id/1499</a> ]
Ausbildereignungsverordnung (AEVO)	[ <a href="http://www.prueferportal.org/html/545.php">www.prueferportal.org/html/545.php</a> ]
Berufsbildungsgesetz (BBiG)	[ <a href="http://www.gesetze-im-internet.de/bbig_2005">www.gesetze-im-internet.de/bbig_2005</a> ]
BIBB-Hauptausschussempfehlungen	[ <a href="http://www.bibb.de/de/11703.php">www.bibb.de/de/11703.php</a> ]
BIBB-Hauptausschussempfehlung – Kooperation der Lernorte	[ <a href="http://www.bibb.de/dokumente/pdf/HA099.pdf">www.bibb.de/dokumente/pdf/HA099.pdf</a> ]
Bildungsportal der IG Metall	[ <a href="http://www.wap.igmetall.de">www.wap.igmetall.de</a> ]
Bundesagentur für Arbeit „Berufenet“	[ <a href="http://www.berufenet.arbeitsagentur.de">www.berufenet.arbeitsagentur.de</a> ]
Deutscher Qualifikationsrahmen (DQR)	[ <a href="http://www.dqr.de">www.dqr.de</a> ]
Europass Zeugniserläuterungen	[ <a href="http://www.europass-info.de/dokumente/zeugniserlaeuterungen">www.europass-info.de/dokumente/zeugniserlaeuterungen</a> ]
Forum für AusbilderInnen	[ <a href="http://www.foraus.de">www.foraus.de</a> ]
Industrie- und Handelskammern (IHK)	[ <a href="http://www.ihk.de/ausbildung">www.ihk.de/ausbildung</a> ]
Lernortkooperation in der beruflichen Bildung	[ <a href="http://www.foraus.de/html/foraus_6788.php">www.foraus.de/html/foraus_6788.php</a> ]
Musterprüfungsordnungen	[ <a href="http://www.prueferportal.org/html/548.php">www.prueferportal.org/html/548.php</a> ]
Nachhaltigkeit in der Berufsbildung	[ <a href="http://www.bibb.de/de/709.php">www.bibb.de/de/709.php</a> ]
Prüferportal	[ <a href="http://www.prueferportal.org">www.prueferportal.org</a> ]
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA)	[ <a href="https://bildung.vdma.org/berufliche-bildung">https://bildung.vdma.org/berufliche-bildung</a> ]



ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, Bildung & Forschung

[[www.zvei.org/themen/bildung-forschung](http://www.zvei.org/themen/bildung-forschung)]

## Broschüren zum Download

Ausbildungsordnungen und wie sie entstehen

[[www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/id/2061](http://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/id/2061)]

Ausbildung & Beruf – Rechte und Pflichten während der Berufsausbildung

[[www.bmbf.de/pub/Ausbildung\\_und\\_Beruf.pdf](http://www.bmbf.de/pub/Ausbildung_und_Beruf.pdf)]

Handreichung für ausbildende Fachkräfte

[[www.bmbf.de/pub/Handreichung\\_fuer\\_ausbildende\\_Fachkraefte.pdf](http://www.bmbf.de/pub/Handreichung_fuer_ausbildende_Fachkraefte.pdf)]

Kosten und Nutzen der betrieblichen Berufsausbildung

[[www2.bibb.de/BIBBtools/tools/dapro/data/documents/pdf/eb\\_21203.pdf](http://www2.bibb.de/BIBBtools/tools/dapro/data/documents/pdf/eb_21203.pdf)]

Kriterienkatalog zur Ausbildungsreife

[[www.arbeitsagentur.de/web/wcm/idc/groups/public/documents/webdatei/mdaw/mdk1/~edisp/16019022dstbai378703.pdf](http://www.arbeitsagentur.de/web/wcm/idc/groups/public/documents/webdatei/mdaw/mdk1/~edisp/16019022dstbai378703.pdf)]

Ratgeber Ausbildung Tipps und Hilfen für Betriebe

[[www.arbeitsagentur.de/web/wcm/idc/groups/public/documents/webdatei/mdaw/mdk4/~edisp/16019022dstbai390235.pdf?\\_ba.sid=L6019022DSTBAI390238](http://www.arbeitsagentur.de/web/wcm/idc/groups/public/documents/webdatei/mdaw/mdk4/~edisp/16019022dstbai390235.pdf?_ba.sid=L6019022DSTBAI390238)]

## Digitalisierung

BIBB – Digitalisierung der Arbeitswelt

[[www.berufsbildungvierpunktnull.de](http://www.berufsbildungvierpunktnull.de)]

BMWi – Den digitalen Wandel gestalten

[[www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/digitalisierung.html](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/digitalisierung.html)]

IG Metall – Industrie 4.0

[[www.igmetall.de/industrie-4-0-12783.htm](http://www.igmetall.de/industrie-4-0-12783.htm)]

New Automation – Industrie 4.0-Projekte für Bildungseinrichtungen

[[www.new-automation.de](http://www.new-automation.de)]

Plattform Industrie 4.0

[[www.plattform-i40.de](http://www.plattform-i40.de)]

Online-Bibliothek der Plattform Industrie 4.0

[[www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Online-Bibliothek/online-bibliothek.html](http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/Online-Bibliothek/online-bibliothek.html)]

Glossar Industrie 4.0

[[www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Service/Glossar/glossar.html](http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Service/Glossar/glossar.html)]

IT-Security in der Industrie 4.0 – Handlungsfelder für Betreiber

[[www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/leitfaden-it-security-i40.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](http://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/leitfaden-it-security-i40.pdf?__blob=publicationFile&v=10)]

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA)

[<https://industrie40.vdma.org>]

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie – Industrie 4.0

[[www.zvei.org/themen/industrie-40](http://www.zvei.org/themen/industrie-40)]

# Adressen

## Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB)

Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn  
Tel.: 0228 | 107 0  
www.bibb.de



## Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Heinemannstraße 2 und 6  
53175 Bonn  
Tel.: 0228 | 99 57 0  
www.bmbf.de



## Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Scharnhorststraße 34–37  
10115 Berlin  
Tel.: 030 | 18 61 50  
www.bmwi.de



## Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK)

Taubenstraße 10  
10117 Berlin  
Tel.: 030 | 25 41 80  
www.kmk.org



## Kuratorium der Deutschen Wirtschaft für Berufsbildung e. V. (KWB)

Simrockstr. 13  
53113 Bonn  
Tel.: 0228 | 91 52 30  
www.kwb-berufsbildung.de



## DIHK | Deutscher Industrie- und Handelskammertag e. V.

Breite Straße 29  
10178 Berlin  
Tel.: 030 | 20 30 80  
www.dihk.de



## Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V. (VDMA)

Lyoner Straße 18  
60528 Frankfurt am Main  
Tel.: 069 | 66 03 0  
www.vdma.org



## Gesamtmittel | Gesamtverband der Arbeitgeberverbände der Metall- und Elektro-Industrie e. V.

Voßstraße 16  
10117 Berlin  
Tel.: 030 | 55 15 00  
www.gesamtmittel.de



**Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände (BDA)**

Breite Straße 29  
10178 Berlin  
Tel.: 030 | 20 33-0  
www.arbeitgeber.de



**ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.**

Lyoner Straße 9  
60528 Frankfurt am Main  
Tel.: 069 | 63 02-0  
www.zvei.org



**Deutscher Gewerkschaftsbund (DGB)**

Henriette-Herz-Platz 2  
10178 Berlin  
Tel.: 030 | 24 06 00  
www.dgb.de



**IG Metall (IGM)**

Wilhelm-Leuschner-Straße 79  
60329 Frankfurt  
Tel.: 069 | 66 93 0  
www.igmetall.de



**Eisenbahn- und Verkehrsgewerkschaft (EVG)**

Weilburger Straße 24  
60326 Frankfurt  
Tel.: 069 | 75 36-0  
www.evg-online.org



**ver.di – Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft**



Paula-Thiede-Ufer 10  
10179 Berlin  
Tel.: 030 | 69 56-0  
www.verdi.de



**IG BCE Industriegewerkschaft Bergbau, Chemie, Energie**

Königsworther Platz 6  
30167 Hannover  
Tel.: 0511 | 76 31-0  
www.igbce.de





Umsetzungshilfen aus der Reihe „AUSBILDUNG GESTALTEN“ unterstützen Ausbilderinnen und Ausbilder, Berufsschullehrerinnen und Berufsschullehrer, Prüferinnen und Prüfer sowie Auszubildende bei einer effizienten und praxisorientierten Planung und Durchführung der Berufsausbildung und der Prüfungen. Die Reihe wird vom Bundesinstitut für Berufsbildung herausgegeben. Die Inhalte werden gemeinsam mit Expertinnen und Experten aus der Ausbildungspraxis erarbeitet.



Bundesinstitut für Berufsbildung  
Robert-Schuman-Platz 3  
53175 Bonn

Telefon (0228) 107-0

Internet: [www.bibb.de](http://www.bibb.de)  
E-Mail: [ausbildung-gestalten@bibb.de](mailto:ausbildung-gestalten@bibb.de)



ISBN 978-3-8474-2255-6



Verlag Barbara Budrich

Bundesinstitut  
für Berufsbildung **BIBB**

- Forschen
- Beraten
- Zukunft gestalten